

Bárbara de Paula Ferreira

**O EFEITO DA IMPULSIVIDADE EM ASPECTOS MOTORES E COGNITIVOS EM
DIFERENTES CONDIÇÕES DE UMA TAREFA DE APONTAMENTO**

Belo Horizonte

Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da UFMG

2023

Bárbara de Paula Ferreira

**O EFEITO DA IMPULSIVIDADE EM ASPECTOS MOTORES E COGNITIVOS EM
DIFERENTES CONDIÇÕES DE UMA TAREFA DE APONTAMENTO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Esporte da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do título de Doutora.

Orientador: Prof. Dr. Guilherme Menezes Lage

Coorientador: Prof. Dr. Cassio de Miranda Meira Junior

Belo Horizonte

Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da UFMG

2023

F383e Ferreira, Bárbara de Paula
2023 O efeito da impulsividade em aspectos motores e cognitivos em diferentes condições de uma tarefa de apontamento. [manuscrito] / Bárbara de Paula Ferreira – 2023.

111 f.: il.

Orientador: Guilherme Menezes Lage
Coorientador: Cassio de Miranda Meira Junior

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional.

Bibliografia: f. 93-102

1. Comportamento impulsivo – Teses. 2. Capacidade motora – Teses. 3. Cognição – Teses. I. Lage, Guilherme Menezes. II. Meira Junior, Cassio de Miranda. III. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional. IV. Título.

CDU: 796.012.1

Ficha catalográfica elaborada pela bibliotecária Sheila Margareth Teixeira Adão, CRB 6: n° 2106, da Biblioteca da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da UFMG.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA, FISIOTERAPIA E TERAPIA OCUPACIONAL
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO ESPORTE

ATA DE DEFESA DE TESE

BÁRBARA DE PAULA FERREIRA

Às **13:30 horas** do dia **25 de agosto de 2023**, a comissão examinadora de tese, indicada pelo Colegiado do Programa Pós-Graduação em Ciências do Esporte (PPGCE), reuniu-se, em banca realizada por videoconferência, para julgar, em exame final, o trabalho de **Bárbara de Paula Ferreira**, intitulado **“O efeito da impulsividade em aspectos motores e cognitivos em diferentes condições de uma tarefa de apontamento”**. Abrindo a sessão, o presidente da comissão, Prof. Dr. Guilherme Menezes Lage (UFMG), orientador, após dar a conhecer aos presentes o teor das normas regulamentares do trabalho final, passou a palavra para a candidata, para apresentação de seu trabalho. Seguiu-se a arguição pelos examinadores, com a respectiva defesa da candidata. Logo após, a comissão se reuniu, sem a presença da candidata e do público, para julgamento e expedição do resultado.

MEMBROS DA BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Guilherme Menezes Lage (Orientador) – EEEFTO/UFMG

Prof. Dr. Cássio de Miranda Meira Junior (Coorientador) – USP

Prof. Dr. Herbert Ugrinowitsch – EEEFTO/UFMG

Prof. Dr. Maicon Rodrigues de Albuquerque – EEEFTO/UFMG

Profª. Drª Lidiane Aparecida Fernandes – UFJF

Prof. Dr. Victor Hugo Alves Okazaki – UEL

Após as indicações, a candidata foi considerada: **APROVADA**

O resultado foi comunicado publicamente para a candidata pelo presidente da comissão examinadora. Nada mais havendo a tratar, o presidente encerrou a reunião e lavrou a presente ata, que será assinada por todos os membros participantes da Comissão Examinadora.

Belo Horizonte, 25 de agosto de 2023.



Documento assinado eletronicamente por **Cassio de Miranda Meira Junior, Usuário Externo**, em 02/09/2023, às 10:37, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Herbert Ugrinowitsch, Professor do Magistério Superior**, em 02/09/2023, às 10:49, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Victor Hugo Alves Okazaki, Usuário Externo**, em 04/09/2023, às 09:59, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Lidiane Aparecida Fernandes, Usuário Externo**, em 04/09/2023, às 15:59, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Maicon Rodrigues Albuquerque, Professor do Magistério Superior**, em 04/09/2023, às 20:10, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Fernando Vitor Lima, Professor do Magistério Superior**, em 05/09/2023, às 08:29, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Guilherme Menezes Lage, Professor do Magistério Superior**, em 05/10/2023, às 16:41, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_externo=0, informando o código verificador 2552914 e o código CRC 4B7C2837.

Dedico este trabalho à minha família e ao meu esposo, o apoio de vocês durante todo o processo de doutoramento foi imprescindível para essa conquista.

Amo vocês!

AGRADECIMENTOS

O produto final dessa tese contou com a participação direta e indireta de inúmeras pessoas. Durante o processo de doutoramento fui agraciada com a colaboração e apoio de muitos. Além dos notórios avanços na minha formação como pesquisadora, tive a felicidade de estreitar laços de amizade que certamente transcendem o meio acadêmico. Olhando para trás, vejo que nesses últimos anos estive cercada de pessoas que compartilharam comigo o sonho de ser Doutora em Ciências do Esporte e que, sem eles, esse caminho teria sido infinitamente mais árduo. Como gosto de dizer, sou uma pessoa de muita sorte na vida!

Agradeço primeiramente a Deus e às minhas avós, Clotilde e Alcendina, e ao meu avô, Raimundo, que do céu vêm iluminando o meu caninho. Agradeço aos meus pais, Luiz e Zezé, e à minha irmã, Vanessa, por serem meus principais incentivadores desde a graduação. O apoio e carinho de vocês me fazem seguir em frente todos os dias! Agradeço ao meu esposo, Thiago, por estar comigo nos momentos mais difíceis dessa trajetória me fazendo acreditar que todo meu esforço seria recompensado. Seu amor e companheirismo tornaram o caminho mais leve! Agradeço à minha amiga, Gaz, por todos os momentos memoráveis que vivemos e compartilhamos. Você é uma grande inspiração para mim!

Agradeço à minha parceira, Nathy, que desde o mestrado vive comigo essa caminhada. Amiga, sendo você o Batman, me sinto lisonjeada em ser o Robin. Não tenho palavras para expressar o quanto sou grata pela nossa amizade! Agradeço às minhas amigas, Ju, Nat e Nathy, pelas inúmeras risadas, conversas, conselhos, debates e “festinhas do pijama”. Agradeço ao meu amigo, Marco, pela grande parceria de sempre.

Agradeço aos membros do GEDAM e do NNeuroM pelo compartilhamento de experiências/conhecimento e pelos bons momentos vividos. Agradeço ao Prof. Dr. Rodolfo Benda, ao Prof. Dr. Herbert Ugrinowitsch e ao Prof. Dr. Vitor Profeta pelas contribuições com minha formação quanto pesquisadora. Em especial, agradeço ao Prof. Dr. Tércio Apolinário de Souza pelo carinho e cuidado em desenvolver e adaptar a tarefa motora para esse estudo, bem como auxiliar no tratamento e análise dos dados cognitivos. Sem a sua ajuda a realização dessa pesquisa não seria possível.

Agradeço ao Prof. Dr. Maicon Albuquerque por estar sempre disponível para me ajudar, pelas conversas do dia-a-dia e principalmente por me incentivar durante todo esse processo. Agradeço ao Prof. Victor Okazaki e à Profa. Dra. Lidiane Fernandes pelas inúmeras contribuições feitas ao projeto de tese. Agradeço ao Prof. Dr. Cassio Meira Junior pela grande parceria e por gentilmente ter aceitado o convite para coorientar esse trabalho.

Agradeço aos mais de 100 participantes que voluntariamente participaram desse estudo e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro. Agradeço ao Laboratório Institucional de Neurociências Molecular e Comportamental da Universidade Federal de Minas Gerais (LIPq-LANEC-UFMG), por ceder sua infraestrutura para as análises computacionais.

Por fim, agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Guilherme Lage por me guiar durante esse percurso. Obrigada por estar comigo nos picos e vales dessa trajetória. Obrigada por sempre acreditar no meu potencial como professora/pesquisadora. Obrigada por cada ensinamento durante esses mais de oito anos de convivência. Obrigada por ter me escolhido em 2015. Obrigada por ser um orientador humano. Espero ter correspondido às suas expectativas! Muito obrigada!

RESUMO

Apesar da impulsividade ser amplamente reportada em seu aspecto disfuncional pela literatura, há indícios de que a impulsividade não patológica apresente efeitos positivos no comportamento motor em determinados contextos. A partir de estudos prévios, especula-se que tarefas motoras que demandam menor esforço cognitivo e alta pressão espaço-temporal podem favorecer o desempenho motor de indivíduos com maior impulsividade. Em contrapartida, tarefas motoras que demandam maior esforço cognitivo e baixa pressão temporal podem favorecer o desempenho de indivíduos com menor impulsividade. No intuito de verificar essa possível relação, o presente estudo teve como objetivo investigar o efeito da impulsividade no controle motor e no esforço cognitivo em diferentes tarefas de apontamento. Para isso, contamos com uma amostra inicial de 109 participantes destros, de ambos os sexos e com média de idade de $23,35 \pm 3,33$ anos. A escala BIS-11 foi utilizada para classificar o nível de impulsividade. Os participantes que não atingiram os critérios de pontuação para serem alocados no grupo mais impulsivo (GI+) ou no grupo menos impulsivo (GI-) foram excluídos da amostra final. Os participantes dos grupos GI+ (n= 31) e GI- (n= 32) realizaram duas condições de uma tarefa de apontamento que exigiam menor e maior demanda cognitiva. Para avaliar o nível de esforço cognitivo demandado pelas condições da tarefa, um eletroencefalograma foi utilizado. Foram analisadas variáveis de tempo, acurácia, cinemática e controle inibitório para inferir o desempenho e controle motor e variáveis cognitivas para inferir o nível de esforço cognitivo. Os resultados indicaram que o desempenho motor e perfil cinemático foi similar entre os grupos nas duas condições da tarefa. Nas variáveis cognitivas, o grupo GI+ apresentou maior índice de *workload* que o grupo GI- nas duas condições. A partir dos resultados, é possível que o aumento do esforço cognitivo seja utilizado como mecanismo compensatório por indivíduos com maior impulsividade. Esse possível mecanismo compensatório, pode ser considerado funcional, uma vez que permite que indivíduos com maior impulsividade atinjam níveis de desempenho motor similares aos dos indivíduos com menor impulsividade em contextos de prática desfavoráveis.

Palavras-chave: comportamento impulsivo; comportamento motor; comportamento cognitivo; diferenças individuais; movimentos de apontamento.

ABSTRACT

Despite impulsivity being widely reported in its dysfunctional aspect by the literature, there is evidence that non-pathological impulsivity has positive effects on motor behavior in certain contexts. Based on previous studies, it is speculated that motor tasks that require less cognitive effort and high space-time pressure may favor the motor performance of individuals with higher impulsivity. Conversely, motor tasks that demand higher cognitive effort and low temporal pressure may favor the performance of individuals with lower impulsivity. In order to investigate this possible relationship, the present study aimed to investigate the effect of impulsivity on motor control and cognitive effort in different aiming tasks. We had an initial sample of 109 right-handed participants of both sexes, with a mean age of 23.35 ± 3.33 years. The BIS-11 scale was used to classify the level of impulsivity. Participants who did not meet the scoring criteria to be allocated to the more impulsive group (GI+) or less impulsive group (GI-) were excluded from the final sample. The participants from the GI+ group ($n= 31$) and GI- group ($n= 32$) performed two conditions of a aiming task that required lower and higher cognitive demand. To assess the level of cognitive effort demanded by the task conditions, an electroencephalogram was used. Variables related to time, accuracy, kinematics, and inhibitory control were analyzed to infer motor performance and control, and cognitive variables were analyzed to infer the level of cognitive effort. The results indicated that motor performance and kinematic profile were similar between groups in both task conditions. In the cognitive variables, the GI+ group showed a higher *workload* index than the GI- group in both conditions. From the results, it is possible that the increase in cognitive effort is used as a compensatory mechanism by individuals with higher impulsivity. This possible compensatory mechanism can be considered functional since it allows individuals with higher impulsivity to achieve similar motor performance levels to those of individuals with lower impulsivity in unfavorable practice contexts.

Keywords: impulsive behavior; motor behavior; cognitive behavior; individual differences; aiming movements.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 – Linha do tempo com o volume de publicações sobre impulsividade por ano.	21
FIGURA 2 – Modelo de sistema duplo proposto por Leshem (2016) para explicar os componentes cognitivos e mecanismos neurais associados à impulsividade.....	36
FIGURA 3 – Modelo de controle motor proposto por Serrien, Ivry e Swinnen (2007).	39
FIGURA 4 – Perfil cinemático do apontamento.....	46
FIGURA 5 – Representação da tela do microcomputador na familiarização e nas duas condições da tarefa motora.	55
FIGURA 6 – Principais procedimentos da coleta de dados.....	61
FIGURA 7 – Variáveis motoras de tempo na condição 1 da tarefa motora.....	67
FIGURA 8 – Acurácia na condição 1 da tarefa motora.	67
FIGURA 9 – Variáveis cinemáticas na condição 1 da tarefa motora.....	68
FIGURA 10 – Variáveis cognitivas na condição 1 da tarefa motora.....	69
FIGURA 11 – Variáveis de tempo na condição 2 da tarefa motora.....	69
FIGURA 12 – Acurácia na condição 2 da tarefa motora.	70
FIGURA 13 – Variáveis cinemáticas na condição 2 da tarefa motora.....	70
FIGURA 14 – Controle inibitório na condição 2 da tarefa motora.	71

FIGURA 15 – Variáveis cognitivas na condição 2 da tarefa motora.....	72
FIGURA 16 – Variáveis de tempo no delta da condição 2 da tarefa motora.	72
FIGURA 17 – Acurácia no delta da condição 2 da tarefa motora.....	73
FIGURA 18 – Variáveis cinemáticas no delta da condição 2 da tarefa motora.	74
FIGURA 19 – Variáveis cognitivas no delta da condição 2 da tarefa motora.	74

LISTA DE QUADROS E TABELAS

QUADRO 1 – Principais características que distinguem os Sistemas 1 e 2.	29
QUADRO 2 – Características compartilhadas entre nível de impulsividade e Sistemas 1 e 2.....	31
TABELA 1 – Normalidade dos dados e testes estatísticos.....	65
TABELA 2 – Dados coletados e analisados das variáveis cognitivas.	66
TABELA 3 – Caracterização da amostra final.	66

LISTA DE ABREVIações E SIGLAS

BIS-11 = *Barratt Impulsiveness Scale – 11*;

CCAd = córtex cingulado anterior dorsal;

COF = córtex orbitofrontal;

CPF = córtex pré-frontal;

CPFVL = córtex pré-frontal ventrolateral;

CPFVM = pré-frontal ventromedial;

CPFDL = córtex pré-frontal dorsolateral;

EEG = eletroencefalograma;

FEs = funções executivas;

GI+ = grupo mais impulsivo;

GI- = grupo menos impulsivo;

TCLE = Termo de Consentimento Livre e Esclarecido;

UFMG = Universidade Federal de Minas Gerais;

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
2	REVISÃO DE LITERATURA	21
2.1	Conceito e características gerais da impulsividade	21
2.2	Populações clínicas X Populações não clínicas	24
2.3	Mecanismos que subsidiam o fenótipo impulsivo	28
2.3.1	Processamento cognitivo	28
2.3.1.1	Atenção, processamento cognitivo e impulsividade	31
2.3.2	Bases neurais	33
2.4	Impulsividade e domínio motor	38
2.4.1	Efeito do nível de impulsividade no controle e na aprendizagem motora	38
2.4.2	Efeito do nível de impulsividade em tarefas de apontamento	44
2.5	Relação entre impulsividade, domínio motor e esforço cognitivo	46
3	OBJETIVOS	49
3.1	Objetivo geral	49
3.2	Objetivos específicos	49
3.2.1	Tarefa de apontamento que requer menor esforço cognitivo	49
3.2.2	Tarefa de apontamento que requer maior esforço cognitivo	49
4	HIPÓTESES	50
4.1	Tarefa de apontamento que requer menor esforço	50
4.2	Tarefa de apontamento que requer maior esforço cognitivo	50
5	MÉTODO	51
5.1	Participantes	51
5.1.1	Cálculo amostral	51
5.1.2	Caracterização dos participantes	51
5.1.3	Cuidados éticos	52
5.2	Análise da impulsividade	52
5.3	Instrumentos e tarefa	53

5.3.1 Tarefa motora	53
5.3.2 Aparelho de eletroencefalografia	56
5.3.3 Tarefas cognitivas para o baseline	57
5.4 Delineamento e procedimentos	58
5.5 Variáveis	61
5.5.1 Variável independente	61
5.5.2 Variáveis dependentes de tempo.....	62
5.5.3 Variável dependente de acurácia.....	62
5.5.4 Variáveis dependentes cinemáticas.....	62
5.5.5 Variável dependente de controle inibitório	62
5.5.6 Variáveis dependentes cognitivas.....	63
5.6 Organização dos dados e análise estatística	63
6 RESULTADOS.....	65
6.1 Análise descritiva da caracterização da amostra final	66
6.2 Tarefa motora: condição 1	66
6.2.1 Variáveis de tempo	66
6.2.2 Acurácia.....	67
6.2.3 Variáveis cinemáticas	68
6.2.4 Variáveis cognitivas	68
6.3 Tarefa motora: condição 2	69
6.3.1 Variáveis de tempo	69
6.3.2 Acurácia.....	70
6.3.3 Variáveis cinemáticas	70
6.3.4 Controle inibitório	71
6.3.5 Variáveis cognitivas	71
6.4 Tarefa motora: delta da condição 2.....	72
6.4.1 Variáveis de tempo	72
6.4.2 Acurácia.....	73
6.4.3 Variáveis cinemáticas	73
6.4.4 Variáveis cognitivas	74
7 DISCUSSÃO	75

8 CONCLUSÃO	90
REFERÊNCIAS.....	91
ANEXO A – Parecer de aprovação do estudo.....	101
ANEXO B – Escala de Impulsividade de Barratt.....	105
ANEXO C – Inventário de Dominância Lateral de Edimburgo.....	106
APÊNDICE A – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.....	107
APÊNDICE B – Organização dos alvos na condição 2	109

1 INTRODUÇÃO

A impulsividade pode ser definida como um padrão comportamental caracterizado pela tendência de agir de forma rápida e irrefletida sem levar em consideração as consequências das ações (Moeller *et al.*, 2001). De forma geral, indivíduos com maior impulsividade agem de forma rápida e desconsideram as possíveis consequências da ação devido ao baixo foco atencional e perceptivo que pode prejudicar a reflexão adequada do contexto ambiental (Moeller *et al.*, 2001). Nesta perspectiva, o comportamento impulsivo tem sido comumente relacionado ao erro (Dalley; Robbins, 2017; Portugal *et al.*, 2018). Especialmente em situações de risco, com alto envolvimento emocional e necessidade de decisão, indivíduos com maior impulsividade estão mais propensos a comportamentos inadequados (Dinu-Biringer *et al.*, 2016). A impulsividade tem sido associada à diversas patologias e compulsões como transtornos de personalidade, mania e abuso de substâncias como álcool e drogas ilícitas (Moeller *et al.*, 2001). Apesar do grande interesse da literatura em investigar seus efeitos patológicos, a impulsividade também pode ser observada e investigada em populações não clínicas (Enticott; Ogloff; Bradshawa, 2006).

A particularidade dos tipos de processamento de informação pode ser um caminho para tentar explicar as diferenças comportamentais observadas no dia-a-dia de indivíduos com maior e menor impulsividade. Segundo Kahneman (2003), o processamento de informação ocorre através de dois sistemas distintos. O Sistema 1 reflete processos inconscientes, automáticos e intuitivos que permitem processamento em paralelo (Kahneman, 2003). O Sistema 2, reflete processos conscientes, controlados e deliberativos que são feitos principalmente de maneira serial (Kahneman, 2003). A intensidade da contribuição de cada sistema para o comportamento depende não só do contexto, mas também das características individuais dos indivíduos (Kahneman; Frederick, 2007). Considerando as características comportamentais de indivíduos com maior e menor impulsividade, é provável que, em contextos similares, indivíduos com maior impulsividade se engajem mais facilmente em processamentos via Sistema 1 e indivíduos com menor impulsividade se engajem mais facilmente em processamentos via Sistema 2.

Apesar de vários estudos sobre a impulsividade serem conduzidos em distintas dimensões do comportamento humano, poucos deles investigaram os efeitos da impulsividade no domínio motor (Lage *et al.*, 2012). Níveis distintos de impulsividade, em indivíduos não clínicos, foram associados à diferentes mudanças no desempenho e na aprendizagem de habilidades motoras (Ferreira *et al.*, 2019; Lage *et al.*, 2013), porém a diversidade dos métodos e tarefas adotadas entre os estudos limitam a compreensão do efeito da impulsividade no domínio motor. A influência da impulsividade no desempenho e na aprendizagem motora parece depender de fatores relacionados à tarefa como suas dimensões temporais (Ferreira *et al.*, 2019), nível de complexidade (Expósito; Andrés-Pueyo, 1997), demanda de acurácia (Tzagarakis *et al.*, 2019), pressão espaço-temporal (Lage *et al.*, 2012) e duração (Amelang; Breit, 1983). Em conjunto, foi demonstrado que indivíduos com maior impulsividade obtiveram pior desempenho em tarefas motoras que demandaram controle inibitório, acurácia, tomada de decisão e pequenas modificações na tarefa que havia sido previamente aprendida (Dickman; Meyer, 1988; Expósito; Andrés-Pueyo, 1997; Ferreira *et al.*, 2019; Lage *et al.*, 2012). Em contrapartida, indivíduos com maior impulsividade apresentaram melhor retenção do padrão de movimento aprendido e melhor desempenho quando respostas motoras foram exigidas sob alta pressão espaço-temporal (Ferreira *et al.*, 2019; Lage *et al.*, 2012).

A diferença no desempenho motor de indivíduos com maior e menor impulsividade também pode ser observada em tarefas motoras discretas de apontamento (Lage *et al.*, 2012; Lemke *et al.*, 2005). Lage *et al.* (2012) e Lemke *et al.* (2005) demonstraram que indivíduos com maior impulsividade exibiam maior pico de velocidade e menor tempo relativo para o pico de velocidade em comparação aos indivíduos com menor impulsividade. Ademais, no estudo de Lage *et al.* (2012), foi observado que indivíduos com maior impulsividade cometiam mais erros de acurácia e inibição de repostas. As diferenças encontradas em variáveis motoras e cinemáticas em tarefas de apontamento indicam que há diferença no controle motor de indivíduos com maior e menor impulsividade que precisam ser melhor investigadas.

Para além do tipo de tarefa, a duração da prática também parece influenciar o desempenho de indivíduos com maior e menor impulsividade. Indivíduos com maior impulsividade apresentam dificuldade para manter o foco de

atenção por períodos prolongados (Dickman, 2000; Fallgatter; Herrmann, 2001), assim é possível que as mudanças observadas no desempenho motor, em função do nível de impulsividade, possam variar também de acordo com o tempo da tarefa. A esse respeito, Thackray, Jones e Touchstone (1974) identificaram que a variabilidade do desempenho de indivíduos com maior impulsividade, ao realizarem uma tarefa de reação em série, aumentava em função do tempo da tarefa, fato que não ocorria com indivíduos com menor impulsividade. Amelang e Breit (1983) demonstraram que a crescente piora no desempenho motor em função do tempo da tarefa em um dos grupos experimentais, estava positivamente correlacionada com o nível de impulsividade dos participantes.

Como apresentado anteriormente, apesar do nível de impulsividade impactar no comportamento motor, não é possível estabelecer se a alta impulsividade está diretamente relacionada ao pior desempenho, uma vez que alguns estudos indicaram possíveis benefícios da alta impulsividade (Ferreira *et al.*, 2019; Lage *et al.*, 2012). Sendo assim, os possíveis malefícios ou benefícios decorrentes da impulsividade no comportamento motor podem estar intrinsicamente ligados ao tipo de tarefa motora praticada. Considerando os tipos de processamento dos Sistemas 1 e 2, pode-se especular que condições de prática que exigem um processamento de informação mais automático e menos reflexivo podem favorecer o desempenho de indivíduos com maior impulsividade, ao passo que, condições de prática que exigem um processamento de informação controlado e mais reflexivo podem favorecer o desempenho de indivíduos com menor impulsividade.

Se, de alguma forma, o melhor desempenho e controle motor puderem ser preditos pela aproximação do tipo de processamento de informação demandado pelas tarefas motoras com o possível tipo de processamento de indivíduos com maior e menor impulsividade é fundamental que os processamentos dos Sistemas 1 e 2 possam ser inferidos de forma empírica. Sabe-se que a diferença entre estes dois tipos de sistemas perpassa pelo nível de esforço cognitivo exigido em cada um deles (Kahneman, 2003). Esforço cognitivo pode ser entendido como a quantidade total de recursos cognitivos envolvidos na percepção, memória e julgamento necessários para realizar uma tarefa (Cooper-Martin, 1994; Russo; Doshier, 1983). Dadas as características dos dois tipos de processamento, é possível estabelecer que processamentos via Sistema 1 demandam menor esforço cognitivo quando comparado aos processamentos via Sistema 2. Sendo assim, o esforço cognitivo é

um bom parâmetro para investigar como a impulsividade influencia o desempenho e controle de tarefas motoras que requerem distintas demandas cognitivas.

Experimentalmente, o nível de esforço cognitivo pode ser acessado através de medidas eletroencefalográficas que registram a atividade elétrica resultante da comunicação entre neurônios. Lelis-Torres *et al.* (2017) utilizaram duas diferentes medidas eletroencefalográficas para acessar mais sensivelmente o nível de esforço cognitivo relacionado à processos de memória e processamento sensorial, o índice de *workload* e índice de engajamento, respectivamente. O índice de *workload* é uma medida que indica a carga de memória de trabalho, raciocínio analítico, integração de informação e dificuldade mental demandada durante as tarefas (Berka *et al.*, 2004; Berka *et al.*, 2007). Já o índice de engajamento se relaciona com a demanda de captura de informação, varredura visual e atenção (Berka *et al.*, 2004; Berka *et al.*, 2007).

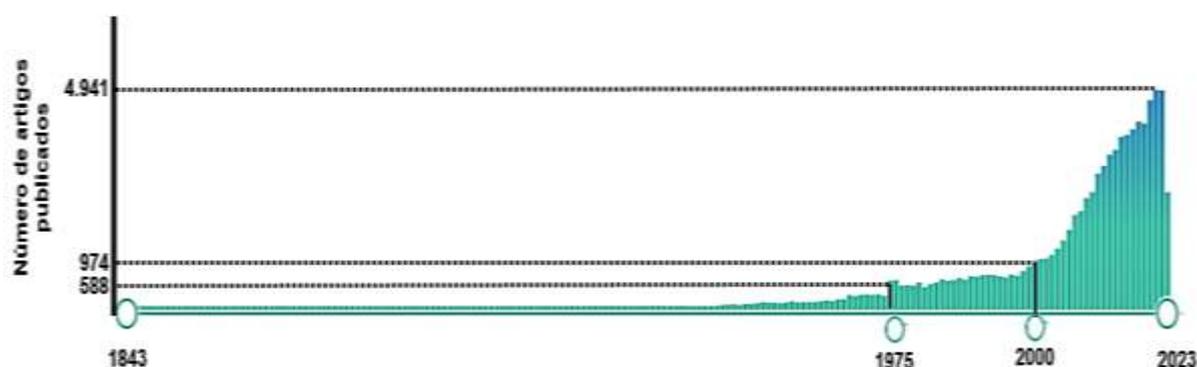
Considerando a singularidade dos possíveis tipos de processamento de informação de indivíduos com maior e menor impulsividade e as medidas eletroencefalográficas descritas anteriormente, é possível que a influência da impulsividade no desempenho de habilidades motoras esteja atrelado ao nível de esforço cognitivo relacionado à memória, funções executivas, atenção sustentada e processamento sensorial demandado durante a prática. De acordo com a lógica construída, tarefas motoras que requerem menor esforço cognitivo poderiam favorecer o desempenho motor de indivíduos com maior impulsividade, enquanto tarefas motoras que exigem maior esforço cognitivo favoreceriam o desempenho motor de indivíduos com menor impulsividade. No intuito de investigar se o nível de esforço cognitivo demandado pelas tarefas motoras altera os efeitos da impulsividade no controle motor, este estudo contou com duas condições de uma tarefa de apontamento que requeriam menor (condição 1) e maior (condição 2) esforço cognitivo. Assim, os objetivos específicos e hipóteses foram elaboradas separadamente para cada uma das condições da tarefa de apontamento.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Conceito e características gerais da impulsividade

Estudos sobre a impulsividade foram desenvolvidos por frenologistas, psiquiatras e neurocientistas desde 1934 (Moeller, 2012). Segundo informações estatísticas coletadas na base de dados PubMed através da palavra-chave “*impulsivity*”, houve uma crescente publicação de artigos nessa temática a partir da década de 70, com aumento expressivo após o ano 2000 (FIGURA 1) (Pubmed). De fato, Arce e Santisteban (2006) relatam que o maior interesse no estudo da impulsividade deu-se após a publicação da teoria de Kagan entre as décadas de 70 e 80. Reunindo uma série de estudos, Kagan *et al.* (1964) propuseram que a falta de inibição no comportamento resultava em um tipo de temperamento único em crianças, dado pela combinação de respostas comportamentais e fisiológicas à novidade. Kagan *et al.* (1964) defendiam que esse temperamento estava associado ao desenvolvimento futuro de transtornos de ansiedade na idade adulta. A partir de então, novos estudos foram conduzidos para investigar as proposições apresentadas pela teoria de Kagan (Arce; Santisteban, 2006).

FIGURA 1 – Linha do tempo com o volume de publicações sobre impulsividade por ano.



Fonte: figura adaptada do site <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>.

Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/?term=impulsivity&timeline=expanded>

Há certo consenso na literatura de que a impulsividade pode ser conceituada como um padrão comportamental caracterizado pela tendência de agir de forma rápida e irrefletida, sem levar em consideração as consequências das

ações (Dalley; Everitt; Robbins, 2011; Mobini *et al.*, 2006; Moeller *et al.*, 2001). A impulsividade pode ser diferenciada entre traço e estado. O traço de impulsividade é uma característica estável da personalidade dos indivíduos que é avaliada principalmente por questionários de auto-relato (Bari; Robbins, 2013). Já o estado de impulsividade é determinado temporariamente por variáveis ambientais como uso de substâncias estimulantes, nível de raiva e euforia e geralmente é avaliado através de tarefas psicológicas (Bari; Robbins, 2013). Nesta revisão de literatura, o foco da narrativa estará direcionado ao traço de impulsividade.

Em maior ou menor grau, o comportamento impulsivo está presente em todos indivíduos, podendo ser observado em populações não clínicas e clínicas (Enticott; Ogloff; Bradshawa, 2006). Dentre as possíveis características pertencentes ao comportamento impulsivo, destacam-se algumas mais frequentemente reportadas. Indivíduos com maior impulsividade têm maior predisposição para responderem estímulos de forma rápida e imediata, tomarem decisões precipitadas, serem mais agressivos, se envolverem em situações de risco e optarem por gratificações imediatas em detrimento de melhores gratificações futuras (Bechara; Damasio; Damasio, 2000; Dalley; Robbins, 2017; Dinu-Biringer *et al.*, 2016; Enticott; Ogloff; Bradshawa, 2006). Muitas destas características comportamentais relacionadas à impulsividade podem ser atribuídas ao déficit no controle inibitório.

Segundo Barkley (2001), o controle inibitório é uma função cognitiva responsável por três processos fundamentais para a vida humana, sendo eles: **(a)** inibir respostas iniciais prepotentes de modo a criar atraso nas respostas, **(b)** interromper respostas em andamento que estão se mostrando ineficazes (sensibilidade ao erro) e **(c)** proteger as respostas de eventos irrelevantes (controle de interferência ou resistência à distração). Estudos observaram que o controle inibitório foi inversamente correlacionado com o nível de impulsividade dos participantes (Asahi *et al.*, 2004; Chamberlain; Sahakian, 2007; Logan; Schachar; Tannock, 1997). Para além da associação entre pior controle inibitório e maior impulsividade, Asahi *et al.* (2004) identificaram menor ativação de áreas corticais responsáveis pelo controle inibitório em indivíduos com maior impulsividade. Mais recentemente, Portugal *et al.* (2018) utilizando tarefas clássicas para avaliação do controle inibitório (*Stroop-matching* e *stop-signal*), mostraram que o tempo de reação manual dos participantes com maior impulsividade aumentava quando a tarefa incluía uma condição de inibição da resposta. Há indicativos de que os possíveis

prejuízos causados pelo déficit no controle inibitório na vida diária dos indivíduos aumenta em função do nível de impulsividade e são significativamente maiores em populações clínicas (Aichert *et al.*, 2012; Chamberlain; Sahakian, 2007).

Apesar do déficit no controle inibitório ser um dos principais mecanismos subjacentes ao fenótipo impulsivo (Barkley, 2001; Enticott; Ogloff; Bradshawa, 2006; Logan; Schachar; Tannock, 1997; Portugal *et al.*, 2018), a impulsividade, por muitos autores, é considerada multifatorial (Bechara; Damasio; Damasio, 2000; Dalley; Robbins, 2017; Griffin; Lynam; Samuel, 2018; Patton; Stanford; Barratt, 1995). A variedade de mecanismos envolvidos no comportamento impulsivo é um forte indício de que a impulsividade é um traço de personalidade complexo que envolve diferentes domínios cognitivos (Evenden, 1999; Sharma *et al.*, 2013). Como exemplo, Patton, Stanford e Barratt (1995) propuseram que a impulsividade é composta por três dimensões relativamente independentes que se comunicam. A dimensão motora da impulsividade estaria relacionada ao déficit na inibição de respostas, a dimensão atencional, relacionada ao déficit na atenção seletiva e sustentada e a dimensão por falta de planejamento, relacionada ao déficit em postergar gratificações futuras (Patton; Stanford; Barratt, 1995). A relação entre esses diferentes domínios poderia explicar a variabilidade do comportamento impulsivo encontrada entre indivíduos.

Boa parte da literatura aborda a temática da impulsividade numa perspectiva disfuncional, muitas vezes associada à patologias e compulsões. Estudos nas mais diversas áreas do conhecimento relacionaram a impulsividade ao transtorno do déficit de atenção e hiperatividade (Tajima-Pozo *et al.*, 2015), transtorno de personalidade antissocial (Turner; Sebastian; Tuscher, 2017), transtornos de ansiedade (Jakuszkowiak-Wojten *et al.*, 2015), distúrbios alimentares (Benard *et al.*, 2019; Mallorqui-Bague *et al.*, 2020), alcoolismo (Herman; Duka, 2019), consumo de drogas ilícitas (Baldacchino; Balfour; Matthews, 2015; Hess; Menezes; De Almeida, 2018), jogo patológico (Ledgerwood *et al.*, 2009), doença de Parkinson (Antonelli; Ray; Strafella, 2011), entre outros.

Se faz necessário ressaltar que nem todo comportamento impulsivo é disfuncional. Em determinados contextos, a alta impulsividade pode ter implicações mais adaptativas (Dickman, 2000). Alguns estudos relataram benefícios da alta impulsividade na solução de problemas fáceis, em situações que exigem decisões e respostas rápida, ou quando a manutenção de respostas prepotentes são requeridas

(Dickman, 1985; Dickman; Meyer, 1988; Ferreira *et al.*, 2019; Lage *et al.*, 2012). De acordo com Williams e Taylor (2006), a presença de indivíduos com maior impulsividade em determinadas sociedades é importante, pois estes estão mais propensos à diversificar comportamentos e explorar mais o ambiente em busca de novidades e inovações. Decerto, os possíveis benefícios da alta impulsividade podem ser melhor observados e investigados em populações não clínicas, dessa forma, é imprescindível identificar e delimitar as diferenças entre os estados patológico e não patológico atribuídos à impulsividade.

2.2 Impulsividade em populações clínicas X impulsividade em populações não clínicas

Como relatado na seção anterior, o estudo científico sobre a impulsividade foi impulsionado por (Kagan *et al.*, 1964) ao proporem que a maior impulsividade em crianças estaria associada ao desenvolvimento de transtornos de ansiedade na vida adulta. Desde então, foi estabelecido um forte vínculo da impulsividade com condições patológicas. Para Griffin, Lynam e Samuel (2018), o comportamento impulsivo é central para pelo menos 20 construtos de diagnóstico no Manual Diagnóstico e Estatístico de Transtornos Mentais VI. Dentre as patologias mais associadas à impulsividade, destacam-se os transtornos de personalidade, mania e dependência de substâncias (Moeller *et al.*, 2001). De acordo com Moeller *et al.* (2001), a associação entre os transtornos anteriormente citados e a impulsividade, se dá, em parte, pelo fato da deficiência na inibição comportamental ser um elemento chave dos mesmos. Sendo assim, os efeitos da impulsividade em determinado transtorno pode depender dos diferentes padrões de mecanismos inibitórios subjacentes à patologia (Moeller *et al.*, 2001).

Para além dos transtornos e compulsões, a alta impulsividade está positivamente correlacionada com a criminalidade (Martin *et al.*, 2019). A maior propensão à comportamentos mal adaptativos (ex. agressividade e violência) podem explicar a relação entre o nível de impulsividade e a vulnerabilidade à prisão (Martin *et al.*, 2019). A esse respeito, Patton, Stanford e Barratt (1995) identificaram que o nível de impulsividade de prisioneiros foi significativamente maior em comparação à indivíduos que não tinham registro de passagem na prisão. Estudos que investigaram o efeito da impulsividade no comportamento da população carcerária

mostram que a maior impulsividade estava associada à condutas violentas, agressividade, comportamentos antissociais e reincidência criminal (Komarovskaya; Loper; Warren, 2007; Martin *et al.*, 2019; Thomson *et al.*, 2019).

A partir do crescente número de estudos que constataram a influência da impulsividade no agravamento de determinados transtornos e compulsões, assim como na criminalidade, a busca por tratamentos e terapias para o controle da alta impulsividade se viu necessária. Tratamentos farmacológicos, Psicoterapia Cognitivo-Comportamental, Psicoterapia Orientada ao *Insight* e Gerência de Contingência são algumas das abordagens terapêuticas que se mostraram eficazes na redução e controle do comportamento impulsivo (Moeller *et al.*, 2001). Mais recentemente, o uso de técnicas de neuromodulação como a estimulação transcraniana por corrente contínua e a estimulação transcraniana magnética também se mostraram promissoras para o tratamento da alta impulsividade (Brevet-Aeby *et al.*, 2016; Lapenta *et al.*, 2018; Mayer *et al.*, 2020).

Certamente, a compreensão e busca pelo tratamento dos efeitos da impulsividade em condições patológicas tem um forte apelo prático, uma vez que atos impulsivos podem causar prejuízos tanto para o próprio indivíduo quanto para a sociedade (Arce; Santisteban, 2006). A esse respeito, as produções científicas são fundamentais para que ações eficazes possam ser tomadas com o intuito de reduzir comportamentos inadequados causados pela alta impulsividade. Muito foi descrito sobre os possíveis impactos da impulsividade na vida de indivíduos com transtornos ou compulsões, porém não se sabe ao certo se ou como essas descobertas podem ser estendidas para a população de forma geral.

Tentando elucidar a prevalência da alta impulsividade na população, Chamorro *et al.* (2012), ao analisarem uma série de variáveis em uma amostra representativa de 34.653 participantes, indicaram que a prevalência da impulsividade auto-relatada na população em geral estaria em torno de 17%. Dentre as variáveis analisadas, Chamorro *et al.* (2012) destacaram que há diferença na prevalência de impulsividade para sexo, idade, escolaridade e renda individual, sendo que homens com idade entre 18 e 29 anos, que não cursaram o Ensino Superior e que possuem baixa renda individual apresentam maior propensão à comportamentos impulsivos. É preciso ressaltar que, embora o estudo de Chamorro *et al.* (2012) seja importante para a compreensão da dinâmica da alta impulsividade na sociedade em geral, deve-se ter cautela com extrapolações e generalizações dos

resultados, uma vez que o estudo foi conduzido nos Estados Unidos que apresenta uma população diversa à brasileira. Em relação à população brasileira, Malloy-Diniz *et al.* (2015) identificaram que os fatores sexo, idade, regionalidade e escolaridade pouco influenciaram o nível de impulsividade dos participantes, porém em comparação à Chamorro *et al.* (2012) o estudo contou com uma amostra reduzida e o objetivo primário não foi identificar quais fatores levavam à maior impulsividade. Dessa forma, carecem estudos para elucidar os possíveis fatores que estão associados à maior impulsividade na população brasileira.

Indubitavelmente, a maior parte dos estudos relacionados à impulsividade estão diretamente ou indiretamente atrelados às condições patológicas, contudo, isso não exclui a necessidade de se investigar os efeitos da impulsividade em populações não clínicas. Segundo Enticott, Ogloff e Bradshaw (2006), a magnitude e a frequência dos danos causados por comportamentos impulsivos diferencia o estado patológico do normal. Apoiando a proposição de Enticott, Ogloff e Bradshaw (2006), estudos mostram que o nível de impulsividade de pacientes com algum transtorno ou compulsão é significativamente maior em comparação a indivíduos não clínicos (Dalley; Everitt; Robbins, 2011; Malloy-Diniz *et al.*, 2007; Tu *et al.*, 2017). Dalley, Everitt e Robbins (2011) foram mais a fundo nessa investigação e identificaram que dependentes químicos possuíam maior nível de impulsividade que seus irmãos não clínicos e que ambos apresentaram maior nível de impulsividade em comparação ao grupo controle. Os achados de Dalley, Everitt e Robbins (2011) reforçam a ideia de que o nível de impulsividade dos indivíduos é dado pela combinação de fatores biológicos e ambientais.

A diferença do estado patológico do não patológico fica mais evidente quando se compara os efeitos negativos da impulsividade no comportamento da população clínica e não clínica. Por exemplo, jogadores compulsivos apresentaram menor taxa de escolha por gratificações futuras, maior dificuldade para planejar e pensar com cuidado nas ações e manter a atenção que indivíduos não clínicos Ledgerwood *et al.* (2009). Adultos com transtorno do déficit de atenção e hiperatividade além de apresentarem maior nível de impulsividade, também possuíam pior desempenho em tarefas que demandavam atenção sustentada e tomada de decisão quando comparados à indivíduos não clínicos Malloy-Diniz *et al.* (2007). Apesar da população não clínica não ser tão susceptível aos efeitos deletérios da impulsividade, níveis mais altos de impulsividade nesta população

também podem levar à comportamentos inadequados. A maior impulsividade em indivíduos não clínicos pode provocar desde tomadas de decisão equivocadas pela falta de uma reflexão adequada do contexto (Raio; Konova; Otto, 2020) até comportamentos de risco que aumentam a probabilidade de vivenciar situações traumáticas que podem gerar quadros de estresse pós-traumático (Netto *et al.*, 2016).

Ainda que a alta impulsividade cause comportamentos inadequados, benefícios da mesma são relatados em determinados contextos em populações não clínicas. Dickman (1990) relata a existências de dois tipos de impulsividade que estariam relacionados à aspectos disfuncionais e funcionais da alta impulsividade em indivíduos não clínicos. A proposição de Dickman (1990) de que indivíduos com maior impulsividade podem apresentar comportamentos mais adequados em certos contextos foi suportada por outros estudos (Dickman; Meyer, 1988; Ferreira *et al.*, 2019; Lage *et al.*, 2012; Williams; Taylor, 2006). Em situações que exigem que as informações sejam processadas de forma rápida, indivíduos com maior impulsividade demonstraram melhor desempenho em comparação aos indivíduos com menor impulsividade (Dickman; Meyer, 1988; Lage *et al.*, 2012). A maior impulsividade também favoreceu a manutenção do comportamento previamente praticado quando pequenas modificações no contexto foram impostas (Ferreira *et al.*, 2019). Mesmo sendo menos relatado pela literatura, o aspecto funcional da impulsividade é um ponto chave para diferenciar o estado patológico do não patológico, uma vez que os possíveis benefícios da alta impulsividade podem ser melhor observados em populações não clínicas.

A investigação dos efeitos da impulsividade em populações não clínicas também é fundamental para a melhor compreensão dos mecanismos que subsidiam o comportamento impulsivo. Considerando que a maior parte dos transtornos e compulsões é derivada de dois ou mais fatores, dificilmente seria possível isolar os mecanismos atribuídos à alta impulsividade em condições patológicas. Sendo assim, boa parte dos pesquisadores que tentaram identificar e explicar os mecanismos internos relacionados à impulsividade, optaram por incluir ao menos um grupo de participantes não clínicos em seus estudos (Besteher; Gaser; Nenadic, 2019; Kahneman; Frederick, 2002; Leshem, 2015). Os mecanismos subjacentes à impulsividade serão discutidos com maior profundidade nas próximas seções.

2.3 Mecanismos que subsidiam o fenótipo impulsivo

2.3.1 Processamento cognitivo

A convicção de que o comportamento humano é guiado por mais de um processo cognitivo, levou a uma série de estudos que resultaram na elaboração de várias teorias de processamento duplo (Strack; Deutsch, 2004). Essas teorias propõem que o comportamento humano é dado pela existência de dois diferentes tipos de processamento de informação, um governado pelo processamento associativo e outro pelo processamento baseado em regras (Smith; Decoster, 2000). Processamentos associativos são gerados após muita experiência, ocorrem automaticamente de forma pré-consciente e baseiam-se em associações estruturadas por semelhança e contiguidade (Smith; Decoster, 2000; Strack; Deutsch, 2004). Em contrapartida, processamentos baseados em regras podem ser gerados com apenas uma ou algumas experiências, ocorrem de forma consciente e baseiam-se em regras representadas simbolicamente estruturadas por linguagem e lógica (Smith; Decoster, 2000; Strack; Deutsch, 2004). Certamente, as teorias de processamento duplo se divergem em alguns aspectos, porém a maior parte delas compartilham os pontos anteriormente descritos.

A teoria de processamento duplo proposta por Kahneman e Frederick (2002) divide o processamento de informação em Sistemas 1 e 2 (QUADRO 1). De forma geral, o Sistema 1 se assimila ao processamento associativo e o Sistema 2 ao processamento baseado em regras. O Sistema 1 reflete processamentos rápidos e automáticos muitas vezes influenciados pela emoção (Kahneman, 2003; Kahneman; Frederick, 2002). Já o Sistema 2, reflete processamentos lentos, deliberadamente controlados que são pouco influenciados pela emoção (Kahneman, 2003; Kahneman; Frederick, 2002). O Sistema 1, exige menor esforço cognitivo e permite que as informações sejam processadas em paralelo, o que não ocorre no Sistema 2, uma vez que a maior demanda cognitiva, leva ao processamento serial das informações (Kahneman, 2003). Kahneman e Frederick (2002) ressaltam que o processamento dos Sistemas 1 e 2 também se diferenciam pelo nível de flexibilidade. O Sistema 1, por estar fortemente atrelado aos hábitos, é dificilmente modificado, enquanto o Sistema 2 é relativamente flexível (Kahneman, 2003).

QUADRO 1 – Principais características que distinguem os Sistemas 1 e 2.

Sistema 1	Sistema 2
Rápido	Lento
Paralelo	Serial
Automático	Controlado
Menor esforço cognitivo	Maior esforço cognitivo
Associativo	Dedutivo
Rígido	Flexível
Contextualizado	Abstrato
Propensão casual	Propensão estatística
Afetivo	Neutro

De acordo com a teoria de Kahneman e Frederick (2002), em situações cotidianas, o Sistema 1 está sempre ativo pronto para propor respostas intuitivas e imediatas frente aos estímulos. Nesse contexto, o Sistema 2 tem o papel de monitorar a qualidade dessas propostas, podendo endossar, corrigir ou ignorar as mesmas antes que o comportamento ocorra (Kahneman; Frederick, 2002). Operando simultaneamente, processamentos cognitivos automáticos e controlados podem competir pelo controle das respostas, porém, na maioria dos casos, a resposta do Sistema 1 é confirmada pelo Sistema 2 (Kahneman; Frederick, 2002). Strack e Deutsch (2004) exemplificam como a competição dos Sistemas 1 e 2 ocorre quando respostas incompatíveis são elaboradas:

“Essa ativação antagônica pode ser acompanhada por um sentimento de conflito e tentação. Por exemplo, uma pessoa que está de dieta pode ser tentada a comer uma segunda sobremesa, isto é, a visão da sobremesa ativa as respostas comportamentais do Sistema 1 que são direcionadas ao consumo. Ao mesmo tempo, o Sistema 2 gera uma decisão de evitar comê-la. Para vencer o embate, a força dos argumentos do Sistema 2 (ex. eu quero perder peso) devem se sobressair aos impulsos do Sistema 1 para desviar a atenção do estímulo tentador (Strack; Deutsch, 2004).”

Especialmente em contextos como alto componente emocional ou em situações de privação de necessidades básicas, as respostas propostas pelo Sistema 1 são mais dificilmente controladas pelo Sistema 2 (Strack; Deutsch, 2004). Para além do controle e monitoramento das respostas intuitivas do Sistema 1, o Sistema 2 também é responsável pelos comportamentos provenientes de raciocínios analíticos, como a resolução de problemas matemáticos, navegação em mapas, preenchimento de formulários, escrita de livros e decisões em que muitos fatores devem ser considerados (Kahneman, 2003). Nestes casos, o Sistema 2 leva em consideração o peso das prováveis consequências das respostas em potencial

e, após avaliação, delibera a resposta mais adequada ao contexto (Strack; Deutsch, 2004).

Ambos sistemas possuem aspectos negativos e positivos, sendo assim, a noção de que o Sistema 1 é menos funcional por ser mais primitivo, deve ser rejeitada. Fatores como o tempo disponível para decisão, humor e exposição à pensamentos estatísticos fazem com que um ou outro sistema seja mais adequado para resolução do problema (Kahneman; Frederick, 2002). Em condições que há pouco tempo disponível para decisão, a utilização do Sistema 1 para guiar o comportamento é imprescindível, pois, por ser lento, o Sistema 2 não terá tempo suficiente para processar todas as informações relevantes para então deliberar decisões. De forma inversa, em contextos novos que não exigem que a decisão seja tomada rapidamente, a utilização do Sistema 2 para guiar o comportamento gera menor erro em comparação à comportamentos orientados pelo Sistema 1.

O peso da influência dos Sistemas 1 e 2 no comportamento também é mediado por diferenças individuais (Evans, 2008; Kahneman; Frederick, 2007; Stanovich; West, 2000). Richetin e Richardson (2008) argumentam que indivíduos pouco capazes de evocar processos cognitivos inibitórios porque não têm motivação para fazê-lo, ou porque seus recursos cognitivos são insuficientes, estão mais propensos a agir de acordo com tendências comportamentais habituais ou associações automáticas. Considerando que o déficit no controle inibitório é um dos principais mecanismos subjacentes ao fenótipo impulsivo (Enticott; Ogloff; Bradshaw, 2006), é possível que indivíduos com maior impulsividade estão propensos a se engajarem mais facilmente em comportamentos controlados pelo Sistema 1 em comparação à indivíduos com menor impulsividade. Seguindo essa lógica, indivíduos com menor impulsividade poderiam recorrer ao Sistema 2 com mais frequência, uma vez que estes são mais reflexivos e possuem melhor controle inibitório.

A aproximação das características de indivíduos com maior e menor impulsividade com os respectivos Sistemas 1 e 2 apresentados no QUADRO 2, reforçam a proposição de que indivíduos com maior impulsividade comumente se engajam em processamentos do Sistema 1 e indivíduos com menor impulsividade em processamentos do Sistema 2. É possível que tais relações possam explicar o motivo pelo qual indivíduos com maior impulsividade apresentam comportamentos adaptativos em determinadas circunstâncias. Retomando ao exemplo anteriormente

citado sobre os fatores que interferem no uso dos Sistemas 1 e 2, quando não há tempo disponível para decisões deliberadas, o comportamento deve ser guiado pelo Sistema 1. Se, nesta ocasião, o indivíduo tentar utilizar mecanismos conscientes do Sistema 2 para guiar o comportamento, possivelmente o tempo gasto para a tomada de decisão irá exceder o tempo disponível, tornando a resposta ineficiente. Assim, o melhor desempenho de indivíduos com maior impulsividade em situação que exigem que informações sejam processadas de forma rápida (Dickman; Meyer, 1988; Lage *et al.*, 2012), pode estar relacionado ao maior engajamento em processamentos provenientes do Sistema 1. Já o melhor desempenho de indivíduos com menor impulsividade em situações que exigem controle inibitório e flexibilidade na resposta (Ferreira *et al.*, 2019; Portugal *et al.*, 2018), poderia indicar a melhor utilização do Sistema 2. Dessa forma, a teoria de processamento duplo proposta por Kahneman e Frederick (2002) pode fornecer a base para a explicação dos mecanismos internos associados à impulsividade.

QUADRO 2 – Características compartilhadas entre nível de impulsividade e Sistemas 1 e 2.

Mais impulsivos / Sistema 1	Menos impulsivos / Sistema 2
Rápido	Lento
Automático	Controlado
Menor esforço cognitivo	Maior esforço cognitivo
Rígido	Flexível
Afetivo	Neutro

2.3.1.1 Atenção, processamento cognitivo e impulsividade

Nas teorias de processamento duplo, a atenção desempenha um papel central na determinação de qual sistema será responsável por orientar o comportamento. Por requerer maior esforço cognitivo, o Sistema 2 necessita da atenção para selecionar e manter informações relevantes, assim como persistir na busca pela escolha da melhor resposta (Smith; Decoster, 2000). O papel da atenção no Sistema 2 é reforçado pela maior susceptibilidade deste sistema à interferências e distrações, devido ao lento processamento das informações (Logan, 1988; Smith; Decoster, 2000; Strack; Deutsch, 2004). A falta de atenção, faz com que os comportamentos sejam facilmente controlados pelo Sistema 1, mesmo que o contexto demande maior reflexão (Smith; Decoster, 2000). Assim, a atenção parece exercer pouca influência sob o Sistema 1 (Logan, 1988; Strack; Deutsch, 2004).

Alocar e manter recursos atencionais é uma tarefa que requer muita energia, dessa forma, os indivíduos normalmente confiam em julgamentos plausíveis que vêm rapidamente à mente, pois não estão acostumados a se engajarem em processamentos complexos (Kahneman, 2003). Na maioria dos casos, as ações intuitivas controladas pelo Sistema 1 respondem bem ao contexto, porém o engajamento em processos atencionais pode fazer com que o Sistema 2 seja recrutado, permitindo que as ações do Sistema 1 sejam monitoradas a fim de minimizar comportamentos inadequados (Smith; Decoster, 2000; Strack; Deutsch, 2004).

A diferença no uso da atenção observada entre indivíduos com maior e menor impulsividade fortalece a ideia de que indivíduos com maior impulsividade operam mais frequentemente via Sistema 1 e os com menor impulsividade via Sistema 2. Segundo Dickman (2000), a capacidade de fixar a atenção aos estímulos relevantes diferencia indivíduos com maior e menor impulsividade. A atenção de indivíduos com maior impulsividade é facilmente degradada ou alterada, ao passo que a atenção de indivíduos com menor impulsividade é mais resistente à interferência (Dickman, 2000). A maior propensão ao uso do Sistema 1 por indivíduos com maior impulsividade pode estar atrelada à dificuldade de manter, por tempo suficiente, a atenção para que processos deliberados do Sistema 2 ocorram. Os resultados do estudo de Leshem (2015) indicaram que, em condições nas quais os estímulos auditivos alternavam aleatoriamente entre os lados direito e esquerdo, indivíduos com maior impulsividade apresentaram menor capacidade de distinguir os estímulos que indivíduos com menor impulsividade, fato que não ocorreu quando os estímulos estavam presentes em apenas um dos lados. Leshem (2015) argumenta que em condições onde a esforço cognitivo é baixo, indivíduos com maior impulsividade apresentam melhor controle da atenção, no entanto, quando a alternância de estímulos relevantes está presente, a alta impulsividade está associada à maior dificuldade em inibir respostas e resolver conflitos cognitivos.

Os prejuízos no desempenho de indivíduos com maior impulsividade em decorrência da falta de atenção acentuam-se quando as tarefas são prolongadas. Para Fallgatter e Herrmann (2001), os aspectos cognitivos da impulsividade relacionados aos processos de atenção, podem ser melhor capturados em testes extensivos que demandam atenção sustentada. Thackray, Jones e Touchstone (1974) relataram que a variabilidade do desempenho de participantes com maior

impulsividade aumentava em função do tempo da tarefa, enquanto a variabilidade da resposta dos participantes com menor impulsividade permanecia relativamente estável ao longo da prática. Em uma tarefa simples de toques repetidos, Amelang e Breit (1983) identificaram que a piora do desempenho de um dos grupos experimentais ao longo do tempo, estava positivamente correlacionada com o nível de impulsividade dos participantes.

Os resultados do estudo de Amelang e Breit (1983), em certo ponto, contradizem a proposição de que em condições nas quais o esforço cognitivo é baixo, indivíduos com maior impulsividade não apresentam dificuldade para controlar a atenção (Leshem, 2015). Essa aparente contradição pode ser explicada pelo fato de indivíduos com maior impulsividade desviarem com maior facilidade a atenção em tarefas prolongadas, mesmo que estas não requeiram muito esforço cognitivo. Somando os achados de Amelang e Breit (1983) e Leshem (2015), contextos que exigem alternância de estímulos relevantes e atenção sustentada podem ser particularmente desafiadores para a manutenção de recursos atencionais de indivíduos com maior impulsividade.

2.3.2 Bases neurais

Os mecanismos internos que diferenciam indivíduos com maior e menor impulsividade podem ser melhor compreendidos através das bases neurais que subsidiam os comportamentos impulsivos. De forma grosseira, sabe-se que conexões entre estruturas corticais e subcorticais envolvidas na cognição e emoção estão afetadas em indivíduos com maior impulsividade (Bechara; Van Der Linden, 2005; Cai *et al.*, 2020; Leshem, 2016). Devido à sua natureza complexa e multifatorial, são encontradas na literatura algumas divergências em relação aos substratos e circuitos neurais subjacentes à impulsividade, apesar da grande maioria dos estudos indicarem que regiões do córtex pré-frontal (CPF) e regiões límbicas estão intrinsicamente relacionadas à impulsividade. Em razão desta inconsistência, nesta seção, a discussão sobre as bases neurais relativas à impulsividade será apoiada em Leshem (2016) que, ao reunir uma série de estudos, propôs um modelo de sistema duplo para explicar os componentes cognitivos e mecanismos neurais associados às expressões comportamentais da impulsividade.

Segundo Leshem (2016), os componentes cognitivos e comportamentais da impulsividade podem ser mediados por dois sistemas distintos que interagem entre si. O sistema socioemocional está relacionado aos processos afetivos e motivacionais que ocorrem predominantemente via *bottom-up*, já o sistema de controle cognitivo está relacionado aos processos cognitivos que ocorrem via *top-down* (Leshem, 2016). O sistema socioemocional está localizado em áreas límbicas e paralímbicas do cérebro, incluindo o córtex pré-frontal ventromedial (CPFVM), córtex orbitofrontal (COF), amígdala, hipotálamo, estriado ventral, e áreas sensoriais primárias e secundárias (Leshem, 2016). Enquanto isso, o sistema de controle cognitivo é composto principalmente pelo córtex pré-frontal dorsolateral (CPFDL), córtex pré-frontal ventrolateral (CPFVL), córtex parietal lateral e córtex cingulado anterior dorsal (CCAd) (Leshem, 2016).

A influência dos circuitos neurais dos sistemas socioemocional e de controle cognitivo no comportamento, se relaciona com o controle das funções executivas (FEs) quentes e frias. As EFs são uma família de processos cognitivos de alta ordem envolvidos na consciência e no controle do pensamento, ação e emoção (Diamond, 2013; Poon, 2017; Zelazo; Carlson, 2012). O construto tradicional das EFs que compreende a memória de trabalho, flexibilidade cognitiva e controle inibitório compõe as EFs frias (Poon, 2017). Por outro lado, as EFs quentes envolvem processos cognitivos orientados para o futuro em contextos que geram emoção, motivação e tensão entre gratificação instantânea e recompensas de longo prazo (Poon, 2017). O controle consciente e reflexivo das ações através de análises críticas e lógicas que pouco são influenciadas pela emoção são controladas pelas EFs frias (Diamond, 2013; Zelazo; Carlson, 2012). Habilidades cognitivas afetivas, como a capacidade de atrasar gratificação e tomadas de decisão afetivas estão relacionadas às EFs quentes (Zelazo; Carlson, 2012). As principais áreas corticais responsáveis pelas FEs estão localizadas no CPF (Diamond, 2013). Mais especificamente, o CPFDL e o CPFVL controlam as EFs frias e o CPFVM e o COF as EFs quentes (Rubia, 2011; Zelazo, 2020).

Considerando as FEs quentes e frias e seus respectivos correlatos neurais, Leshem (2016) sugere que o sistema socioemocional se inter-relaciona com as EFs quentes e o sistema de controle cognitivo com as EFs frias. No sistema socioemocional, a conexão de informações sensoriais do ambiente provenientes das áreas sensoriais primárias e secundárias com áreas límbicas (amígdala, hipotálamo

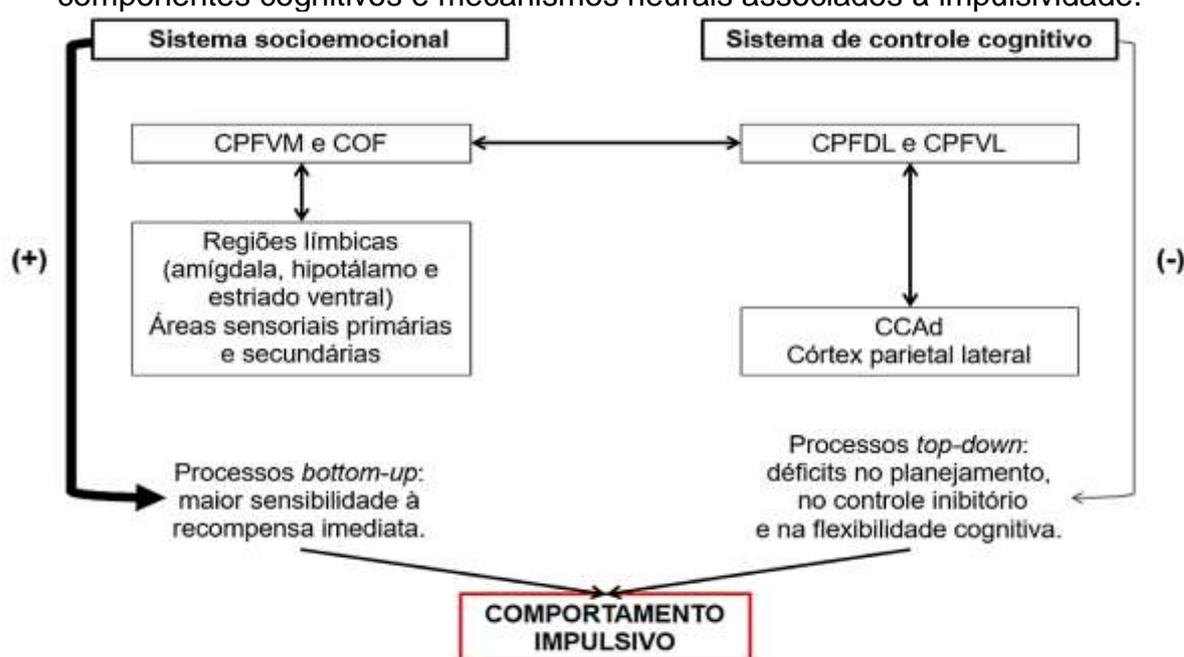
e estriado ventral) modulam a atividade do CPFVM e do COF responsáveis pelas EFs quentes (Leshem, 2016) (FIGURA 2). Em situações afetivas nas quais o sistema límbico está menos ativado, o comportamento se dá majoritariamente pela ação do CPFVM e do COF, porém em situações de medo e euforia, por exemplo, a maior ativação da amígdala e/ou estriado ventral pode interferir demasiadamente na atividade do CPFVM e do COF (Leshem, 2016). No sistema de controle cognitivo, o CPFDL que é responsável pela memória de trabalho e flexibilidade cognitiva e o CPFVL, responsável pelo controle inibitório, atuam de forma conjunta no planejamento das ações (Leshem, 2016). De acordo com o modelo de Leshem (2016), o controle das EFs frias pelo CPFDL e CPFVL sofrem influência do córtex parietal lateral e do CCAAd (FIGURA 2). O córtex parietal lateral auxilia as áreas do CPF no planejamento e execução de habilidades motoras (Tumati *et al.*, 2019), já o CCAAd possui extensa conexão com áreas motoras e cognitivas contribuindo com o monitoramento de conflitos, detecção de erros e atenção seletiva (Stevens; Hurley; Taber, 2011). Apesar dos circuitos envolvidos nos sistemas socioemocional e de controle cognitivo serem distintos, os mesmos estão em constante interação especialmente através das conexões existentes entre o CPFVM e outras áreas do CPF (Bechara, 2005).

A dinâmica dos referidos sistemas no comportamento de indivíduos com maior impulsividade pode ser comparada aos efeitos dos diferentes momentos de maturação dos sistemas límbico e cognitivo na vida de jovens (Leshem, 2016). Durante a infância, a maturação dos sistemas límbico e cognitivo ocorre em proporções similares, porém com o início da adolescência, a maturação de regiões límbicas como a amígdala e o estriado ventral ocorre mais rapidamente, fazendo com que os comportamentos sejam mais facilmente guiados por reações emocionais (Steinberg, 2008). A maior propensão à comportamentos de risco observados na fase da adolescência está, em parte, relacionada com a rápida maturação do sistema límbico em detrimento da maturação do sistema cognitivo (Steinberg, 2008). Com o final da adolescência e início da idade adulta, a maturação do sistema cognitivo se aproxima a do sistema límbico, diminuindo progressivamente a influência das reações emocionais nas ações (Leshem, 2016).

Para Leshem (2016), indivíduos com maior impulsividade possuem assimetria no uso dos dois sistemas, apresentando ativação aumentada do sistema socioemocional e ativação diminuída do sistema de controle cognitivo (FIGURA 2).

Como ocorre com os jovens, a maior ativação do sistema socioemocional, faz com que regiões do sistema límbico interfiram no controle de ações que deveriam ser guiadas apenas pelo sistema de controle cognitivo (Leshem, 2016). Quando regiões límbicas do sistema socioemocional têm maior influência no comportamento que as regiões pré-frontais do sistema de controle cognitivo, a tendência de sucumbir aos impulsos se torna mais provável (Leshem, 2016). Há evidências de que independentemente das conexões entre os dois sistemas, a maior ativação do sistema socioemocional aumenta a sensibilidade à recompensas imediatas, enquanto a menor ativação do sistema de controle cognitivo provoca déficits no planejamento, no controle inibitório e na flexibilidade cognitiva (FIGURA 2).

FIGURA 2 – Modelo de sistema duplo proposto por Leshem (2016) para explicar os componentes cognitivos e mecanismos neurais associados à impulsividade.



Legenda: \longleftrightarrow) conexões recíprocas entre regiões. (+) ativação aumentada. (-) ativação diminuída. (CPFVM) córtex pré-frontal ventromedial. (COF) córtex orbitofrontal. (CPFVL) córtex pré-frontal ventrolateral. (CPFDL) córtex pré-frontal dorsolateral. (CCAd) córtex cingulado anterior dorsal.
Fonte: figura adaptada de Leshem (2016).

Leshem (2016) justifica que a assimetria encontrada entre os dois sistemas, em indivíduos com maior impulsividade, pode estar relacionada com a má reorganização dos circuitos neurais. À medida que o cérebro passa pela reorganização contínua durante a adolescência, algumas conexões neurais são fortalecidas e outras são podadas para que áreas focais do CPF possam ser recrutadas de forma mais eficiente. No entanto, quando os processos de

reorganização não progridem da forma esperada, o envolvimento difuso das regiões neurais pode continuar a ocorrer na vida adulta, resultando no pior controle das FEs pelo CPF (Leshem, 2016). Assim, é possível que a diferença no comportamento de indivíduos com maior e menor impulsividade se deva ao fato de indivíduos com maior impulsividade possuírem conexões neurais mais fracas e ineficientes em áreas focais do CPF em comparação à indivíduos com menor impulsividade.

Ainda não está claro se os comportamentos impulsivos estão ligados diretamente ao aumento da ativação do sistema socioemocional ou indiretamente ao enfraquecimento do sistema de controle cognitivo, uma vez que os processos afetivos *bottom-up* são frequentemente regulados pelos processos cognitivos *top-down*. Em populações não clínicas, é razoável pensar que déficits nos processos afetivos e motivacionais podem desencadear comportamentos impulsivos diretamente. Apoiando essa ideia, os resultados de McClure *et al.* (2004) indicaram que escolhas impulsivas estavam positivamente correlacionadas com a atividade do CPFVM, COF e outras estruturas límbicas, mas não com o CPFDL e áreas parietais. Assim, é possível que o comportamento impulsivo, em populações não clínicas, ocorra a partir do: **(a)** aumento da ativação do sistema socioemocional, **(b)** diminuição da ativação do sistema de controle cognitivo ou **(c)** ação conjunta dos dois sistemas.

A diversidade das bases neurais que atuam na impulsividade, apresentadas pelo modelo de Leshem (2016) demonstra a complexidade dos mecanismos que subsidiam o fenótipo impulsivo. Decerto, as áreas pré-frontais formam a base da impulsividade, no entanto, regiões límbicas e parietais também atuam na expressão do comportamento impulsivo através de conexões diretas e indiretas com o CPF. Assumindo que diversas áreas do cérebro, em especial as áreas terciárias, estão envolvidas com a impulsividade, instrumentos como a ressonância magnética funcional e o eletroencefalograma (EEG), que permitem a análise da atividade neural em mais de uma área cortical de forma simultânea, podem ser utilizados para explicar as diferenças no comportamento de indivíduos com maior e menor impulsividade de forma mais global.

As bases neurais descritas nesta seção fortalecem os achados de estudos comportamentais que relacionaram a alta impulsividade com a predisposição à execução de ações rápidas, tomada de decisões precipitadas, agressividade, envolvimento em situações de risco, preferência por gratificações

imediatas, entre outras (Bechara; Damasio; Damasio, 2000; Dalley; Robbins, 2017; Dinu-Biringer et al., 2016; Enticott; Ogloff; Bradshawa, 2006). A aproximação dos resultados de estudos em diferentes níveis de análise aumenta o respaldo científico em relação ao construto da impulsividade, porém, apesar da robusta produção de conhecimento sobre esta temática nos últimos anos, poucos estudos relataram o efeito da impulsividade no domínio motor.

2.4 Impulsividade e domínio motor

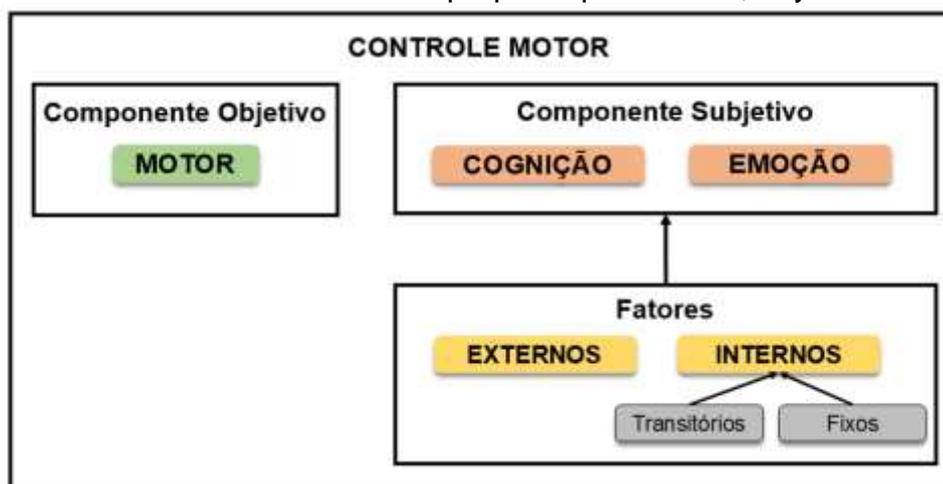
2.4.1 Efeito do nível de impulsividade no controle e na aprendizagem motora

As atividades da vida diária dependem do controle eficiente dos movimentos. O controle motor, como fenômeno observável, pode ser definido como a capacidade de regular e orientar os mecanismos essenciais para a execução do movimento (Shumway-Cook; Woollacott, 2012). Para Serrien, Ivry e Swinnen (2007), o controle de habilidades motoras é caracterizado por dois componentes complementares (FIGURA 3). O componente objetivo se refere à estrutura da habilidade motora e suas especificações, enquanto o componente subjetivo envolve o delineamento do plano de ação por processos cognitivos e emocionais, dirigindo a ação em direção à meta (Serrien; Ivry; Swinnen, 2007).

De acordo com o modelo de Serrien, Ivry e Swinnen (2007), fatores internos e externos impactam no controle de habilidades motoras através do componente subjetivo, uma vez que o componente objetivo varia apenas de acordo com a estrutura e especificações do movimento a ser realizado (FIGURA 3). Os fatores externos surgem de informações fornecidas pelo ambiente ou contexto no qual o movimento é produzido. Estes fatores (ex. *feedback*) podem influir nos processos cognitivos e emocionais para que determinada estratégia seja adotada no controle das ações visando alcançar a meta da tarefa. Já os fatores internos, referem-se às condições relacionadas aos indivíduos que envolvem mudanças funcionais e/ou estruturais na arquitetura neural. Os fatores internos podem ser compostos por elementos mais transitórios (ex. nível de atenção ou uso de substâncias estimulantes) e/ou mais fixos (ex. experiência, idade, ou neuropatologias). Em resumo, o controle motor de um movimento voluntário é fruto da interação entre o componente objetivo motor e o componente subjetivo cognitivo

e emocional, sendo o último influenciado por fatores externos e internos (Serrien; Ivry; Swinnen, 2007) (FIGURA 3).

FIGURA 3 – Modelo de controle motor proposto por Serrien, Ivry e Swinnen (2007).



Fonte: figura adaptada de Serrien, Ivry e Swinnen (2007).

Serrien, Ivry e Swinnen (2007) não explicitam que o traço de impulsividade influencia o controle de habilidades motoras, porém é possível propor que esse construto é um fator interno que, através do componente subjetivo, atua no controle motor. As diferenças na arquitetura neural de indivíduos com maior e menor impulsividade, descritas na seção anterior, dão suporte à proposição de que o nível de impulsividade dos indivíduos consiste em um fator interno de caráter fixo. Considerando que boa parte das bases neurais que explicam os comportamentos impulsivos estão relacionadas à cognição e emoção, o papel da impulsividade no controle de habilidades motoras fica mais evidente. Apesar da convergência de diferentes proposições teóricas sobre a provável influência da impulsividade no controle motor (Leshem, 2016; Serrien; Ivry; Swinnen, 2007), poucos pesquisadores investigaram de forma empírica os efeitos da impulsividade no domínio motor. Muitos destes estudos ocorreram entre o final do século XX e primeiros anos do século XXI. Mais recentemente, novos estudos na área do Comportamento Motor e Neurociências trouxeram mais evidências dos efeitos da impulsividade no controle motor, no entanto, essa temática ainda é pouco explorada pela literatura.

Os estudos que compararam o desempenho motor de grupos de indivíduos com maior e menor impulsividade podem ser distinguidos pelas características das tarefas aplicadas (Lage *et al.*, 2013). Assim, é possível dividir

esses estudos em seis grupos de acordo com o tipo de tarefa motora utilizada: **(a)** tarefas discretas com baixa demanda efetora que consistiam em pressionar determinadas teclas quando o estímulo correspondente era apresentado (Barratt, 1967; Dickman; Meyer, 1988; Expósito; Andrés-Pueyo, 1997; Logan; Schachar; Tannock, 1997; Rodríguez-Fornells; Lorenzo-Seva; Andrés-Pueyo, 2002; Smith *et al.*, 1991), **(b)** tarefas discretas de traçado circular (Bachorowski; Newman, 1985, 1990), **(c)** tarefas discretas de labirinto (Barratt, 1967; Cohen; Horn, 1974), **(d)** tarefas discretas de apontamento (Lage *et al.*, 2012; Lemke *et al.*, 2005; Tzagarakis; Pellizzer; Rogers, 2013; Tzagarakis *et al.*, 2019) **(e)** tarefas seriadas (Lage *et al.*, 2011; Matthews; Jones; Chamberlain, 1989; Park, 2020) e **(f)** tarefas cíclicas com baixa demanda efetora (Amelang; Breit, 1983). Para além destes estudos, um pequeno grupo investigou os efeitos da impulsividade na aprendizagem de habilidades motoras (Ferreira *et al.*, 2019; Jelsma; Pieters, 1989; Jelsma; Van Merriënboer, 1989).

A maioria dos estudos que utilizaram tarefas discretas que consistiam em pressionar determinadas teclas quando o estímulo correspondente era apresentado, possuíram o tempo de reação e/ou erros de resposta como variáveis primárias. A diferença entre o tempo de reação de indivíduos com maior e menor impulsividade foi observada quando a complexidade da tarefa aumentava, sendo que nestas condições, indivíduos com maior impulsividade apresentaram maior tempo de reação que indivíduos com menor impulsividade (Expósito; Andrés-Pueyo, 1997; Logan; Schachar; Tannock, 1997; Smith *et al.*, 1991). Em relação aos erros de resposta, dois estudos indicaram que indivíduos com maior impulsividade cometeram mais erros de resposta ou erros de detecção de estímulos que indivíduos com menor impulsividade (Dickman; Meyer, 1988; Smith *et al.*, 1991), porém um estudo não identificou essa tendência (Rodríguez-Fornells; Lorenzo-Seva; Andrés-Pueyo, 2002). Outras variáveis como o tempo de movimento e o tempo para decisão foram investigadas pelos estudos de Barratt (1967) e Dickman e Meyer (1988), respectivamente. Indivíduos com maior impulsividade apresentaram maior tempo de movimento em uma tarefa de quatro escolhas (Barratt, 1967) e menor tempo de decisão em uma tarefa de duas escolhas (Dickman; Meyer, 1988).

Os resultados dos estudos que utilizaram tarefas discretas de traçado circular mostraram que indivíduos com maior impulsividade exibiram maior velocidade de execução em comparação aos indivíduos com menor impulsividade

(Bachorowski; Newman, 1985, 1990). Os efeitos da impulsividade no desempenho de tarefas de labirinto são controversos, uma vez que o estudo de Barratt (1967) indicou que indivíduos com maior impulsividade cometeram mais erros de execução, porém o estudo de Cohen e Horn (1974) não encontrou diferença entre os participantes para tal variável. A variabilidade das tarefas seriadas utilizadas entre os estudos impossibilita a síntese dos resultados. Em uma tarefa seriada de reação a cinco estímulos, indivíduos com maior impulsividade cometeram mais erros de resposta que indivíduos com menor impulsividade (Matthews; Jones; Chamberlain, 1989). Os estudos de Lage *et al.* (2011) e Park (2020) analisaram separadamente as dimensões da impulsividade de acordo com o modelo de Barratt (Patton; Stanford; Barratt, 1995), encontrando que a dimensão atencional da impulsividade estava correlacionada com o tempo de reação e erro constante em uma tarefa de *timing* (Lage *et al.*, 2011) e tempo de movimento em uma condição de dupla tarefa motora-cognitiva (Park, 2020). Em tarefas cíclicas de toques repetidos, indivíduos com maior impulsividade apresentaram maior tempo entre toques que indivíduos com menor impulsividade (Amelang; Breit, 1983). Os resultados dos estudos que utilizaram tarefas discretas de apontamento serão apresentados e discutidos na próxima seção.

A diversidade dos estudos que investigaram os efeitos da impulsividade no controle de habilidades motoras é notória. Este fato dificulta comparações entre estudos, fazendo com que o conhecimento disponível sobre os efeitos da impulsividade no controle motor seja menos consistente. Apesar desta diversidade, alguns pontos congruentes podem ser explorados. O nível de complexidade da tarefa parece ser um fator importante que diferencia o desempenho motor de indivíduos com maior e menor impulsividade. Os resultados dos estudos que possuíam condições de prática com maior número de estímulos a serem respondidos (Barratt, 1967), dupla tarefa motora-cognitiva (Park, 2020), exigência de controle inibitório (Logan; Schachar; Tannock, 1997) ou baixa compatibilidade estímulo-resposta (Expósito; Andrés-Pueyo, 1997) indicaram que indivíduos com maior impulsividade apresentaram maior tempo de reação ou tempo de movimento. Estes resultados, à primeira vista, parecem incoerentes com a tendência de agir de forma rápida de indivíduos com maior impulsividade. No entanto, é possível que essa característica seja afetada quando as tarefas exigem um processamento de informação mais controlado e deliberativo. Tarefas mais complexas podem fazer

com que indivíduos com maior impulsividade necessariamente tenham que se engajar em processamentos do Sistema 2 para que a meta da tarefa seja atingida, diminuindo, conseqüentemente, a ação do Sistema 1 no controle do comportamento. Assim, pode ser que o maior tempo de reação e tempo de movimento de indivíduos com maior impulsividade esteja associado à dificuldade dos mesmos em controlar ações via Sistema 2.

O pior desempenho de indivíduos com maior impulsividade em tarefas lentas suportam a proposição de que condições que exigem maior processamento via Sistema 2 são particularmente desafiadoras para indivíduos com maior impulsividade. Tarefas lentas requerem constante monitoramento das ações através da atenção seletiva e sustentada, que, normalmente, estão deficitárias em indivíduos com maior impulsividade (Dickman, 2000). A esse respeito, Bachorowski e Newman (1985, 1990) relataram que déficits no controle inibitório poderiam justificar a maior velocidade de execução exibida por participantes com maior impulsividade em uma tarefa que deveria ser realizada da forma mais lenta possível. A noção de que o comportamento impulsivo está ligado ao erro foi suportada por três estudos (Barratt, 1967; Dickman; Meyer, 1988; Matthews; Jones; Chamberlain, 1989). Em especial, as características típicas da impulsividade relatadas pela literatura foram melhor identificadas no domínio motor pelo estudo de Dickman e Meyer (1988), no qual indivíduos com maior impulsividade apresentaram maior velocidade de execução, porém mais erros de resposta.

O conhecimento sobre os efeitos da impulsividade na aprendizagem de habilidades motoras se restringe a três estudos. Os estudos de aprendizagem motora contam com uma fase de aquisição na qual a variável independente é manipulada e testes de retenção e/ou transferência para verificar os efeitos desta variável na persistência e adaptabilidade da aprendizagem, respectivamente. No estudo de Jelsma e Van Merriënboer (1989), indivíduos com maior e menor impulsividade tiveram que aprender quatro percursos em uma tarefa de trilha. No teste de retenção, os participantes com maior impulsividade apresentaram maior número de erros no percurso que participantes com menor impulsividade indicando pior aprendizagem (Jelsma; Van Merriënboer, 1989). Jelsma e Pieters (1989) utilizaram uma tarefa de labirinto para comparar a aprendizagem de indivíduos com maior e menor impulsividade. Assim como Jelsma e Van Merriënboer (1989), Jelsma e Pieters (1989) identificaram que indivíduos com maior impulsividade cometeram

mais erros que indivíduos com menor impulsividade, porém essa diferença foi verificada no teste de transferência. Mais recentemente, Ferreira *et al.* (2019) identificaram que a aprendizagem de participantes com maior e menor impulsividade em uma tarefa motora sequencial se distinguia em função das dimensões da tarefa. No teste de transferência, indivíduos com maior impulsividade mantiveram melhor o padrão de movimento previamente aprendido, ao passo que indivíduos com menor impulsividade conseguiram flexibilizar melhor o comportamento frente à nova demanda.

Os estudos de Jelsma e Pieters (1989) e Jelsma e Van Merriënboer (1989) reforçam o lado disfuncional da impulsividade, uma vez que a alta impulsividade levou à pior aprendizagem. No entanto, um aspecto funcional da alta impulsividade foi identificado por Ferreira *et al.* (2019). As habilidades motoras são compostas por duas dimensões, uma mais estável que define o padrão de movimento e outra mais flexível que adapta, até certo ponto, o padrão de movimento às especificidades do ambiente (Schmidt, 1975). Ferreira *et al.* (2019) relacionaram a melhor capacidade dos participantes com maior impulsividade em manter o padrão de movimento previamente aprendido com a maior rigidez cognitiva destes participantes. Nesta perspectiva, a rigidez cognitiva dos indivíduos com maior impulsividade pode ter fortalecido a aprendizagem do padrão de movimento, fazendo com que o desempenho nesta dimensão fosse pouco afetado em um novo contexto de prática. Em contrapartida, a melhor capacidade de flexibilizar o comportamento levou os indivíduos com menor impulsividade à melhor aprendizagem da dimensão flexível da tarefa motora (Ferreira *et al.*, 2019).

De forma geral, os estudos que investigaram o papel da impulsividade no domínio motor mostraram que diferentes níveis de impulsividade interferem no controle e na aprendizagem de habilidades motoras. Apesar do porquê deste efeito não ser bem descrito, é possível que a influência da impulsividade no desempenho e na aprendizagem de habilidades motoras esteja atrelada aos fatores da tarefa que favorecem características típicas de indivíduos com maior e menor impulsividade. Devido ao número limitado de estudos, esta proposição deve ser investigada e tratada com cautela.

2.4.2 Efeito do nível de impulsividade em tarefas de apontamento

As habilidades de apontamento compreendem movimentos discretos que consistem em deslocar o membro ou um implemento a um determinado alvo. Dentro das habilidades manuais, as ações de apontamento podem ser observadas em inúmeras situações diárias que vão desde tarefas simples (ex. apertar um botão) até tarefas extremamente complexas (ex. movimentos cirúrgicos). Tarefas de apontamento requerem acurácia e geralmente são realizadas de forma rápida requisitando valores ótimos de força, distância e direção para que o alvo seja alcançado com sucesso.

Woodworth (1899) observou que a fase inicial do movimento de apontamento era relativamente rápida e estereotipada, porém quando o implemento se aproximava do alvo, o movimento se tornava mais lento apresentando descontinuidades no perfil de aceleração. A partir dessas observações, Woodworth (1899) propõe um modelo para explicar como os movimentos de apontamento ocorrem e são controlados (FIGURA 4A). Segundo o modelo híbrido de duas fases de Woodworth (1899), a parte inicial do movimento denominada fase de impulso inicial é controlada centralmente e tem como função deslocar o membro de forma balística até as proximidades do alvo. Uma vez perto do alvo, inicia-se a fase de controle corrente do movimento, caracterizada pelo uso de *feedback* visual e proprioceptivo sobre as posições relativas do membro e do alvo para que ajustes na trajetória do movimento sejam feitos a fim de atingir o alvo com acurácia. As fases de impulso inicial e controle corrente também podem ser denominadas fase de pré-programação e fase de correções *online*, respectivamente.

A partir do modelo de Woodworth (1899), novos estudos incorporaram medidas motoras e cinemáticas ao modelo para melhor compreensão e distinção dos mecanismos de controle que estão envolvidos nas fases de pré-programação e correções *online*. Variáveis cinemáticas como o pico de velocidade, tempo relativo para o pico de velocidade, e número de correções *online* ampliaram as possibilidades de análise do controle motor em tarefas de apontamento (Elliott; Helsen; Chua, 2001). Com essas novas medidas, assume-se que a delimitação entre pré-programação e correções *online* se dá após o pico de velocidade (FIGURA 4A). O controle mais eficiente do movimento em ações de apontamento é caracterizado pela maior duração da fase de pré-programação, indicando maior

período de deslocamento balístico e, conseqüentemente, menor necessidade de correções na fase de correções *online* (Elliott; Helsen; Chua, 2001).

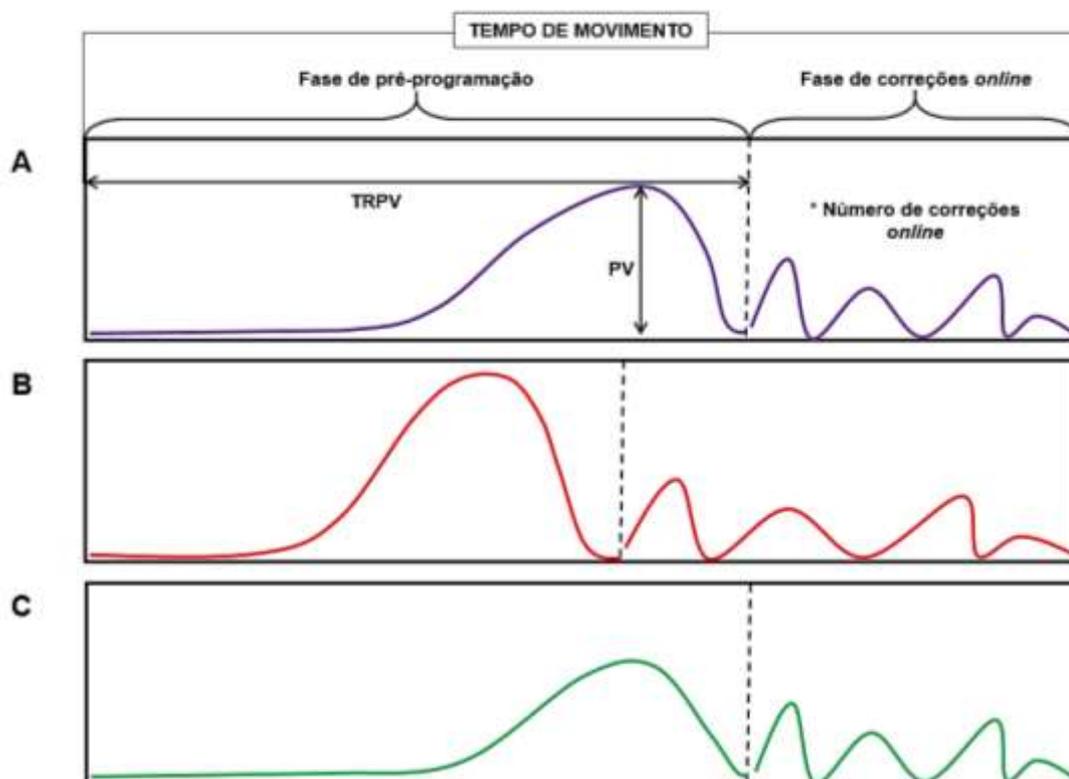
Um grupo de quatro estudos investigaram os efeitos da impulsividade no controle de movimentos de apontamento. Condizente com a tendência de priorizar a velocidade em detrimento da acurácia, indivíduos com maior impulsividade apresentaram maior número de erros de acurácia que indivíduos com menor impulsividade (Lage *et al.*, 2012; Tzagarakis *et al.*, 2019). Quando dicas do possível posicionamento do alvo eram disponibilizadas aos participantes, indivíduos com maior impulsividade cometeram mais erros de respostas antecipatórias, indicando que o movimento havia começado antes do alvo ser apresentado (Tzagarakis; Pellizzer; Rogers, 2013; Tzagarakis *et al.*, 2019). Erros desta natureza representam bem o déficit no controle inibitório, principal característica de indivíduos com maior impulsividade reportada pela literatura. Lage *et al.* (2012) reforçam estes resultados mostrando que indivíduos com maior impulsividade motora foram menos capazes de resistir ao estímulo de inibição que os indivíduos com menor impulsividade.

Assim como Ferreira *et al.* (2019), Lage *et al.* (2012) encontraram um aspecto funcional da alta impulsividade no domínio motor. Na condição com alto índice de dificuldade em que o diâmetro do alvo foi reduzido, a distância do ponto inicial foi aumentada e a tentativa era finalizada com 2 segundos, indivíduos com maior impulsividade cometeram menos erros de acurácia que indivíduos com menor impulsividade. Lage *et al.* (2012) argumentaram que em condições de execução com alta demanda espaço-temporal, o processamento implícito dos indivíduos com maior impulsividade pode ser mais eficaz devido à falta de tempo disponível para que processos cognitivos deliberados ocorram.

Apenas dois estudos contaram com medidas cinemáticas para avaliar o desempenho motor de indivíduos com maior e menor impulsividade em tarefas de apontamento (Lage *et al.*, 2012; Lemke *et al.*, 2005). Nesse aspecto, indivíduos com maior impulsividade apresentaram maior pico de velocidade e menor tempo relativo para o pico de velocidade que indivíduos com menor impulsividade (Lage *et al.*, 2012; Lemke *et al.*, 2005) (FIGURA 4B e 4C). Nenhuma diferença entre os participantes foi encontrada para a variável número de correções *online* (FIGURA 4B e 4C). Os resultados da comparação das variáveis cinemáticas entre indivíduos com maior e menor impulsividade sugere que a diferença no controle motor entre esses indivíduos, em tarefas de apontamento, reside no controle central do movimento e

não no controle via *feedback*. No entanto, mais estudos são necessários para dar suporte à esta proposição. No campo científico, a utilização de tarefas de apontamento para investigar o domínio motor pode ser vantajoso, uma vez que através do desempenho nessas tarefas pode-se inferir aspectos relacionados ao planejamento, organização e controle dos movimentos.

FIGURA 4 – Perfil cinemático do apontamento. (A) perfil cinemático da população em geral. (B) perfil cinemático de indivíduos com maior impulsividade. (C) perfil cinemático de indivíduos com menor impulsividade.



Legenda: (PV) pico de velocidade. (TRPV) tempo relativo para o pico de velocidade.

Fonte: figura adaptada de Lage (2010).

2.5 Relação entre impulsividade, domínio motor e esforço cognitivo

Como apresentado nas duas seções anteriores, poucos estudos investigaram os efeitos do nível de impulsividade no domínio motor. Essa escassez de estudos associada à diversidade dos mesmos limitam consideravelmente a compreensão do papel da impulsividade nesta dimensão do comportamento humano. Apesar destas limitações, boa parte dos estudos indicam que o traço de impulsividade influencia o controle e a aprendizagem de habilidades motoras de alguma forma. Levantou-se então a hipótese de que os efeitos positivos e/ou

negativos da alta impulsividade no domínio motor estariam intrinsecamente vinculados a fatores relacionados à tarefa praticada. Esta hipótese foi formulada a partir da observação de que indivíduos com maior impulsividade apresentavam pior desempenho em tarefas motoras que requeriam alternância de resposta entre estímulos, controle inibitório, acurácia e condições de dupla tarefa motora-cognitiva (Bachorowski; Newman, 1990; Barratt, 1967; Lage *et al.*, 2012; Park, 2020), porém exibiam melhor desempenho em tarefas que exigiam respostas sob alta pressão de tempo e melhor aprendizagem do padrão de movimento em um novo contexto de prática (Ferreira *et al.*, 2019; Lage *et al.*, 2012).

Ao comparar as características das tarefas motoras nas quais indivíduos com maior impulsividade apresentaram pior e melhor desempenho, foi possível identificar que estas se diferiam em relação ao tipo de processamento de informação demandado. Tarefas motoras que exigiram certo grau de flexibilidade cognitiva, controle inibitório, atenção seletiva e/ou sustentada levaram ao pior desempenho de indivíduos com maior impulsividade. No entanto, tarefas motoras com alta demanda espaço-temporal ou que requeriam estabilidade cognitiva propiciaram melhor desempenho aos indivíduos com maior impulsividade. Considerando as características dos tipos de processamento de informação dos Sistemas 1 e 2 e suas respectivas associações com o comportamento de indivíduos com maior e menor impulsividade, é possível aprofundar a hipótese previamente levantada sugerindo que tarefas motoras que requerem mais recursos cognitivos do Sistema 1 favoreceriam o desempenho de indivíduos com maior impulsividade e tarefas que requerem mais recursos do Sistema 2 favoreceriam o desempenho de indivíduos com menor impulsividade.

Se o desempenho motor puder ser predito pela aproximação do tipo de processamento de informação demandado pelas tarefas praticadas é o tipo de processamento habitual de indivíduos com maior e menor impulsividade, é fundamental que os processamentos dos Sistemas 1 e 2 possam ser inferidos de forma empírica. Segundo Kahneman (2003), os Sistemas 1 e 2 são diferenciados pela demanda de esforço cognitivo, sendo que processamentos do Sistema 1 requerem menor esforço cognitivo quando comparados aos processamentos do sistema 2. Sendo assim, o esforço cognitivo pode ser um bom parâmetro para investigar como o nível de impulsividade influencia o desempenho e controle de tarefas motoras que requerem tipos de processamento de informação distintos.

O esforço cognitivo pode ser entendido como a quantidade total de recursos cognitivos envolvidos na percepção, memória e julgamento necessários para realizar uma determinada tarefa (Cooper-Martin, 1994; Russo; Doshier, 1983). Na literatura, o nível de esforço cognitivo dos indivíduos pode ser inferido através de medidas comportamentais menos diretas como o tempo de processamento (Ferreira *et al.*, 2019) e medidas neurofisiológicas mais diretas (Lelis-Torres *et al.*, 2017). Medidas eletroencefalográficas que registram a atividade elétrica resultante da comunicação entre neurônios são exemplos de medidas neurofisiológicas utilizadas para acessar mais sensivelmente o esforço cognitivo. Lelis-Torres *et al.* (2017) utilizaram os índices de *workload* e engajamento como medidas eletroencefalográficas para inferir o nível de esforço cognitivo relacionado à processos de memória e processamento sensorial, respectivamente. O índice de *workload* é uma medida que indica a carga de memória de trabalho, raciocínio analítico, integração de informação e dificuldade mental demandada durante as tarefas (Berka *et al.*, 2004; Berka *et al.*, 2007). Já o índice de engajamento se relaciona com a demanda de captura de informação, varredura visual e atenção (Berka *et al.*, 2004; Berka *et al.*, 2007).

A correspondência das bases neurais que subsidiam o comportamento impulsivo com processos cognitivos relacionados à memória de trabalho, raciocínio analítico, processamento sensorial e atenção, faz com que os índices de *workload* e engajamento sejam particularmente adequados para investigar como o esforço cognitivo de indivíduos com maior e menor impulsividade se comportam em tarefas motoras que requerem diferentes demandas cognitivas. Existem muitas lacunas a serem exploradas sobre os efeitos da impulsividade no domínio motor, entretanto o conhecimento acerca dos possíveis fatores e mecanismos que explicam a dualidade (positiva / negativa) da impulsividade no desempenho de habilidades motoras, pode ser um passo importante para esclarecer e justificar a diversidade dos achados até então reportados pela literatura.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

Investigar o efeito da impulsividade no controle motor e no esforço cognitivo em diferentes tarefas de apontamento.

3.2 Objetivos específicos

3.2.1 Tarefa de apontamento que requer menor esforço cognitivo

1. Comparar o desempenho em variáveis de tempo e acurácia entre indivíduos com maior e menor impulsividade.
2. Comparar o desempenho em variáveis cinemáticas entre indivíduos com maior e menor impulsividade.
3. Comparar o esforço cognitivo entre indivíduos com maior e menor impulsividade.

3.2.2 Tarefa de apontamento que requer maior esforço cognitivo

4. Comparar o desempenho em variáveis de tempo e acurácia entre indivíduos com maior e menor impulsividade.
5. Comparar o desempenho em variáveis cinemáticas entre indivíduos com maior e menor impulsividade.
6. Comparar o controle inibitório entre indivíduos com maior e menor impulsividade.
7. Comparar o esforço cognitivo entre indivíduos com maior e menor impulsividade.
8. Comparar o delta das variáveis de tempo, acurácia, cinemática e cognitivas do final para o início da prática entre indivíduos com maior e menor impulsividade.

4 HIPÓTESES

4.1 Tarefa de apontamento que requer menor esforço

1. Indivíduos com maior impulsividade apresentarão menor tempo de resposta, tempo de reação e tempo de movimento, assim como menor número de erros de acurácia em comparação aos indivíduos com menor impulsividade.
2. Indivíduos com maior impulsividade apresentarão maior pico de velocidade e menor tempo relativo para o pico de velocidade em comparação aos indivíduos com menor impulsividade. Não haverá diferença entre os participantes no número de correções *online*.
3. Indivíduos com maior impulsividade apresentarão menor índice de *workload* e engajamento em comparação aos indivíduos com menor impulsividade.

4.2 Tarefa de apontamento que requer maior esforço cognitivo

4. Indivíduos com maior impulsividade apresentarão maior tempo de resposta, tempo de reação e tempo de movimento, assim como maior número de erros de acurácia em comparação aos indivíduos com menor impulsividade.
5. Indivíduos com maior impulsividade apresentarão maior pico de velocidade e menor tempo relativo para o pico de velocidade em comparação aos indivíduos com menor impulsividade. Não haverá diferença entre os participantes no número de correções *online*.
6. Indivíduos com maior impulsividade apresentarão maior número de erros de inibição em comparação aos indivíduos com menor impulsividade.
7. Indivíduos com maior e menor impulsividade apresentarão índices similares de *workload* e engajamento.
8. Indivíduos com maior impulsividade apresentarão maior delta das variáveis de tempo, acurácia, cinemática e cognitivas do final para o início da prática em comparação aos indivíduos com menor impulsividade.

5 MÉTODO

5.1 Participantes

5.1.1 Cálculo amostral

Um estudo piloto foi realizado para determinar o número mínimo de participantes para a condução desse estudo. Após definir as configurações de cada condição da tarefa de apontamento, foram selecionados 6 participantes com altos escores para impulsividade ($85,83 \pm 7,41$) e 6 participantes com baixos escores para impulsividade ($45,33 \pm 3,27$) para realizarem as duas condições da tarefa motora. Assim como Lage *et al.* (2012), utilizamos a variável tempo de resposta para estimar o tamanho da amostra.

A média do tempo de resposta dos grupos na condição 1 da tarefa foi de 916,05 ms ($\pm 11,58$) para os indivíduos com maior impulsividade e 927,94 ms ($\pm 1,77$) para os indivíduos com menor impulsividade. Na condição 2 da tarefa, a média do tempo de resposta dos indivíduos com maior impulsividade foi de 1.292,63 ms ($\pm 93,97$) e dos indivíduos com menor impulsividade foi de 1.443,99 ms ($\pm 98,09$). Para calcular o tamanho amostral com um *design* de duas caudas, adotamos um *alpha* de 0,05 e um poder de 0,8. O *software* G-Power 3.1 foi utilizado para análise. Um mínimo de 14 e 12 participantes para cada grupo foi identificado para as condições 1 e 2, respectivamente. Considerando uma possível taxa de perda de 20% (Hudson; Darthuy, 2009) e mais 30% de perda dos dados cognitivos (Buzsáki, 2006), definimos um número mínimo de 21 participantes para cada grupo experimental.

5.1.2 Caracterização dos participantes

A amostra inicial desse estudo contou com 109 participantes de ambos os sexos, destros, com idade entre 18 e 35 anos. Dos 109 participantes, 51 eram do sexo feminino e 58 do sexo masculino. A média de idade da amostra inicial foi de 23,35 anos ($\pm 3,33$). Todos os participantes declararam não possuir diagnóstico de transtornos psiquiátricos e/ou do neurodesenvolvimento, não fazer uso de

medicamentos que alteram a excitabilidade do cérebro e não apresentar lesões musculoesqueléticas nos membros superiores. Todos os participantes atingiram uma pontuação mínima de 80 pontos no Inventário de Dominância Lateral de Edimburgo (Oldfield, 1971) (ANEXO C) certificando a clara preferência dos mesmos pela utilização da mão direita em tarefas manuais.

Dos 109 participantes da amostra inicial, 45 foram excluídos da amostra final do estudo por não atingirem as pontuações critério para inclusão no grupo mais ou menos impulsivo. Dos 64 participantes que deram continuidade ao estudo e realizaram a prática das duas condições da tarefa motora, uma participante do grupo mais impulsivo foi excluída da amostra final, pois adormeceu durante a execução da condição 2 da tarefa motora. Assim, a amostra final do estudo contou com 63 participantes com média de idade de 23,48 anos ($\pm 3,64$), sendo 29 do sexo feminino e 34 do sexo masculino.

5.1.3 Cuidados éticos

O estudo foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) (55053522.3.0000.5149) (ANEXO A). Todos os participantes assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (APÊNDICE A) antes de participar dos procedimentos experimentais. Foi informado ao participante que ele estaria livre para recusar participar ou desistir do estudo em qualquer momento sem que isso pudesse lhe causar prejuízo. Os dados coletados foram utilizados somente para os fins da pesquisa. Todos os dados e anotações relativos aos participantes foram estritamente confidenciais. As coletas seguiram o protocolo de biossegurança, adequação de espaços e monitoramento da covid-19 elaborado pela UFMG.

5.2 Análise da impulsividade

Para acessar o nível de impulsividade dos participantes foi utilizada a versão adaptada e validada para a língua portuguesa da *Barratt Impulsiveness Scale - 11* (BIS-11) (Malloy-Diniz *et al.*, 2010; Patton; Stanford; Barratt, 1995). A BIS-11 é uma escala de autopreenchimento composta por 30 itens (ANEXO B). Para responder essa escala o participante deve analisar cada um dos itens considerando

seu próprio comportamento e classificá-los de acordo com uma escala do tipo *Likert* de quatro pontos, a saber: 1 = raramente ou nunca; 2 = de vez em quando; 3 = com frequência; 4 = quase sempre/sempre. Das 30 questões da escala, 19 possuem pontuação direta (1, 2, 3 ou 4) e 11 possuem pontuação reversa (4, 3, 2 ou 1) seguindo a escala *Likert* apresentada anteriormente. A pontuação global que se dá pela somatória dos pontos alcançados nas 30 questões foi utilizada para classificar o nível de impulsividade dos participantes. A pontuação global da BIS-11 varia de 30 a 120 pontos e altos escores indicam a presença de comportamentos impulsivos.

A determinação dos participantes que seriam incluídos nos grupos mais e menos impulsivos se deu através da pontuação global alcançada na BIS-11. De acordo com os dados normativos da BIS-11 para a população brasileira, os percentis 75 e 25 da pontuação global representam 68 e 55 pontos, respectivamente (Malloy-Diniz *et al.*, 2015). Sendo assim, determinados os percentis 75 e 25 como pontos de corte para alocação dos participantes nos grupos mais e menos impulsivos, respectivamente. Os participantes que alcançaram pontuações globais superiores ou igual a 68 pontos foram alocados no grupo mais impulsivo e os participantes que alcançaram pontuações globais inferiores ou igual a 55 pontos foram alocados no grupo menos impulsivo. Os demais participantes foram excluídos da amostra final do estudo.

5.3 Instrumentos e tarefa

5.3.1 Tarefa motora

Para realização da tarefa motora foram utilizados um microcomputador Dell modelo Optiplex 3010, um monitor Dell led de 21,5 polegadas Widescreer e uma mesa digitalizadora Wacom Intuos. A tarefa motora desse estudo consistiu em uma tarefa discreta de apontamento adaptada do estudo de Lage *et al.* (2012), na qual o participante deveria deslocar uma caneta-sensor sobre a mesa digitalizadora partindo de uma posição inicial demarcada para um alvo. A posição inicial e o alvo apareciam na tela do monitor e a distância percorrida pela caneta-sensor na mesa digitalizadora correspondia a distância percorrida pelo cursor na tela do monitor. A meta da tarefa era realizar a ação de apontamento tentando acertar o alvo o mais rápido e preciso possível.

Duas condições da tarefa de apontamento que requeriam menor (condição 1) e maior (condição 2) esforço cognitivo foram praticadas pelos participantes. Antes de iniciar as condições da tarefa, uma fase de familiarização foi realizada. Apesar de apresentarem muitas diferenças, a posição inicial, a referência visual da caneta-sensor na tela do monitor e o intervalo de tempo entre o estímulo de atenção e surgimento do alvo foi igual para as duas condições e para a fase de familiarização. A posição inicial da tarefa, determinada por um círculo preto de 1 cm de diâmetro, estava localizada a 10 cm e 3 cm do canto inferior esquerdo da tela do monitor nos eixos X e Y, respectivamente. Um pequeno círculo vermelho com 0,24 cm de diâmetro representava a localização *online* da caneta-sensor na tela do monitor. Esse pequeno círculo vermelho possibilitava que os participantes utilizassem o *feedback* visual para realizarem correções *online* na trajetória do movimento.

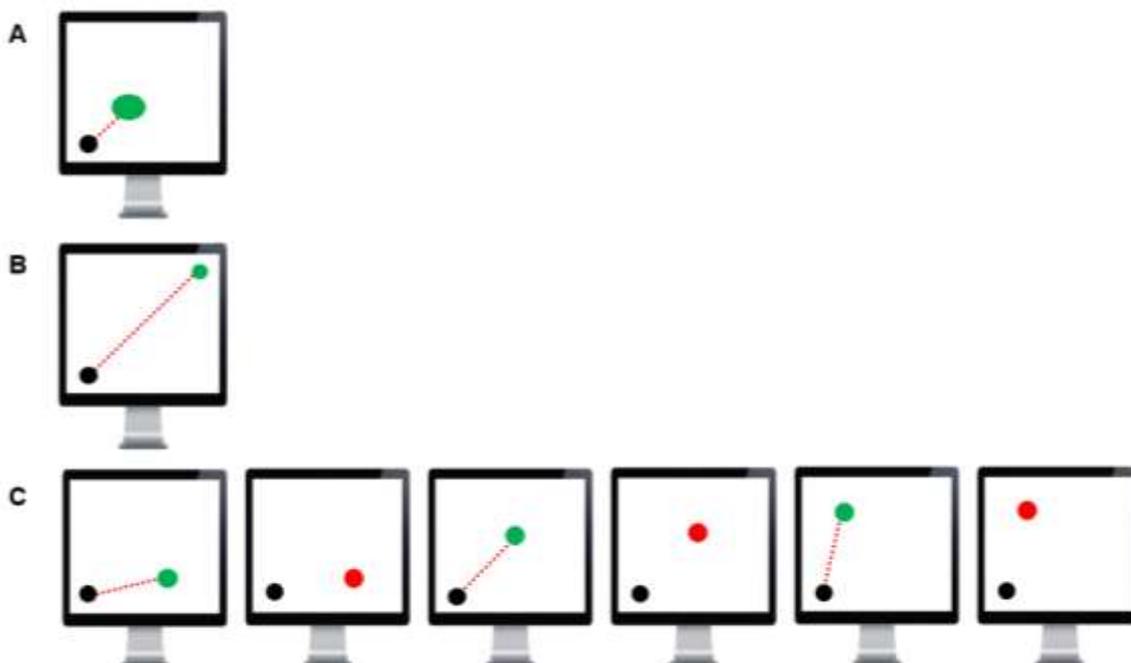
Para iniciar a tentativa, o participante deveria direcionar o pequeno círculo vermelho até a posição inicial com a caneta-sensor na mesa digitalizadora. Ao posicionar o círculo vermelho dentro do círculo preto (posição inicial), um bipe ocorria para sinalizar que a caneta-sensor estava corretamente posicionada na posição inicial. Logo após o bipe, o círculo preto desaparecia, representando o estímulo de atenção e o participante era instruído a não mexer a caneta até o alvo aparecer. De 1 a 3 s após o estímulo de atenção, o círculo preto aparecia novamente junto com o alvo que deveria ser atingido. Nesse momento, o participante deveria fazer o apontamento tentando atingir o alvo o mais rápido e preciso possível. Nessa tarefa, atingir o alvo significava conseguir parar o pequeno círculo vermelho dentro do alvo ao final do movimento. Após o início do movimento, a determinação do final do movimento se deu a partir da permanência do pequeno círculo vermelho em uma mesma posição durante uma janela temporal de 80 ms. As tentativas eram encerradas após o final do movimento ou quando a tentativa atingia o tempo limite estabelecido para cada condição. A seguir, serão descritas as características que distinguem a fase de familiarização, a condição 1 e a condição 2 da tarefa motora.

Fase de familiarização: essa fase foi realizada para que os participantes experimentassem o controle da caneta-sensor e compreendessem a dinâmica da tarefa. Nessa fase, um alvo verde com diâmetro de 2 cm foi apresentado a 50° e 15

cm da posição inicial (FIGURA 5A). Foram realizadas 5 tentativas. As tentativas da fase de familiarização tinham uma duração máxima de 3 s a partir do surgimento do alvo. Após esse tempo, a tentativa era encerrada mesmo se o participante não tivesse chegado até o alvo.

Condição 1 - Menor esforço cognitivo: essa condição contou com um alvo verde com diâmetro de 0,5 cm que foi apresentado a 40° e 20 cm da posição inicial (FIGURA 5B). Foram realizadas 50 tentativas. As tentativas da condição 1 tinham uma duração máxima de 1 s a partir do surgimento do alvo. Após esse tempo, a tentativa era encerrada mesmo se o participante não tivesse chegado até o alvo.

FIGURA 5 – Representação da tela do microcomputador na familiarização e nas duas condições da tarefa motora. (A) familiarização. (B) condição 1. (C) condição 2.



Condição 2 - Maior esforço cognitivo: essa condição contou com três alvos verdes com diâmetro de 1 cm que foram apresentados a 19 cm da posição inicial em angulações de 15° , 45° e 75° (FIGURA 5C). Para além dos três alvos verdes, três alvos inibição na cor vermelha foram apresentados em 10% das tentativas nas mesmas configurações dos alvos verdes (FIGURA 5C). Essa condição contou com 120 tentativas que foram organizadas seguindo a seguinte

regra: em cada bloco de 10 tentativas, 3 eram alvos verdes a 15°, 3 eram alvos verdes a 45°, 3 eram alvos verdes a 75° e 1 alvo vermelho em uma das três angulações. Não houveram tentativas consecutivas de alvos verdes na mesma angulação. A cada bloco de 30 tentativas, um alvo vermelho em cada angulação (15°, 45° e 75°) foi apresentado. Para mais detalhes sobre a organização das tentativas na condição 2 ver APÊNDICE B. Nas tentativas que o alvo inibição aparecia, os participantes eram instruídos a tentar inibir a ação de apontamento e permanecer com a caneta-sensor no ponto inicial. As tentativas da condição 2 tinham uma duração máxima de 2 s a partir do surgimento do alvo. Após esse tempo, a tentativa era encerrada mesmo se o participante não tivesse chegado até o alvo.

A tarefa motora foi desenvolvida no *software* Labview (National Instruments, Texas, EUA). O processo de processamento, armazenamento, filtragem dos dados da tarefa motora também foi também desenvolvido no Labview (National Instruments, Texas, EUA). Os dados obtidos na tarefa motora foram adquiridos com a frequência de 100 Hz e filtrados utilizando o filtro Butterworth de 2ª ordem, do tipo passa baixa como o valor de atenuação de 12 Hz.

5.3.2 Aparelho de eletroencefalografia

Foi utilizado um equipamento de eletroencefalografia X-10 com 10 canais, da empresa Advanced Brain Monitoring (Advanced Brain Monitoring Inc., Carlsbad, CA) e o *software* B-Alert (Advanced Brain Monitoring Inc., Carlsbad, CA, USA) para adquirir o registro eletroencefalográfico. Nove eletrodos para registro da atividade elétrica do escalpo foram utilizados. Os eletrodos Fz, F3 e F4, correspondem à área pré-frontal, responsáveis pelas funções executivas e processos de planejamento. Na área central do escalpo, os eletrodos Cz, C3 e C4 compreendem os córtices motor e somatosensorial. Por fim, os eletrodos Pz, P3 e P4 correspondem à área parietal responsável pela integração sensorial e atencional. A localização destes eletrodos se deu em conformidade com o sistema 10-20 de padronização internacionalmente reconhecido para posicionamento dos 40 eletrodos no escalpo (Jasper, 1958). Outros quatro eletrodos do equipamento também foram utilizados no processo mastoide de cada lado do crânio (2 eletrodos de referência),

no ponto médio da clavícula direita e aproximadamente na extremidade esternal da 9ª costela do lado esquerdo, os dois últimos eletrodos estavam relacionados à mensuração da frequência cardíaca.

A montagem dos eletrodos para registro dos sinais elétricos em cada sensor se deu de forma monopolar, dada pelo registro da diferença de potencial entre cada eletrodo ativo e um eletrodo indiferente de referência (eletrodos localizados nos processos mastoídes) (Hirsch; Brenner, 2010). Derivações bipolares que representam o registro da diferença potencial de dois eletrodos ativos (Hirsch; Brenner, 2010), também foram incluídas nas montagens para se obter as classificações das métricas cognitivas e minimizar os possíveis artefatos gerados: FzPOz, CzPOz, F3Cz, C3C4, FzC3. Os eletrodos foram conectados a um amplificador de sinais que coleta os sinais provenientes de cada canal (pares de eletrodos), os converte de analógicos para digitais, os codifica, os formata e transmite a uma frequência de rádio de 2,4 a 2,48 GHz em tempo real via Bluetooth para um computador host onde o *software* B-Alert permitiu extrair os dados em microvolts para posteriormente realizar as análises. Os dados do EEG foram coletados com uma taxa de amostragem de 256 Hz para todos os canais. Os dados da tarefa motora e do EEG foram coletados simultaneamente em dois programas diferentes no mesmo computador (Dell modelo Optiplex 3010) e armazenados em arquivos distintos. Após a aquisição dos dados, os arquivos gerados foram sincronizados utilizando um algoritmo desenvolvido no Matlab (Natick, MA, EUA) para esse fim. O EEG foi utilizado durante toda a sessão de prática da tarefa motora.

5.3.3 Tarefas cognitivas para o *baseline*

Para criar um *baseline* para posterior análise das variáveis cognitivas através de um perfil individualizado de EEG, os participantes tiveram que realizar três tarefas cognitivas para avaliar a sonolência, alto ou baixo engajamento e distração (Berka *et al.*, 2004; Johnson *et al.*, 2011). A primeira tarefa consistia em uma tarefa de vigilância de 3 escolhas (3 - *Choice Vigilance Task*) na qual os participantes tinham que realizar toques o mais rápido possível nas setas para a direita e para a esquerda do teclado de acordo com o aparecimento de três estímulos diferentes, sendo eles: triângulo (estímulo principal com ocorrência de 70%) que correspondia ao toque na seta da esquerda e triângulo invertido e losango

(estímulos secundários com ocorrência de 30% no total), que correspondiam ao toque na seta da direita. O intervalo entre os estímulos variou entre 1,5 - 10 segundos, sendo menor no início (demanda de estado de alerta) e maior ao final (identificação de sonolência) (Berka *et al.*, 2007).

A segunda tarefa foi uma tarefa de vigilância psicomotora visual (*Visual Psychomotor Vigilance Task*) na qual o participante teve que teclar a barra de espaço do teclado juntamente com o aparecimento de um estímulo visual (círculo vermelho). O intervalo entre os estímulos se manteve em 2 segundos durante toda a prática e a tarefa teve duração de 3 minutos. A terceira e última tarefa consistia na vigilância psicomotora auditiva (*Auditory Psychomotor Vigilance Task*) similar à segunda tarefa, diferindo-se apenas quanto ao estímulo que passou a ser um som e a necessidade de permanecer com os olhos fechados. Assim, o participante teve que teclar a barra de espaço juntamente com o estímulo sonoro, que ocorreu a cada 2 segundos. Essa tarefa teve duração de 3 minutos.

Ao todo, as tarefas de *baseline* demandaram cerca de 9 minutos. Análises de função discriminante e regressões lineares graduais ajustaram os dados do *baseline* para cada indivíduo e geraram as probabilidades dos participantes se encontrarem nos quatro estados cognitivos (sonolência, alto ou baixo engajamento e distração). Essas classificações serviram como medidas base para os cálculos das variáveis cognitivas. Vale ressaltar que essas três tarefas cognitivas fazem parte dos procedimentos obrigatórios do *software* B-Alert para produção das métricas cognitivas do índice de *workload* e do índice de engajamento. Sendo assim, resultados comportamentais provenientes dessas tarefas não são extraídos.

5.4 Delineamento e procedimentos

A coleta de dados se deu na Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da UFMG nas dependências do Grupo de Estudos em Desenvolvimento e Aprendizagem Motora em uma sala específica para essa finalidade. A condução do experimento foi realizada pela própria discente do Programa de Pós-Graduação em Ciências do Esporte. Os procedimentos da coleta foram organizados em dois momentos (FIGURA 6). Inicialmente o participante foi encaminhado para a sala de coleta e foi instruído a assentar-se confortavelmente em uma cadeira de frente para uma mesa de escritório. Após confirmar que o

participante apresentava todos os critérios necessários para fazer parte da amostra do estudo, o mesmo foi esclarecido a respeito dos procedimentos e objetivos da pesquisa e assinou o TCLE. Após a assinatura do TCLE, o participante preencheu o Inventário de Dominância Lateral de Edimburgo e respondeu a BIS-11. Após responder as 30 questões da BIS-11, antes de ser liberado, foi informado ao participante que entraríamos em contato novamente caso fosse classificado para realizar a fase de prática da tarefa motora. Finalizados os procedimentos iniciais, a pontuação global atingida pelo participante na BIS-11 foi confrontada com os dados normativos do estudo de Malloy-Diniz *et al.* (2015). Se o participante tivesse atingido uma pontuação global superior ou igual a 68 pontos, ele seria alocado no grupo mais impulsivo (GI+), se ele tivesse atingido 55 pontos ou menos, seria alocado no grupo menos impulsivo (GI-) e se ele tivesse atingido pontuações entre 56 e 67 não participaria do segundo momento da coleta. Os participantes não sabiam que seriam ou não chamados para a prática da tarefa motora de acordo com a pontuação alcançada na BIS-11.

O segundo momento da coleta foi realizado de acordo com a disponibilidade dos participantes permanecerem 2 horas consecutivas na sala de coleta. Nesse momento foram realizadas as duas condições da tarefa motora (FIGURA 6). Inicialmente, o participante foi direcionado para uma cadeira para que o EEG fosse instalado (FIGURA 6). Espumas de contato para eletrodo foram afixadas sobre os eletrodos na parte interna da fita do EEG. Com uma seringa, foi aplicado um gel condutor nos eletrodos para criar uma interface eletrodo-eletrólito que permitiu a captura da corrente elétrica cerebral. A fita de EEG foi presa no escalpo por uma tiara de velcro que circundou o crânio do participante. O posicionamento dos nove eletrodos na fita seguiu o sistema 10-20 de padronização dos eletrodos no escalpo (Jasper, 1958). O amplificador de sinais dos eletrodos foi conectado a fita de EEG e também estava preso na tiara de velcro. Na sequência, quatro eletrodos embebidos em gel condutor, foram fixados no processo mastoide de ambos os lados do crânio (eletrodos de referência), no ponto médio da clavícula direita e aproximadamente na extremidade esternal da 9ª costela do lado esquerdo.

Finalizado os procedimentos de posicionamento do EEG no escalpo do participante, o *software* B-Alert foi ativado e o amplificador *wireless* ligado e sincronizado ao computador via entrada USB. Feito isto, a impedância dos eletrodos foi medida através do *software*. Um valor abaixo de 5k Ω , no qual o *software* entende

que 95% dos segundos capturados de métricas cognitivas estão com boa qualidade, foi adotado. Ao alcançar uma boa qualidade de impedância para todos os eletrodos, o participante foi posicionado em outra cadeira de frente ao microcomputador e a mesa digitalizadora. Nesse momento, foi informado ao participante que ele deveria evitar fazer movimentos bruscos com a cabeça, ranger os dentes e tecer comentários a respeito das tarefas subsequentes para minimizar as interferências no sinal registrado pelo EEG.

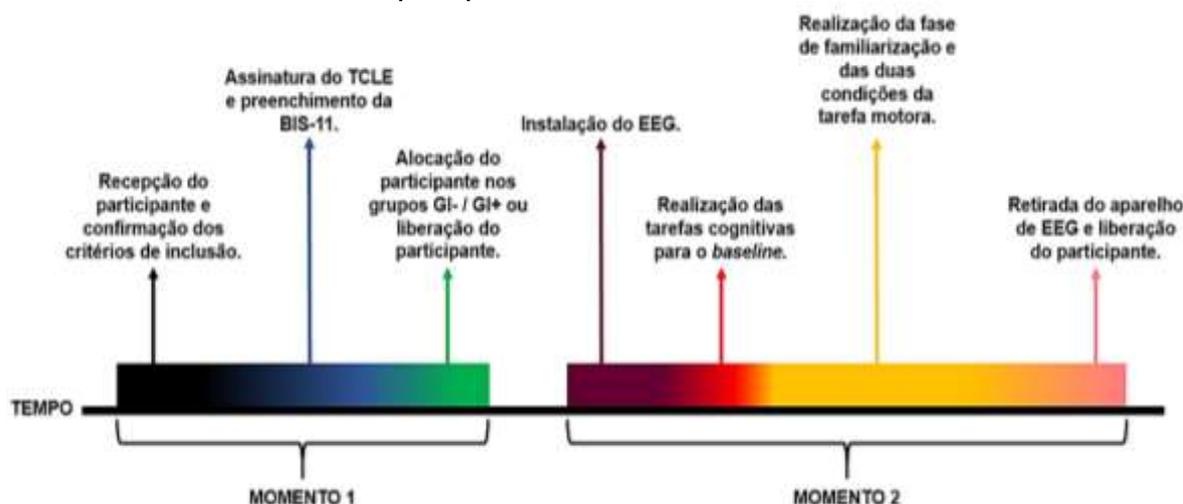
Dando seguimento aos procedimentos do segundo momento, foram realizadas as três tarefas cognitivas requeridas pelo *software* para a criação do *baseline* (FIGURA 6). Instruções padronizadas pelo *software* foram lidas para o participante antes de cada uma das tarefas cognitivas e as dúvidas que surgiram foram sanadas. Na sequência, foram dadas as instruções gerais sobre a meta da tarefa e a organização da mesma:

“A meta da tarefa que você irá realizar agora é tentar acertar um alvo verde que vai aparecer na tela do computador o mais rápido e preciso possível. Para isso, você deve posicionar a caneta-sensor na mesa digitalizadora sem que seu antebraço fique apoiado na mesa ou na mesa digitalizadora. Do lado inferior esquerdo da tela do monitor irá aparecer um círculo preto que indica sua posição inicial. Um pequeno círculo vermelho que surgirá representa a posição da caneta-sensor na tela do monitor. A cada nova tentativa, você deve direcionar esse pequeno círculo vermelho para dentro do círculo preto. Quando você chegar no círculo preto, você vai ouvir um bipe que quer dizer que você está corretamente posicionado na posição inicial. Após o bipe, mantenha a caneta-sensor parada. O círculo preto irá desaparecer e de 1 a 3 s depois ele vai reaparecer junto com o alvo verde que você deve tentar acertar o mais rápido e preciso possível. Acertar o alvo significa parar o pequeno círculo vermelho dentro do alvo, e não passar pelo alvo, ok? Ao final da tentativa, o alvo verde e o círculo preto irão desaparecer. Quando o círculo preto reaparecer você deve direcionar o pequeno círculo vermelho novamente para dentro do círculo preto e assim por diante. Você irá realizar duas condições dessa tarefa e para cada uma dessas condições você terá um tempo limite para tentar acertar o alvo, após esse tempo a tentativa será encerrada mesmo que você não tenha conseguido atingir o alvo.”

Após sanar as dúvidas do participante, a fase de familiarização foi realizada. Instruções adicionais foram dadas durante a fase de familiarização quando o participante apresentava dificuldade para compreender a dinâmica da tarefa. Após a fase de familiarização, foram conduzidas as condições 1 e 2 da tarefa cuja ordem de execução foi contrabalançada entre os participantes nos grupos GI+ e GI- (FIGURA 6). Antes de começar a condição 1, o participante era informado que o alvo verde diminuiria de tamanho e apareceria sempre no mesmo lugar, no entanto

ele teria apesar 1 s para tentar atingir o alvo depois que o mesmo aparecesse. Antes da condição 2, o participante era informado que o alvo verde poderia aparecer em uma de três possíveis posições de forma aleatória entre as tentativas e que teria até 2 s para tentar acertar o alvo. Também foi informado que em algumas tentativas o alvo verde apareceria na cor vermelha. Nesse caso, ele deveria inibir a ação de apontamento e tentar permanecer com a caneta-sensor na posição inicial. No caso de não conseguir inibir a ação de apontamento, o movimento deveria ser interrompido assim que ele percebesse que o alvo era vermelho. Em ambas condições, a meta de tentar acertar o alvo o mais rápido e preciso possível foi relembrada. Antes de cada condição, o participante foi informado que a gravação do EEG seria iniciada e que em cerca de 30 s a tarefa motora seria iniciada. Após o final das duas condições da tarefa de apontamento, o EEG foi devidamente desligado, removido e o participante foi liberado (FIGURA 6).

FIGURA 6 – Principais procedimentos da coleta de dados.



Legenda: (TCLE) Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. (BIS-11) *Barratt Impulsiveness Scale* – 11. (GI-) grupo menos impulsivo. (GI+) grupo mais impulsivo. (EEG) eletroencefalograma.

5.5 Variáveis

5.5.1 Variável independente

Nível de impulsividade: refere-se à alocação dos participantes nos grupos GI- e GI+ de acordo com a pontuação obtida na BIS-11.

5.5.2 Variáveis dependentes de tempo

Tempo de reação: refere-se ao intervalo de tempo entre o surgimento do alvo verde e o início do movimento.

Tempo de movimento: refere-se ao intervalo de tempo entre o início e o fim do movimento.

Tempo de resposta: refere-se ao intervalo de tempo entre o surgimento do alvo verde e o fim do movimento.

5.5.3 Variável dependente de acurácia

Número de erros de acurácia: refere-se ao número de erros de execução. Esse erro ocorre quando o cursor não atinge ou atinge, mas ultrapassa a área demarcada para o alvo verde na tela do monitor. A pontuação dada para cada erro foi de 1 ponto.

5.5.4 Variáveis dependentes cinemáticas

Tempo relativo para o pico de velocidade: refere-se à porcentagem do tempo total que ocorre entre o início do movimento e a primeira transição da curva de aceleração (*zero crossing*) após o pico de velocidade.

Pico de velocidade: refere-se ao maior valor de velocidade atingido durante a trajetória em direção ao alvo verde dada em cm/seg.

Número de correções *online*: refere-se ao número de descontinuidades no perfil de aceleração representadas por picos de aceleração positivos e negativos que ocorrem durante a fase de correções *online* do movimento.

5.5.5 Variável dependente de controle inibitório

Número de erros de inibição na resposta: refere-se ao número de erros de ação. Esse erro ocorre quando surge o alvo inibição (alvo vermelho) na tela do monitor e o participante movimenta a caneta sensor. A pontuação dada para cada erro foi de 1 ponto. Essa variável foi analisada apenas na condição 2 da tarefa que possui o referido estímulo de inibição.

5.5.6 Variáveis dependentes cognitivas

Índice de *workload*: o valor desta variável classifica o esforço cognitivo do indivíduo em alto índice de *workload*, para valores de probabilidade próximos de 1, e em baixo índice de *workload*, para valores de probabilidade próximos de 0. Esse índice é uma medida relacionada à carga de memória de trabalho e a dificuldade mental demandada na execução da tarefa. A taxa de aquisição foi de 1 Hz.

Índice de engajamento: o valor desta variável classifica o engajamento cognitivo do indivíduo na tarefa em quatro estados cognitivos numa escala de 0 a 1: sonolência para valor de 0,1; em distração para 0,3; em baixo engajamento para 0,6 e alto engajamento para 0,9. Esta medida se relaciona à demanda da tarefa para captura de informação, varredura visual e atenção sustentada. A taxa de aquisição foi de 1 Hz.

5.6 Organização dos dados e análise estatística

A organização dos dados intra-sujeito da condição 1 nas variáveis de tempo e cinemáticas foi dada a partir da média das 50 tentativas. Para a variável de acurácia, o somatório dos erros de acurácia nas 50 tentativas foi utilizado. As tentativas nas quais o tempo de reação foi menor que 200 ms e/ou tempo de movimento foi menor que 100 ms foram consideradas antecipação do movimento e foram excluídas de todas as análises. Na condição 2, os dados intra-sujeito foram primeiramente separados de acordo com o tipo de alvo (verde/vermelho). Os dados dos 12 alvos de inibição vermelhos foram utilizados apenas para a variável de controle inibitório dada pela somatória dos erros de inibição na resposta. A organização intra-sujeito dos dados das variáveis de tempo, acurácia e cinemáticas dos 108 alvos verdes da condição 2 seguiram os mesmos procedimentos descritos na condição 1. Para as variáveis cognitivas nas condições 1 e 2, foram extraídas as médias do índice de *workload* e engajamento em cada tentativa. A tentativa foi compreendida do momento do bipe (posicionamento da caneta-sensor no ponto inicial) até o momento que a tentativa era encerrada (final do movimento ou final do tempo máximo da tentativa). Após fazer a média das variáveis cognitivas para cada tentativa, a organização intra-sujeito dos dados se deu a partir da média das 50 tentativas para a condição 1 e das 120 tentativas para a condição 2.

Para verificar os efeitos da atenção sustentada, foi realizado o delta das variáveis de tempo, acurácia, cinemáticas e cognitivas na condição 2. Para isso, a organização dos dados intra-sujeito do delta das variáveis de tempo, acurácia e cinemáticas se deu a partir da subtração da média das 27 últimas tentativas do alvo verde com a média das 27 primeiras tentativas do alvo verde. Já para as variáveis cognitivas, a organização dos dados intra-sujeito do delta se deu pela média das 30 últimas tentativas (incluiu os 3 alvos vermelhos) com a média das 30 primeiras tentativas (incluiu os 3 alvos vermelho). A organização dos dados descritivos inter-grupo se deu pela média e desvio padrão para todas as variáveis dependentes das condições 1, 2 e delta da condição 2.

O teste Kolmogorov-Smirnov foi utilizado para avaliação da normalidade dos dados para cada variável dependente (TABELA 1). Para as análises inferências foram conduzidos Testes t de Student não pareados para comparação dos grupos GI+ e GI- nas variáveis que apresentaram distribuição normal dos dados (TABELA 1). Para as variáveis que não apresentaram distribuição normal dos dados foram utilizados Testes U de Mann-Whitney para comparação dos grupos GI+ e GI- (TABELA 1). Testes qui-quadrado foram utilizados exclusivamente para comparar os grupos GI+ e GI- nas variáveis de acurácia nas condições 1 e 2 e na variável de controle inibitório na condição 2. Foi adotado um valor de significância de $p \leq 0,05$ e um poder estatístico de 0,8.

6 RESULTADOS

Os resultados do teste de normalidade e os respectivos testes estatísticos escolhidos para análise inferencial de cada variável dependente do estudo está representado na TABELA 1. A transformação logarítmica (log10) foi realizada no intuito de normalizar os dados das variáveis não normais, no entanto tal transformação não foi suficiente para tornar os dados normais. Dessa forma, optou-se por usar o Teste U de Mann-Whitney para comparação dos grupos nessas variáveis.

Em relação as variáveis dependentes cognitivas, adotou-se uma margem de perda de dados de 30% (Buzsáki, 2006). Dessa forma, foram excluídos das análises finais os dados individuais de cada condição da tarefa motora que excederam 30% de perda. A relação do número de dados analisados em comparação aos dados coletados para cada variável cognitiva está representado na TABELA 2. Os resultados deste estudo serão apresentados na seguinte ordem: características da amostra final do estudo; condição 1 da tarefa motora; condição 2 da tarefa motora e delta da condição 2 da tarefa motora.

TABELA 1 – Normalidade dos dados e testes estatísticos.

Variáveis	Condição 1		Condição 2		Delta da condição 2	
	Normalidade	Teste	Normalidade	Teste	Normalidade	Teste
TR	sim	T- <i>np</i>	sim	T- <i>np</i>	sim	T- <i>np</i>
TM	sim	T- <i>np</i>	sim	T- <i>np</i>	sim	T- <i>np</i>
Tresp	não	M-W	sim	T- <i>np</i>	sim	T- <i>np</i>
EA	não	Q-Q	não	Q-Q	não	M-W
TRPV	não	M-W	não	M-W	sim	T- <i>np</i>
PV	sim	T- <i>np</i>	sim	T- <i>np</i>	sim	T- <i>np</i>
NC	sim	T- <i>np</i>	não	M-W	sim	T- <i>np</i>
EI	-	-	não	Q-Q	-	-
IE	sim	T- <i>np</i>	sim	T- <i>np</i>	sim	T- <i>np</i>
IW	sim	T- <i>np</i>	sim	T- <i>np</i>	sim	T- <i>np</i>

Legenda: (EA) erro de acurácia. (EI) erro de inibição. (IE) índice de engajamento. (IW) índice de *workload*. (M-W) Teste U de Mann-Whitney. (NC) número de correções *online*. (PV) pico de velocidade. (Q-Q) Teste qui-quadrado. (TM) tempo de movimento. (T-*np*) Teste t de Student não pareado. (TR) tempo de reação. (Tresp) tempo de resposta. (TRPV) tempo relativo para o pico de velocidade.

TABELA 2 – Dados coletados e analisados das variáveis cognitivas.

Grupo	Variável	Condição 1		Condição 2		Delta da condição 2	
		Col	Ana	Col	Ana	Col	Ana
GI+	IE	31	30	31	31	31	31
GI-	IE	32	31	32	31	32	31
GI+	IW	31	28	31	29	31	29
GI-	IW	32	27	32	28	32	28

Legenda: (**Ana**) dados analisados. (**Col**) dados coletados. (**IE**) índice de engajamento. (**IW**) índice de *workload*. (**GI+**) grupo mais impulsivo. (**GI-**) grupo menos impulsivo.

6.1 Análise descritiva da caracterização da amostra final

As principais características da amostra do estudo estão apresentadas na TABELA 3. As variáveis número amostral e sexo foram reportadas através da frequência absoluta e as variáveis idade e escore global da BIS-11 reportadas através da média e desvio padrão.

TABELA 3 – Caracterização da amostra final.

	N	Idade	Sexo (F / M)	BIS-11 (Escore global)
GI+	31	23,42 ± 3,25	8 / 23	75,65 ± 7,41
GI-	32	23,53 ± 4,02	21 / 11	50,44 ± 4,00
Amostra geral	63	23,48 ± 3,64	29 / 34	-

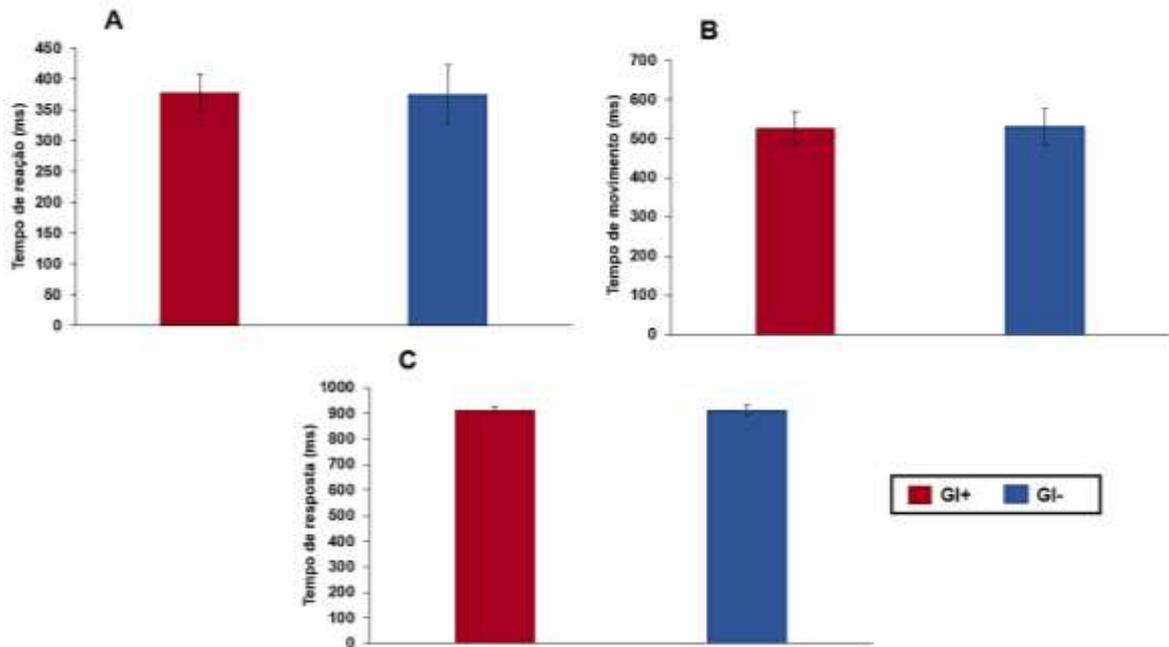
Legenda: (**F**) feminino. (**GI+**) grupo mais impulsivo. (**GI-**) grupo menos impulsivo. (**M**) masculino. (**N**) número amostral.

6.2 Tarefa motora: condição 1

6.2.1 Variáveis de tempo

A estatística descritiva do tempo de reação, do tempo de movimento e do tempo de resposta dos grupos GI+ e GI- está representada na FIGURA 7A, 7B e 7C, respectivamente. Os testes inferências não detectaram diferença significativa entre os grupos no tempo de reação [$t(61) = 0,19$, $p = 0,85$, $d = 0,05$], no tempo de movimento [$t(61) = -0,45$, $p = 0,65$, $d = 0,11$] e no tempo de resposta [$U = 432$, $p = 0,38$, $r = -0,11$].

FIGURA 7 – Variáveis motoras de tempo na condição 1 da tarefa motora. (A) tempo de reação. (B) tempo de movimento. (C) tempo de resposta.

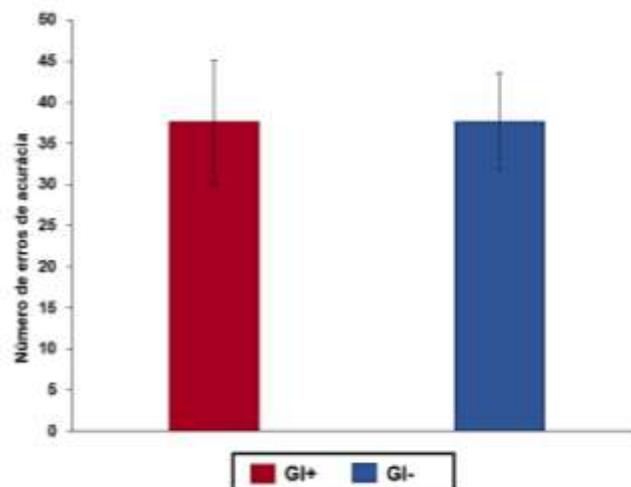


Legenda: (GI+) grupo mais impulsivo. (GI-) grupo menos impulsivo. (ms) milissegundo.

6.2.2 Acurácia

A estatística descritiva do erro de acurácia dos grupos GI+ e GI- está representada na FIGURA 8. O teste inferencial não detectou diferença significativa entre os grupos no erro de acurácia [$\chi^2= 19,5$, $df= 25$, $p= 0,77$].

FIGURA 8 – Acurácia na condição 1 da tarefa motora.

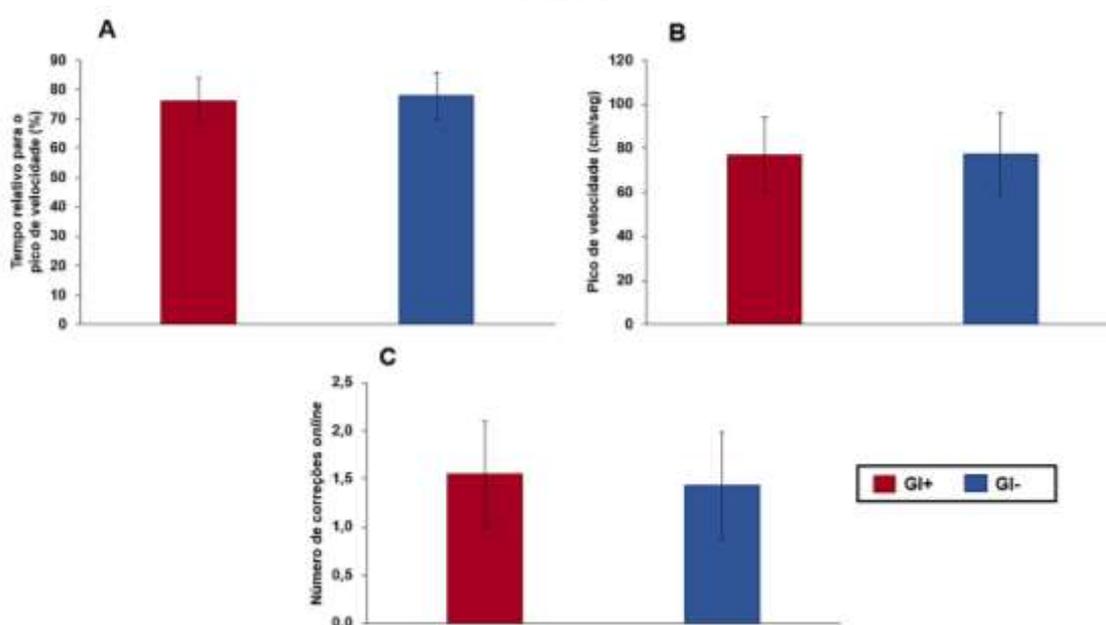


Legenda: (GI+) grupo mais impulsivo. (GI-) grupo menos impulsivo.

6.2.3 Variáveis cinemáticas

A estatística descritiva do tempo relativo para o pico de velocidade, do pico de velocidade e do número de correções *online* dos grupos GI+ e GI- está representada na FIGURA 9A, 9B e 9C, respectivamente. Os testes inferências não detectaram diferença significativa entre os grupos no tempo relativo para o pico de velocidade [$U= 400$, $p= 0,19$, $r= -0,17$], no pico de velocidade [$t(61)= -0,09$, $p= 0,93$, $d= 0,02$] e no número de correções *online* [$t(61)= 0,87$, $p= 0,39$, $d= 0,22$].

FIGURA 9 – Variáveis cinemáticas na condição 1 da tarefa motora. (A) tempo relativo para o pico de velocidade. (B) pico de velocidade. (C) número de correções *online*.

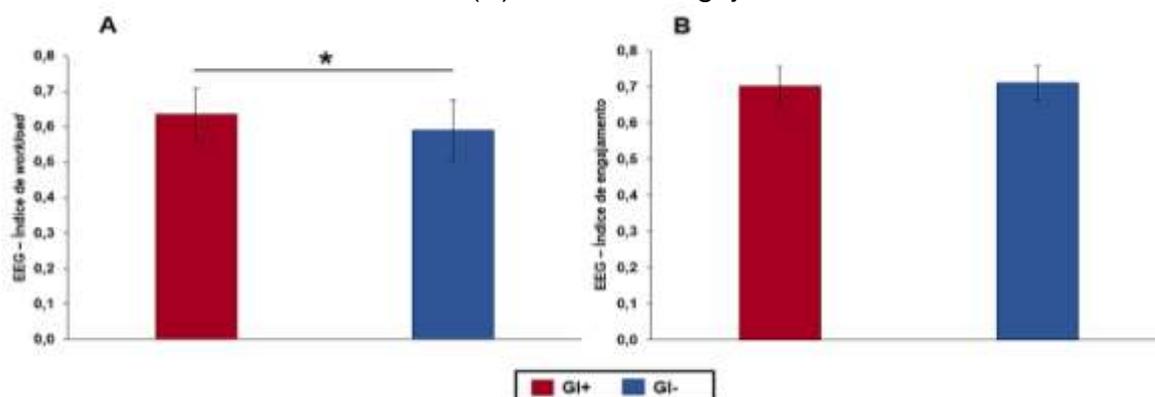


Legenda: (GI+) grupo mais impulsivo. (GI-) grupo menos impulsivo. (cm/seg) centímetro por segundo.

6.2.4 Variáveis cognitivas

A estatística descritiva do índice de *workload* e do índice de engajamento dos grupos GI+ e GI- está representada na FIGURA 10A e 10B, respectivamente. O teste t não pareado detectou diferença significativa entre os grupos para o índice de *workload* [$t(53)= 2,11$, $p= 0,04$, $d= 0,5$], na qual o grupo GI+ apresentou maior índice de *workload* em comparação ao grupo GI-. Não foi encontrada diferença significativa entre os grupos para o índice de engajamento [$t(59)= -0,60$, $p= 0,55$, $d= 0,2$].

FIGURA 10 – Variáveis cognitivas na condição 1 da tarefa motora. (A) índice de *workload*. (B) índice de engajamento.



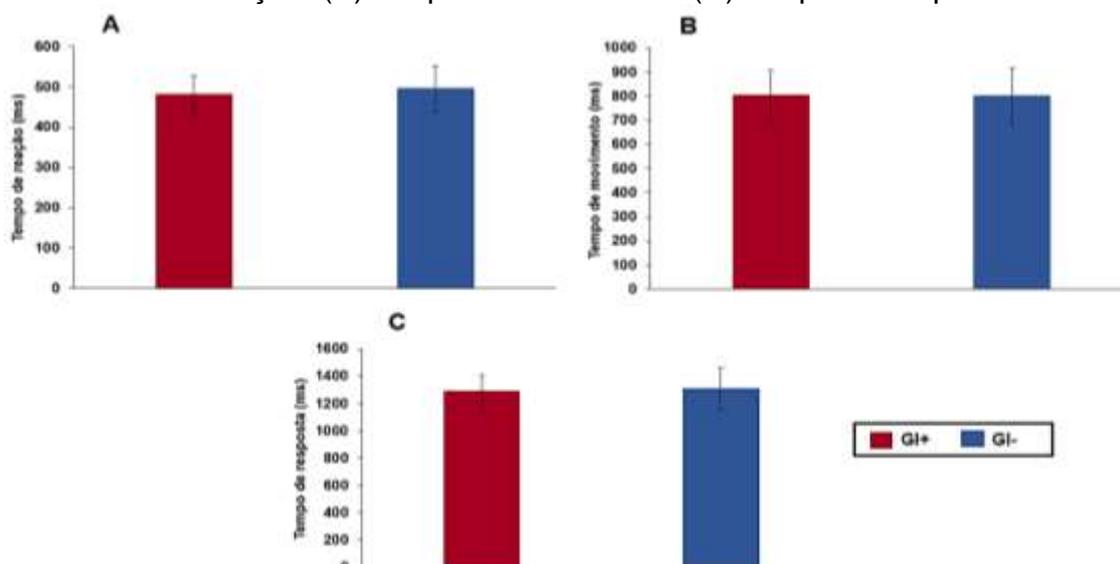
Legenda: (GI+) grupo mais impulsivo. (GI-) grupo menos impulsivo. (*) diferença estatística entre grupos.

6.3 Tarefa motora: condição 2

6.3.1 Variáveis de tempo

A estatística descritiva do tempo de reação, do tempo de movimento e do tempo de resposta dos grupos GI+ e GI- está representada na FIGURA 11A, 11B e 11C, respectivamente. Os testes inferências não detectaram diferença significativa entre os grupos no tempo de reação [$t(61) = -1,04$, $p = 0,3$, $d = 0,26$], no tempo de movimento [$t(61) = 0,12$, $p = 0,9$, $d = 0,03$] e no tempo de resposta [$t(61) = -0,53$, $p = 0,60$, $d = 0,13$].

FIGURA 11 – Variáveis de tempo na condição 2 da tarefa motora. (A) tempo de reação. (B) tempo de movimento. (C) tempo de resposta.

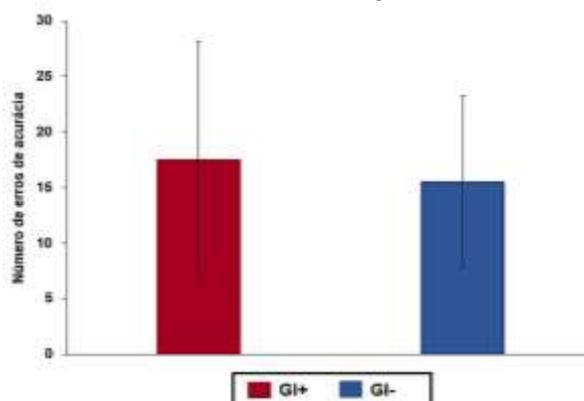


Legenda: (GI+) grupo mais impulsivo. (GI-) grupo menos impulsivo. (ms) milissegundo.

6.3.2 Acurácia

A estatística descritiva do erro de acurácia dos grupos GI+ e GI- está representada na FIGURA 12. O teste inferencial não detectou diferença significativa entre os grupos no erro de acurácia [$X^2= 21,3$, $df= 26$, $p= 0,72$].

FIGURA 12 – Acurácia na condição 2 da tarefa motora.

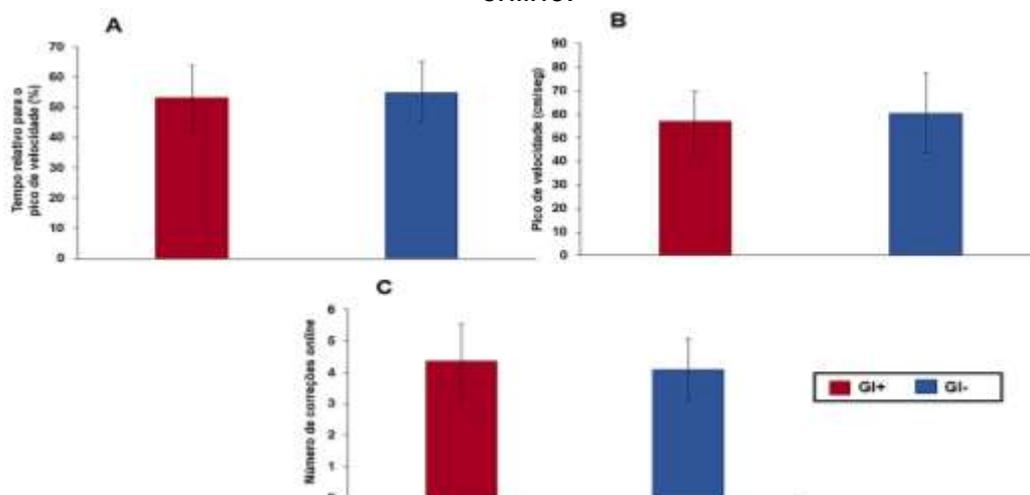


Legenda: (GI+) grupo mais impulsivo. (GI-) grupo menos impulsivo.

6.3.3 Variáveis cinemáticas

A estatística descritiva do tempo relativo para o pico de velocidade, do pico de velocidade e do número de correções *online* dos grupos GI+ e GI- está representada na FIGURA 13A, 13B e 13C, respectivamente.

FIGURA 13 – Variáveis cinemáticas na condição 2 da tarefa motora. (A) tempo relativo para o pico de velocidade. (B) pico de velocidade. (C) número de correções *online*.



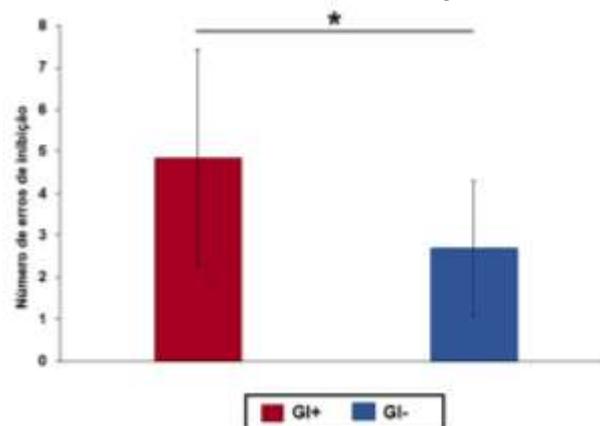
Legenda: (GI+) grupo mais impulsivo. (GI-) grupo menos impulsivo. (cm/seg) centímetro por segundo.

Os testes inferências não detectaram diferença significativa entre os grupos no tempo relativo para o pico de velocidade [$U= 447$, $p= 0,5$, $r= -0,08$], pico de velocidade [$t(61)= -0,89$, $p= 0,37$, $d= 0,22$] e número de correções *online* [$U= 452$, $p= 0,55$, $r= 0,08$].

6.3.4 Controle inibitório

A estatística descritiva do erro de inibição dos grupos GI+ e GI- está representada na FIGURA 14. O teste U de Mann-Whitney detectou diferença significativa entre os grupos para o erro de inibição [$X^2= 18,1$, $df= 9$, $p= 0,03$], na qual o grupo GI+ apresentou maior número de erros de inibição em comparação ao grupo GI-.

FIGURA 14 – Controle inibitório na condição 2 da tarefa motora.

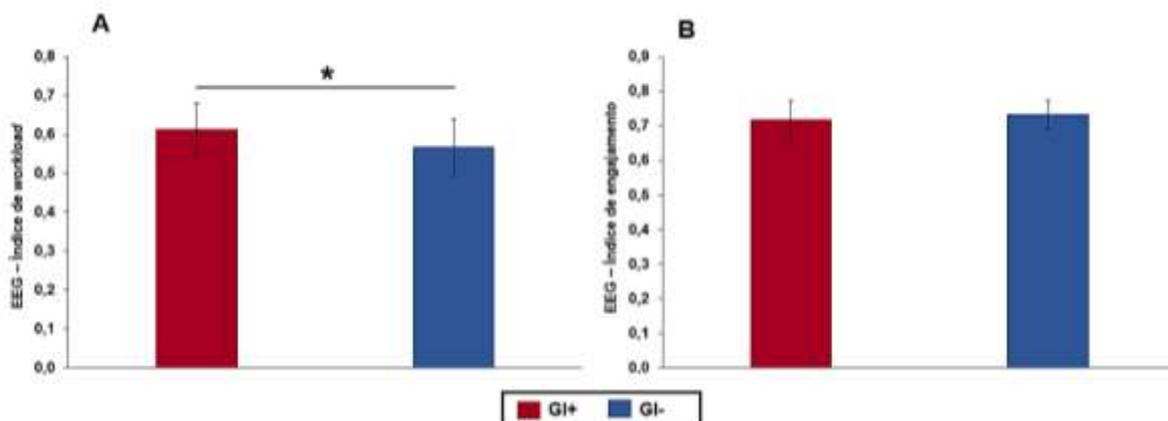


Legenda: (GI+) grupo mais impulsivo. (GI-) grupo menos impulsivo. (*) diferença estatística entre grupos.

6.3.5 Variáveis cognitivas

A estatística descritiva do índice de *workload* e do índice de engajamento dos grupos GI+ e GI- está representada na FIGURA 15A e 15B, respectivamente. O teste t não pareado detectou diferença significativa entre os grupos para o índice de *workload* [$t(55)= 2,46$, $p= 0,02$, $d= 0,57$], na qual o grupo GI+ apresentou maior índice de *workload* em comparação ao grupo GI-. Não foi encontrada diferença significativa entre os grupos para o índice de engajamento [$t(60)= -1,22$, $p= 0,22$, $d= 0,39$].

FIGURA 15 – Variáveis cognitivas na condição 2 da tarefa motora. (A) índice de *workload*. (B) índice de engajamento.



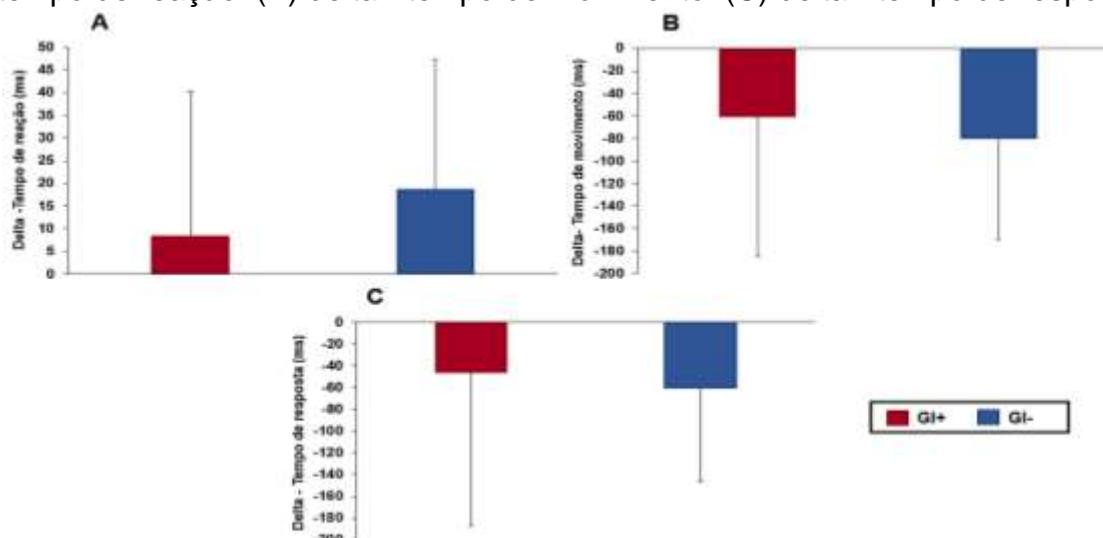
Legenda: (GI+) grupo mais impulsivo. (GI-) grupo menos impulsivo. (*) diferença estatística entre grupos.

6.4 Tarefa motora: delta da condição 2

6.4.1 Variáveis de tempo

A estatística descritiva do delta do tempo de reação, do delta do tempo de movimento e do delta do tempo de resposta dos grupos GI+ e GI- está representada na FIGURA 16A, 16B e 16C, respectivamente. Os testes inferências não detectaram diferença significativa entre os grupos no delta do tempo de reação [$t(61) = -1,34$, $p = 0,18$, $d = 0,33$], no delta do tempo de movimento [$t(61) = 0,7$, $p = 0,48$, $d = 0,18$] e no delta do tempo de resposta [$t(61) = 0,49$, $p = 0,62$, $d = 0,12$].

FIGURA 16 – Variáveis de tempo no delta da condição 2 da tarefa motora. (A) delta - tempo de reação. (B) delta - tempo de movimento. (C) delta - tempo de resposta.

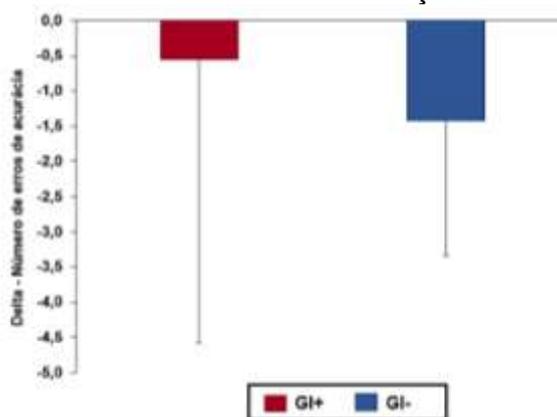


Legenda: (GI+) grupo mais impulsivo. (GI-) grupo menos impulsivo. (ms) milissegundo.

6.4.2 Acurácia

A estatística descritiva do delta do erro de acurácia dos grupos GI+ e GI- está representada na FIGURA 17. O teste inferencial não detectou diferença significativa entre os grupos no delta do erro de acurácia [$U= 405,5$, $p= 0,21$, $r= 0,16$].

FIGURA 17 – Acurácia no delta da condição 2 da tarefa motora.

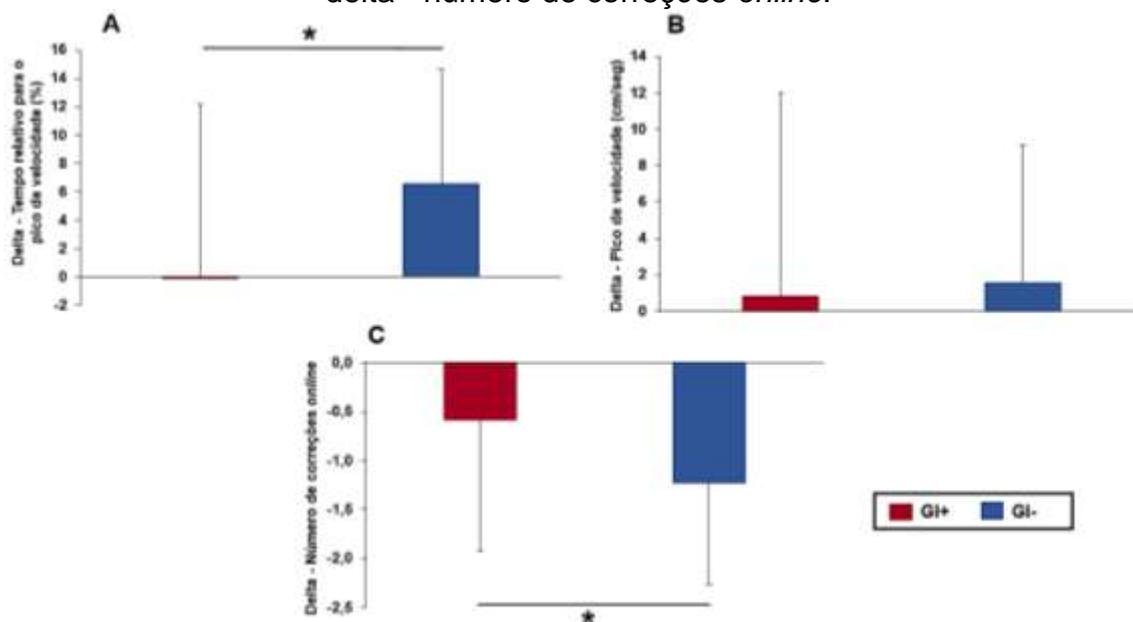


Legenda: (GI+) grupo mais impulsivo. (GI-) grupo menos impulsivo.

6.4.3 Variáveis cinemáticas

A estatística descritiva do delta do tempo relativo para o pico de velocidade, do delta do pico de velocidade e do delta do número de correções *online* dos grupos GI+ e GI- está representada na FIGURA 18A, 18B e 18C, respectivamente. Os testes inferências não detectaram diferença significativa entre os grupos no delta do pico de velocidade [$t(61)= -0,29$, $p= 0,77$, $d= 0,07$]. No entanto, foi detectada diferença significativa entre os grupos no delta do tempo relativo para o pico de velocidade [$t(61)= -2,57$, $p= 0,01$, $d= 0,64$] e no delta do número de correções *online* [$t(61)= 2,12$, $p= 0,04$, $d= 0,54$]. O grupo GI+ diminuiu o tempo relativo para o pico de velocidade do início para o final da prática enquanto o grupo GI- aumentou o tempo relativo para o pico de velocidade do início para o final da prática. Em relação ao número de correções *online*, o grupo GI+ reduziu menos as correções *online* do início para o final da prática em comparação ao grupo GI-.

FIGURA 18 – Variáveis cinemáticas no delta da condição 2 da tarefa motora. (A) delta - tempo relativo para o pico de velocidade. (B) delta - pico de velocidade. (C) delta - número de correções *online*.

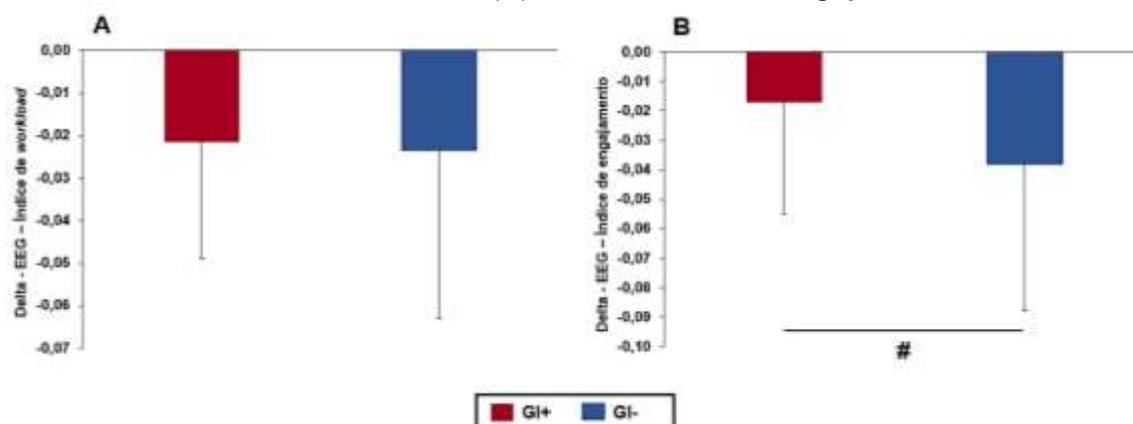


Legenda: (GI+) grupo mais impulsivo. (GI-) grupo menos impulsivo. (cm/seg) centímetro por segundo. (*) diferença estatística entre grupos.

6.4.4 Variáveis cognitivas

A estatística descritiva do delta do índice de *workload* e do delta do índice de engajamento dos grupos GI+ e GI- está representada na FIGURA 19A e 19B, respectivamente. Os testes inferências não detectaram diferença significativa entre os grupos no delta do o índice de *workload* [$t(55) = 0,23$, $p = 0,82$, $d < 0,001$] e no delta do índice de engajamento [$t(60) = 1,88$, $p = 0,06$, $d = 0,44$].

FIGURA 19 – Variáveis cognitivas no delta da condição 2 da tarefa motora. (A) delta - índice de *workload*. (B) delta - índice de engajamento.



Legenda: (GI+) grupo mais impulsivo. (GI-) grupo menos impulsivo. (#) tendência para diferença estatística entre grupos $p = 0,06$.

7 DISCUSSÃO

O objetivo deste estudo foi investigar o efeito da impulsividade no controle motor e no esforço cognitivo em diferentes tarefas de apontamento. Para alcançar esse objetivo, indivíduos com maior e menor impulsividade praticaram duas condições de uma tarefa de apontamento com distintas demandas cognitivas. Na condição 1 da tarefa motora que requeria menor esforço cognitivo, tinha-se a expectativa de que o grupo de indivíduos com maior impulsividade apresentasse um melhor desempenho motor e menor esforço cognitivo que o grupo de indivíduos com menor impulsividade. Em contrapartida, na condição 2 da tarefa motora que requeria maior esforço cognitivo, esperava-se que o grupo de indivíduos com maior impulsividade apresentasse um pior desempenho e esforço cognitivo similar quando comparado ao grupo de indivíduos com menor impulsividade. Essas hipóteses foram formuladas a partir da associação feita entre as características comportamentais de indivíduos com maior e menor impulsividade e os tipos de processamento de informação propostos por Kahneman e Frederick (2002).

Na lógica construída no presente trabalho, a maior propensão de indivíduos com maior impulsividade se engajarem em processamentos via Sistema 1, faria com que estes se beneficiassem de práticas motoras com baixas demandas cognitivas e alta pressão espaço-temporal. Já indivíduos com menor impulsividade, por engajarem mais facilmente em processamentos via Sistema 2, seriam beneficiados em práticas motoras com maior demanda cognitiva e menor restrição temporal. Com base nessas relações, o processamento de informação mais automático e a tendência para responder rapidamente aos estímulos levaria os indivíduos com maior impulsividade a apresentarem melhor desempenho e menor esforço cognitivo na condição 1 da tarefa de apontamento. No entanto, a tendência para processamentos automáticos e repostas rápidas poderia ser disfuncional em contextos de prática com maior exigência cognitiva. Nesse aspecto, a maior exigência cognitiva imposta pela condição 2 da tarefa de apontamento, favoreceria o desempenho de indivíduos com menor impulsividade, tal como igualaria o esforço cognitivo entre indivíduos com maior e menor impulsividade por fazer com que indivíduos com maior impulsividade necessitassem utilizar recursos cognitivos atribuídos ao Sistema 2.

Desafiando nossas proposições iniciais, os resultados obtidos não suportaram maior parte das hipóteses levantadas. Em relação às variáveis de tempo, acurácia, cinemática e índice de engajamento não houve diferença estatística entre os grupos GI+ e GI- nas condições 1 e 2 da tarefa. No entanto, foi encontrada diferença estatística entre os grupos na variável cognitiva índice de *workload*, na qual o grupo GI+ apresentou maior índice de *workload* em comparação ao grupo GI- nas duas condições da tarefa. Em conjunto, esses resultados parecem indicar que indivíduos com maior impulsividade necessitam utilizar mais recursos cognitivos para atingir desempenhos similares aos dos indivíduos com menor impulsividade, independentemente da condição da tarefa motora praticada. À luz da literatura, buscamos explicar os achados encontrados através de uma nova perspectiva acerca dos efeitos da impulsividade no domínio motor. Inicialmente, a discussão dos resultados será feita separadamente para as condições 1 e 2 da tarefa motora, bem como para o delta da condição 2. Posteriormente, será apresentada uma discussão geral no intuito de reunir as principais contribuições do estudo para a área do Comportamento Motor. Na sequência, serão sugeridos direcionamentos para pesquisas futuras que pretendam investigar os efeitos da impulsividade no domínio motor.

A condição 1 da tarefa motora desse estudo demandava que os participantes realizassem a ação de apontamento o mais rápido e preciso possível para um alvo com diâmetro de 0,5 cm que se localizava a 40° e 20 cm da posição inicial. Essa configuração foi baseada na condição de alto índice de dificuldade da tarefa de apontamento utilizada por Lage *et al.* (2012). Apesar da similaridade entre a configuração da condição 1 do presente estudo e a condição de alto índice de dificuldade de Lage *et al.* (2012), existem algumas diferenças entre essas condições que devem ser sinalizadas. Em Lage *et al.* (2012), a condição de alto índice de dificuldade aparecia de forma aleatória em 10 das 100 tentativas de prática. No presente estudo, a condição 1 da tarefa motora contou com 50 tentativas nas quais o alvo aparecia sempre na mesma posição. No intuito de minimizar os efeitos da previsibilidade da prática, que possivelmente facilitaria o desempenho, optou-se por reduzir o tempo máximo da tentativa de 2 segundos (Lage *et al.*, 2012) para 1 segundo.

Considerando apenas as variáveis de tempo (tempo de reação, tempo de movimento e tempo de resposta) observamos que Lage *et al.* (2012), Tzagarakis,

Pellizzer e Rogers (2013) e Tzagarakis *et al.* (2019), assim como no presente estudo, não encontraram diferença estatística entre os grupos mais e menos impulsivos. A similaridade no desempenho em variáveis de tempo entre os grupos mais e menos impulsivos, em tarefas de apontamento, parece controversa quando se considera a tendência de indivíduos com maior impulsividade responderem mais rapidamente aos estímulos (Enticott; Ogloff; Bradshawa, 2006). De fato, estudos que compararam o desempenho motor de indivíduos com maior e menor impulsividade em variáveis de tempo e/ou de velocidade, em outras tarefas motoras, encontraram menor tempo e/ou maior velocidade de execução para o grupo de indivíduos com maior impulsividade (Bachorowski; Newman, 1985, 1990; Dickman; Meyer, 1988; Jelsma; Van Merriënboer, 1989). Sendo assim, parece que existe uma especificidade temporal nas ações de apontamento que dificulta identificar diferenças no desempenho de indivíduos com maior e menor impulsividade em variáveis de tempo. Além disso, analisando o delineamento dos estudos que utilizaram outras tarefas motoras, nenhum deles definiram um tempo limite para execução das tentativas como Lage *et al.* (2012) e o presente estudo. Em tarefas de apontamento, a restrição temporal das tentativas é uma forma de tentar garantir o aspecto balístico da ação motora. Na falta dessa restrição é possível que o movimento executado pelos participantes descaracterizasse as fases de pré-programação e de correções *online*. Por um lado, a restrição temporal das tentativas asseguram o perfil cinemático esperado em ações de apontamento. Por outro lado, é provável que essa restrição crie valores de piso e limite muito próximos para as variáveis de tempo, impossibilitando identificar diferenças significativas entre os grupos mais e menos impulsivos no presente estudo e no estudo de Lage *et al.* (2012) nessas variáveis.

Diferente de Lage *et al.* (2012), não foi encontrada diferença significativa entre os grupos mais e menos impulsivos para a variável erro de acurácia na condição 1. Como apresentado no início da discussão, esperava-se que indivíduos com maior impulsividade por se engajarem mais facilmente em processamentos via Sistema 1 apresentassem menos erro de acurácia em relação aos indivíduos com menor impulsividade. Nessa lógica, a alta pressão espaço-temporal imposta pela condição 1 prejudicaria o desempenho de indivíduos com menor impulsividade, por não permitir tempo suficiente para respostas motoras guiadas pelo Sistema 2. Seguindo esse raciocínio, Lage *et al.* (2012) discutem que em situações nas quais a

demanda temporal e espacial ao sistema motor é alta, a impulsividade tem um efeito adaptativo e funcional sobre o comportamento. Na intenção de compreender o resultado, observa-se que algumas configurações adotadas na tarefa podem ter contribuído para a não detecção de diferença significativa entre os grupos no erro de acurácia.

Ao analisar os dados descritivos da FIGURA 8, nota-se que o índice médio do erro de acurácia dos grupos GI+ e GI- ficou em torno de 37, representando cerca de 74% do total de tentativas da condição 1. Já no estudo de Lage *et al.* (2012) a porcentagem de erro de acurácia na condição de alto índice de dificuldade foi de 27,8% e 35,6% para os grupos mais e menos impulsivos, respectivamente. A discrepância no percentual de erros de acurácia entre o presente estudo e o estudo de Lage *et al.* (2012) pode refletir uma excessiva dificuldade da tarefa imposta pelas configurações da condição 1. É possível que a redução do tempo máximo da tentativa de 2 segundos (Lage *et al.*, 2012) para 1 segundo tenha gerado um nível de dificuldade da tarefa muito elevado para o sistema motor, culminando em um desempenho piso independentemente do nível de impulsividade. A partir da Lei de Fitts (1954) observamos um *Trade-off* entre velocidade e acurácia, ou seja, quanto menor ou mais distante o alvo estiver da posição inicial maior será o tempo gasto para alcançá-lo com acurácia. Sendo assim, o aumento da pressão temporal para 1 segundo pode ter diminuído consideravelmente as chances dos participantes acertarem o alvo mesmo com um índice de dificuldade de 6,3 bits, que em Lage *et al.* (2012) foi suficiente para detectar menor erro de acurácia do grupo mais impulsivo em comparação ao grupo menos impulsivo. É importante destacar que as tentativas nas quais o participante não conseguiu atingir o alvo em até 1 segundo também foram contabilizadas como erro, contribuindo para o aumento do número total de erros de acurácia. Assim, é possível que exista um ponto ótimo de pressão espaço-temporal para que se possa identificar o melhor desempenho de indivíduos com maior impulsividade em comparação aos indivíduos com menor impulsividade em variáveis de acurácia. Se esse ponto ótimo for excedido, como no presente estudo, a sobrecarga imposta ao sistema motor pode inviabilizar diferenças no desempenho motor provenientes do nível de impulsividade dos participantes.

Discrepâncias no perfil cinemático de indivíduos com maior e menor impulsividade eram esperadas. Em estudos anteriores, indivíduos com maior impulsividade apresentaram maior tempo relativo para o pico de velocidade (Lage *et*

al., 2012; Lemke *et al.*, 2005) e maior pico de velocidade (Lage *et al.*, 2012) em comparação aos indivíduos com menor impulsividade em tarefas de apontamento. As variáveis tempo relativo para o pico de velocidade e pico de velocidade possibilitam inferências sobre o controle motor na fase de pré-programação do movimento, na qual a ação motora é controlada centralmente no intuito de levar o membro/implemento as proximidades do alvo sem correções na trajetória do movimento (Elliott; Helsen; Chua, 2001; Woodworth, 1899). Em relação a fase de correções *online*, que representa as correções na trajetória do movimento para atingir o alvo com acurácia a partir de *feedback* (Elliott; Helsen; Chua, 2001; Woodworth, 1899), Lage *et al.* (2012) e Lemke *et al.* (2005) não encontraram diferença entre os grupos mais e menos impulsivos no número de correções *online*. A partir dos resultados obtidos, Lage *et al.* (2012) discutem que as diferenças no perfil cinemático de indivíduos com maior e menor impulsividade são encontradas na fase de planejamento do movimento e não na fase de correções *online*.

No presente estudo, não foi identificada diferença significativa entre os grupos mais e menos impulsivos nas variáveis cinemáticas na condição 1 da tarefa. Segundo Elliott, Helsen e Chua (2001), a razão do tempo relativo entre as fases de pré-programação e correção *online* muda em função do tamanho do alvo. De acordo com os autores, quanto menor o alvo, maior será o percentual de tempo gasto na fase de correções *online*, uma vez que mecanismos de detecção e correção de erro via *feedback* visual e cinestésico são mais demandados para atingir o alvo com acurácia (Elliott; Helsen; Chua, 2001). Seguindo essa lógica, ao identificarem que o tempo relativo para o pico de velocidade não se diferiu entre os grupos mais e menos impulsivos na condição de alto índice de dificuldade, Lage *et al.* (2012) propuseram que a relação entre impulsividade e perfil cinemático também depende dos aspectos sensório-motores impostos pela condição da tarefa motora praticada. Assumindo que as diferenças no perfil cinemático de indivíduos com maior e menor impulsividade, em tarefas de apontamento, são encontradas na fase de planejamento do movimento (Lage *et al.*, 2012), a possível ênfase na fase de correções *online* na condição 1, devido ao tamanho do alvo, pode ter aproximado a média do tempo relativo para o pico de velocidade entre os grupos mais e menos impulsivos. Para além do tamanho do alvo, o tempo máximo de 1 segundo das tentativas pode ter contribuído não só para a similaridade do tempo relativo para o pico de velocidade, mas também para a similaridade do pico de velocidade entre os

grupos. No intuito de atingir o alvo, é possível que as configurações da condição 1 tenham induzido os participantes com menor impulsividade a realizarem o impulso inicial do movimento com maior velocidade que o habitual. Dessa forma, diferenças no perfil cinemático de indivíduos com maior e menor impulsividade não foram encontradas.

O uso de medidas eletroencefalográficas representa um avanço do presente estudo em comparação aos demais que investigaram os efeitos da impulsividade no domínio motor. Através dessas medidas é possível fazer inferências mais precisas sobre os processos cognitivos subjacentes ao controle motor. Por uma série de fatores relacionados as características da condição 1 da tarefa, descritos anteriormente, não foi encontrada diferença estatística entre os grupos mais e menos impulsivos nas variáveis de tempo, acurácia e cinemática. Isso quer dizer que o aspecto comportamental do controle motor de indivíduos com maior e menor impulsividade não se diferiu. Em outras palavras, se analisados apenas os resultados comportamentais da condição 1, pode-se dizer que não há efeito da impulsividade no controle motor. No entanto, apesar de não ter confirmado a hipótese em relação ao esforço cognitivo na condição 1, a diferença observada entre os grupos mais e menos impulsivos no índice de *workload* permitiu novas interpretações acerca dos efeitos da impulsividade no domínio motor mesmo quando desempenhos motores similares são encontrados.

Ao contrário do que esperava-se para condição 1, o grupo mais impulsivo apresentou maior índice de *workload* em comparação ao grupo menos impulsivo. Em primeira análise, esse resultado parece refutar nossa lógica de que indivíduos com maior impulsividade, por serem menos reflexivos, se beneficiariam de práticas motoras que exigissem menor demanda cognitiva. Contudo, a alta restrição espaço-temporal empregada na condição 1 pode ter aumentado substancialmente o esforço cognitivo dos participantes para além do esperado. Quando os movimentos de apontamento são realizados muito rapidamente, a redução da acurácia não se dá simplesmente pelo fato de haver menor disponibilidade de tempo para o uso de *feedback online* (Schmidt; Wrisberg, 2000). Segundo Schmidt e Wrisberg (2000), a redução do tempo de resposta também afeta a consistência da fase de pré-programação. A combinação da menor disponibilidade de tempo para correções *online*, da inconsistência da fase de pré-programação e da maior dependência da fase de correções *online* pode ter dificultado o controle automático do movimento na

condição 1 da tarefa. A dificuldade de automatizar o movimento faz com que o esforço cognitivo se mantenha elevado ao longo da prática, uma vez que processos cognitivos envolvidos na percepção, memória e atenção são continuamente demandados (Fitts; Posner, 1967; Milton *et al.*, 2007). Considerando que a automaticidade seria um ponto chave para o bom desempenho do grupo mais impulsivo, a demanda cognitiva imposta pela condição 1 pode ter sido mais custosa para esses indivíduos. O maior índice de *workload* apresentado pelo grupo mais impulsivo sugere que indivíduos com maior impulsividade utilizam mecanismos cognitivos compensatórios para atingir níveis similares de desempenho motor que indivíduos com menor impulsividade em contextos que não possibilitam automatização do movimento. Se tratando da medida de índice de *workload*, esses mecanismos compensatórios estariam relacionados a memória de trabalho, raciocínio analítico e integração de informações (Berka *et al.*, 2004; Berka *et al.*, 2007). Em relação a variável cognitiva índice de engajamento, a similaridade dos grupos mais e menos impulsivos pode ser justificada pela natureza da condição 1 da tarefa. Independentemente do nível de impulsividade, essa condição demandava um alto grau de captura e processamento de informações visuais para guiar o movimento de apontamento, além da atenção necessária para iniciar o apontamento o mais rápido possível no intuito de atingir o alvo dentro do tempo limite de 1 segundo.

A condição 2 da tarefa de apontamento foi organizada para exigir maior esforço cognitivo durante sua execução. Para isso, os participantes deveriam realizar a ação de apontamento para 3 possíveis alvos que apareciam de forma “aleatória” entre as tentativas. Em 10% das tentativas um alvo vermelho aparecia e os participantes deveriam inibir a ação de apontamento. Para além do aumento do número de alvos, a condição 2 contou com 120 tentativas, estendendo o tempo de prática em aproximadamente 140% em relação a condição 1. Apesar da clara diferença entre as condições 1 e 2, os resultados obtidos na condição 2 foram similares aos da condição 1. Não houve diferença significativa entre os grupos GI+ e GI- nas variáveis de tempo, acurácia, cinemáticas e no índice de engajamento, e o grupo GI+ apresentou maior índice de *workload* em comparação ao grupo GI-. Em relação a variável de controle inibitório, confirmou-se a hipótese de que o grupo GI+ apresentaria mais erros de inibição na resposta que o grupo GI-.

Estudos anteriores identificaram que o comportamento rápido e irrefletido de indivíduos com maior impulsividade era modificado quando as tarefas motoras se tornavam mais exigentes cognitivamente (Barratt, 1967; Expósito; Andrés-Pueyo, 1997; Logan; Schachar; Tannock, 1997; Park, 2020). Segundo Park (2020), o aumento da complexidade cognitiva da tarefa compromete o desempenho de indivíduos com maior impulsividade por requerer maior controle das funções cognitivas de alta ordem. No aspecto comportamental, a dificuldade de indivíduos com maior impulsividade de controlar funções cognitivas de alta ordem pode ser expressa pelo aumento do tempo necessário para atingir a meta da tarefa. A partir dessa lógica, esperava-se que indivíduos com maior impulsividade apresentassem maior tempo de reação, movimento e reposta que indivíduos com menor impulsividade na condição 2. Na tentativa de explicar os achados, identificou-se que as tarefas motoras dos estudos anteriormente citados que consistiam em tarefas seriadas (Barratt, 1967; Park, 2020) e tarefas discretas de pressionamento de teclas (Expósito; Andrés-Pueyo, 1997; Logan; Schachar; Tannock, 1997) requeriam um controle motor muito distinto das ações de apontamento. Como discutido na condição 1, parece que existe uma especificidade temporal nas ações de apontamento que dificulta identificar diferenças no desempenho de indivíduos com maior e menor impulsividade em variáveis de tempo. Essa proposição é fortalecida por Lage *et al.* (2012), Tzagarakis, Pellizzer e Rogers (2013) e Tzagarakis *et al.* (2019) que, assim como no presente estudo, não identificaram diferenças entre os grupos mais e menos impulsivos nas variáveis de tempo em nenhuma condição de alvo ou dica. Em conjunto, os presentes resultados e os de Lage *et al.* (2012), Tzagarakis, Pellizzer e Rogers (2013) e Tzagarakis *et al.* (2019) sugerem que independentemente do nível de esforço cognitivo demandado, diferenças no desempenho de indivíduos com maior e menor impulsividade em variáveis de tempo são especialmente difíceis de serem encontradas em tarefas motoras balísticas, como as tarefas de apontamento.

Corroborando o presente resultado, Tzagarakis, Pellizzer e Rogers (2013) não encontraram diferença entre os grupos mais e menos impulsivos na variável erro de acurácia. No entanto, Lage *et al.* (2012) e Tzagarakis *et al.* (2019) mostraram que indivíduos com maior impulsividade cometiam mais erros de acurácia que indivíduos com menor impulsividade. A inconsistência dos achados em relação a acurácia pode ser um indicativo de que determinadas configurações da tarefa de

apontamento podem favorecer ou não a acurácia de indivíduos com maior impulsividade. As tarefas de Tzagarakis, Pellizzer e Rogers (2013) e Tzagarakis *et al.* (2019) foram similares, no entanto se diferiram em relação ao número de tentativas praticadas pelos participantes. Aproximadamente 90 e 252 tentativas foram realizadas nos estudo de Tzagarakis, Pellizzer e Rogers (2013) e Tzagarakis *et al.* (2019), respectivamente. Considerando que indivíduos com maior impulsividade apresentam dificuldade para manter a atenção sustentada, é possível que o pior desempenho na variável erro de acurácia no estudo de Tzagarakis *et al.* (2019) tenha sido causado pela maior taxa de decaimento do desempenho dos indivíduos com maior impulsividade ao longo do tempo. A forma de avaliar e classificar a impulsividade pode ser outro aspecto que interfere na acurácia. Analisando com cautela os resultados de Lage *et al.* (2012), observa-se que a pior acurácia dos indivíduos com maior impulsividade se deu quando o nível de impulsividade dos participantes foi classificado a partir da dimensão por falta de planejamento. No entanto, não houve diferença no erro de acurácia entre os grupos mais e menos impulsivos quando o nível de impulsividade dos participantes foi classificado a partir da dimensão motora (Lage *et al.*, 2012). Apesar da certa similaridade entre as configurações da condição 2 do presente estudo com a tarefa de Lage *et al.* (2012), é possível que a combinação das três diferentes dimensões da impulsividade no escore global da BIS-11 tenha compensado o efeito da dimensão por falta de planejamento na acurácia de indivíduos com maior impulsividade.

A similaridade do perfil cinemático de indivíduos com maior e menor impulsividade na condição 1 foi justificada pela ênfase do movimento na fase de correções *online* e pela maior restrição temporal das tentativas. Se tratando da condição 2, essas justificativas parecem não ser plausíveis, uma vez que o tamanho do alvo era maior e os participantes tinham até 2 segundos para acertar o alvo. Estudos que encontraram diferença no perfil cinemático de indivíduos com maior e menor impulsividade analisaram as variáveis cinemáticas em alvos que se localizavam em distâncias diferentes, porém em um mesmo ângulo em relação a posição inicial (Lemke *et al.*, 2005) ou separaram a análise cinemática por tipo de alvo (Lage *et al.*, 2012). É possível que a variabilidade dos ângulos dos três alvos verdes tenha contribuído de alguma forma para a similaridade do perfil cinemático dos grupos mais e menos impulsivos na condição 2. Essa proposição poderia ser apoiada pelos estudos de Tzagarakis, Pellizzer e Rogers (2013) e Tzagarakis *et al.*

(2019) que também contaram com condições nas quais o alvo aparecia em três diferentes ângulos, contudo esses estudos não contaram com medidas cinemáticas. A falta de subsídio científico a respeito dos possíveis efeitos dos ângulos dos alvos no perfil cinemático do apontamento de indivíduos com maior e menor impulsividade torna nossa proposição especulativa, devendo ser tratada com cautela.

Apesar dos achados sobre o efeito da impulsividade no domínio motor serem inconsistentes, a relação da impulsividade com o déficit no controle inibitório parece ser um consenso entre os estudos. Para Logan, Schachar e Tannock (1997) o comportamento impulsivo reflete o déficit na capacidade de inibir respostas. Esse pensamento é compartilhado por muitos autores que consideram que o déficit no controle inibitório é o principal mecanismo subjacente ao fenótipo impulsivo (Barkley, 2001; Enticott; Ogloff; Bradshaw, 2006; Portugal *et al.*, 2018). A estreita relação entre impulsividade e déficit no controle inibitório é reconhecida até mesmo quando o caráter multifatorial da impulsividade é considerado (Bechara; Damasio; Damasio, 2000; Dalley; Robbins, 2017; Patton; Stanford; Barratt, 1995). Assim como no presente estudo, o pior controle inibitório em ações motoras foi identificado tanto por estudos que possuíam um estímulo específico a ser inibido (Lage *et al.*, 2012; Logan; Schachar; Tannock, 1997) quanto por estudos que verificaram a maior tendência de indivíduos com maior impulsividade anteciparem o movimento em comparação aos indivíduos com menor impulsividade (Tzagarakis; Pellizzer; Rogers, 2013; Tzagarakis *et al.*, 2019). De forma menos direta, Bachorowski e Newman (1985) identificaram o pior controle inibitório de indivíduos com maior impulsividade quando os participantes foram instruídos a fazer traçados circulares o mais lento possível. O menor tempo de execução dos traçados de indivíduos com maior impulsividade em comparação aos indivíduos com menor impulsividade denotam a dificuldade de inibir movimentos em curso (Bachorowski; Newman, 1985). A congruência dos achados encontrados sugere que o pior desempenho de indivíduos com maior impulsividade será sistematicamente encontrado em contextos que demandam controle inibitório.

A condição 2 da tarefa foi elaborada para exigir maior esforço cognitivo durante a prática. FEs frias como memória de trabalho e controle inibitório foram demandadas pelo aumento no número de alvos e a inclusão do alvo inibição, respectivamente. Nessa condição os participantes deveriam manter na memória de trabalho a posição dos 3 alvos verdes e a informação de que quando o alvo

aparecesse na cor vermelha o movimento deveria ser inibido. A maior exigência de processos cognitivos relacionados a memória de trabalho pode ser observada, de forma descritiva, a partir da maior média do tempo de reação na condição 2 (≈ 500 ms) em comparação a condição 1 (≈ 380 ms) (FIGURAS 7A e 11A). O tempo de reação se refere ao tempo necessário para o participante detectar o estímulo (alvo), decidir qual resposta é apropriada e iniciar a resposta motora (ação de apontamento) (Schmidt; Wrisberg, 2000). Segundo a lei de Hick, o aumento das alternativas de estímulo-resposta é acompanhado pelo aumento do tempo de reação (Hick, 1952), ou seja quando mais opções de estímulo-resposta o participante tiver, maior será o tempo necessário para decidir qual ação motora é a mais apropriada ao contexto. Para além da memória de trabalho e controle inibitório, o maior tempo de prática na condição 2, aproximadamente 18 minutos, também requisitou maior utilização de processos cognitivos relacionados a atenção sustentada.

O déficit no controle inibitório de indivíduos com maior impulsividade é amplamente reportado pela literatura, no entanto outras funções cognitivas como a memória de trabalho e a atenção sustentada também são impactadas pela impulsividade. Cools *et al.* (2007) mostraram que indivíduos com maior impulsividade tinham menor capacidade de memória de trabalho em comparação aos indivíduos com menor impulsividade. Segundo os autores, a disfunção dos sistemas dopaminérgicos frontoestriatais observada em indivíduos com maior impulsividade pode prejudicar a atualização flexível das informações relevantes da tarefa e induzir suscetibilidade à distração na memória de trabalho (Cools *et al.*, 2007). Em relação aos processos atencionais, Dickman (2000) propõe que indivíduos com maior e menor impulsividade se diferem em relação ao grau em que a atenção permanece fixa durante as tarefas. A atenção de indivíduos com maior impulsividade é desviada com relativa facilidade, enquanto a atenção de indivíduos com menor impulsividade é mais resistente a distrações (Dickman, 2000). No presente estudo, o maior índice de *workload* do grupo mais impulsivo em comparação ao grupo menos impulsivo pode ter refletido a maior dificuldade desses participantes alocarem e manterem recursos cognitivos para lidar com os diferentes estímulos da condição 2. É importante ressaltar que esse aumento do índice de *workload* teve um impacto funcional no comportamento, uma vez que o grupo mais impulsivo conseguiu alcançar desempenhos similares aos do grupo menos impulsivo nas demais variáveis, mesmo em um contexto de prática desfavorável.

Como análise complementar da condição 2 foi comparado o delta das variáveis de tempo, acurácia, cinemáticas e cognitivas entre os grupos para verificar o efeito da atenção sustentada no desempenho motor e cognitivo de indivíduos com maior e menor impulsividade. Devido a pior capacidade dos indivíduos com maior impulsividade em manter a atenção sustentada, tinha-se a expectativa de que o grupo mais impulsivo apresentasse uma maior taxa de variação das variáveis entre o início e final da condição 2 em comparação ao grupo menos impulsivo. Seguindo essa lógica, indivíduos com menor impulsividade manteriam o desempenho mais estável ao longo da prática por conseguirem sustentar a atenção mais facilmente. Diferente do esperado, não encontrou-se um maior delta das variáveis para o grupo mais impulsivo em comparação ao grupo menos impulsivo. Apesar da não confirmação da hipótese, os resultados apresentaram uma certa dinâmica independentemente do nível de impulsividade.

Observando os resultados descritivos do delta da condição 2 é possível identificar um comportamento similar dos grupos mais e menos impulsivos em relação a direção do delta, com exceção da variável tempo relativo para o pico de velocidade. Ambos os grupos aumentaram o tempo de reação e diminuíram o tempo de movimento e tempo de resposta ao final da condição 2 (FIGURA 16A, 16B e 16C). O aumento do tempo de reação pode ter sido uma estratégia utilizada pelos participantes para programar melhor o movimento a cada tentativa de acordo com o estímulo (alvo). Essa possível melhor pré-programação pode ter repercutido na diminuição do tempo de movimento e resposta ao final da prática. Ambos os grupos diminuíram o erro de acurácia indicando que os participantes conseguiram melhorar o desempenho ao longo da prática (FIGURA 17). A melhora do desempenho ao final da prática está de acordo com a proposição de que o erro em uma determinada tarefa motora diminui em função do número de tentativas praticadas (Crossman, 1959). Em relação ao perfil cinemático, houve uma tendência de aumento do pico de velocidade e diminuição do número de correções *online* (FIGURA 18B e 18C). É possível que o controle mais eficiente do movimento na fase de pré-programação tenha diminuído a necessidade de correções na trajetória do movimento na fase de correções *online* ao final da prática. O melhor desempenho e controle do movimento de apontamento ao final da condição 2 foi acompanhado pela diminuição dos índices de *workload* e engajamento (FIGURA 19A e 19B). A diminuição no uso de recursos cognitivos acompanhada da melhora no desempenho do movimento indica melhor

eficiência neural no controle do movimento (Milton *et al.*, 2007). As proposições feitas acerca da direção do delta da condição 2 devem ser tratadas com cautela, uma vez que foram formuladas a partir de análises descritivas.

Ainda que os grupos mais e menos impulsivos tenham apresentado comportamentos similares nas direções do delta, diferenças estatísticas foram detectadas entre os grupos em variáveis cinemáticas. O grupo mais impulsivo manteve praticamente estável o tempo relativo para o pico de velocidade durante a condição 2, enquanto o grupo menos impulsivo aumentou o tempo relativo para o pico de velocidade do início para o final da prática. Essa diferença foi acompanhada pela maior redução do delta do número de correções *online* do grupo menos impulsivo em comparação ao grupo mais impulsivo. Segundo Elliott, Helsen e Chua (2001), o controle mais eficiente do movimento de apontamento é caracterizado pela maior duração da fase de pré-programação e menor necessidade de correções na fase de correções *online*. Sendo assim, o aumento do tempo relativo para o pico de velocidade e a diminuição do número de correções *online* ao final da condição 2 demonstra que indivíduos com menor impulsividade melhoraram mais a eficiência do movimento ao longo da prática que indivíduos com maior impulsividade. A diferença marginal entre os grupos mais e menos impulsivos no delta do índice de engajamento ($p= 0,06$) mostra que o grupo menos impulsivo reduziu mais o esforço cognitivo relacionado a captura de informação, varredura visual e atenção ao longo da prática em comparação ao grupo mais impulsivo. O controle mais eficiente do movimento e a menor alocação de recursos cognitivos ao final da condição 2 sugere que, ao longo da prática, indivíduos com menor impulsividade conseguem adaptar os movimentos com mais facilidade na direção da automatização do movimento que indivíduos com maior impulsividade em condições de prática com maior demanda de memória de trabalho, controle inibitório e atenção sustentada.

O presente estudo trouxe novas perspectivas acerca dos efeitos da impulsividade no domínio motor. Analisando de forma integrada os resultados das condições 1 e 2 podemos dizer que indivíduos com maior e menor impulsividade apresentam desempenhos comportamentais similares em tarefas de apontamento. No entanto, indivíduos com maior impulsividade despendem maior esforço cognitivo. Esse maior esforço cognitivo empregado pelos indivíduos com maior impulsividade nas condições 1 e 2 pode ser um indicativo de um mecanismo cognitivo compensatório necessário para que os mesmos atinjam níveis de desempenho

motor próximos aos dos indivíduos com menor impulsividade em condições motoras desfavoráveis. A partir dos resultados obtidos percebeu-se que o aumento do esforço cognitivo da tarefa pode se dar através da maior demanda de FEs frias diretamente (condição 2) ou através do aumento excessivo da pressão espaço-temporal (condição 1). As causas desse maior esforço cognitivo se diferem entre as condições 1 e 2. No entanto, em ambas as condições, indivíduos com maior impulsividade apresentaram um nível de esforço cognitivo maior em comparação a indivíduos com menor impulsividade. As análises do delta da condição 2 mostraram que indivíduos com menor e maior impulsividade, mesmo apresentando desempenhos motores similares, se destingem em alguns aspectos do controle cinemático do movimento do início para o final da prática. Considerando que a impulsividade é fortemente tratada como disfuncional pela literatura, a similaridade no desempenho motor de indivíduos com maior e menor impulsividade pode ser considerada como um aspecto funcional da impulsividade no domínio motor. É importante ressaltar que o estudo contou com uma amostra de participantes não-clínicos. Em níveis patológicos de impulsividade outros resultados poderiam ter sido encontrados, dessa forma os achados não podem ser estendidos para essas populações.

Algumas inconsistências entre os resultados dos estudos que investigaram o efeito da impulsividade em tarefas de apontamento foram encontradas para algumas variáveis. Parece que diferenças na configuração das tarefas, como o tamanho do alvo, número de alvos, localização do(s) alvo(s), número de tentativas e o tempo máximo da tentativa interfere na identificação ou não de diferenças entre os grupos mais e menos impulsivos em variáveis cinemáticas e de acurácia. A forma de classificar o nível de impulsividade dos participantes pelo score global ou separadamente pelas dimensões da impulsividade também parece influir nos resultados comportamentais. Dada a limitação do número de estudos que investigaram os efeitos da impulsividade em tarefas de apontamento, quaisquer direcionamentos acerca dos efeitos da impulsividade nessas ou em outras tarefas motoras devem ser ponderados.

As limitações desse estudo abrem portas para novas investigações acerca dos efeitos da impulsividade no domínio motor. A excessiva pressão espaço-temporal imposta pela condição 1, de certa forma, descaracterizou o objetivo da condição de exigir menor esforço cognitivo. Sendo assim, ainda permanece incerto

se condições de prática que permitem automatização do movimento com pressão espaço-temporal favorecem o desempenho de indivíduos com maior impulsividade. A análise cinemática de apenas três variáveis pode ter restringido o conhecimento acerca das possíveis diferenças no perfil cinemático de indivíduos com maior e menor impulsividade em tarefas de apontamento. Estudos futuros poderiam utilizar medidas cinemáticas complementares, como o erro radial da fase de pré-programação e a amplitude das correções *online*, para melhor caracterizar o perfil cinemático de indivíduos com maior e menor impulsividade. A distribuição do sexo entre os grupos mais e menos impulsivo não foi homogênea devido ao critério utilizado para alocação dos participantes nos grupos. Estudos futuros poderiam equilibrar o número e o nível de impulsividade de participantes do sexo feminino e masculino nos grupos mais e menos impulsivo para verificar se os efeitos da impulsividade no domínio motor independe do sexo. Como pretendia-se comparar os grupos mais e menos impulsivos nas duas condições separadamente, não foram configuradas as condições da tarefa para permitir a análise intragrupos entre as condições 1 e 2. Estudos futuros poderiam explorar não só a comparação do desempenho motor entre indivíduos com maior e menor impulsividade, mas também a relação da modificação do desempenho motor entre diferentes condições da tarefa em função do nível de impulsividade. Por fim, são necessários mais estudos para identificar e melhor compreender os mecanismos cognitivos que distinguem o comportamento motor de indivíduos com maior e menor impulsividade.

8 CONCLUSÃO

O presente estudo investigou o efeito da impulsividade no controle motor e no esforço cognitivo em diferentes tarefas de apontamento. Os resultados indicaram que indivíduos com maior e menor impulsividade apresentam desempenhos e perfis cinemáticos similares. No entanto, indivíduos com maior impulsividade apresentam maior esforço cognitivo que indivíduos com menor impulsividade durante a prática das tarefas de apontamento. A partir dos resultados obtidos, parece que indivíduos com maior impulsividade utilizam o aumento do esforço cognitivo como mecanismo compensatório para atingirem desempenhos motores similares aos dos indivíduos com menor impulsividade. O presente estudo avança no conhecimento acerca da influência das diferenças individuais de personalidade no comportamento motor, trazendo novas perspectivas dos mecanismos cognitivos que subsidiam o desempenho e controle motor de indivíduos com maior e menor impulsividade.

REFERÊNCIAS

- AICHERT, D. S.; WOSTMANN, N. M.; COSTA, A.; MACARE, C.; WENIG, J. R.; MOLLER, H. J.; RUBIA, K.; ETTINGER, U. Associations between trait impulsivity and prepotent response inhibition. **J Clin Exp Neuropsychol**, v. 34, n. 10, p. 1016-1032, 2012.
- 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, n. 1, p. 103-105, 1983.
- ANTONELLI, F.; RAY, N.; STRAFELLA, A. P. Impulsivity and Parkinson's disease: more than just disinhibition. **J Neurol Sci**, v. 310, n. 1-2, p. 202-207, Nov 15. 2011.
- ARCE, E.; SANTISTEBAN, C. Impulsivity: a review. **Psicothema**, v. 18, n. 2, p. 213-220, May. 2006.
- ASAHI, S.; OKAMOTO, Y.; OKADA, G.; YAMAWAKI, S.; YOKOTA, N. Negative correlation between right prefrontal activity during response inhibition and impulsiveness: a fMRI study. **Eur Arch Psychiatry Clin Neurosci**, v. 254, n. 4, p. 245-251, Aug. 2004.
- BACHOROWSKI, J. A.; NEWMAN, J. P. Impulsivity in adults: Motor inhibition and time-interval estimation. **Personality and Individual Differences**, v. 6, n. 1, p. 133-136, 1985.
- BACHOROWSKI, J. A.; NEWMAN, J. P. Impulsive motor behavior: effects of personality and goal salience. **J Pers Soc Psychol**, v. 58, n. 3, p. 512-518, Mar. 1990.
- BALDACCHINO, A.; BALFOUR, D. J.; MATTHEWS, K. Impulsivity and opioid drugs: differential effects of heroin, methadone and prescribed analgesic medication. **Psychol Med**, v. 45, n. 6, p. 1167-1179, Apr. 2015.
- BARI, A.; ROBBINS, T. W. Inhibition and impulsivity: behavioral and neural basis of response control. **Prog Neurobiol**, v. 108, p. 44-79, Sep. 2013.
- BARKLEY, R. A. The executive functions and self-regulation: an evolutionary neuropsychological perspective. **Neuropsychol Rev**, v. 11, n. 1, p. 1-29, Mar. 2001.
- BARRATT, E. S. Perceptual-motor performance related to impulsiveness and anxiety. **Percept Mot Skills**, v. 25, n. 2, p. 485-492, Oct. 1967.
- BECHARA, A. Decision making, impulse control and loss of willpower to resist drugs: a neurocognitive perspective. **Nat Neurosci**, v. 8, n. 11, p. 1458-1463, Nov. 2005.

BECHARA, A.; DAMASIO, H.; DAMASIO, A. R. Emotion, decision making and the orbitofrontal cortex. **Cereb Cortex**, v. 10, n. 3, p. 295-307, Mar. 2000.

BECHARA, A.; VAN DER LINDEN, M. Decision-making and impulse control after frontal lobe injuries. **Curr Opin Neurol**, v. 18, n. 6, p. 734-739, Dec. 2005.

BENARD, M.; BELLISLE, F.; KESSE-GUYOT, E.; JULIA, C.; ANDREEVA, V. A.; ETILE, F.; REACH, G.; DECHELOTTE, P.; TAVOLACCI, M. P.; HERCBERG, S.; PENEAU, S. Impulsivity is associated with food intake, snacking, and eating disorders in a general population. **Am J Clin Nutr**, v. 109, n. 1, p. 117-126, Jan 1. 2019.

BERKA, C.; LEVENDOWSKI, D. J.; CVETINOVIC, M. M.; PETROVIC, M. M.; DAVIS, G.; LUMICAO, M. N.; ZIVKOVIC, V. T.; POPOVIC, M. V.; OLMSTEAD, R. Real-Time Analysis of EEG Indexes of Alertness, Cognition, and Memory Acquired With a Wireless EEG Headset. **International Journal of Human-Computer Interaction**, v. 17, n. 2, p. 151-170 2004.

BERKA, C.; LEVENDOWSKI, D. J.; LUMICAO, M. N.; YAU, A.; DAVIS, G.; ZIVKOVIC, V. T.; OLMSTEAD, R. E.; TREMOULET, P. D.; CRAVEN, P. L. EEG correlates of task engagement and mental workload in vigilance, learning, and memory tasks. **Aviat Space Environ Med**, v. 78, n. 5 Suppl, p. B231-244, May. 2007.

BESTEHER, B.; GASER, C.; NENADIC, I. Brain structure and trait impulsivity: A comparative VBM study contrasting neural correlates of traditional and alternative concepts in healthy subjects. **Neuropsychologia**, v. 131, p. 139-147, Aug. 2019.

BREVET-AEBY, C.; BRUNELIN, J.; ICETA, S.; PADOVAN, C.; POULET, E. Prefrontal cortex and impulsivity: Interest of noninvasive brain stimulation. **Neurosci Biobehav Rev**, v. 71, p. 112-134, Dec. 2016.

BUZSÁKI, G. **Rhythms of the Brain**. New York: Oxford University Press, 2006.

CAI, H.; CHEN, J.; LIU, S.; ZHU, J.; YU, Y. Brain functional connectome-based prediction of individual decision impulsivity. **Cortex**, v. 125, p. 288-298, Apr. 2020.

CHAMBERLAIN, S. R.; SAHAKIAN, B. J. The neuropsychiatry of impulsivity. **Curr Opin Psychiatry**, v. 20, n. 3, p. 255-261, May. 2007.

CHAMORRO, J.; BERNARDI, S.; POTENZA, M. N.; GRANT, J. E.; MARSH, R.; WANG, S.; BLANCO, C. Impulsivity in the general population: a national study. **J Psychiatr Res**, v. 46, n. 8, p. 994-1001, Aug. 2012.

COHEN, D. B.; HORN, J. M. Extraversion and performance: a test of the theory of cortical inhibition. **J Abnorm Psychol**, v. 83, n. 3, p. 304-307, Jun. 1974.

COOLS, R.; SHERIDAN, M.; JACOBS, E.; D'ESPOSITO, M. Impulsive personality predicts dopamine-dependent changes in frontostriatal activity during component processes of working memory. **J Neurosci**, v. 27, n. 20, p. 5506-5514, May 16. 2007.

COOPER-MARTIN, E. Measures of cognitive effort. **Marketing Letters**, v. 5, n. 1, p. 43-56, 1994.

CROSSMAN, E. R. F. W. A theory of the acquisition of speed-skill. **Ergonomics**, v. 2, n. 2, p. 153-166, 1959.

DALLEY, J. W.; EVERITT, B. J.; ROBBINS, T. W. Impulsivity, compulsivity, and top-down cognitive control. **Neuron**, v. 69, n. 4, p. 680-694, Feb 24. 2011.

DALLEY, J. W.; ROBBINS, T. W. Fractionating impulsivity: neuropsychiatric implications. **Nat Rev Neurosci**, v. 18, n. 3, p. 158-171, Feb 17. 2017.

DIAMOND, A. Executive functions. **Annu Rev Psychol**, v. 64, p. 135-168, 2013.

DICKMAN, S. Impulsivity and perception: individual differences in the processing of the local and global dimensions of stimuli. **J Pers Soc Psychol**, v. 48, n. 1, p. 133-149, Jan. 1985.

DICKMAN, S. J. Functional and dysfunctional impulsivity: personality and cognitive correlates. **J Pers Soc Psychol**, v. 58, n. 1, p. 95-102, Jan. 1990.

DICKMAN, S. J. Impulsivity, arousal and attention. **Personality and Individual Differences**, v. 28, n. 3, p. 563-581, 2000.

DICKMAN, S. J.; MEYER, D. E. Impulsivity and speed-accuracy tradeoffs in information processing. **J Pers Soc Psychol**, v. 54, n. 2, p. 274-290, Feb. 1988.

DINU-BIRINGER, R.; NEES, F.; FALQUEZ, R.; BERGER, M.; BARNOW, S. Different roads to the same destination - The impact of impulsivity on decision-making processes under risk within a rewarding context in a healthy male sample. **Psychiatry Res Neuroimaging**, v. 248, p. 12-22, Feb 28. 2016.

ELLIOTT, D.; HELSEN, W. F.; CHUA, R. A century later: Woodworth's (1899) two-component model of goal-directed aiming. **Psychol Bull**, v. 127, n. 3, p. 342-357, May. 2001.

ENTICOTT, P. G.; OGLOFF, J. R. P.; BRADSHAW, J. L. Associations between laboratory measures of executive inhibitory control and self-reported impulsivity. **Personality and Individual Differences**, v. 41, n. 2, p. 285-294, 2006.

ENTICOTT, P. G.; OGLOFF, J. R. P.; BRADSHAW, J. L. Associations between laboratory measures of executive inhibitory control and self-reported impulsivity. **Personality and Individual Differences**, v. 41, n. 2, p. 285-294, 2006.

EVANS, J. S. Dual-processing accounts of reasoning, judgment, and social cognition. **Annu Rev Psychol**, v. 59, p. 255-278, 2008.

EVEN DEN, J. L. Varieties of impulsivity. **Psychopharmacology (Berl)**, v. 146, n. 4, p. 348-361, Oct. 1999.

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, n. 5, p. 693–697, 1997.

FALLGATTER, A. J.; HERRMANN, M. J. Electrophysiological assessment of impulsive behavior in healthy subjects. **Neuropsychologia**, v. 39, n. 3, p. 328-333, 2001.

FERREIRA, B. P.; MALLOY-DINIZ, L. F.; PARMA, J. O.; NOGUEIRA, N.; APOLINARIO-SOUZA, T.; UGRINOWITSCH, H.; LAGE, G. M. Self-Controlled Feedback and Learner Impulsivity in Sequential Motor Learning. **Percept Mot Skills**, v. 126, n. 1, p. 157-179, Feb. 2019.

FITTS, P. M. The information capacity of the human motor system in controlling the amplitude of movement. **Journal of Experimental Psychology**, v. 47, n. 6, p. 381–391, 1954.

FITTS, P. M.; POSNER, M. I. **Human Performance**. Belmont, California: Brooke/Cole Publishing Co, 1967.

GRIFFIN, S. A.; LYNAM, D. R.; SAMUEL, D. B. Dimensional conceptualizations of impulsivity. **Personal Disord**, v. 9, n. 4, p. 333-345, Jul. 2018.

HERMAN, A. M.; DUKA, T. Facets of impulsivity and alcohol use: What role do emotions play? **Neurosci Biobehav Rev**, v. 106, p. 202-216, Nov. 2019.

HESS, A. R. B.; MENEZES, C. B.; DE ALMEIDA, R. M. M. Inhibitory Control and Impulsivity Levels in Women Crack Users. **Subst Use Misuse**, v. 53, n. 6, p. 972-979, May 12. 2018.

HICK, W. E. On the Rate of Gain of Information. **Quarterly Journal of Experimental Psychology**, v. 4, n. 1, p. 11–26, 1952.

HIRSCH, L. J.; BRENNER, R. P. **Atlas of EEG in critical care**. Wiley-Blackwell, 2010.

HUDSON, Z.; DARTHUY, E. Iliotibial band tightness and patellofemoral pain syndrome: a case-control study. **Man Ther**, v. 14, n. 2, p. 147-151, Apr. 2009.

JAKUSZKOWIAK-WOJTEN, K.; LANDOWSKI, J.; WIGLUSZ, M. S.; CUBALA, W. J. Impulsivity in anxiety disorders. A critical review. **Psychiatr Danub**, v. 27 Suppl 1, p. S452-455, Sep. 2015.

JASPER, H. H. The ten-twenty electrode system of the International Federation. **Electroencephalography and Clinical Neurophysiology**, v. 10, p. 371-375, 1958.

JELSMA, O.; PIETERS, J. M. Practice schedule and cognitive style interaction in learning a maze task. **Applied Cognitive Psychology**, v. 3, n. 1, p. 73–83, 1989.

JELSMA, O.; VAN MERRIËNBOER, J. J. Contextual interference: Interactions with reflection-impulsivity. **Perceptual and Motor Skills**, v. 68, n. 3, p. 1055–1064, 1989.

JOHNSON, R. R.; POPOVIC, D. P.; OLMSTEAD, R. E.; STIKIC, M.; LEVENDOWSKI, D. J.; BERKA, C. Drowsiness/alertness algorithm development and validation using synchronized EEG and cognitive performance to individualize a generalized model. **Biol Psychol**, v. 87, n. 2, p. 241-250, May. 2011.

KAGAN, J.; ROSMAN, B. L.; DAY, D.; ALBERT, J.; PHILLIPS, W. Information processing in the child: Significance of analytic and reflective attitudes. **Psychological Monographs: General and Applied**, v. 78, n. 1, p. 1–37, 1964.

KAHNEMAN, D. Maps of Bounded Rationality: Psychology for Behavioral Economics. **American Economic Review**, v. 93, n. 5, p. 1449–1475, 2003.

KAHNEMAN, D.; FREDERICK, S. Representativeness revisited: Attribute substitution in intuitive judgment. *In*: GILOVICH, T.; GRIFFIN, D.; KAHNEMAN, D. (Ed.). **Heuristic and biases: The psychology of intuitive judgment**. New York: Cambridge University Press, 2002. p. 49–81.

KAHNEMAN, D.; FREDERICK, S. Frames and brains: elicitation and control of response tendencies. **Trends Cogn Sci**, v. 11, n. 2, p. 45-46, Feb. 2007.

KOMAROVSKAYA, I.; LOPER, A. B.; WARREN, J. The Role of Impulsivity in Antisocial and Violent Behavior and Personality Disorders Among Incarcerated Women. **Criminal Justice and Behavior**, v. 34, n. 11, p. 1499-1515, 2007.

LAGE, G. M.; BENDA, R. N.; OLIVEIRA, A. M. M.; UGRINOWITSCH, H.; MALLOY-DINIZ, L. F. Motor control and impulsivity: dysfunctional and functional behaviors. *In*: LEITNER, M.; FUCHS, M. (Ed.). **Motor Behavior and control: new research**. 1 ed. New York: Nova Science Publishers Inc, 2013. p. 75-87.

LAGE, G. M.; MALLOY-DINIZ, L. F.; FIALHO, J. V. A. P.; GOMES, C. M. A.; ALBUQUERQUE, M. R.; CORRÊA, H. Correlação entre as dimensões da impulsividade e o controle em uma tarefa motora de timing. **Brazilian Journal of Motor Behavior**, v. 6, n. 3, p. 39-46, 2011.

LAGE, G. M.; MALLOY-DINIZ, L. F.; NEVES, F. S.; DE MORAES, P. H.; CORREA, H. A kinematic analysis of the association between impulsivity and manual aiming control. **Hum Mov Sci**, v. 31, n. 4, p. 811-823, Aug. 2012.

LAPENTA, O. M.; MARQUES, L. M.; REGO, G. G.; COMFORT, W. E.; BOGGIO, P. S. tDCS in Addiction and Impulse Control Disorders. **J ECT**, v. 34, n. 3, p. 182-192, Sep. 2018.

LEDGERWOOD, D. M.; ALESSI, S. M.; PHOENIX, N.; PETRY, N. M. Behavioral assessment of impulsivity in pathological gamblers with and without substance use disorder histories versus healthy controls. **Drug Alcohol Depend**, v. 105, n. 1-2, p. 89-96, Nov 1. 2009.

LELIS-TORRES, N.; UGRINOWITSCH, H.; APOLINARIO-SOUZA, T.; BENDA, R. N.; LAGE, G. M. Task engagement and mental workload involved in variation and repetition of a motor skill. **Sci Rep**, v. 7, n. 1, p. 14764, Nov 7. 2017.

LEMKE, M. R.; FISCHER, C. J.; WENDORFF, T.; FRITZER, G.; RUPP, Z.; TETZLAFF, S. Modulation of involuntary and voluntary behavior following emotional stimuli in healthy subjects. **Progress in Neuro-Psychopharmacology and Biological Psychiatry**, v. 29, n. 1, p. 69-76, 2005.

LESHEM, R. Relationships between trait impulsivity and cognitive control: the effect of attention switching on response inhibition and conflict resolution. **Cogn Process**, v. 17, n. 1, p. 89-103, Feb. 2015.

LESHEM, R. Using Dual Process Models to Examine Impulsivity Throughout Neural Maturation. **Dev Neuropsychol**, v. 41, n. 1-2, p. 125-143, Jan-Mar. 2016.

LOGAN, G. D. Toward an instance theory of automatization. **Psychological Review**, v. 95, n. 4, p. 492-527, 1988.

LOGAN, G. D.; SCHACHAR, R. J.; TANNOCK, R. Impulsivity and Inhibitory Control. **Psychological Science**, v. 8, n. 1, p. 60-64, 1997.

MALLORQUI-BAGUE, N.; TESTA, G.; LOZANO-MADRID, M.; VINTRO-ALCARAZ, C.; SANCHEZ, I.; RIESCO, N.; GRANERO, R.; PERALES, J. C.; NAVAS, J. F.; MEGIAS-ROBLES, A.; MARTINEZ-ZALACAIN, I.; VECIANA DE LAS HERAS, M.; JIMENEZ-MURCIA, S.; FERNANDEZ-ARANDA, F. Emotional and non-emotional facets of impulsivity in eating disorders: From anorexia nervosa to bulimic spectrum disorders. **Eur Eat Disord Rev**, v. 28, n. 4, p. 410-422, Jul. 2020.

MALLOY-DINIZ, L.; FUENTES, D.; LEITE, W. B.; CORREA, H.; BECHARA, A. Impulsive behavior in adults with attention deficit/ hyperactivity disorder: characterization of attentional, motor and cognitive impulsiveness. **J Int Neuropsychol Soc**, v. 13, n. 4, p. 693-698, Jul. 2007.

MALLOY-DINIZ, L. F.; MATTOS, P.; LEITE, W. B.; ABREU, N.; COUTINHO, G.; PAULA, J. J.; TAVARES, H.; VASCONCELOS, A. G.; FUENTES, D. Tradução e adaptação cultural da Barratt Impulsiveness Scale (BIS-11) para aplicação em adultos brasileiros. **Jornal Brasileiro de Psiquiatria**, v. 59, n. 9, p. 99-105, 2010.

MALLOY-DINIZ, L. F.; PAULA, J. J.; VASCONCELOS, A. G.; ALMONDES, K. M.; PESSOA, R.; FARIA, L.; COUTINHO, G.; COSTA, D. S.; DURAN, V.; COUTINHO, T.

V.; CORRÊA, H.; FUENTES, D.; ABREU, N.; MATTOS, P. Normative data of the Barratt Impulsiveness Scale 11 (BIS-11) for Brazilian adults. **Revista Brasileira de Psiquiatria**, v. 37, n. 3, p. 245–248, 2015.

MARTIN, S.; ZABALA, C.; DEL-MONTE, J.; GRAZIANI, P.; AIZPURUA, E.; BARRY, T. J.; RICARTE, J. Examining the relationships between impulsivity, aggression, and recidivism for prisoners with antisocial personality disorder. **Aggression and Violent Behavior**, v. 49, p. 101314, 2019.

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, n. 4, p. 629–639, 1989.

MAYER, T. J.; CHOPARD, G.; NICOLIER, M.; GABRIEL, D.; MASSE, C.; GIUSTINIANI, J.; VANDEL, P.; HAFFEN, E.; BENNABI, D. Can transcranial direct current stimulation (tDCS) improve impulsivity in healthy and psychiatric adult populations? A systematic review. **Prog Neuropsychopharmacol Biol Psychiatry**, v. 98, p. 109814, Mar 2. 2020.

MCCLURE, S. M.; LAIBSON, D. I.; LOEWENSTEIN, G.; COHEN, J. D. Separate neural systems value immediate and delayed monetary rewards. **Science**, v. 306, n. 5695, p. 503-507, Oct 15. 2004.

MILTON, J.; SOLODKIN, A.; HLUSTIK, P.; SMALL, S. L. The mind of expert motor performance is cool and focused. **Neuroimage**, v. 35, n. 2, p. 804-813, Apr 1. 2007.

MOBINI, S.; PEARCE, M.; GRANT, A.; MILLS, J.; YEOMANS, M. R. The relationship between cognitive distortions, impulsivity, and sensation seeking in a non-clinical population sample. **Personality and Individual Differences**, v. 40, n. 6, p. 1153-1163, 2006.

MOELLER, F. G. Historical Perspectives on Impulsivity and Impulse Control Disorders. *In*: GRANT, J. E.; POTENZA, M. N. (Ed.). **The Oxford Handbook of Impulse Control Disorders**. New York: Oxford University Press, 2012. p. 11–21.

MOELLER, F. G.; BARRATT, E. S.; DOUGHERTY, D. M.; SCHMITZ, J. M.; SWANN, A. C. Psychiatric aspects of impulsivity. **Am J Psychiatry**, v. 158, n. 11, p. 1783-1793, Nov. 2001.

NETTO, L. R.; PEREIRA, J. L.; NOGUEIRA, J. F.; CAVALCANTI-RIBEIRO, P.; SANTANA, R. C.; TELES, C. A.; KOENEN, K. C.; TRAUMA; ANXIETY DISORDERS STUDY GROUP, U.; QUARANTINI, L. C. Impulsivity is relevant for trauma exposure and PTSD symptoms in a non-clinical population. **Psychiatry Res**, v. 239, p. 204-211, May 30. 2016.

OLDFIELD, R. C. The assessment and analysis of handedness: the Edinburgh inventory. **Neuropsychologia**, v. 9, n. 1, p. 97-113, Mar. 1971.

PARK, M. O. The Relationship between Single Task, Dual Task Performance and Impulsiveness Personality Traits of Young Adults in the Community. **Healthcare (Basel)**, v. 8, n. 4, Nov 9. 2020.

PATTON, J. H.; STANFORD, M. S.; BARRATT, E. S. Factor structure of the Barratt impulsiveness scale. **J Clin Psychol**, v. 51, n. 6, p. 768-774, Nov. 1995.

POON, K. Hot and Cool Executive Functions in Adolescence: Development and Contributions to Important Developmental Outcomes. **Front Psychol**, v. 8, p. 2311, 2017.

PORTUGAL, A. C. A.; AFONSO, A. S., Jr.; CALDAS, A. L.; MATURANA, W.; MOCAIBER, I.; MACHADO-PINHEIRO, W. Inhibitory mechanisms involved in Stroop-matching and stop-signal tasks and the role of impulsivity. **Acta Psychol (Amst)**, v. 191, p. 234-243, Nov. 2018.

PUBMED. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/?term=impulsivity&timeline=expanded>. Acesso em: 03 mai. 2023.

RAIO, C. M.; KONOVA, A. B.; OTTO, A. R. Trait impulsivity and acute stress interact to influence choice and decision speed during multi-stage decision-making. **Sci Rep**, v. 10, n. 1, p. 7754, May 8. 2020.

RICHETIN, J.; RICHARDSON, D. S. Automatic processes and individual differences in aggressive behavior. **Aggression and Violent Behavior**, v. 13, n. 6, p. 423–430, 2008.

RODRÍGUEZ-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, n. 4, p. 661–683, 2002.

RUBIA, K. "Cool" inferior frontostriatal dysfunction in attention-deficit/hyperactivity disorder versus "hot" ventromedial orbitofrontal-limbic dysfunction in conduct disorder: a review. **Biol Psychiatry**, v. 69, n. 12, p. e69-87, Jun 15. 2011.

RUSSO, J. E.; DOSHER, B. A. Strategies for multiattribute binary choice. **J Exp Psychol Learn Mem Cogn**, v. 9, n. 4, p. 676-696, Oct. 1983.

SCHMIDT, R. A. A schema theory of discrete motor skill learning. **Psychological Review**, v. 82, n. 4, p. 225–260, 1975.

SCHMIDT, R. A.; WRISBERG, C. A. **Motor Learning and Performance**. Champaign: Human Kinetics, 2000.

SERRIEN, D. J.; IVRY, R. B.; SWINNEN, S. P. The missing link between action and cognition. **Prog Neurobiol**, v. 82, n. 2, p. 95-107, Jun. 2007.

SHARMA, L.; KOHL, K.; MORGAN, T. A.; CLARK, L. A. "Impulsivity": relations between self-report and behavior. **J Pers Soc Psychol**, v. 104, n. 3, p. 559-575, Mar. 2013.

SHUMWAY-COOK, A.; WOOLLACOTT, M. H. **Motor control : translating research into clinical practice**. 4 ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2012.

SMITH, A. P.; RUSTED, J. M.; SAVORY, M.; EATON-WILLIAMS, P.; HALL, S. R. The effects of caffeine, impulsivity and time of day on performance, mood and cardiovascular function. **J Psychopharmacol**, v. 5, n. 2, p. 120-128, Jan. 1991.

SMITH, E. R.; DECOSTER, J. Dual-process models in social and cognitive psychology: Conceptual integration and links to underlying memory systems. **Personality and Social Psychology Review**, v. 4, n. 2, p. 108–131, 2000.

STANOVICH, K. E.; WEST, R. F. Individual differences in reasoning: implications for the rationality debate? **Behav Brain Sci**, v. 23, n. 5, p. 645-665; discussion 665-726, Oct. 2000.

STEINBERG, L. A Social Neuroscience Perspective on Adolescent Risk-Taking. **Dev Rev**, v. 28, n. 1, p. 78-106, Mar. 2008.

STEVENS, F. L.; HURLEY, R. A.; TABER, K. H. Anterior cingulate cortex: unique role in cognition and emotion. **J Neuropsychiatry Clin Neurosci**, v. 23, n. 2, p. 121-125, Spring. 2011.

STRACK, F.; DEUTSCH, R. Reflective and impulsive determinants of social behavior. **Pers Soc Psychol Rev**, v. 8, n. 3, p. 220-247, 2004.

TAJIMA-POZO, K.; RUIZ-MANRIQUE, G.; YUS, M.; ARRAZOLA, J.; MONTANES-RADA, F. Correlation between amygdala volume and impulsivity in adults with attention-deficit hyperactivity disorder. **Acta Neuropsychiatr**, v. 27, n. 6, p. 362-367, Dec. 2015.

THACKRAY, R. I.; JONES, K. N.; TOUCHSTONE, R. M. Personality and physiological correlates of performance decrement on a monotonous task requiring sustained attention. **Br J Psychol**, v. 65, n. 3, p. 351-358, Aug. 1974.

THOMSON, N. D.; VASSILEVA, J.; KIEHL, K. A.; REIDY, D.; ABOUTANOS, M.; MCDUGLE, R.; DELISI, M. Which features of psychopathy and impulsivity matter most for prison violence? New evidence among female prisoners. **Int J Law Psychiatry**, v. 64, p. 26-33, May - Jun. 2019.

TU, P. C.; KUAN, Y. H.; LI, C. T.; SU, T. P. Structural correlates of trait impulsivity in patients with bipolar disorder and healthy controls: a surface-based morphometry study. **Psychol Med**, v. 47, n. 7, p. 1292-1299, May. 2017.

TUMATI, S.; MARTENS, S.; DE JONG, B. M.; ALEMAN, A. Lateral parietal cortex in the generation of behavior: Implications for apathy. **Prog Neurobiol**, v. 175, p. 20-34, Apr. 2019.

TURNER, D.; SEBASTIAN, A.; TUSCHER, O. Impulsivity and Cluster B Personality Disorders. **Curr Psychiatry Rep**, v. 19, n. 3, p. 15, Mar. 2017.

TZAGARAKIS, C.; PELLIZZER, G.; ROGERS, R. D. Impulsivity modulates performance under response uncertainty in a reaching task. **Exp Brain Res**, v. 225, n. 2, p. 227-235, Mar. 2013.

TZAGARAKIS, C.; THOMPSON, A.; ROGERS, R. D.; PELLIZZER, G. The Degree of Modulation of Beta Band Activity During Motor Planning Is Related to Trait Impulsivity. **Front Integr Neurosci**, v. 13, p. 1, 2019.

WILLIAMS, J.; TAYLOR, E. The evolution of hyperactivity, impulsivity and cognitive diversity. **J R Soc Interface**, v. 3, n. 8, p. 399-413, Jun 22. 2006.

WOODWORTH, R. S. Accuracy of voluntary movement. **The Psychological Review: Monograph Supplements**, v. 3, n. 3, p. 1–114, 1899.

ZELAZO, P. D. Executive Function and Psychopathology: A Neurodevelopmental Perspective. **Annu Rev Clin Psychol**, v. 16, p. 431-454, May 7. 2020.

ZELAZO, P. D.; CARLSON, S. M. Hot and Cool Executive Function in Childhood and Adolescence: Development and Plasticity. **Child Development Perspectives**, v. 6, n. 4, p. 354-360, 2012.

ANEXO A – Parecer de aprovação do estudo

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
MINAS GERAIS



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: EFEITOS DA IMPULSIVIDADE NO CONTROLE, NA APRENDIZAGEM MOTORA E SEUS CORRELATOS NEURAIS

Pesquisador: Guilherme Menezes Lage

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 55053522.3.0000.5149

Instituição Proponente: Escola de Educação Física da Universidade Federal de Minas Gerais

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 5.400.629

Apresentação do Projeto:

Comportamentos inadequados são comumente atribuídos à alta impulsividade. No entanto, alguns estudos têm identificado aspectos positivos da mesma em determinados contextos. Assim como nas diversas dimensões do comportamento humano, a impulsividade impacta o domínio motor trazendo vantagens e desvantagens no controle e na aprendizagem de habilidades motoras. A escassez de estudos nessa área e a grande variabilidade de instrumentos utilizados para inferir o nível de impulsividade dos participantes e das tarefas motoras utilizadas entre os estudos impossibilitam uma justificativa empírica para os diferentes efeitos da alta impulsividade no controle e na aprendizagem de habilidades motoras. Dessa forma, um estudo amplo que investigue mais de um instrumento para avaliar a impulsividade em diferentes tarefas motoras é necessário para melhor compreender como a alta impulsividade impacta o domínio motor. Para além das explicações comportamentais, advindas do desempenho nas tarefas motoras, o registro de medidas neurobiológicas pode contribuir para o melhor entendimento dos diferentes efeitos da alta impulsividade em tarefas motoras distintas. Assim, o objetivo deste projeto é verificar a influência da impulsividade no controle, na aprendizagem motora e seus correlatos neurais. Para isso, serão conduzidos quatro experimentos. Serão conduzidos quatro estudos, um para cada objetivo secundário. Serão incluídos 150 participantes, entre 18 e 35 anos, que serão informados da natureza do estudo e seus riscos potenciais. Além disso, eles irão assinar o termo de consentimento livre e esclarecido e rubricar todas as folhas desse termo. Os Participantes do

Endereço: Av. Presidente Antonio Carlos, 6627 2º Andar Sala 2005 Campus Pampulha

Bairro: Unidade Administrativa II **CEP:** 31.270-901

UF: MG **Município:** BELO HORIZONTE

Telefone: (31)3409-4592

E-mail: coep@prpq.ufmg.br

Continuação do Parecer: 5.400.629

experimento 1 farão quatro visitas ao laboratório, uma para preencher as três escalas de impulsividade e realizar os dois testes computadorizados (± 60 min), uma para realizar a tarefa de apontamento e a tarefa de destreza manual (± 30 min), uma para realizar a fase de aquisição da tarefa de sequência motora (± 30 min) e a última aplicação dos testes de retenção e transferência (± 20 min). Os participantes do experimento 2 farão apenas uma visita ao laboratório, na qual deverão preencher uma escala de impulsividade, realizar a tarefa de apontamento e a tarefa de destreza manual (± 120 min). Os participantes do experimento 3 farão duas visitas ao laboratório, na primeira deverão preencher uma escala de impulsividade e realizar a fase de aquisição da tarefa de sequência motora (± 120 min) e na segunda serão aplicados os testes de retenção e transferência (± 40 min). Os Participantes do experimento 4 farão quatro visitas ao laboratório, uma para preencher uma escala de impulsividade (± 20 min), uma para realizar tarefa de apontamento e a tarefa de destreza manual (± 60 min), uma para realizar a fase de aquisição da tarefa de sequência motora (± 60 min) e a última aplicação dos testes de retenção e transferência (± 20 min). Os participantes dos experimento 2 e 3 passarão pelos procedimentos de monitoramento por EEG e Eyetracking e os participantes do experimento 4 pela aplicação do ETCC. Os participantes serão certificados de que estarão livres para abandonar o estudo a qualquer momento sem prejuízo ou coerção.

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo Primário: Verificar a influência da impulsividade no controle, na aprendizagem motora e seus correlatos neurais.

Objetivo Secundário: 1) Verificar a correlação de diferentes instrumentos para medir a impulsividade e o desempenho motor. 2) Verificar a influência da impulsividade no controle motor. 3) Verificar a influência da impulsividade na aprendizagem motora. 4) Verificar como a modulação de áreas cerebrais envolvidas na impulsividade impactam o controle e a aprendizagem motora.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Segundo os autores:

Riscos: Existe o risco decorrente da participação no estudo de ocorrer uma leve sensação de formigamento da pele no local de colocação dos eletrodos com algodão e solução fisiológica na ETCC (experimento 4). A literatura indica que essa sensação tem duração de aproximadamente 30 segundos. Além disso, existe um risco mínimo de sensação de leve desconforto muscular durante a realização das tarefas motoras. Caso o participante relate algum tipo de desconforto, o pesquisador irá parar o experimento e o encaminhará para o ambulatório de enfermagem da

Endereço: Av. Presidente Antonio Carlos, 6627 \angle 2º. Andar \angle Sala 2005 \angle Campus Pampulha

Bairro: Unidade Administrativa II **CEP:** 31.270-901

UF: MG **Município:** BELO HORIZONTE

Telefone: (31)3409-4592

E-mail: coep@prpq.ufmg.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
MINAS GERAIS



Continuação do Parecer: 5.400.629

EEFFTO.

Benefícios: Não há benefício direto para os participantes. Porém, os benefícios indiretos serão decorrentes da melhor compreensão dos efeitos da impulsividade no controle e na aprendizagem motora. Dessa forma, os resultados desse estudo irão contribuir para o avanço do conhecimento na área de Educação Física, Fisioterapia, Terapia Ocupacional e Comportamento Motor, assim como para a prática do profissional que atua com o treinamento e a reabilitação de habilidades motoras.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Pesquisa relevante para a área de conhecimento, conta com financiamento próprio e não possui instituição co-participante.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Todos os termos obrigatórios foram apresentados e encontram-se adequados.

Recomendações:

1- No TCLE incluir informações sobre o responsável, local e tempo de armazenamento dos dados de pesquisa.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Conforme as considerações apresentadas, o parecer é favorável à aprovação do projeto.

Considerações Finais a critério do CEP:

Tendo em vista a legislação vigente (Resolução CNS 466/12), o CEP-UFMG recomenda aos Pesquisadores: comunicar toda e qualquer alteração do projeto e do termo de consentimento via emenda na Plataforma Brasil, informar imediatamente qualquer evento adverso ocorrido durante o desenvolvimento da pesquisa (via documental encaminhada em papel), apresentar na forma de notificação relatórios parciais do andamento do mesmo a cada 06 (seis) meses e ao término da pesquisa encaminhar a este Comitê um sumário dos resultados do projeto (relatório final).

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1879286.pdf	11/01/2022 18:43:57		Aceito

Endereço: Av. Presidente Antonio Carlos, 6627 2º Andar Sala 2005 Campus Pampulha
Bairro: Unidade Administrativa II **CEP:** 31.270-901
UF: MG **Município:** BELO HORIZONTE
Telefone: (31)3409-4592 **E-mail:** coep@prpq.ufmg.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
MINAS GERAIS



Continuação do Parecer: 5.400.629

Folha de Rosto	Folha_de_rosto_am_cm.pdf	11/01/2022 18:36:03	Guilherme Menezes Lage	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	COEP_impulsividade_am_cm.pdf	28/12/2021 11:16:17	Guilherme Menezes Lage	Aceito
Parecer Anterior	PARECER_impulsividade_am_cm.pdf	27/12/2021 19:53:56	Guilherme Menezes Lage	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_impulsividade_am_cm.pdf	27/12/2021 19:51:50	Guilherme Menezes Lage	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

BELO HORIZONTE, 10 de Maio de 2022

Assinado por:
Críssia Carem Paiva Fontainha
(Coordenador(a))

Endereço: Av. Presidente Antonio Carlos, 6627 2º Andar Sala 2005 Campus Pampulha
Bairro: Unidade Administrativa II **CEP:** 31.270-901
UF: MG **Município:** BELO HORIZONTE
Telefone: (31)3409-4592 **E-mail:** coep@prpq.ufmg.br

ANEXO B – Escala de Impulsividade de Barratt

Escala de Impulsividade de Barratt - BIS 11

Instruções: As pessoas divergem nas formas em que agem e pensam em diferentes situações. Esta é uma escala para avaliar algumas das maneiras que você age ou pensa. Leia cada afirmação e preencha o círculo apropriado no lado direito da página. Não gaste muito tempo em cada afirmação. Responda de forma rápida e honestamente.

Afirmações	Raramente ou nunca	De vez em quando	Com frequência	Quase sempre / Sempre
1. Eu planejo tarefas cuidadosamente.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2. Eu faço coisas sem pensar.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3. Eu tomo decisões rapidamente.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4. Eu sou despreocupado (confio na sorte, "desencanado").	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
5. Eu não presto atenção.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
6. Eu tenho pensamentos que se atropelam.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
7. Eu planejo viagens com bastante antecedência.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
8. Eu tenho autocontrole.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
9. Eu me concentro facilmente.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
10. Eu economizo (poupo) regularmente.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
11. Eu fico me contorcendo na cadeira em peças de teatro ou palestras	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
12. Eu penso nas coisas com cuidado.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
13. Eu faço planos para me manter no emprego (eu cuido para não perder meu emprego).	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
14. Eu falo coisas sem pensar.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
15. Eu gosto de pensar em problemas complexos.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
16. Eu troco de emprego.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
17. Eu ajo por impulso.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
18. Eu fico entediado com facilidade quando estou resolvendo problemas mentalmente.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
19. Eu ajo no "calor" do momento.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
20. Eu mantenho a linha de raciocínio ("não perco o fio da meada").	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
21. Eu troco de casa (residência).	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
22. Eu compro coisas por impulso.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
23. Eu só consigo pensar em uma coisa de cada vez.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
24. Eu troco de interesses e passatempos ("hobby").	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
25. Eu gasto ou compro a prestação mais do que ganho.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
26. Enquanto estou pensando em uma coisa, é comum que outras idéias me venham à cabeça ou ao mesmo tempo.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
27. Eu tenho mais interesse no presente do que no futuro.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
28. Eu me sinto inquieto em palestras ou aulas.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
29. Eu gosto de jogos e desafios mentais.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
30. Eu me preparo para o futuro.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

ANEXO C – Inventário de Dominância Lateral de Edimburgo

Inventário de Dominância Lateral de Edimburgo

NOME: _____ **Identificação:** _____

Por favor, indique sua preferência no uso das mãos nas seguintes atividades pela colocação do sinal + na coluna apropriada. Onde a preferência é tão forte que você nunca usaria a outra mão a menos que fosse forçado a usá-la, coloque ++. Se em algum caso a mão utilizada é realmente indiferente, coloque + em ambas as colunas.

Algumas das atividades requerem ambas as mãos. Nestes casos a parte da tarefa, ou objeto, para qual preferência manual é desejada é indicada entre parênteses.

Por favor, tente responder a todas as questões, e somente deixe em branco se você não tiver qualquer experiência com o objeto ou tarefa.

		Esquerda	Direita
1	Escrever		
2	Desenhar		
3	Arremessar		
4	Uso de tesouras		
5	Escovar os dentes		
6	Uso de faca (sem garfo)		
7	Uso de colher		
8	Uso de vassoura (mão superior)		
9	Acender um fósforo (mão do fósforo)		
10	Abrir uma caixa (mão da tampa)		

Pontos: _____

APÊNDICE A – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE) EXPERIMENTO 2

Título do Estudo: EFEITOS DA IMPULSIVIDADE NO CONTROLE, NA APRENDIZAGEM MOTORA E SEUS CORRELATOS NEURAIS

Coordenador: Prof. Guilherme Menezes Lage_ Departamento de Educação Física da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da UFMG

Gostaríamos de convidá-lo a participar de nosso estudo. O nosso objetivo é verificar o efeito da impulsividade no controle, na aprendizagem motora e seus correlatos neurais. Para atingir parte desse objetivo você participará do “Experimento 2” respondendo um questionário e praticando duas tarefas motoras.

Além disso, você usará um aparelho de eletroencefalografia (EEG), que consiste na colocação de 10 eletrodos, em pontos medidos com fita métrica, presos por fitas adequadas para EEG na sua cabeça. Esses eletrodos conseguem captar, de forma segura, indolor e não-invasiva, o nível de atividade do seu cérebro em cada momento. Também será utilizado um aparelho similar a um óculos com câmera, denominado *Eye Tracking*, que permite identificar o diâmetro da sua pupila. Ambos os instrumentos permitem identificar a variação do seu nível de esforço cognitivo durante a prática.

Procedimentos: Os testes serão realizados em um encontro no Grupo de Estudo de Desenvolvimento e Aprendizagem Motora (GEDAM) da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional (EEFFTO) da UFMG. Inicialmente você deverá preencher um questionário para avaliar o seu nível de impulsividade. Depois, serão instalados os equipamentos de EEG e *Eye Tracking*, respectivamente. Na sequência, você deverá realizar uma tarefa de apontamento simples que consiste em deslocar uma caneta-sensor sobre uma mesa digitalizadora partindo de um ponto inicial demarcado para um alvo. Na sequência você realizará uma tarefa de destreza manual que consiste em encaixar 25 pinos em um receptáculo nos seus devidos buracos. O tempo previsto para realização dos procedimentos é de aproximadamente 120 minutos. O horário e dia para a sua participação serão estabelecidos de acordo com a sua disponibilidade.

Riscos e desconfortos: A sua participação no estudo oferece riscos mínimos à sua saúde. Há pequeno risco de algum desconforto muscular devido à execução da tarefa motora, e qualquer desconforto deve ser relatado ao experimentador que irá parar a coleta de dados imediatamente. Em caso de algum desconforto em relação aos procedimentos, você será encaminhado ao serviço de enfermagem da EEFFTO e/ou ao atendimento fisioterápico da EEFFTO.

Confidencialidade: Para garantir a confidencialidade da informação obtida, seu nome não será utilizado em qualquer publicação ou material relacionado ao estudo.

Benefícios esperados: Não há benefício direto para você. Porém, os benefícios indiretos serão decorrentes da melhor compreensão do controle motor. Dessa forma, os resultados desse estudo irão contribuir para o avanço do conhecimento na área de Educação Física, Fisioterapia, terapia Ocupacional e Comportamento Motor, assim como para a prática do profissional que atua com o treinamento e a reabilitação de habilidades motoras.

Recusa ou desistência da participação: Sua participação é inteiramente voluntária e você está livre para recusar participar ou desistir do estudo em qualquer momento, sem que isso possa lhe acarretar qualquer prejuízo ou constrangimento.

Gastos: Não haverá ressarcimento de nenhum tipo de gasto.

Você pode solicitar mais informações ao longo do estudo, tirar dúvidas e maiores esclarecimentos da pesquisa com o pesquisador responsável pelo projeto (Guilherme Menezes Lage), por meio do telefone (31) 98884-0411 ou endereço eletrônico menezeslage@gmail.com. Após a leitura completa deste documento, caso concorde em participar do estudo, você deverá assinar em duas vias o termo de consentimento e rubricar todas as folhas. Uma das vias ficará com você e a outra com o pesquisador. Você poderá obter qualquer informação deste estudo com o pesquisador ou se tiver dúvidas sobre questões éticas, pode consultar o Comitê de Ética em Pesquisa (COEP) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Informações para contato com o COEP/UFMG abaixo.

TERMO DE CONSENTIMENTO

Eu li e entendi toda a informação acima. Todas as minhas dúvidas foram satisfatoriamente respondidas e eu concordo em ser um participante do estudo.

Assinatura do participante

Data

Guilherme Menezes Lage

Data

COEP – Comitê de Ética em Pesquisa/UFMG

Av. Pres. Antônio Carlos, 6627 – Unidade Administrativa II – 2º. Andar – Sala 2005 –
Cep 31270-901- Belo Horizonte – MG / Telefax: (31) 3409-4592

Email: coep@prpq.ufmg.br.

APÊNDICE B – Organização dos alvos na condição 2

ORGANIZAÇÃO DA SEQUÊNCIA DOS ALVOS NA CONDIÇÃO 2

Configuração dos alvos:

Alvo	Natureza	Cor	Posição	Número de Tentativas
1	Movimento	verde	19 cm - 15 ^o	36
2	Movimento	verde	19 cm - 45 ^o	36
3	Movimento	verde	19 cm - 75 ^o	36
4	Inibição	vermelho	19 cm - 15 ^o	4
5	Inibição	vermelho	19 cm - 45 ^o	4
6	Inibição	vermelho	19 cm - 75 ^o	4

Regra para distribuição dos alvos:

Os alvos foram distribuídos em 12 blocos de 10 tentativas. Para cada bloco foram incluídas 3 tentativas dos alvos 1, 2 e 3 e uma tentativa do alvo inibição (4, 5 ou 6). A cada 3 blocos (30 tentativas) uma tentativa de cada alvo inibição foi apresentada. Não houveram tentativas consecutivas de um mesmo alvo. Todos os participantes realizaram a mesma sequência de tentativas representada abaixo.

Distribuição dos alvos por blocos:

	BL1	BL2	BL3	BL4	BL5	BL6
1tt	2	1	1	2	3	3
2tt	1	3	3	3	2	2
3tt	2	2	2	1	1	6
4tt	3	3	1	3	2	1
5tt	1	2	3	2	1	3
6tt	3	1	5	1	3	2
7tt	4	2	1	2	2	1
8tt	3	3	2	3	5	3
9tt	1	1	3	1	3	2
10tt	2	6	2	4	1	1

	BL7	BL8	BL9	BL10	BL11	BL12
1tt	2	3	3	1	6	2
2tt	1	2	2	3	2	1
3tt	3	3	1	2	1	3
4tt	1	1	2	3	2	2
5tt	2	6	1	2	3	1
6tt	3	2	3	1	1	3
7tt	4	3	1	5	3	1
8tt	2	1	2	3	2	2
9tt	3	2	3	2	3	3
10tt	1	1	5	1	1	4