

Cíntia de Oliveira Matos

**INFORMAÇÃO VISUAL EM TAREFAS DE INTERCEPTAÇÃO:**  
efeitos do momento de visualização do alvo no controle motor e na adaptação

Belo-Horizonte

Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional/UFMG

2022

Cíntia de Oliveira Matos

**INFORMAÇÃO VISUAL EM TAREFAS DE INTERCEPTAÇÃO:**  
efeitos do momento de visualização do alvo no controle motor e na adaptação

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciências do Esporte da Universidade Federal de Minas Gerais como quesito parcial à obtenção do título de doutora em Ciências do Esporte

Área de concentração: Treinamento Esportivo

Orientador: Dr. Herbert Ugrinowitsch

Belo-Horizonte

Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional/UFMG

2022

M433i Matos, Cíntia de Oliveira  
2022 Informação visual em tarefas de interceptação: efeitos do momento de visualização do alvo no controle motor e na adaptação. [manuscrito] / Cíntia de Oliveira Matos – 2022.  
94 f.: il.

Orientador: Herbert Ugrinowitsch

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

Bibliografia: f. 82-88

1. Capacidade motora – Teses. 2. Visão – Teses. 3. Esportes – Treinamento técnico – Teses. I. Ugrinowitsch, Herbert. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional. III. Título.

CDU: 796.015

**Ficha catalográfica elaborada pela bibliotecária Sheila Margareth Teixeira Adão, CRB 6: nº 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 DA DEFESA DE TESE DE DOUTORADO

CINTIA DE OLIVEIRA MATOS

Às 13:30 horas do dia 04 de novembro de 2022, reuniu-se presencialmente no Miniauditório a Comissão Examinadora da Tese, indicada pelo Colegiado do Programa para julgar, em exame final, o trabalho intitulado "INFORMAÇÃO VISUAL EM TAREFAS DE INTERCEPTAÇÃO: Efeitos do momento de visualização do alvo no controle motor e na adaptação". Abrindo a sessão, o Presidente da Comissão, Prof. Dr. Herbert Ugrinowitsch EEFPTO/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. Herbert Ugrinowitsch (Orientador) - EEFPTO/UFMG

Prof. Dr. Sérgio Teixeira da Fonseca - EEFPTO/UFMG

Prof. Dr. Pablo Juan Greco - EEFPTO/UFMG

Prof. Dr. Sérgio Tosi Rodrigues - UNESP

Prof. Flávio Henrique Bastos (USP)

Após as indicações a candidata foi considerado: APROVADA

O resultado foi comunicado publicamente para a candidata pelo Presidente da Comissão. 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, 04 de novembro de 2022.

Assinatura dos membros da banca examinadora:



Documento assinado eletronicamente por Sergio Teixeira da Fonseca, Diretor(a) de órgão complementar, em 24/05/2023, às 08:07, 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 Flávia Henrique Bastos, Usuário Externo, em 24/05/2023, às 11:39, 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 Pablo Juan Graça, Professor do Magistério Superior, em 24/05/2023, às 12:15, 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 SÉRGIO TOSI RODRIGUES, Usuário Externo, em 24/05/2023, às 14:32, 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 Ugrasewitz, Professor do Magistério Superior, em 27/06/2023, às 15:34, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade desta documento pode ser conferida no site [https://sejurg.mg.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_destino=0](https://sejurg.mg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_destino=0), informando o código verificador 2328352 e o código CRC 4542F31C.

## AGRADECIMENTOS

Finalizar essa tese não encerra apenas o doutorado, encerra um ciclo de 11 anos como discente da UFMG. Nesse período conheci muita gente que de alguma forma contribuiu para que eu chegasse nesse momento. Pessoas que estiveram presente em pequenos momentos do processo, outras que viveram grande parte dele comigo, algumas que já seguiram suas vidas e aquelas que estão até hoje comigo. Agradeço a Deus por ter colocado cada uma dessas pessoas no meu caminho para me dar suporte, conselhos, para serem parceiras acadêmicas e acima de tudo, amigas.

Aos amigos do GEDAM, muito obrigada por terem me acolhido e transformado o laboratório em uma segunda casa para mim. Obrigada pelo incentivo e parceria, pelo suporte acadêmico e por tantos ensinamentos.

Aos amigos fora do GEDAM, obrigada por terem sido além de incentivadores, válvulas de escape nos momentos difíceis. Obrigada por compreenderem as ausências e estarem, mesmo que de longe, torcendo por mim.

Professor Paulo e Lucas, vocês foram anjos que apareceram para me ajudar com programação e análise dos dados. Obrigada por interromperem as atividades de vocês para tentar entender meu trabalho e me ajudar da melhor maneira possível, mesmo estando a quilômetros de distância. Vocês foram fundamentais.

Jonathan, eu sabia que valeria a pena aquelas ajudas nos trabalhos do ensino fundamental...kkkk. Brincadeiras à parte, você também foi muito importante para a conclusão desse trabalho. Você não mediu esforços para me ajudar, saiu da sua zona de conforto para aprender mexer na programação da tarefa e ajustar para o que eu precisava. Muito obrigada!!!

Professores Rodolfo e Guilherme, vocês me ensinaram muito ao longo desses anos e são grandes exemplos para mim. Guilherme, você esteve presente em praticamente todos os marcos da minha trajetória acadêmica e sempre foi muito gentil, assertivo em suas sugestões e um grande incentivador. Muito obrigada! Rodolfo, com seu jeito bravo e de coração mole, você estava sempre disposto a me ajudar. Você foi muito compreensivo no momento que eu precisei, e não vou me esquecer disso. Muito obrigada por tudo!

Herbert, ao longo desses quase 10 anos orientação você me ensinou muito. Sobre ciência, sobre comportamento motor e sobre a vida. Você sempre me desafiou e tentou extrair o melhor de mim. Tudo isso contribuiu para eu me tornar que sou hoje. Obrigada pelo cuidado que sempre teve comigo, especialmente em momentos difíceis, pela paciência e confiança.

A coleta de dados em período de pandemia foi um desafio, por isso um agradecimento especial à Nádia e aos voluntários dessa pesquisa. Vocês foram engajados, se preocuparam e se mostram super dispostos a ajudar, seja com a participação, efetivamente, seja chamando seus amigos, namorados e familiares para me ajudar. Muuuuito obrigada!

Por fim, agradeço minha família pelo apoio durante todo o processo.

O caminho até aqui não foi fácil e exigiu muitos sacrifícios e renúncias (meus e de vocês também), mas me sinto muito privilegiada por ter podido passar por tudo com vocês ao meu lado, me dando suporte. Pai, mãe, Élide não sei se existem palavras que possam expressar quão grata sou por ter vocês. Em cada abraço, palavra de conforto, olhar, sorriso de vocês, até mesmo no silêncio para me deixar estudar eu pude sentir o quanto estavam verdadeiramente comigo, para o que eu precisasse. Muito obrigada por tudo!

Daniel, você chegou na minha vida no início do doutorado e não apenas viu todos os altos e baixos do processo, você viveu o processo comigo e me ajudou a passar por tudo. Obrigada pelas palavras de incentivo, por ter sido companheiro, paciente, prestativo (até consertar o equipamento de coleta você consertou rs) e principalmente, obrigada por ter sido meu porto-seguro. Te amo!

## RESUMO

A informação visual desempenha papel fundamental para o bom desempenho em tarefas de interceptação, especialmente quando essas informações são extraídas logo antes do tempo crítico para contato ( $TTC_{crit}$ ). Diante da ausência dessas informações críticas, a utilização de um mecanismo de controle via *feedback online* é importante para corrigir possíveis erros no planejamento. Entretanto, as investigações acerca do  $TTC_{crit}$  não avaliaram a possibilidade de utilização desse mecanismo. Além disso, como o sucesso em tarefas de interceptação se deve, principalmente, ao momento que ela é extraída, a disponibilidade a informação visual durante a formação da estrutura de controle pode influenciar a sua competência e, conseqüentemente, a capacidade de adaptação diante de perturbações imprevisíveis. O objetivo desta tese foi investigar os efeitos da disponibilidade da informação visual no controle e na adaptação motora. Para isso foram elaborados três experimentos. No experimento 1, os participantes foram submetidos à quatro condições de prática, sendo uma condição controle e três condições com oclusão do alvo por 75ms. No experimento 2, houve uma condição controle e três condições com inserção da informação sobre o alvo por 200ms, em algum momento da trajetória. O experimento 3 foi composto por uma fase de pré-exposição, na qual os participantes foram divididos em um grupo de prática com oclusão do alvo 250ms antes do início esperado do movimento, e um grupo sem oclusão do alvo. Vinte e quatro horas após a pré-exposição foi realizada a fase de exposição à perturbação, na qual ambos os grupos realizaram 140 tentativas, sendo 30 delas com perturbações. A tarefa, em todos os experimentos, consistiu em mover um efector físico com o tempo entre 200 e 250ms, a fim de interceptar um alvo virtual que se moveu perpendicularmente em relação ao efector. Os resultados mostraram que a oclusão da informação visual por 75ms não afetou o desempenho e o controle motor. Também foi encontrado que a inserção da informação visual 250ms antes do início do movimento propiciou um controle motor mais flexível e melhor desempenho. No experimento 3 ambos os grupos alcançaram desempenho semelhante durante a pré-exposição e utilizaram predominantemente o mecanismo via pré-programação. Porém, o grupo com oclusão precisou de mais tentativas para alcançar o mesmo desempenho e de corrigir mais o movimento. Na exposição, ambos os grupos não se adaptaram, entretanto o grupo com oclusão conseguiu melhor desempenho que o grupo sem oclusão. Para isso foi utilizado um controle motor mais rígido. Em conjunto, os achados sugerem que os possíveis efeitos negativos da ausência da informação visual ao longo de toda a trajetória são minimizados quando a informação é fornecida no momento adequado, e que por outro lado, a retirada da informação no  $TTC_{crit}$  forma uma estrutura de controle mais rígida e menos competente para se adaptar a perturbações.

Palavras-chave: Adaptação, controle motor, modelo interno, visão.

## ABSTRACT

Visual information plays a key role for good performance in interception tasks, especially when this information is pick up just before the critical time to contact (TTC<sub>crit</sub>). Given the absence of this critical information, the use of *online feedback* control is important to correct the planning. However, investigations about TTC<sub>crit</sub> did not assess the possibility of using this mechanism. Furthermore, as the success in interception tasks is due, mainly, to the moment that information is pick up, the visual availability during the formation of the structure of control can influence its competence and, consequently, the competence to adapt to unpredictable perturbations. The aim of this dissertation was to investigate the effects of visual information availability on motor control and adaptation. For this, three experiments were designed. On experiment 1, participants performed four practice conditions, a control condition and three conditions with target occlusion for 75ms. In experiment 2, there were a control condition and three conditions with insertion of information about the target for 200ms, at determined moment of the trajectory. Experiment 3 consisted of a pre-exposure phase, in which participants were divided into a group with target occlusion 250ms before the expected movement onset, and a group without target occlusion. Twenty-four hours after pre-exposure, the exposure to perturbation phase was performed, with 140 trials, 30 of which with perturbations. The task in all experiments consisted of moving a physical effector with time between 200 and 250ms, to intercept a virtual target that moved perpendicularly to the effector. The results showed that occlusion of visual information for 75ms did not affect performance and motor control. It was also found that the insertion of visual information 250ms before movement onset provided more flexible motor control and better performance than insertion of visual information at other moments of the target trajectory. Furthermore, it was found that both groups were able to achieve similar performance during pre-exposure and that they predominantly used the pre-programming control. The occluded group needed more attempts to achieve the same performance and more corrections in the movement. In the exposure, both groups had difficulties to deal with the perturbations, but the group with occlusion performed better than the group without occlusion. For this, a more rigid motor control was performed. In general, the findings suggest that the possible negative effects of the absence of visual information along the entire trajectory are minimized when the information is provided at the appropriate time, on the other hand, the removal of information in TTC<sub>crit</sub> generate a rigid structure of control, unable to adapt to unpredictable visual perturbations.

Keywords: Adaptation, motor control, internal model, vision.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1</b> - Sequência de eventos que acontecem em uma interceptação.....	20
<b>Figura 2</b> – Modelo esquemático do MOSAIC.....	23
<b>Figura 3</b> - Tarefa de interceptação a um alvo móvel. ....	37
<b>Figura 4</b> - Imagem ilustrativa do delineamento experimental do experimento I .....	39
<b>Quadro 1</b> - Relação entre hipóteses e variáveis dependentes do experimento I .....	40
<b>Figura 5</b> – Média do tempo de movimento. ....	42
<b>Figura 6</b> – Medidas de erro das quatro condições experimentais.....	43
<b>Figura 7</b> – Medidas de controle motor nas quatro condições experimentais. ....	44
<b>Figura 8</b> - Imagem ilustrativa do delineamento experimental do experimento II .....	52
<b>Quadro 2</b> - Relação entre hipóteses e variáveis dependentes do experimento II .....	52
<b>Figura 9</b> – Média do tempo de movimento nas quatro condições experimentais. ....	53
<b>Figura 10</b> – Medidas de erro das quatro condições experimentais.....	54
<b>Figura 11</b> – Medidas de controle motor nas quatro condições experimentais.. ....	55
<b>Figura 12</b> - Imagem ilustrativa do delineamento experimental do experimento III.....	63
<b>Quadro 3</b> - Relação entre hipóteses e variáveis dependentes do experimento III.....	63
<b>Figura 13</b> - Média do tempo de movimento nos três blocos da pré-exposição .....	65
<b>Figura 14</b> - Média do número de tentativas realizadas na fase de pré-exposição. ....	66
<b>Figura 15</b> – Medidas de erro nos três blocos da pré-exposição.....	67
<b>Figura 16</b> - Medidas de controle motor nos três blocos da fase de pré-exposição.....	68
<b>Figura 17</b> - Média do tempo de movimento na fase de exposição à perturbação I .....	69
<b>Figura 18</b> – Medidas de erro na fase de exposição à perturbação I.....	70
<b>Figura 19</b> - Medidas de controle motor na fase de exposição à perturbação I. ....	71
<b>Figura 20</b> - Média do tempo de movimento na exposição à perturbação II.....	72
<b>Figura 21</b> - Medidas de erro na fase de exposição à perturbação II.....	73
<b>Figura 22</b> - Medidas de controle motor na fase de exposição à perturbação II.....	74

## LISTA DE SIGLAS

BI	bíceps braquial
Coc	cocontração
DA	deltoide anterior
DP	deltoide posterior
EA	erro absoluto
EC	erro constante
EMG	eletromiografia
ER	estimador de responsabilidade
EV	erro variável
GCO	grupo com oclusão
GSO	grupo sem oclusão
MIn	modelo interno
MIv	modelo inverso
MF	modelo forward
MOSAIC	modular selection and identification control
ms	milissegundo
NC	número de correções
PI	perturbação I
PII	perturbação II
PR	preditor de responsabilidade
PV	pico de velocidade
TIM	tempo para início do movimento
TL	tríceps braquial porção lateral
TCM	transmissão do comando motor
TM	tempo de movimento
TP	transmissão perceptiva
TRPV	tempo relativo para o pico de velocidade
TTC	tempo para contato

$TTC_{crit}$

tempo crítico para contato

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>15</b>
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>17</b>
2.1 Informação visual em tarefas de interceptação.....	17
2.2 Estrutura e mecanismo de controle.....	21
2.3 Informação visual e estrutura de controle na adaptação .....	28
2.4 Resumo .....	32
<b>3 OBJETIVOS E HIPÓTESES.....</b>	<b>33</b>
3.1 Objetivo Geral.....	33
3.2 Objetivos Específicos e hipóteses.....	33
<b>4 EXPERIMENTO I. ....</b>	<b>34</b>
<b>4.1 OBJETIVOS E HIPÓTESES .....</b>	<b>34</b>
<b>4.2 MÉTODO .....</b>	<b>35</b>
4.2.1 Amostra.....	35
4.2.2 Cuidados éticos .....	35
4.2.3 Tarefa e instrumentos.....	35
4.2.4 Procedimentos e delineamento.....	37
4.2.5 Medidas e análise .....	39
4.2.6 Tratamento e Análise dos dados .....	40
<b>5 RESULTADOS .....</b>	<b>42</b>
5.1 Tempo de movimento .....	42
5.2 Variáveis de desempenho.....	42
5.3 variáveis de controle motor.....	43
<b>6 DISCUSSÃO DO EXPERIMENTO I.....</b>	<b>44</b>
<b>7 EXPERIMENTO II.....</b>	<b>50</b>
<b>7.1 OBJETIVOS E HIPÓTESES .....</b>	<b>50</b>
<b>7.2 MÉTODO .....</b>	<b>50</b>
7.2.1 Amostra.....	50
7.2.2 Cuidados éticos .....	50
7.2.3 Tarefa e instrumentos.....	50
7.2.4 Procedimentos e Delineamento.....	51
7.2.5 Medidas e análise .....	52

7.2.6 Tratamento e análise de dados .....	53
<b>8 RESULTADOS .....</b>	<b>53</b>
8.1 Tempo de movimento .....	53
8.1 Variáveis de desempenho.....	54
8.2 Variáveis de controle motor .....	54
<b>9 DISCUSSÃO DO EXPERIMENTO II .....</b>	<b>55</b>
<b>10 EXPERIMENTO III .....</b>	<b>61</b>
<b>10.1 OBJETIVOS E HIPÓTESES .....</b>	<b>61</b>
<b>10.2 MÉTODO .....</b>	<b>62</b>
10.2.1 Amostra .....	62
10.2.2 Cuidados éticos .....	62
10.2.3 Tarefa e instrumentos.....	62
10.2.4 Procedimentos e Delineamento.....	62
10.2.5 Medidas e análise .....	63
10.2.6 Tratamento e análise dos dados.....	64
<b>11 RESULTADOS .....</b>	<b>65</b>
11.1 Fase de pré-exposição .....	65
11.1.1 Tempo de movimento .....	65
11.1.2 Variáveis de desempenho.....	65
11.1.3 Variáveis de controle motor .....	67
11.2 Fase de exposição – perturbação I .....	69
11.2.1 Tempo de movimento .....	69
11.2.1 Variáveis de desempenho.....	69
11.2.1 Variáveis de controle motor .....	70
11.3 Fase de exposição – perturbação II.....	71
11.3.1 Tempo de movimento .....	71
11.3.1 Variáveis de desempenho.....	72
11.3.1 Variáveis de controle motor .....	73
<b>12 DISCUSSÃO DO EXPERIMENTO III .....</b>	<b>75</b>
<b>13 DISCUSSÃO GERAL .....</b>	<b>82</b>
<b>14 CONCLUSÕES, LIMITAÇÕES E PROJEÇÕES PARA FUTUROS ESTUDOS .....</b>	<b>84</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>85</b>
<b>APÊNDICE A .....</b>	<b>92</b>

<b>APÊNDICE B.....</b>	<b>94</b>
<b>ANEXO A.....</b>	<b>95</b>
<b>ANEXO B.....</b>	<b>96</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Ao longo da vida, o ser humano exibe um vasto repertório de habilidades motoras que vai desde atividades básicas do dia a dia (ex. alcançar e segurar um copo), até habilidades esportivas complexas (ex. um salto na patinação artística). Dentre essas habilidades, existem aquelas que envolvem ações interceptativas, as quais exigem interação entre o efetor e o objeto em movimento, como na rebatida de tênis de mesa. Apesar de tal interação ocorrer na presença de múltiplos estímulos sensoriais (MARINOVIC; WALLIS, 2011), a visão desempenha papel essencial para guiar o movimento em direção ao alvo. Durante a visualização do alvo são extraídas informações sobre características tais como tamanho, forma e velocidade de deslocamento desse alvo. Por esse motivo, esperar o máximo possível para iniciar o movimento permite visualizar o alvo por mais tempo e extrair mais informações relevantes durante esse período (TRESILIAN; PLOOY; CARROL, 2004). Essas informações possibilitam estimar o momento em que o alvo chegará à um possível local de interceptação, e servem como base para o planejamento do comando motor.

Foi proposto que o planejamento do comando motor ocorre a partir de um tempo crítico para contato (TRESILIAN, 2005). As informações relevantes para o sucesso da interceptação são extraídas antes desse momento e são utilizadas para guiar o movimento em direção ao alvo. Experimentalmente, tem sido demonstrado que as informações que são adquiridas cerca de 150-250ms antes do início do movimento são essenciais para um bom desempenho (MARINOVIC; PLOOY; TRESILIAN, 2009a). Contudo, nas investigações acerca desse tempo crítico para contato não são analisadas as diferentes possibilidades de controle motor envolvidos na interceptação.

O controle motor pode ocorrer através da utilização dos mecanismos de controle via pré-programação e via *feedback online* (DESMURGET; GRAFTON, 2000; ELLIOTT *et al.*, 2010). Na pré-programação é entendido que toda a habilidade é planejada antes da execução, e durante a execução não há correções. O que pode ser visto, por exemplo em uma análise cinemática, quando não são encontradas mudanças na curva de aceleração (COUTO *et al.*, 2021, TRESILIAN; PLOOY, 2006). No mecanismo via *feedback online*, o comando motor responsável por alcançar o estado desejado não é completamente definido antes do início da execução da habilidade (DESMURGET; GRAFTON, 2000). Durante a execução, por meio de um sinal de erro, há uma contínua comparação entre o estado atual e o estado desejado, o que permite a correção durante a execução da habilidade. A possibilidade de utilização desses dois

mecanismos é influenciada pelo tempo de movimento. Quando a habilidade é realizada em um tempo curto, pode não haver tempo hábil para que o *feedback* seja processado e correções sejam feitas, possibilitando apenas o controle pré-programado. Por outro lado, tempos de movimentos maiores possibilitam a correção do movimento, podendo também haver a utilização do mecanismo via *feedback online* (ELLIOTT *et al.*, 2010; TEIXEIRA, 2006). O controle pré-programado implica em executar todo o movimento em direção ao alvo com base apenas nas informações extraídas antes do tempo crítico para contato. Por outro lado, é possível que com o controle via *feedback online* haja menor dependência dessas informações.

A extração das informações visuais é importante tanto para se fazer uma boa estimativa para contato, quanto para a adaptação diante da necessidade de modificação do planejamento prévio. O trabalho de Leite (2014), apesar de não ter sido realizado com uma tarefa de interceptação, investigou o efeito de diferentes práticas variadas na adaptação e os resultados mostraram superioridade da prática aleatória na adaptação frente a perturbações imprevisíveis. Tal resultado fornece indícios que uma estrutura de controle competente para lidar com as perturbações foi formada a partir de uma maior exigência de busca de informação visual, fruto da prática aleatória (LELIS-TORRES *et al.*, 2017). Contudo, na interceptação não apenas “qual” informação extrair é importante para o desempenho, mas também o “quando” extrair a informação. Portanto, é esperado que não apenas a busca/extração de informação leve à formação de uma estrutura de controle competente para lidar com perturbações, mas sim a extração de informação em momentos adequados.

Segundo exposto anteriormente, existem momentos importantes para a extração da informação a fim de se ter sucesso na interceptação. No entanto, os efeitos da relação entre momento de visualização do alvo e a possibilidade do uso de diferentes estratégias de controle, bem como os efeitos do momento de visualização na competência da estrutura de controle para se adaptar ainda não estão claros. O objetivo dessa tese foi investigar como a manipulação da informação visual em momentos cruciais para a interceptação afeta o controle motor e a adaptação motora.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Informação visual em tarefas de interceptação

Um dos fatores envolvidos na execução de uma habilidade motora é a interação da pessoa com o ambiente, o que pode ser observado em um jogo de tênis de mesa. Para rebater a bola, o jogador precisa perceber a trajetória e a velocidade de deslocamento da bola. Com base nestas informações, ele decide o momento de início e a velocidade do movimento do braço para que se atinja um ponto futuro que coincida com a chegada da bola. Nesse exemplo, a execução da habilidade envolve a interceptação de um alvo móvel (i.e. a bola), o que para Tresilian, Oliver e Carrol (2003) implica em coincidir espacial e temporalmente o efector (parte do corpo ou implemento) e o objeto a ser interceptado (alvo). Para que haja tal coincidência espaço-temporal, o sistema visual desempenha um papel fundamental.

A visão é uma das maiores e mais relevante fontes de informação do ambiente utilizada pelo ser humano (TEIXEIRA, 2006; CESQUI *et al.*, 2015), principalmente em tarefas que envolvem interceptar um objeto em movimento. Por exemplo, a privação da visão em tarefas de rebater um objeto leva à perda de informações sobre o movimento desse objeto (ELLIOTT; ZUBEREC; MILGRAM, 1994), perdendo assim a informação de quando e/ou onde interceptar, o que dificulta o sucesso da ação. O uso da informação visual em tarefas que envolvem interceptação têm ganhado destaque na literatura (REGAN, 1997; LAND; MCLEOD, 2000; BRENNER; SMEETS, 2011; GOETTKER; BRENNER; GEGENFURTNER; DE LA MALLA, 2019) e uma das vertentes de investigação leva em consideração a predição da trajetória.

A predição da trajetória implica em antecipar o local de chegada do alvo com base em informações já adquiridas sobre o movimento do alvo. A predição é feita com base no deslocamento do objeto e tem se mostrado eficiente para a interceptação de alvos móveis em situações previsíveis. Por exemplo, quando a velocidade de deslocamento do alvo é constante e previsível, é possível estimar o momento em que o alvo alcançará determinado local, mesmo que a informação sobre o alvo seja suprimida em algum instante (FIEHLER; BRENNER; SPERING, 2019). A predição da trajetória ou a contínua perseguição do objeto após ele ser ocluído é possível devido a informações armazenadas em nível central sobre a velocidade de deslocamento do objeto (ORBAN DE XIVRY *et al.*, 2013). No entanto, cabe destacar que aproximadamente 100ms após a imagem do objeto desaparecer, a velocidade do processamento dessa informação diminui exponencialmente (ORBAN DE XIVRY; MISSAL; LEFÈVRE,

2008), levando à discrepância entre a previsão de velocidade deslocamento do alvo e seu deslocamento real. Portanto, quando a informação visual é disponibilizada muito antes do momento em que o alvo deve ser interceptado, isto é, muito antes de um momento crítico, e depois suprimida, é esperado um prejuízo no sucesso da interceptação.

No intuito de observar os efeitos da supressão da informação visual em função do tempo, Fooker *et al.* (2016) realizaram um trabalho no qual os sujeitos deveriam realizar a perseguição visual do alvo em condições em que a trajetória do alvo não ficava disponível durante toda a tentativa. O experimento combinou condições de oclusão e velocidade de deslocamento do alvo. As condições de oclusão do alvo foram manipuladas com o alvo desaparecendo 100ms, 200ms ou 300ms após o início do deslocamento do alvo, e as condições de velocidade foram de 24, 29 ou 34°/s. Os resultados mostraram que nas tentativas em que os sujeitos foram mais eficientes na perseguição ao alvo, houve maior precisão na interceptação. A oclusão do alvo em uma parte da trajetória permitiu dizer que os sujeitos precisaram fazer a extrapolação/predição da trajetória com base nas informações obtidas durante a perseguição para conseguirem ser precisos na interceptação. Esta conclusão corrobora as predições de Merchant, Zarco, Prado e Pérez (2009), de que a orientação dos movimentos efetores para alcançar o alvo muitas vezes requer o uso de sinais sensoriais importantes para conseguir uma extrapolação/predição da trajetória. No caso de Fooker *et al.* (2016), esse sinal sensorial foi a visualização do alvo.

Algumas investigações realizadas com uma abordagem um pouco diferente (sem inferências sobre a estratégia adotada para obter as informações visuais), mas que tem em comum a manipulação da disponibilidade da informação visual, também mostraram que o momento de visualização do alvo tem influência no sucesso da interceptação (TEIXEIRA; CHUA; NEGELKERKE; FRANKS, 2006; BRENNER; SMEETS, 2011). Marinovic, Plooy e Tresilian (2009a) realizaram um estudo com dois experimentos. No primeiro, a visão dos participantes foi ocluída por 200ms em três momentos do deslocamento do alvo: a 200ms, 400ms e 600ms antes de iniciar o movimento. A taxa de interceptação diminuiu apenas com a oclusão a 200ms antes do início do movimento. No segundo experimento, a visão foi ocluída por períodos distintos, que variaram de 180ms (momento de início do movimento) até 430ms, com intervalos de 50ms entre as condições (180ms, 230ms, 280ms, 330ms, 380ms e 430ms). Os resultados mostraram que a taxa de interceptação diminuiu quando a visão foi ocluída por 430ms e 380ms, que corresponde a 250ms e 200ms antes do início do movimento, respectivamente. Baseado nos resultados encontrado no primeiro e no segundo experimento,

em que a oclusão da visão aos 150ms antes do início do movimento (330ms) não prejudicou a taxa de interceptação, mas houve prejuízo quando a oclusão ocorreu 250ms antes do início do movimento (430ms), é possível dizer que a oclusão da informação visual no período entre 150ms e 250ms antes do início do movimento é o período crítico para a extração de informação.

Em conjunto, os estudos de Marinovic, Plooy e Tresilian (2009a) e Fooker *et al.* (2016) dão suporte para se especular que o melhor desempenho em ações interceptativas não esteja relacionado ao maior tempo de extração de informação, mas sim ao momento adequado de extração da informação para o processamento e execução do movimento de interceptação.

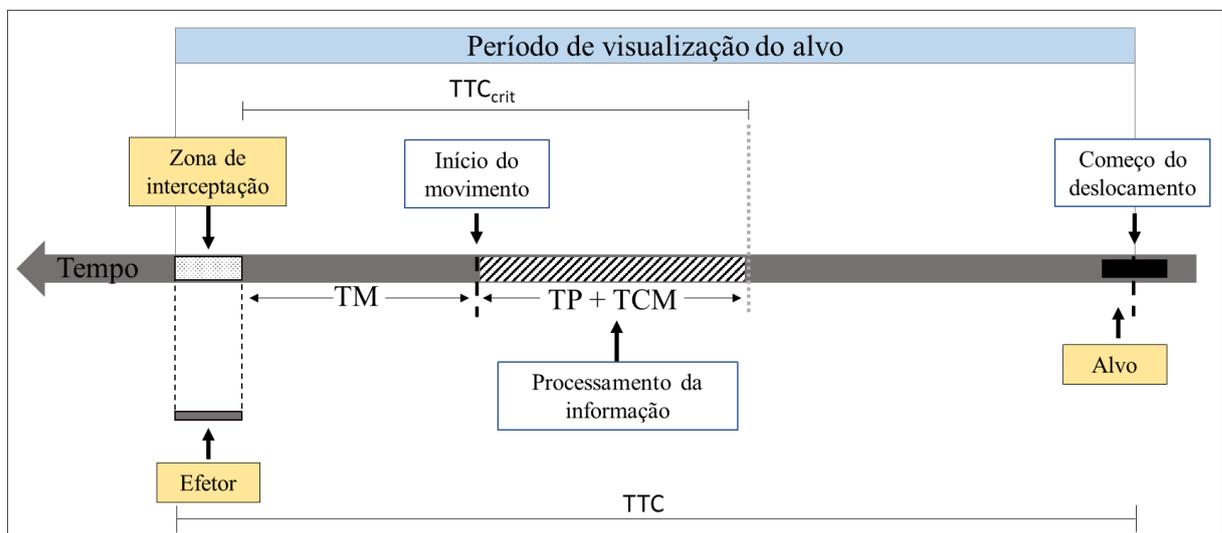
Através da informação visual no momento adequado, os sujeitos são capazes de estimar o tempo para contato (time to contact – TTC), que corresponde ao tempo restante até que o alvo chegue a um local específico de interceptação (TRESILIAN, 2005). Uma ação interceptativa bem-sucedida acontece quando há uma boa estimativa sobre o TTC (CAMINHA, AZEVEDO-NETO; TEIXEIRA, 2010), pois é necessário antecipar o início do movimento para que seja possível chegar a um ponto futuro (local de interceptação) coincidindo com a chegada do alvo. Tresilian (2005) propôs a existência de um modelo de controle de tarefas de interceptação que pressupõe a existência de um valor critério para iniciar o movimento, denominado tempo crítico para contato ( $TTC_{crit}$ ), ou seja, a partir do  $TTC_{crit}$  é que ocorre o planejamento e o movimento é realizado. Nesse modelo é considerado que o tempo de movimento (TM) pode ser variável, o que aproxima o modelo às tarefas de interceptação do dia a dia. Além disso, considera a dificuldade de o ser humano executar dois movimentos exatamente iguais (BERNSTEIN, 1967).

O  $TTC_{crit}$  é dado pela soma entre o tempo de processamento de informação e o tempo de movimento. O tempo de processamento de informação envolve a relação entre o tempo de transmissão perceptiva (TP), que corresponde ao tempo necessário para o sujeito receber e interpretar (perceber) o estímulo, e o tempo de transmissão do envio do comando motor (TCM), que envolve o tempo para gerar o comando motor e transmitir esse comando para a musculatura efetora. Com base nesses tempos, foi proposto que o tempo crítico para contato ( $TTC_{crit}$ ) é a soma do tempo de transmissão perceptiva (TP), o tempo para transmissão do comando motor (TCM) e tempo de movimento (TM) ( $TTC_{crit} = TM + TP + TCM$ ) (TRESILIAN, 2005; MARINOVIC, 2016) (FIGURA 1). Cabe destacar aqui que o tempo crítico não representa um tempo fixo de processamento e execução da habilidade, mas sim o momento a partir do qual a habilidade é planejada e executada. A partir dessa proposta, pode ser entendido que a extração

da informação visual próximas ao  $TTC_{crit}$  é fundamental para que haja sucesso na interceptação, visto que o  $TTC_{crit}$  é iniciado com o processamento das informações já extraídas

Durante o processamento da informação, o executante decide qual deve ser a velocidade de deslocamento do efetor e a trajetória a ser percorrida para alcançar o alvo, o que implica no planejamento do tempo de movimento até à zona de interceptação. Uma vez que o comando motor adequado é enviado para a musculatura efetora, o alvo é interceptado. Contudo o planejamento pode ser impreciso e/ou podem ocorrer ruídos na transmissão do comando motor, os quais são inerentes ao comportamento motor humano. Nesses casos, pode não ser possível interceptar o alvo.

**Figura 1** - Sequência de eventos que acontecem em uma interceptação a um alvo móvel.



Legenda: TM = tempo de movimento, TTC = tempo para contato,  $TTC_{crit}$  = tempo crítico para contato, TP = transmissão perceptiva e TCM = transmissão do comando motor.

Fonte: adaptada de Tresilian (2005)

Em casos de imprecisão, pode ser possível fazer ajustes na execução da habilidade. Contudo, tal possibilidade tem relação com o TM. Tempos de movimento inferiores à 200ms dificilmente permitem correções caso a estimativa para o TTC possua algum erro ou aconteça alguma mudança no deslocamento do alvo que requisite mudança no movimento, pois não há tempo suficiente para realizar ajustes e corrigir o movimento iniciado (TEIXEIRA, 2006). Nesse tipo de situação, o controle acontece via pré-programação, e então as informações extraídas próximas ao  $TTC_{crit}$  (TP + TCM) vão direcionar a ação (FIALHO; TRESILIAN, 2017). Por outro lado, TM acima de 200ms permite também o controle via *feedback online* (ELLIOTT *et al.*, 2010), assim, se necessário, o movimento em curso pode ser corrigido.

Alguns estudos foram conduzidos com o controle do TM, mas limitaram a observação dos mecanismos de controle. Marinovic, Plooy e Tresilian (2008; 2009a; 2009b) realizaram uma série de estudos investigando as variáveis relacionadas ao sucesso da interceptação. Contudo, como o TM adotado nesses estudos foi de aproximadamente 180ms, as análises sobre os mecanismos de controle ficaram comprometidas. Apesar de já existirem estudos que confirmam as previsões de Elliott *et al.* (2010) acerca dos mecanismos de controle, ainda não se sabe se essa possibilidade de correção no movimento pode influenciar o sucesso da interceptação quando a informação disponível antes do  $TTC_{crit}$  é suprimida. Portanto, ainda é necessário investigar como a utilização de diferentes mecanismos de controle se encaixam no modelo de controle em tarefas de interceptação proposto por Tresilian (2005). As implicações do uso dos diferentes mecanismos de controle motor e a estrutura responsável pelo controle em tarefas de interceptação serão abordadas no próximo tópico.

## 2.2 Estrutura e mecanismo de controle

Executar uma tarefa de forma habilidosa requer um complexo processamento de informações pelo Sistema Nervoso Central para transformar os sinais sensoriais (ex. informações advindas do ambiente) em um comando motor adequado. Existem diferentes modelos teóricos utilizados na tentativa de explicar as classes e tipos de habilidades que o ser humano é capaz de executar. Ao pensar na tarefa de interceptação a alvos móveis, um modelo teórico que tem conseguido explicar a aprendizagem e o controle destas ações são os Modelos Internos (MIn) (ZAGO *et al.*, 2004; ZAGO *et al.*, 2009). Os MIn são representações centrais (estruturas) capazes de imitar internamente o comportamento natural e gerar o comando motor adequado para alcançar um estado desejado, bem como prever as consequências sensoriais do comando motor (WOLPERT; GHARAMANI, 2000; WOLPERT; KAWATO, 1998).

Nesse modelo, o planejamento da execução de uma habilidade ocorre a partir de um estado desejado, através de um processo denominado dinâmica inversa. Na dinâmica inversa, com base em um estado futuro desejado, uma estrutura do MIn denominada Modelo Inverso (MIv) transforma as informações fornecidas pelas vias sensoriais (inputs) em comandos motores (outputs) adequados para que se alcance tal estado desejado. Isto é, com base no efeito esperado do movimento (estado desejado), o MIv estima a causa desse movimento (comando motor necessário). No exemplo da rebatida da bola no capítulo 2.1, o jogador que vai receber a bola precisa decidir quais movimentos vai realizar para interceptá-la. Nessa situação o MIv determina qual o arranjo articular e torques são mais adequados em função das características

ambientais (cinemática da bola lançada) e do próprio corpo e dispara o comando motor adequado.

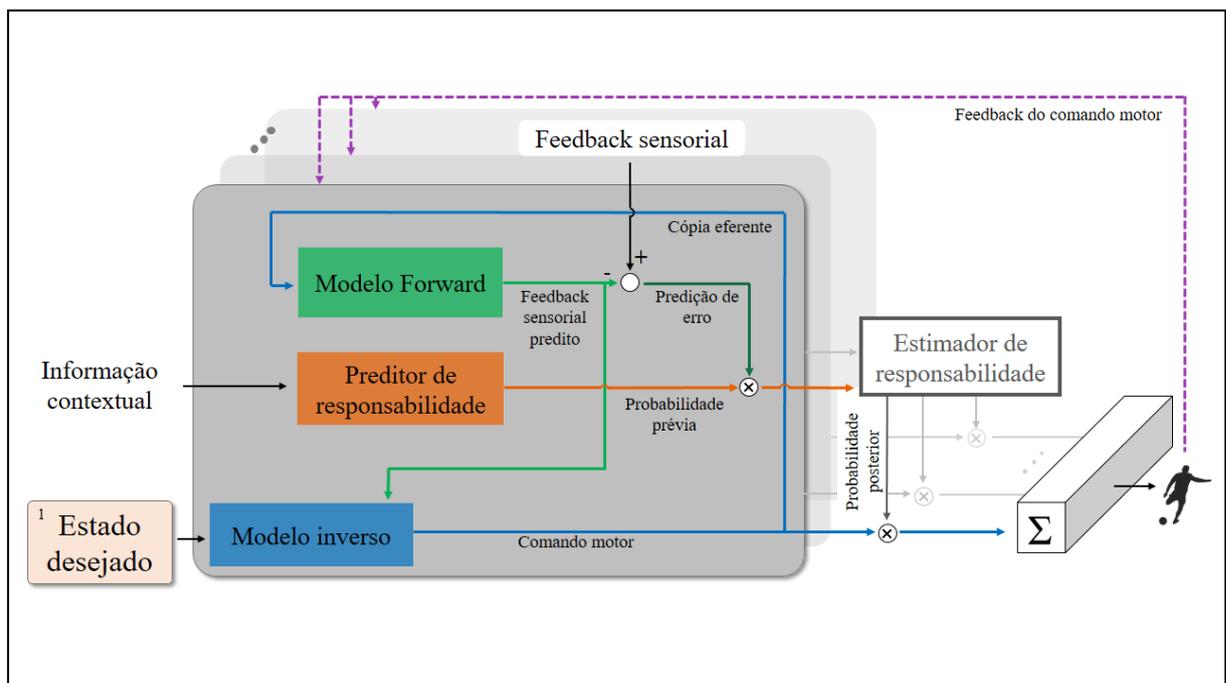
Ao enviar o comando motor para a musculatura efetora, o MIV envia, simultaneamente, uma cópia eferente desse comando à uma outra estrutura dentro do MIn denominada Modelo Forward (MF) (FIGURA 2). O MF compara as informações da cópia eferente com informações armazenadas, que são fruto da experiência em situações anteriores similares à atual. Essa comparação gera um *feedback* interno, chamado também de *feedback* sensorial predito, que é enviado ao modelo inverso. Além disso, as informações do MF são comparadas com as informações do *feedback* sensorial, gerando uma predição de erro. Em caso de discrepância entre o comando enviado pelo MIV a predição do MF, o comando pode ser corrigido. O MIV e o MF atuam com um loop interno entre as informações com o intuito de aprimorar o desempenho (MIALL; WOLPERT, 1996). Dentro desse loop cada um dos modelos possui um tipo de informação (ex. posição do corpo, quantidade de força necessária), o que permite maior competência no planejamento. Portanto, um par de modelos inverso e forward forma um MIn, o qual é capaz de gerar um comando motor e prever as consequências desse comando. A capacidade de predição do MF pode ser particularmente importante durante ações rápidas, pois as informações provenientes dele podem ser usadas para atualizar o comando motor do MIV, mesmo antes das informações do *feedback* sensorial serem processadas (DESMURGET; GRAFTON, 2000).

Além do MF, uma outra estrutura denominada Preditor de Responsabilidade (PR) também é capaz de gerar predição, porém com base em pistas sensoriais contextuais (i.e. informações do ambiente). O PR recebe informações do contexto e calcula o grau no qual cada MIV é responsável pelo comportamento atual (IMAMIZU *et al.*, 2007). Juntos, os modelos inverso, forward e o PR formam um módulo. Cada módulo atua com o objetivo de gerar um comando motor apropriado (HAGHIGHI *et al.*, 2014). Retomando o exemplo do capítulo 2.1, após o MIV determinar o arranjo articular e torques mais adequados e disparar o comando motor, uma cópia é enviada ao MF, que compara esse comando com expectativas sensoriais sobre o movimento, fruto de experiências anteriores, e gera uma predição de erro. O PR, de acordo com informações já conhecidas sobre as características da bola (ex. tamanho, velocidade de deslocamento, material), determina se o módulo do qual ele faz parte é capaz de gerar um comando adequado para que seja possível rebater uma bola com aquelas características. A essa informação é dado o nome de probabilidade prévia, pois ela é computada antes da habilidade

ser executada, baseada apenas em sinais extrínsecos e não nas consequências do movimento (WOLPERT; KAWATO, 1998).

Juntas, a predição de erro do MF e a probabilidade prévia geram o sinal de responsabilidade do módulo em que atuam através de uma estrutura denominada Estimador de Responsabilidade (ER). O sinal de responsabilidade determina o grau de contribuição de cada módulo atuante para o comando motor final. Portanto, o ER, assim como o PR, tem como função estimar a responsabilidade do módulo, mas o ER se diferencia porque possui informações não apenas de um módulo em particular, mas de um conjunto de módulos atuantes no controle da habilidade.

**Figura 2** – Modelo esquemático do MOSAIC.



Legenda:  $\Sigma$  = somatória dos comandos motores dos módulos atuantes no controle da habilidade;  
 $\ominus$  = integração das informações, sendo “+” e “-” mecanismo de *feedback* negativo entre as informações;  
<sup>1</sup>= informação que dá início ao planejamento da habilidade.

Fonte: adaptado de Wolpert e Kawato (1998), Kawato (1999) e Haghghi *et al.* (2014)

Entender o controle motor de forma modular é particularmente interessante quando se descreve a capacidade humana de gerar comandos motores precisos e adequados em ambientes variados e até incertos (HARUNO; WOLPERT; KAWATO, 2001). A ideia de um único controlador pode ser substituída por vários módulos relativamente simples com capacidade de se alternarem para formar uma estrutura modular (HAGUIGUI *et al.*, 2014). Considerando que um mesmo comando pode gerar consequências distintas diante de diferentes contextos, na estrutura modular para controle motor (MODular Selection And Identification for Control –

MOSAIC) (FIGURA 2) proposta por Wolpert e Kawato (1998), entende-se que múltiplos MF aprendem a dividir experiências do contexto, para que sob um dado contexto um ou um conjunto de módulos seja capaz de prever as consequências de um comando motor (WOLPERT; KAWATO, 1998; HARUNO; WOLPERT; KAWATO, 2001).

Quando as previsões do MF e do PR possuem baixo erro, é dada maior responsabilidade ao módulo, e essa responsabilidade é usada para controlar a aprendizagem (WOLPERT; KAWATO, 1998). Nas primeiras tentativas de execução de uma habilidade o comando gerado pelo MIV, bem como as previsões do MF e do PR podem ser imprecisas. Contudo, com a continuação da prática o MF aprende a dividir a experiência da dinâmica do sistema, se tornando mais competente para prever o erro do comando e, conseqüentemente, determinados módulos assumem maior ou menor responsabilidade no comando motor final, dependendo do contexto. Por sua vez, o MIV ao qual o MF está acoplado aprende o comando apropriado para o contexto (HARUNO; WOLPERT; KAWATO, 2001), observado na precisão do desempenho que caracteriza a aprendizagem. Ainda, as informações do contexto podem servir de base para que ocorra mudança entre os módulos atuantes para gerar um controle motor mais competente (IMAMIZU; KAWATO, 2009). A competência do MOSAIC para controlar uma habilidade ocorre devido ao refinamento de cada estrutura que compõe os módulos. Tal refinamento ocorre através da atualização das estruturas pelo *feedback* do comando motor, isto é, pelas informações sobre o resultado da execução da habilidade (WOLPERT; FLANAGAN, 2009).

Este refinamento acontece também no MF, que aprende a atualizar o comando sem utilizar as informações do *feedback* sensorial e fazer ajustes *online*, o que caracteriza a capacidade preditiva dos MIV. Essa característica é vantajosa para a execução de movimentos rápidos (COOPER, 2010) como na interceptação de alvos móveis. Em muitas habilidades que envolvem interceptação (ex. rebatida no tênis de mesa) existe uma limitação temporal para agir (MARINOVIC, 2016), que implica na execução da habilidade em um curto espaço de tempo. Além disso, independentemente da estratégia de controle visuomotor adotada, foi demonstrado que os sujeitos preferem iniciar o movimento mais próximo ao momento em que o alvo chegará à zona de interceptação, e conseqüentemente, realizar movimentos rápidos para alcançar o alvo (TRESILIAN; PLOOY; CARROL, 2004). É possível que essa estratégia seja adotada porque adquirir informações cinemáticas sobre o alvo diminui a incerteza sobre a execução do movimento (MARINOVIC, 2016). Contudo, a execução de movimentos rápidos tem implicações na possibilidade de utilização dos mecanismos de controle via pré-programação ou via *feedback online*, isto é, um mecanismo com característica corretiva.

Quando o movimento é executado em um tempo menor que 200ms, isto é, o movimento é de curta duração, não há tempo suficiente para que o *feedback* sensorial seja processado e para que qualquer correção com base nesse *feedback* seja enviada para a musculatura efetora (ELLIOTT *et al.* 2010; TEIXEIRA, 2006). Nos movimentos de curta duração, o mecanismo de controle utilizado é a pré-programação, isto é, todo o movimento é programado antes de ser executado, e não há tempo de utilizar o *feedback* para corrigi-lo durante a execução. Tal situação requer o envio de um único comando do modelo inverso, que se baseia em informações adquiridas antes do planejamento.

Contudo, quando o movimento é mais lento pode haver tempo suficiente para o processamento do *feedback* do comando motor (TEIXEIRA, 2006). Nestas condições, além do mecanismo de pré-programação, também pode ser utilizado o mecanismo de controle via *feedback online* (COUTO *et al.*, 2021). A possibilidade de utilização do mecanismo de *feedback online* faz com que o controle motor seja mais flexível e os sujeitos sejam menos dependentes das informações adquiridas antes do início do movimento para alcançar o objetivo, considerando que erros no planejamento prévio, percebidos através do *feedback*, podem ser corrigidos.

Apesar da possibilidade de utilizar os dois mecanismos, na interceptação a tendência é de controlar o movimento via pré-programação, pois com a aprendizagem o pico de velocidade se aproxima ao momento de interceptação do alvo (TRESILIAN, PLOOY, 2006; COUTO *et al.*, 2021). Contudo, a possibilidade de correção com base no *feedback* do comando motor pode ser importante quando as informações adquiridas sobre o alvo durante a trajetória, como a velocidade e a aceleração, não são suficientes para que o planejamento do movimento seja correto. Isso acontece, por exemplo, quando o alvo é ocluído durante a trajetória, podendo ser necessário realizar correções durante a execução do movimento.

Apesar da diferenciação entre os mecanismos de controle adotados para realizar uma habilidade, eles atuam de forma conjunta para que se alcance o objetivo. O trabalho seminal de Woodworth (1899) sobre precisão dos movimentos voluntários direcionados ao alvo propôs a existência de um controle híbrido, composto por dois submovimentos; o primeiro submovimento pré-programado e o segundo submovimento controlado via *feedback online*. A existência destes dois mecanismos tem sido observada no controle e aprendizagem de diferentes tarefas, tais como tarefas de apontamento (LAGE *et al.* 2013; GOMES, 2014), tarefas de força isométrica (GORDON; GHEZ, 1987; DARAINY *et al.*, 2004; SANTOS *et al.*, 2017) e tarefas

de interceptação (CAMPOS, 2017; COUTO; 2018, COUTO *et al.*, 2021). Como ambos os mecanismos estão envolvidos nestas diferentes tarefas, é razoável assumir que em tarefas de interceptação exista uma alternância entre o percentual de uso do controle via pré-programação ou do controle via *feedback online*.

Os dois mecanismos de controle têm sido investigados com base em medidas cinemáticas como o tempo relativo para o pico de velocidade (TRPV) e número de correções (NC). Do início da execução até o alcance do pico de velocidade, o movimento é realizado de forma balística, não havendo descontinuidade da curva de aceleração, o que caracteriza esta parte como sendo pré-programada. A partir do pico podem ser observadas desacelerações que geram descontinuidades (ex. inflexões) na curva de aceleração. Essas descontinuidades, denominadas submovimentos, caracterizam correções no movimento (KHAN *et al.*, 2006). Aumentar a duração do primeiro submovimento é visto como a estratégia de controle mais eficiente para se alcançar o alvo, uma vez que fazer correções aumenta o dispêndio de energia. Esse dispêndio de energia pode ser maior quanto maior a velocidade do movimento no momento do pico, pois há a necessidade de modificações mais acentuadas no movimento. A adoção da estratégia de aumentar a duração do movimento pode ser vista em alguns estudos que demonstraram que ao longo do processo de aprendizagem houve aumento do TRPV (COUTO *et al.*, 2021; LELIS-TORRES *et al.*, 2018), indicando também que com a aprendizagem o controle da habilidade se torna menos dependente do *feedback*.

Contudo, essas medidas contêm limitações em termos de informação, o que impede a compreensão sobre o que pode ser considerada uma estratégia eficiente. Por exemplo, um sujeito pode realizar um movimento com predominância da pré-programação, mas precisar fazer muitas correções e correções de grande magnitude para alcançar o alvo; ou fazer um movimento com predomínio da pré-programação realizando poucas correções, mas não alcançar o alvo; dentre outras possibilidades. Olhando apenas a predominância de pré-programação e o número de correções, pode ser imprudente afirmar qual estratégia foi mais eficiente. Além das medidas cinemáticas, medidas sobre a atividade elétrica da musculatura envolvida na execução podem auxiliar a compreensão sobre as estratégias e mecanismos de controle utilizados durante a execução da habilidade. Por exemplo, alterações no padrão de ativação podem facilitar mudanças na ação do sistema muscular em tarefas dinâmicas devido a alteração da rigidez das articulações envolvidas (FRANKLIN *et al.*, 2003; THOROUGHMAN; SHADMEHR, 1999). A rigidez nesse caso está relacionada à restrição da articulação se

movimentar devido à contração dos músculos envolvidos, o que dificulta a liberdade de movimento. A diminuição da rigidez, a qual pode ocorrer através da diminuição da cocontração, pode representar uma facilidade para modificação do movimento em curso e resultar em correções mais precisas, bem como menor dispêndio de energia para fazer correções. Uma habilidade que é realizada de forma econômica, representa uma execução eficiente. Portanto, a análise conjunta do desempenho, mecanismos de controle e atividade elétrica da musculatura podem permitir uma análise robusta sobre o controle motor.

Apesar de medidas sobre a atividade elétrica da musculatura serem bastante utilizada em estudos sobre controle motor (FLANDERS; CORDO, 1986; GRIBBLE *et al.*, 2003; SANTOS *et al.*, 2017; BORZELLI *et al.*, 2018), poucos estudos que investigaram interceptação analisaram a ativação muscular durante a execução (MARINOVIC; PLOOY; TRESILIAN, 2009b; ZAGO *et al.*, 2009; CAMPOS, 2017; COUTO, 2018), e portanto, o entendimento sobre o padrão de ativação muscular nesse tipo de habilidade ainda é pouco conhecido. A medida de cocontração é umas das medidas relacionadas à atividade muscular e indica mudança da atividade dos músculos agonista e antagonista, concomitantemente (aumento ou diminuição) (FLANDERS; CORDO, 1986). O padrão de contração dos músculos permite fazer inferências sobre como ocorre a coordenação muscular durante a execução da habilidade. Já foi demonstrado que a cocontração é alta no início da prática e diminui ao longo do processo de aprendizagem (GRIBBLE *et al.*, 2013; HEALD; FRANKLIN; WOLPERT, 2018), ou seja, ao longo da prática a musculatura se torna menos rígida. Alguns estudos mostraram que a rigidez da musculatura tem implicações importantes na adaptação motora<sup>1</sup> (SANTOS *et al.* 2017; COUTO, 2018; HEALD; FRANKLIN; WOLPERT, 2018).

Santos *et al.* (2017) mostraram que em uma tarefa de controle de força isométrica a maior cocontração, e conseqüente, maior rigidez da musculatura contribuiu para a adaptação. Resultado semelhante foi encontrado por Heald, Franklin e Wolpert (2018), porém em uma tarefa de apontamento. Por outro lado, a menor rigidez contribui para a adaptação em tarefas de interceptação (CAMPOS, 2017; COUTO, 2018). É possível especular que a diferença entre os resultados encontrados se deve à fatores como a característica da tarefa, a forma de cálculo da cocontração e também ao tipo de mudança imposta. Nos trabalhos de Santos *et al.* (2017) e Heald, Franklin e Wolpert (2018) as modificações aconteciam em apenas uma direção, e o aumento da rigidez era conseqüência da preparação para a mudança necessária devido à

---

<sup>1</sup> O tópico 2.3 aborda a temática informação visual e estrutura de controle na adaptação. Neste tópico serão apresentados mais detalhes sobre adaptação motora.

mudança na tarefa. Nos trabalhos de Campos (2017) e Couto (2018) as mudanças na tarefa aconteciam em duas direções, o que pode ter levado à necessidade de menor rigidez, uma vez que os sujeitos não sabiam como precisariam modificar a execução da habilidade. Portanto, parece que quando há necessidade de maior flexibilidade na execução da habilidade, a cocontração mais baixa é mais vantajosa. No estudo de Campos (2017) foram manipuladas perturbações mecânicas e foi encontrada menor cocontração dos músculos bíceps e tríceps. Por outro lado, no estudo de Couto (2018), diante de uma perturbação visual houve menor cocontração dos músculos deltoide anterior e deltoide posterior. Esses resultados em conjunto sugerem que, em uma mesma tarefa, o controle motor em nível neuromuscular pode ser afetado pela fonte de perturbação.

Além da característica de ativação muscular, a informação contextual (i.e. visão), também parece desempenhar um papel importante na adaptação (LEITE, 2014). O papel da informação visual na adaptação será discutido a seguir.

### **2.3 Informação visual e estrutura de controle na adaptação**

Ao executar uma habilidade, o sujeito pode se deparar com mudanças no contexto de execução, como por exemplo em um jogo de tênis de mesa, em que há mudança da direção ou velocidade da bola, após o quique na mesa. Em casos como esse, é necessário que algum ajuste na execução da habilidade seja realizado para que o objetivo seja alcançado, isto é, é necessário que o sujeito se adapte.

A adaptação motora pode ser entendida como a capacidade de o sistema sensório-motor realizar ajustes em movimentos já aprendidos, a fim de atender novas demandas impostas pelas mudanças ocorridas no contexto (BERNIKER; KORDING, 2008; DIEDRICHSEN; KORNYSHEVA, 2015), para tentar atingir a meta da tarefa. Estas mudanças no contexto são denominadas perturbações. Para que seja possível adaptar às perturbações, é necessária a existência de uma estrutura de controle competente para lidar com elas (CAMPOS, 2017; FONSECA *et al.*, 2012), bem como a utilização eficiente de informações do contexto (HOLLAND, 1995).

No estudo de Osu *et al.* (2004) foi realizado um experimento em que os sujeitos foram expostos a perturbações que consistiam em campos de força nos sentidos horário ou anti-horário atuando sobre a mão, enquanto realizavam uma tarefa de apontamento. Foi encontrado que o fornecimento de pistas contextuais levou os sujeitos a se adaptarem aos dois diferentes campos

de força durante a execução da habilidade. No estudo de Imamizu *et al.* (2007), os participantes também foram expostos a perturbações que consistiam em campos de força nos sentidos horário ou anti-horário. Um grupo recebia informação de que haveria uma perturbação e instruções sobre como realizar a tarefa na presença das perturbações e outro grupo não recebia informação alguma. Os resultados mostraram que houve menor erro do grupo que recebia informação, especialmente no início. Esses resultados, em conjunto, mostram que a presença de informação contextual que permita ao ER calcular o sinal apropriado para cada módulo contribui para a adaptação. No entanto, nesses estudos os participantes foram capazes de adaptar devido à presença de pistas contextuais fornecidas pelo experimentador durante fase de adaptação, não durante a fase de aprendizagem, momento em que acontece a formação da estrutura de controle da habilidade.

Uma estrutura de controle competente é observada pela capacidade de executar uma tarefa e atingir a meta repetidas vezes, resultante da capacidade do sinal de responsabilidade (i.e. probabilidade posterior) determinar corretamente qual a contribuição de cada módulo para que o comando motor final alcance o estado desejado. O sinal de responsabilidade resulta da interação entre as previsões do modelo forward e do preditor de responsabilidade (HARUNO; WOLPERT; KAWATO, 2001; WADA *et al.*, 2003), e determina a aprendizagem de múltiplos módulos, assim como a mudança entre eles (WADA *et al.*, 2003). Como o PR é o componente do modelo que atua especificamente com as informações contextuais, é razoável pensar que a utilização eficiente da informação contextual contribui para a competência das estruturas que compõe os módulos de controle, e conseqüentemente, para o alcance do estado desejado. Portanto, é possível dizer que a contribuição da informação contextual para a adaptação é importante frente à presença de perturbação, bem como durante a formação da estrutura de controle, pois permite o fortalecimento de um ou mais módulos atuantes na execução.

Quando não há a formação de uma representação central, não é possível haver adoção de uma estratégia de controle adequada para lidar com as perturbações (COUTO, 2018). É entendido que tal representação é formada quando há estabilização do desempenho, isto é, o desempenho apresenta valores consistentes próximos da meta e com padronização espaço-temporal da habilidade (BENDA, 2006). Se o desempenho não se tornar estável, não é possível haver adaptação (FONSECA *et al.*, 2012; UGRINOWITSCH *et al.*, 2011; SANTOS *et al.*, 2017), pois não existe uma estrutura de controle da habilidade para ser modificada. Foi encontrado que quando a habilidade é praticada além da estabilização, há uma vantagem para a adaptação (COUTO *et al.*, 2021; FONSECA *et al.*, 2012). Essa vantagem pode ser explicada

pelo fato de esse tipo de prática permitir que as predições do modelo forward se tornem mais eficientes devido à maior oportunidade de conhecimento da dinâmica da tarefa, resultando em um armazenamento superior de cópias eferentes (COUTO, 2018).

Além disso, quando os sujeitos conseguem manter o desempenho consistentemente próximo à meta, durante várias tentativas consecutivas, assim como acontece na prática além da estabilização, é possível especular que estes sujeitos são capazes de selecionar adequadamente as informações relevantes para executar a habilidade. Tal capacidade já foi demonstrada no comportamento de sujeitos experientes (SALVESBERG; WILLIAMS; Van Der KAMP; WARD, 2002). A seleção das informações mais relevantes para uma situação específica possibilita a programação mais eficiente do comando motor, pois o PR é capaz de prever com mais precisão a contribuição do módulo. Além disso, a seleção adequada das informações atua também na correção do comando diante de perturbações, conferindo assim maior flexibilidade da estrutura de controle formada com a prática além da estabilização (COUTO, 2018). Em habilidades que envolvem interceptação, as informações contextuais visuais são as informações mais relevantes para a execução da habilidade.

Para selecionar corretamente as informações relevantes durante a prática da habilidade é necessário explorar as informações disponíveis. Estudos sobre estruturação de prática têm proposto que realizar a prática de forma aleatória, devido às constantes mudanças das informações do contexto, leva à maior busca de informações (LELIS-TORRES *et al.*, 2017). A maior busca pelas informações do contexto pode ser uma explicação para a superioridade da prática aleatória nos estudos de aprendizagem motora (SHEA; MORGAN, 1979; FIALHO, BENDA, UGRINOWISCH, 2006; SIDAWAY *et al.*, 2016). Uma característica das práticas constante e em blocos é a maior repetitividade da tarefa, o que possibilita ao aprendiz pré-programar a habilidade com base na tentativa anterior (GRAY, 2002). Na prática aleatória é preciso buscar informação para planejar o movimento a cada tentativa, pois normalmente existe uma alteração no contexto da tarefa ou do ambiente de uma tentativa para outra. No caso da não repetição da velocidade de um estímulo visual em uma tarefa de interceptação, é necessário fazer mudanças em relação ao planejamento anterior assim que a velocidade da tentativa atual for identificada.

A prática variada tem mostrado resultados superiores à prática por blocos também na adaptação (LEITE, 2014). Por exemplo, no estudo de Krakauer *et al.* (2000) uma tarefa de apontamento foi praticada a um, dois, quatro e oito alvos, e posteriormente foram inseridas

perturbações que consistiam em apontamento para direções não praticadas anteriormente, mas que estavam dentro da região praticada (workspace) na fase de prática. Os resultados mostraram que conforme o número de direções de treinamento aumentou, houve maior generalização para direções sem treinamento, isto é, praticar de forma variada conferiu maior competência aos sujeitos para se adaptarem às perturbações.

Foram encontrados dois estudos que investigaram a relação da estruturação da prática e do nível de estabilização na adaptação em uma tarefa de interceptação a um alvo móvel (CAMPOS, 2017; COUTO, 2018). Os experimentos tiveram uma fase de pré-exposição, quando foram manipuladas as duas variáveis, e posteriormente uma fase de adaptação quando foram inseridas perturbações pseudoaleatórias. No estudo de Campos (2017), a perturbação foi mecânica, e os resultados mostraram que a prática além da estabilização, de forma constante ou variada, favoreceu a adaptação, o que não aconteceu com a prática constante até a estabilização. A explicação foi que vários e diferentes módulos foram formados e dentro deles, o MF armazenava diversas cópias eferentes. Essa condição fez com que a estrutura de controle formada fosse capaz de lidar com perturbações. Couto (2018) manipulou a perturbação visual, com mudança na velocidade de deslocamento do alvo a ser interceptado. Os resultados também mostraram que a prática além da estabilização, de forma constante ou aleatória, favoreceu a adaptação frente à perturbação em que a velocidade de deslocamento do alvo diminuía. A explicação para os resultados foi que essas condições de prática levaram à formação de uma estrutura de controle com competência preditiva, e que essa competência foi o principal facilitador da adaptação frente a perturbações visuais. No geral, os estudos justificam que a competência preditiva que leva à adaptação é fruto da competência do MF adquirida pela prática, porém a competência do módulo como um todo é importante. O sinal de responsabilidade do módulo é resultado das predições do MF e do PR e, portanto, a disponibilidade das informações contextuais também pode influenciar a competência do módulo para lidar com perturbações.

O estudo de Leite (2014) fornece alguns indícios importantes. Nesse estudo foram manipuladas as práticas variadas por blocos e aleatória, em uma tarefa complexa de timing coincidente. Os resultados mostraram que frente a perturbações imprevisíveis, apenas o grupo de prática aleatória se adaptou. Como nos dois tipos de prática é modificada apenas a necessidade de busca de informação contextual, esta parece ser a causa da superioridade da prática aleatória. A prática aleatória requer considerar múltiplas alternativas na seleção da resposta motora, o que fez com que ao longo das tentativas fossem armazenadas, no PR, mais

informações contextuais relevantes para a solução do problema motor, as quais facilitaram a adaptação. Em situações em que a perturbação é inserida após o início do movimento, é necessário perceber a mudança e enviar um novo comando motor capaz de atender as novas demandas impostas para a realização da tarefa. Nesse momento, a competência do PR em identificar as informações relevantes e prever a contribuição do módulo para o comando adequado é crucial para que seja possível modificar o movimento e tentar atingir o alvo. Portanto, a eficiência ao buscar e identificar informações relevantes contribui para a seleção de um comando motor adequado.

Como citado anteriormente, a informação visual em habilidades que envolvem interceptação desempenha papel essencial para o sucesso da ação, especialmente em momentos críticos. É esperado que quando se pratica de forma aleatória, a necessidade de busca de informação visual sobre o deslocamento do alvo favoreça o desempenho diante de uma perturbação. No entanto, como na interceptação parece que não é a busca da informação por si só que contribui para um comando motor final eficiente, e sim a busca da informação no momento certo, ainda não se sabe se a manipulação da informação visual disponível no momento crítico afeta a competência da estrutura de controle, para lidar com perturbações.

## 2.4 Resumo

O alcance do sucesso em uma tarefa de interceptação é influenciado pela informação visual. De forma mais específica, o “quando” essa informação está disponível parece desempenhar papel crucial no sucesso da interceptação. Foi demonstrado que a retirada da informação visual próxima ao início do movimento leva a um prejuízo no desempenho (TEIXEIRA *et al.*, 2006; MARINOVIC; PLOOY; TRESILIAN, 2009a). Contudo, os resultados mencionados anteriormente foram encontrados em situações que o movimento realizado para alcançar o alvo ocorreu em cerca de 180ms, limitando a possibilidade de controle apenas à pré-programação. Nesse caso, o alvo é interceptado caso a estimativa do TTC e o planejamento da execução do movimento estejam corretos. Portanto, a informação logo antes do  $TTC_{crit}$  é fundamental. Por outro lado, a possibilidade de correção do movimento em curso pode permitir que mesmo quando haja algum erro na estimativa para o TTC, ainda seja possível interceptar o alvo. Para isso, é esperada a adoção de uma estratégia de controle com predomínio do *feedback online* e diminuição da rigidez da musculatura envolvida na execução da habilidade.

Cabe ressaltar também que, além da disponibilidade da informação visual poder interferir no controle e desempenho na tarefa, ela também pode influenciar a competência da estrutura de controle formada. O sinal de responsabilidade do módulo é dado a partir das previsões do MF e do PR. O PR, por sua vez, é a estrutura que lida com as informações contextuais. Um PR competente para identificar as informações relevantes para a execução da habilidade é capaz de contribuir para o envio de um comando motor adequado para alcançar o estado desejado, bem como contribuir para a correção do comando diante de uma perturbação. Os resultados dos estudos de Leite (2014) e Lelis-Torres *et al.* (2017) sugerem que praticar uma habilidade de forma aleatória exige a busca de informações a cada tentativa. Tal busca parece ser responsável pela adaptação e, portanto, é possível especular que a prática de forma aleatória forme um PR mais competente. No entanto, como os estudos indicam que na interceptação há um momento adequado de extração da informação, ainda não se sabe como a extração de informação durante a formação da estrutura de controle influencia a competência do MOSAIC e, conseqüentemente, a adaptação.

Em síntese, a limitação metodológica dos estudos anteriores acarreta o questionamento sobre qual momento e como a retirada da informação visual pode influenciar o sucesso da interceptação. Além disso, ao considerar que a informação contextual tem um papel importante na formação de uma estrutura de controle competente para lidar com perturbações, questiona-se como a disponibilidade de informação visual influencia a adaptação. Para responder essas questões foram propostos três experimentos manipulando a disponibilidade de informação visual através 1) da oclusão a informação em momentos específicos, uma pequena parte da trajetória do alvo, 2) a oclusão da informação na maior parte da trajetória do alvo, deixando a informação disponível apenas em momentos específicos e 3) a oclusão da informação visual em um momento específico da trajetória do alvo, durante a prática aleatória.

### **3 OBJETIVOS E HIPÓTESES**

#### **3.1 Objetivo Geral**

Investigar a influência da disponibilidade da informação visual em tarefas de interceptação

#### **3.2 Objetivos Específicos e hipóteses**

Os objetivos específicos e suas respectivas hipóteses serão apresentados em função dos experimentos realizados.

#### **4 EXPERIMENTO I: FOI INVESTIGADA A INFLUÊNCIA DA OCLUSÃO DA INFORMAÇÃO VISUAL QUANDO O MOVIMENTO PODE OCORRER VIA CONTROLE *ONLINE*.**

##### **4.1 OBJETIVOS E HIPÓTESES**

1) Investigar o efeito do momento de oclusão da informação visual no desempenho em uma tarefa de interceptação.

H<sub>1</sub>- A retirada da informação visual mais distante do início esperado do movimento levará a um pior desempenho quando comparada à retirada da informação visual mais próxima ao início esperado do movimento.

2) Investigar o efeito do momento de oclusão da informação visual no controle motor em uma tarefa de interceptação.

A retirada da informação visual mais distante do início esperado do movimento levará:

H<sub>2</sub> – a um controle motor com mecanismo mais corretivo, visto pela:

Menor pré-programação do movimento.

Menor pico de velocidade.

Mais correções.

Menor rigidez articular.

H<sub>3</sub> – a um atraso para iniciar o movimento.

## **4.2 MÉTODO**

### **4.2.1 Amostra**

A amostra deste estudo foi composta por 17 participantes (11 homens e 6 mulheres) com idade de 24,41 ( $\pm 5,06$ ) anos, destros, inexperientes na tarefa e com visão normal ou corrigida.

### **4.2.2 Cuidados éticos**

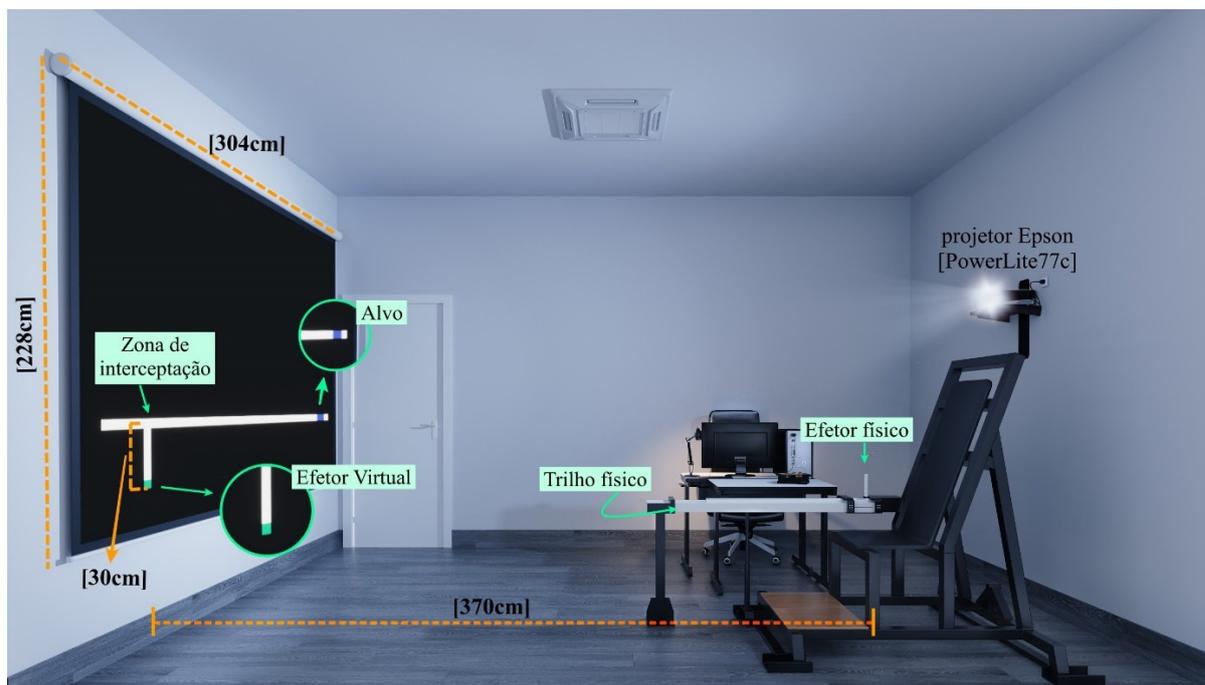
Todos os procedimentos utilizados no projeto foram aprovados pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais, com o número de protocolo CAAE 24754819.6.0000.5149 (ANEXO A). Os participantes assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (APÊNCICE A) com informações sobre os procedimentos, riscos e benefícios relacionados à participação na pesquisa antes de iniciá-la.

### **4.2.3 Tarefa e instrumentos**

A tarefa virtual foi processada em um computador marca HP e um projetor da marca EPSON modelo PowerLite77c que projetou a parte virtual da tarefa em uma tela de 3,04m de largura x 2,28m de altura, fixada em uma parede a 3,70m de distância do participante. O instrumento para a realização dessa tarefa é constituído por uma guia linear de nylon (trilho) de 1m (comprimento) x 0,10m (largura) x 0,04m (altura), um objeto interceptador (efetor físico) impresso em 3D por material plástico acrílico nitrila butadieno estireno (ABS) premium (massa

= 1200 gramas) e uma cadeira de aço fixada no chão. Para a aquisição das variáveis cinemáticas (posição-tempo) foi utilizado um Transdutor Magnético Balluff® (BTL6-A110-M0400), com precisão em  $\mu\text{m}$  adaptado à guia linear (FIGURA 3). A frequência de captura dos sinais foi de 250hz. Para a aquisição e transformação dos dados cinemáticos foi utilizada uma placa A/D Board DAC-NIUSB-6009 National Instruments®. A aquisição dos dados foi realizada com o software desenvolvido no Labview® (National Instruments Corporation, Austin/TX, USA), versão 15. Para análise eletromiográfica foram utilizados o aparelho MyoSystem™ 1400A (NORAXON®) e eletrodos de superfície. O processamento dos dados cinemáticos e eletromiográficos foi realizado através do software MatLab versão 17. Para verificar o índice de lateralidade dos participantes foi aplicado o Inventário de Dominância Lateral de Edimburgo (OLDFIELD, 1971). O Inventário é constituído por 10 questões sobre preferência lateral na execução de 10 tarefas motoras realizadas usualmente pelas pessoas. Para cada “+” assinalado, é computado um ponto (ANEXO B). O cálculo do índice é dado por  $[\text{mão direita} - \text{mão esquerda} / \text{mão direita} + \text{mão esquerda}] * 100$ .

**Figura 3** - Tarefa de interceptação a um alvo móvel.



#### 4.2.4 Procedimentos e delineamento

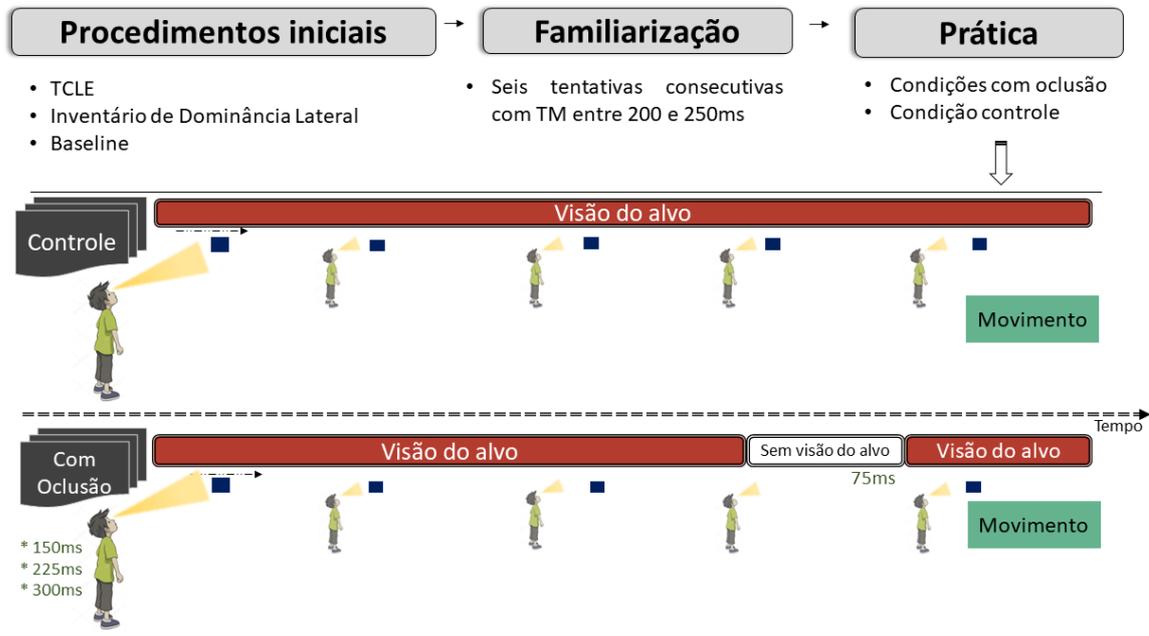
O experimento foi realizado em uma sala específica para coleta de dados que pertence ao Grupo de Estudos em Desenvolvimento e Aprendizagem Motora (GEDAM), sediado na Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional (EEFFTO) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). O participante fez a leitura e assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido e respondeu as questões do Inventário de Dominância Lateral de Edimburgo (OLDFIELD, 1971). Constatada a preferência lateral da mão direita, em seguida foram afixados os eletrodos de superfície (Prata/Cloreto de Prata) autoadesivos no braço direito, para o registro da eletromiografia (EMG). Os eletrodos foram afixados paralelamente às fibras musculares e dispostos longitudinalmente sobre os músculos deltoide anterior (DA), deltoide posterior (DP), bíceps braquial (BI) (porção longa) e tríceps braquial (TL) (porção lateral), com distância inter eletrodos de 2cm. O eletrodo de referência foi colocado sobre o processo acromial (protocolo Seniam).

Após explicar o funcionamento e os objetivos da tarefa, foram realizadas 10 tentativas baseline em que o movimento foi realizado de forma lenta. O objetivo dessas tentativas foi gravar os sinais de base da eletromiografia durante a execução do movimento. Essa leitura foi utilizada posteriormente para fazer a normalização dos dados. Após esses procedimentos foi dado prosseguimento ao experimento.

Esse experimento contou com uma fase de familiarização e uma fase de prática, que ocorreram no mesmo dia. A fase de familiarização foi realizada com o objetivo de o participante aprender o tempo de movimento. O participante foi orientado a movimentar o efector ao longo do trilho realizando um movimento rápido e foi dado *feedback* qualitativo sobre o TM ao final de cada tentativa: (abaixo de 160ms) seu movimento foi muito rápido, (entre 161ms e 179ms) seu movimento foi rápido, (entre 180ms e 199ms) seu movimento foi um pouco rápido, (entre 200ms e 250ms) bom tempo de movimento, (entre 251ms e 270ms) seu movimento foi um pouco lento, (entre 271ms e 290ms) seu movimento foi lento, (acima de 291ms) seu movimento foi muito lento. Esta fase terminou quando o participante realizou seis tentativas consecutivas com TM entre 200 e 250ms. Nesta fase, o alvo se deslocava a uma velocidade de 130cm/s.

Logo após o final da fase de familiarização foi iniciada a fase de prática. Nessa fase foi manipulada a variável independente disponibilidade de informação visual. Tal manipulação ocorreu em momentos específicos através da oclusão do alvo. Durante toda a tentativa era possível ver qual a trajetória o alvo iria percorrer, contudo em momentos específicos o alvo deixava de aparecer e, conseqüentemente, a informação sobre o deslocamento dele era suprimida. Os participantes realizaram blocos 10 tentativas em quatro condições experimentais, sendo a ordem de início das tentativas contrabalançadas entre os participantes. As condições experimentais foram: oclusão da informação visual 150ms antes do início de movimento (OC150), oclusão da informação visual 225ms antes do início de movimento (OC225), oclusão da informação visual 300ms antes do início de movimento (OC300) e condição controle, sem oclusão da informação visual. Em todas as tentativas o alvo se deslocava a uma velocidade de 145cm/s, e o momento de oclusão variava de acordo com as condições supracitadas. O tempo de oclusão foi de 75ms e o tempo de movimento continuou sendo entre 200 e 250ms (FIGURA 4).

**Figura 4** - Imagem ilustrativa do delineamento experimental do experimento I



## 4.2.5 Medidas e análise

### 4.2.5.1 Variável de controle

Tempo de movimento

### 4.2.5.2 Variável independente

Disponibilidade de informação visual

### 4.2.5.3 Variáveis dependentes

#### a) Variáveis de desempenho:

I - Erro absoluto (EA) – diferença em centímetros da distância entre o ponto médio do efetor e o centro do alvo. Esta medida permite inferências sobre a precisão do desempenho em relação à meta da tarefa.

II - Erro variável (EV) – desvio padrão da diferença em centímetros da distância entre o ponto médio do efetor e o centro do alvo. Esta medida permite inferências sobre a consistência do desempenho em relação à meta da tarefa.

III – Erro constante (EC) – diferença em centímetros da distância entre o ponto médio do efetor e o centro do alvo, com viés de desempenho. Essa medida permite inferências sobre a direção do erro (adiantado ou atrasado)

b) *Variáveis de controle motor:*

I - Tempo relativo para o pico de velocidade (TRPV) – percentual do tempo gasto até o alcance do pico de velocidade. Essa variável foi utilizada para descrição das estratégias e inferência sobre o mecanismo de controle.

II - Número de correções (NC) – número de vales presentes na curva de aceleração. Essa variável permite inferências sobre o mecanismo de controle.

III – Cocontração (Coc) – ativação simultânea dos pares de músculos agonistas e antagonistas do movimento. A cocontração foi calculada a partir do método de “wasted contraction”, que fornece informações sobre a contração efetiva dentro de uma série temporal (THOROUGHMAN; SHADMEHR, 1999). Essa variável permitirá inferências sobre o controle motor em nível neuromuscular.

IV – Pico de velocidade (PV) – magnitude da velocidade do movimento ao final na fase pré-programada.

V - Tempo para o início de movimento (TIM)– tempo decorrido desde o aparecimento do alvo até o início do movimento. Essa medida permite inferências sobre a estratégia usada para interceptar o alvo.

A seguir será apresentado o quadro com a relação entre as hipóteses levantadas e as medidas utilizadas para testá-las (QUADRO 1).

**Quadro 1** - Relação entre as hipóteses e as variáveis dependentes do experimento I

<b>Hipóteses</b>	<b>Medidas</b>
<b>H<sub>1</sub></b> : Desempenho	EA, EV e EC
<b>H<sub>2</sub></b> : Mecanismo de controle	PV, TRPV, NC Coc DA/DP e Coc TL/BI
<b>H<sub>3</sub></b> : Início do movimento	TIM

#### 4.2.6 Tratamento e Análise dos dados

Os dados cinemáticos foram obtidos do software LabView, o qual foi utilizado para a realização da tarefa, e processados usando o MatLab. Para a contagem do número de correções foram considerados os vales na curva de aceleração. Para identificar tais vales foi utilizado um filtro *Infinite Impulse Response* (IIR) Butterworth de segunda ordem com uma frequência de corte de 20 Hz (FIALHO; TRESILIAN, 2017). Os dados filtrados foram interpolados (usando spline cúbico) para 1000 Hz. Aplicou-se uma derivada numérica na posição (filtrado e

interpolado) para obter os valores da velocidade, aceleração e *jerk*. E a partir do valor do *jerk* obteve-se os vales de aceleração. Foram considerados como correções os vales na curva de aceleração iguais ou superiores 2% do pico de velocidade (TRESILIAN; PLOOY, 2006; CAMPOS *et al.*, 2022).

Os dados eletromiográficos foram obtidos do software MyoResearch XP e processados usando o MatLab. Para a análise da cocontração, foram aplicados os mesmos passos de interpolação e filtragem anteriormente descritos e os dados foram normalizados utilizando os valores de base obtidos nas 10 tentativas baseline. O cálculo da cocontração foi realizado com base em Darainy e Ostry (2008), e foi processado em três etapas para todas as tentativas válidas: i) aplicou-se um filtro passa-banda 20-450Hz (digital); ii) retificação de onda completa e redução de tendência para eliminar a tendência linear potencial no dado; iii) *Smoothing* usando um filtro passa-baixa no corte de 50Hz como em (Gribble *et al.*, 2003). Para o cálculo da cocontração foi considerada a atividade elétrica do músculo 50ms antes do início do movimento até o pico de velocidade. Esse corte foi realizado para que fosse possível analisar a rigidez da musculatura logo antes das possíveis correções do movimento e assim fazer possíveis inferências sobre eficiência no controle motor.

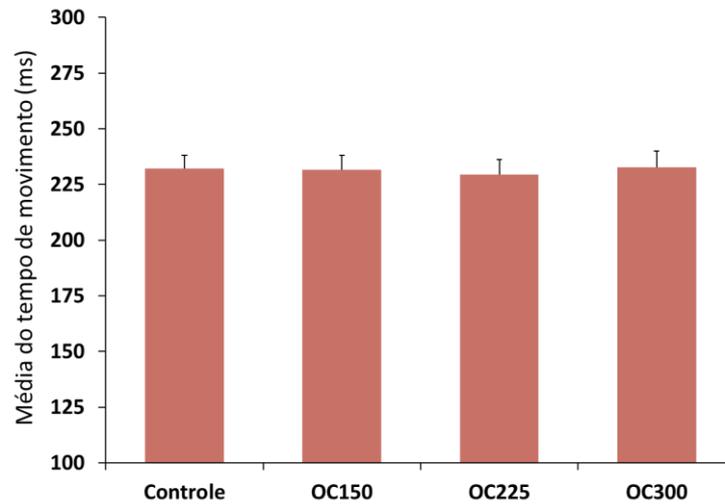
Os dados foram organizados em quatro blocos de 10 tentativas (cada bloco referente a uma condição) para cada variável dependente. Os pressupostos para análise paramétrica foram verificados. O teste de Levene indicou homogeneidade entre as variâncias ( $p > 0,05$ ), no entanto o teste de Shapiro-wilk não indicou normalidade dos dados ( $p < 0,05$ ). Para a correção da normalidade foi realizado o procedimento de bootstrap com cálculo do intervalo de confiança (IC) realizado através do método de vício acelerado (HAUKOOS; LEWIS, 2005). A análise inferencial foi realizada através de uma ANOVA one-way (1 medida x 4 condições). O tamanho do efeito foi analisado através do eta parcial ao quadrado ( $\eta_p^2$ ) e os valores de referência qualitativos adotados foram 0,01 (pequeno), 0,06 (moderado) e 0,14 (grande) (GREEN; SALKIND, 2008). O nível de significância adotado foi de 5% e os dados foram analisados utilizando o software SPSS 21.

## 5 RESULTADOS

### 5.1 Tempo de movimento

Foi solicitado aos participantes que realizassem o movimento entre 200ms e 250ms. Em todas as condições, a média do TM permaneceu entre esses tempos (controle  $\bar{x} = 232,07\text{ms}$ ; OC150  $\bar{x} = 231,52\text{ms}$ ; OC225  $\bar{x} = 229,57\text{ms}$  e OC300  $\bar{x} = 232,61\text{ms}$ ) (FIGURA 5).

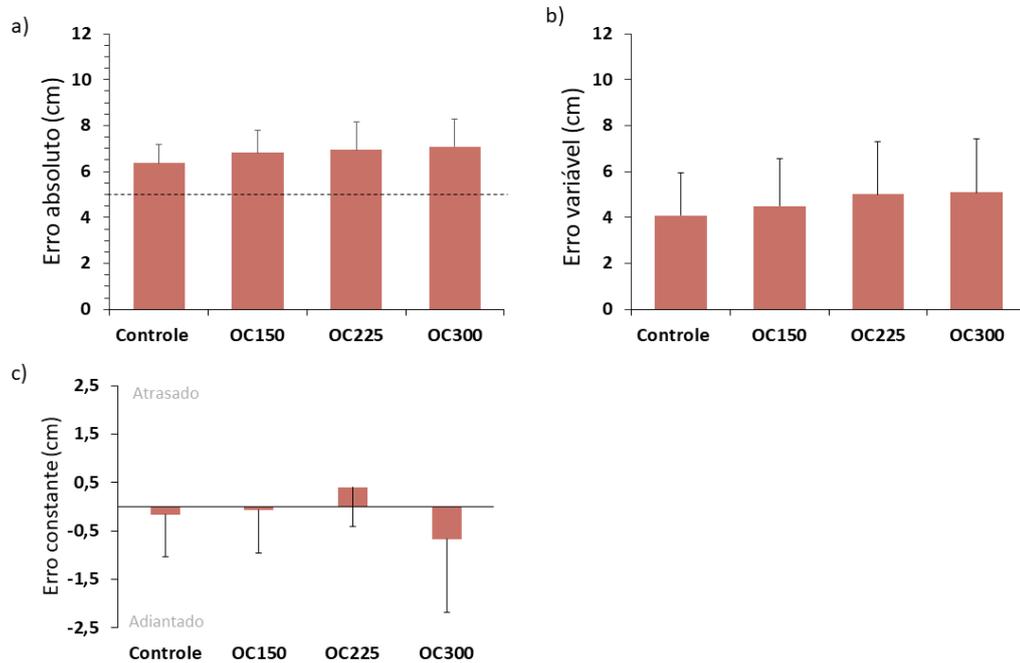
**Figura 5** – Média do tempo de movimento. As barras verticais representam o intervalo de confiança de 95%.



### 5.2 Variáveis de desempenho

A análise da média do erro absoluto não indicou diferença entre as condições ( $F_{(3,64)} = 0,32$ ;  $p = 0,80$ ;  $\eta_p^2 = 0,01$ ), e nem a análise do erro variável ( $F_{(3,64)} = 0,89$ ;  $p = 0,44$ ;  $\eta_p^2 = 0,04$ ). Também não foram encontradas diferenças entre as condições no erro constante ( $F_{(3,64)} = 0,59$ ;  $p = 0,62$ ;  $\eta_p^2 = 0,02$ ) (FIGURA 6).

**Figura 6** – Medidas de erro das quatro condições experimentais. a) média do erro absoluto, b) média do erro variável e b) média do erro constante. As barras verticais representam o intervalo de confiança de 95%.

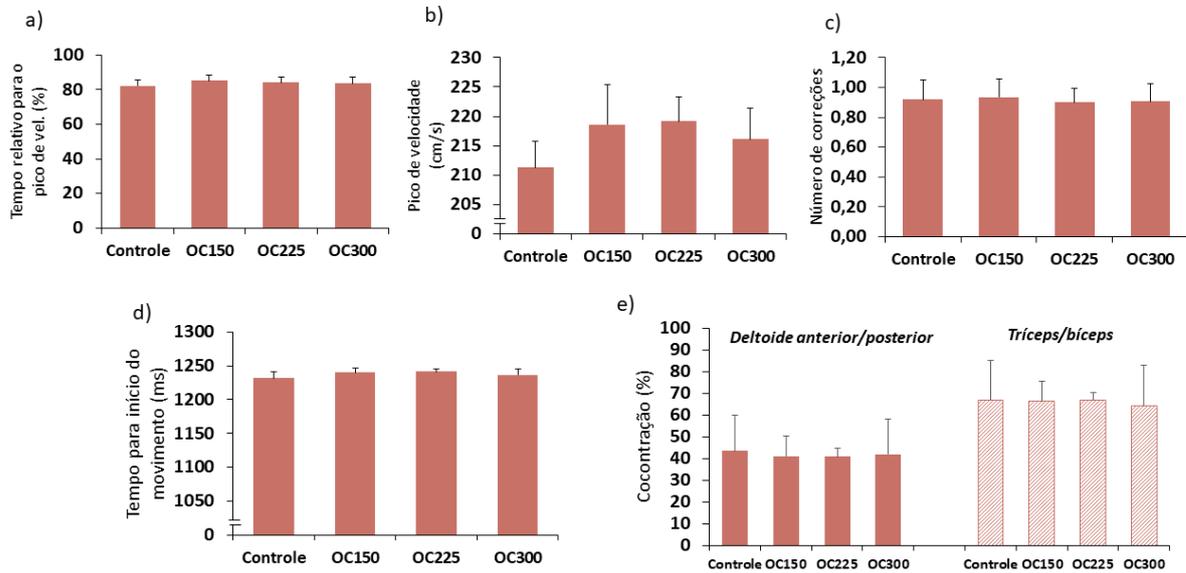


Legenda: A linha tracejada indica o limite da faixa erro para interceptar o alvo.

### 5.3 variáveis de controle motor

A análise do tempo relativo para o pico de velocidade não indicou diferença entre as condições ( $F_{(3,64)} = 0,59$ ;  $p = 0,61$ ;  $\eta_p^2 = 0,02$ ). A análise do número de correções não indicou diferença entre as condições ( $F_{(3,64)} = 0,06$ ;  $p = 0,97$ ;  $\eta_p^2 < 0,01$ ). A ANOVA também não indicou diferença no pico de velocidade ( $F_{(3,64)} = 1,59$ ;  $p = 0,19$ ;  $\eta_p^2 = 0,06$ ) nem no tempo para o início do movimento ( $F_{(3,64)} = 1,09$ ;  $p = 0,35$ ;  $\eta_p^2 = 0,04$ ). Em relação às medidas eletromiográficas, a comparação não indicou diferença na média entre as condições para cocontração dos músculos DA/DP ( $F_{(3,64)} = 0,09$ ;  $p = 0,96$ ;  $\eta_p^2 < 0,01$ ) e nem para a cocontração dos músculos TL/BI ( $F_{(3,64)} = 0,19$ ;  $p = 0,90$ ;  $\eta_p^2 < 0,01$ ) (FIGURA 7).

**Figura 7** – Medidas de controle motor nas quatro condições experimentais. a) média do tempo relativo para o pico de velocidade, (b) média do pico de velocidade (c) média número de correções (d) média do tempo para início do movimento e (e) média da cocontração do DA/DP e TL/BI. As barras verticais representam o intervalo de confiança de 95%.



## 6 DISCUSSÃO DO EXPERIMENTO I

No presente experimento foi investigado o efeito da retirada da informação visual relativa ao deslocamento do alvo próxima ao tempo crítico para contato e verificada a influência desta manipulação no desempenho motor, bem como nos mecanismos de controle motor envolvidos na execução do movimento. Para isso, o alvo foi ocluído por 75ms e manipulado o momento da oclusão, que aconteceu 150ms, 225ms e 300ms antes do início esperado do movimento. A manipulação da oclusão como descrita poderia possibilitar a observação de dois possíveis cenários: 1) a ausência da informação visual mais distante do início esperado do movimento levaria ao pior desempenho quando comparado à ausência da informação visual mais próxima do início esperado do movimento ou 2) o desempenho seria semelhante entre as condições, porém dependeria de um controle motor com utilização de mecanismos corretivos. As correções ocorreriam porque a ausência de informação no momento mais próximo do início do movimento levaria à pior estimativa de TTC e seleção do comando motor. Nenhum dos cenários propostos foi encontrado, uma vez que oclusões por períodos curtos não afetaram o desempenho nem o controle, independentemente do momento em que foram inseridas.

Na primeira hipótese de estudo foi proposto que o desempenho seria pior nas condições em que a ausência da informação acontecia mais distante do início esperado do movimento.

Essa hipótese não foi confirmada, pois em todas as condições o EA, EV e EC foram semelhantes. Esse resultado vai de encontro aos achados de Campos *et al.* (2022), em que a oclusão por 75ms inserida 300ms antes do tempo esperado para o início do movimento foi suficiente para deteriorar o desempenho. No presente experimento, as condições de oclusão aplicadas em três momentos diferentes, juntamente com a condição sem oclusão resultaram em quatro diferentes condições. No geral, os participantes conseguiram entender a dinâmica da tarefa e extraíram informações relevantes sobre a tarefa nas quatro condições, o que permitiu que eles fizessem a predição da trajetória do alvo (ORBAN de XIVRI *et al.*, 2008; FOOKEN *et al.*, 2016).

Entender o que foi percebido pelos participantes pode auxiliar na compreensão dos resultados encontrados no presente experimento. Quando os participantes foram questionados sobre a percepção da oclusão do alvo, foram encontrados três padrões de respostas: 1) não percebi a oclusão, 2) percebi uma piscada no alvo e 3) percebi que o alvo mudava de velocidade em um certo momento. Nas duas primeiras respostas é provável que o que foi percebido não resultasse em mudança no planejamento da ação, por não afetar a estruturas que compõem o módulo. Em relação à terceira resposta, é provável que a percepção da mudança de velocidade tenha ocorrido quando o alvo reaparecia após o período de oclusão. Nesse caso, não havia tempo hábil para mudar o planejamento, apenas corrigir o movimento em curso. Mas em conjunto, essas respostas mostram que a curta duração da oclusão pode não ter implicado em uma ausência considerável de informação para o PR que causasse prejuízo no desempenho da tarefa. Parece que o período de supressão da informação foi compensado pelas informações captadas ao longo da trajetória. Além disso, é possível que a predição da posição do alvo tenha sido baseada na posição mais recente capturada pelos olhos (HOGENDOORN, 2020). Essa compensação foi possível devido à integração das informações captadas antes e depois da oclusão, informações essas que fazem uma ponte/conexão entre o período da oclusão (TEICHMANN *et al.*, 2022). Como o período de oclusão foi curto, essa compensação foi suficiente para que fosse feita a estimativa do tempo para contato sem diferença para aquela feita com a presença da informação o tempo todo.

A análise do EA mostra que a precisão foi baixa (erro > 5cm) nas quatro condições testadas. Isso indica que mesmo com a presença da informação o tempo todo (i.e. grupo controle), os participantes não foram capazes de adquirir informações suficientes para estimar com precisão o tempo para contato. É possível que ao longo das tentativas os participantes estivessem explorando estratégias para tentar acertar o alvo, que competiram com a ausência

da informação manipulada nas três condições experimentais. Tal competição levou à dificuldade na interceptação, provavelmente por dificuldades no planejamento. O planejamento da ação e envio do comando motor acontecem a partir do estado desejado, e nesse planejamento são consideradas as condições internas e o contexto (HAGHIGHI *et al.*, 2014; WOLPERT e KAWATO, 1998; KAWATO, 1999). No presente experimento, foram realizadas 40 tentativas e com base nos resultados encontrados, é possível supor que, com esta quantidade de prática não é possível adquirir informações contextuais suficientes para um planejamento eficiente. A insuficiência de informações resultou no envio do comando motor pelo modelo inverso ainda com erros, e o MF e o PR não possuíam competência suficiente para prever o comando correto e atualizar o comando emitido pelo MIV. Por esse motivo a tentativa de correção aconteceu predominantemente entre as tentativas. Os altos valores do EV aliados aos baixos valores do EC indicam que após cada execução havia uma tentativa de correção na direção oposta ao erro, com base no desempenho anterior e graças à atuação do *feedback* do comando motor (Figura 2).

A segunda hipótese propunha que o controle motor aconteceria através de um mecanismo de controle predominantemente corretivo. Essa hipótese não foi confirmada. Os resultados apontam que o principal mecanismo de controle utilizado em todas as condições foi a pré-programação. Isso pode ser vislumbrado pelo tempo relativo para o pico de velocidade acima de 80% em todas as condições, pelo valor do pico de velocidade e pela média do número de correções que ficou abaixo de um. Apesar de o controle via pré-programação ser considerado eficiente (DESMURGET; GRAFTON, 2000), nesse experimento tal eficiência não foi confirmada. Os resultados de desempenho mostraram que a estratégia de controle utilizada não foi eficiente para que o alvo fosse interceptado. De fato, em contextos previsíveis, o controle motor durante a interceptação de alvos móveis se dá predominantemente via pré-programação (GRAY, 2000). Entretanto, a utilização do *feedback online* é essencial quando o comando motor está incorreto, seja em virtude de quantidade insuficiente de prática ou em virtude de imprevisibilidade. Os resultados encontrados sobre o controle motor parecem indicar que a estratégia usada pelos participantes foi esperar o alvo se aproximar da zona de interceptação para realizar o movimento, deixando o movimento mais rígido. Essa estratégia dificultou a realização de correções em todas as situações, ou seja, utilização de um controle mais corretivo (mecanismo via *feedback*).

O TM para a realização da tarefa (entre 200ms e 250ms) permitiria aos participantes utilizar os mecanismos corretivos tanto por meio do *feedback* interno (i.e. cópia eferente),

quanto por meio do *feedback online* (ELLIOT *et al.*, 2010; ELLIOT *et al.*, 2017; KAWATO, 1999;). O primeiro mecanismo envolve a comparação das expectativas sensoriais do movimento com as atuais consequências sensoriais (ELLIOTT *et al.*, 2017), que resulta na predição de erro do MF. Quanto mais prática, mais cópias eferentes são formadas (KAWATO, 1999) e a predição se torna mais precisa. Contudo, as 10 tentativas em cada condição de prática realizadas aqui parecem não terem sido suficientes para que o modelo se tornasse competente para utilizar desse mecanismo de forma eficiente.

As correções via *feedback online* envolvem a comparação das informações sensoriais sobre a posição do membro efetor com as informações sobre posição espacial do alvo. Essas informações fornecem base para correções necessárias e consequente interceptação do alvo (ELLIOTT *et al.*, 2017). Contudo, devido ao controle do movimento ter acontecido predominantemente via pré-programação, o tempo restante no movimento (~50ms) era insuficiente para realizar as correções necessárias. Além disso, para corrigir o movimento em curso e interceptar um alvo, as informações visuais e proprioceptivas precisam ser integradas no sistema sensorio-motor. Tal integração pode ser dificultada em movimento rápidos, por existir um *delay* temporal entre os *feedbacks* visual e proprioceptivo (CAMERON, de la MALLA; LÓPEZ-MOLINER, 2014). Portanto, o movimento rápido associado ao curto período para correções *online* pode ter dificultado a utilização eficiente do *feedback online*. Em conjunto, essas duas características podem explicar o baixo número de correções encontrado em todas as condições.

Como na maioria das condições a tendência foi adiantar o movimento, como pode ser visto na medida de EC, as correções deveriam ser realizadas através da desaceleração do movimento. A necessidade da execução de um movimento balístico pode ter resultado em comportamentos rígidos ao longo das tentativas (GORDON; GHEZ, 1987; UHEYAMA, 2021). Partindo deste raciocínio, quando os participantes tentavam aprender a interceptar o alvo testando diferentes soluções para o problema motor, as correções diante de uma solução erroneamente planejada podem ter sido dificultadas pela rigidez nas articulações do ombro e do cotovelo. Campos (2017) e Couto (2018) utilizaram a mesma tarefa do presente experimento e encontraram que a menor rigidez contribuiu para um controle motor mais flexível, o que possibilitou correções no movimento. No presente experimento foram encontrados valores altos de cocontração, principalmente nos pares de músculo TL/BI. Para desacelerar o movimento, era necessário ativar mais o músculo antagonista do movimento, o que de fato pode ter acontecido. Contudo, o alto nível de cocontração indica que a musculatura agonista do

movimento também estava ativada, levando à maior contração desperdiçada e menor efetividade na execução (THOROUGHMAN; SHADMHER, 1999). A análise da cocontração até o pico de velocidade, como foi realizada aqui, é vantajosa pois auxilia na compreensão do comportamento no momento que antecede as correções, mas por outro lado, esse tipo de análise restringe identificar se o padrão se mantém durante as tentativas de correções.

Em relação à terceira hipótese, era esperado que houvesse um atraso para iniciar o movimento nas condições com oclusão da informação mais distante do início esperado do movimento. Essa hipótese não foi confirmada, pois a medida de tempo para iniciar o movimento não mostrou diferenças entre as condições. A compensação da oclusão através da predição da trajetória parece ter resultado em uma semelhança no planejamento, e como consequência a estimativa do TTC e estratégias de quando iniciar o movimento foram semelhantes em todas as condições. O sucesso na tarefa realizada nesse estudo exigia não apenas enviar o comando motor correto para deslocar o efetor e interceptar o alvo, mas um comando motor eficiente para executar a tarefa em um TM entre 200 e 250ms. Considerando que múltiplos módulos podem contribuir para o comando motor final (WOLPERT; KAWATO, 1998; HARUNO; WOLPERT; KAWATO, 2001), presumimos que durante a fase de familiarização houve a formação um módulo eficiente para executar o TM correto, mas que as informações captadas pelo PR durante o deslocamento do alvo na fase de prática não foram eficientes para predizer o módulo correto para iniciar o movimento no momento correto, comprometendo assim o comando motor final. A cada tentativa o *feedback* do comando motor atualizava todos os componentes do módulo (WOLPERT; KAWATO, 1998, HARUNO; WOLPERT; KAWATO, 2001), e é esperado que o PR se torne mais competente. No entanto, os resultados das medidas de desempenho indicam que ao longo das 40 tentativas as atualizações dos componentes do módulo não foram eficientes para gerar um comando motor adequado para a interceptação.

Em resumo, os resultados desse experimento mostraram que a oclusão por 75ms não afetou o desempenho e que o controle motor aconteceu predominantemente via pré-programação em todas as condições. O PV próximo ao final do movimento e os EC negativo demonstram que a antecipação do movimento de interceptação diminuiu ou impediu possíveis correções (TRESILIAN; PLOOY, 2006). Além disso, parece que a cocontração dos pares de músculos DA/DP e TL/BI ficaram elevadas em função da velocidade alcançada, gerando maior rigidez (DARAINY; OSTRY, 2008). Essas características do controle motor dificultaram a atuação do MF durante as tentativas. Ao final de cada tentativa novas informações contidas no estado desejado levam à atuação do modelo inverso atualizado (KAWATO, 1999), mas a

atualização não foi suficiente para ajustar o comando motor nas tentativas subsequentes e o erro se manteve elevado ao longo da prática.

## **7 EXPERIMENTO II: FOI INVESTIGADO O EFEITO DA DISPONIBILIDADE DA INFORMAÇÃO VISUAL EM DIFERENTES MOMENTOS AO LONGO DA TRAJETÓRIA DO ALVO.**

### **7.1 OBJETIVOS E HIPÓTESES**

1) Investigar o efeito do momento da visualização do alvo no desempenho em uma tarefa de interceptação.

H<sub>1</sub>- A inserção da informação visual mais distante do início esperado do movimento levará a um maior erro quando comparada à inserção da informação visual mais próxima ao início esperado do movimento.

2) Investigar o efeito do momento da visualização do alvo no controle motor em uma tarefa de interceptação.

A inserção da informação visual mais distante do início esperado do movimento:

H<sub>2</sub> – levará a um controle motor com mecanismo mais corretivo, visto pela:

Menor pré-programação do movimento.

Menor pico de velocidade.

Mais correções.

Menor rigidez articular

H<sub>3</sub> – levará a um atraso para iniciar o movimento.

### **7.2 MÉTODO**

#### **7.2.1 Amostra**

A amostra deste estudo foi composta por 18 participantes (11 homens e 7 mulheres) com idade de 23,89 ( $\pm 5,22$ ) anos, destros, inexperientes na tarefa e com visão normal ou corrigida.

#### **7.2.2 Cuidados éticos**

Todos os cuidados éticos serão tomados, assim como descrito no tópico [4.2.2](#).

#### **7.2.3 Tarefa e instrumentos**

A tarefa e todos os instrumentos utilizados neste experimento serão os mesmos utilizados no Experimento I e estão descritos no tópico [4.2.3](#).

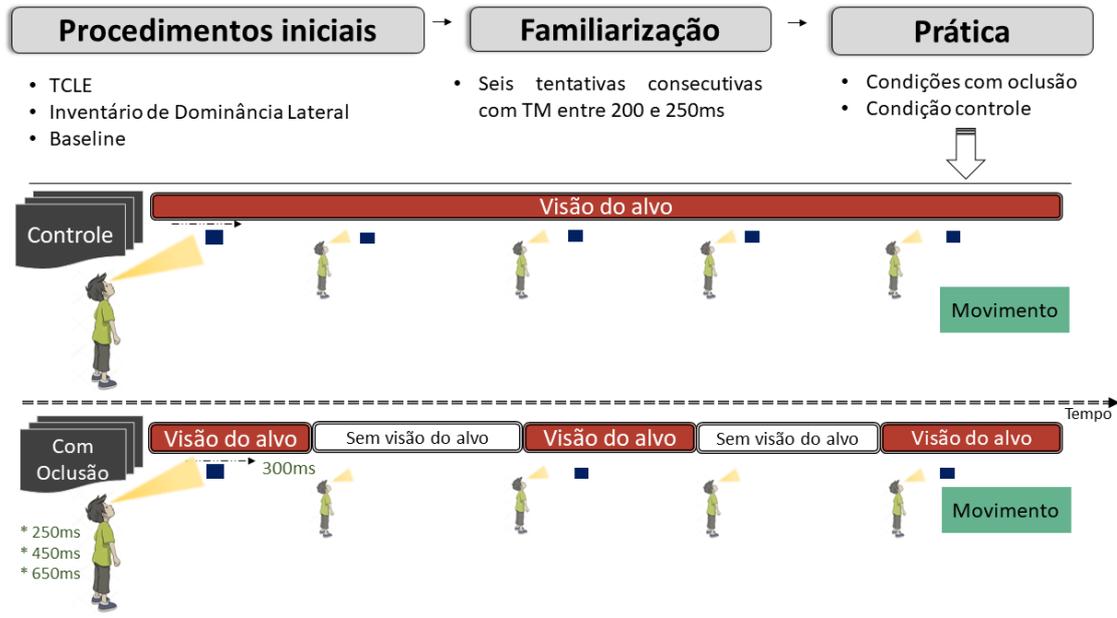
#### 7.2.4 Procedimentos e Delineamento

Os procedimentos foram os mesmos adotados no tópico 4.2.4. Nesse experimento foram realizadas uma fase de familiarização e uma fase de prática, ambas no mesmo dia. A fase de familiarização foi realizada com o objetivo de os participantes aprenderem o tempo de movimento e foi igual à familiarização descrita no experimento I.

Logo após o final da fase de familiarização foi iniciada a fase de prática. Nessa fase foi manipulada a variável independente disponibilidade de informação visual. Tal manipulação ocorreu em momentos específicos através da inserção do alvo. Durante toda a tentativa era possível ver qual a trajetória o alvo iria percorrer, contudo a visualização do alvo ocorria em momentos específicos e, conseqüentemente, a informação sobre o deslocamento dele ocorria apenas nesses momentos.

Na fase de prática os participantes realizam 10 tentativas em quatro condições experimentais, sendo a ordem de início das tentativas contrabalançadas entre os participantes. As condições foram: inserção da informação 650ms antes do início do movimento (Ins650), inserção da informação 450ms antes do início do movimento (Ins450) e inserção da informação 250ms antes do início do movimento (Ins250) e condição controle, sem manipulação da informação visual. Em todas as tentativas, o alvo se deslocava a uma velocidade de 145cm/s. Ele aparecia por 300ms no início de cada tentativa e em seguida era ocluído. O alvo reaparecia nas condições supracitadas, ficando visível por 200ms e depois reaparecia 250ms antes do alvo alcançar a zona de interceptação, ou seja, durante a execução do movimento. O tempo de movimento a ser entre 200 e 250ms (FIGURA 8).

**Figura 8** - Imagem ilustrativa do delineamento experimental do experimento II



## 7.2.5 Medidas e análise

### 7.2.5.1 Variável de controle

Tempo de movimento

### 7.2.5.2 Variável independente

Disponibilidade de informação visual

### 7.2.5.3 Variáveis dependentes

As variáveis dependentes serão as mesmas do Experimento I, descritas no tópico [4.3.2](#).

A seguir será apresentado o quadro com a relação entre as hipóteses levantadas e as medidas utilizadas para testá-las (QUADRO 2).

**Quadro 2** - Relação entre as hipóteses e as variáveis dependentes do experimento II

Hipóteses	Medidas
<b>H<sub>1</sub></b> : Desempenho	EA, EV e EC
<b>H<sub>2</sub></b> : Mecanismo de controle	PV, TRPV, NC Coc DA/DP e Coc TL/BI
<b>H<sub>3</sub></b> : Início do movimento	TIM

### 7.2.6 Tratamento e análise de dados

A obtenção e tratamento dos dados ocorreram através dos mesmos procedimentos descritos no item 4.2.6.

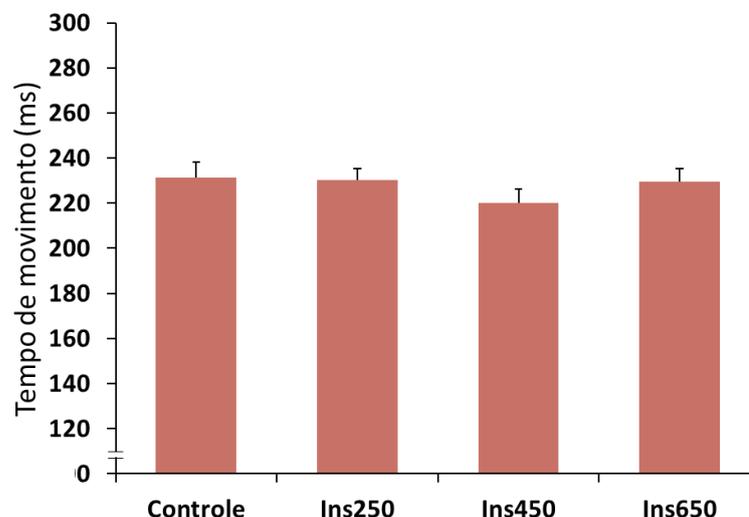
Os dados foram organizados em quatro blocos (cada bloco referente a uma condição) para cada variável dependente. Os pressupostos para análise paramétrica foram verificados. O teste de Levene indicou homogeneidade entre as variâncias ( $p > 0,05$ ). O teste de Shapiro-wilk não indicou normalidade em todas as variáveis ( $p < 0,05$ ). Quando necessário foi realizado o procedimento de bootstrap com cálculo do intervalo de confiança (IC) realizado através do método de vício acelerado para a correção da normalidade (HAUKOOS; LEWIS, 2005). A análise inferencial foi realizada através de uma ANOVA one-way (1 medida x 4 condições) e os desdobramentos foram analisados através do post-hoc de Tukey. O tamanho do efeito foi analisado através do eta parcial ao quadrado ( $\eta_p^2$ ) e os valores de referência qualitativos adotados foram 0,01 (pequeno), 0,06 (moderado) e 0,14 (grande) (GREEN; SALKIND, 2008). O nível de significância adotado foi de 5% e os dados foram analisados utilizando o software SPSS 21.

## 8 RESULTADOS

### 8.1 Tempo de movimento

Foi solicitado aos participantes que realizassem o movimento entre 200ms e 250ms. Em todas as condições a média do TM permaneceu entre esses tempos (controle  $\bar{x} = 232,07$ ms; Ins250  $\bar{x} = 231,52$ ms; Ins450  $\bar{x} = 229,57$ ms e Ins650  $\bar{x} = 232,61$ ms) (FIGURA 9).

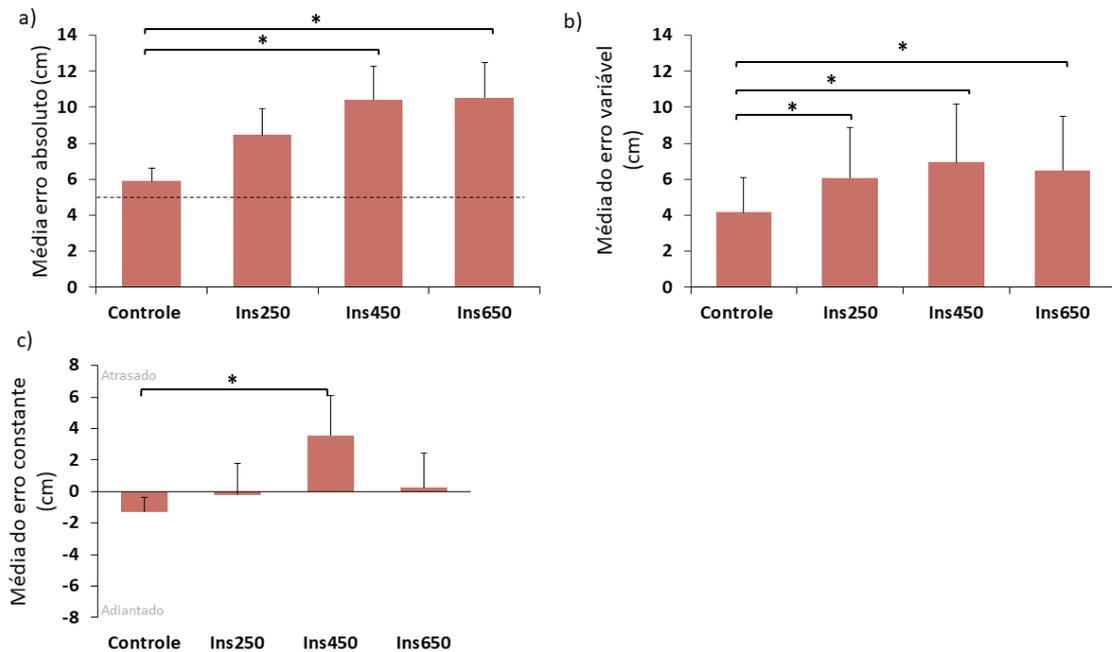
**Figura 9** – Média do tempo de movimento nas quatro condições experimentais. As barras verticais representam o intervalo de confiança de 95%.



## 8.1 Variáveis de desempenho

A análise do erro absoluto indicou diferença entre as condições ( $F_{(3,67)} = 7,12$ ;  $p < 0,01$ ;  $\eta_p^2 = 0,24$ ). O teste post-hoc detectou que a condição controle apresentou maior precisão comparada às condições Ins450 ( $p < 0,01$ ) e Ins650 ( $p < 0,01$ ). Em relação erro variável, também foi encontrada diferença entre as condições ( $F_{(3,67)} = 5,45$ ;  $p < 0,01$ ;  $\eta_p^2 = 0,20$ ). O teste post-hoc detectou que a condição controle apresentou maior consistência que as condições Ins250 ( $p = 0,04$ ), Ins450 ( $p < 0,01$ ) e Ins650 ( $p < 0,01$ ). A análise do erro constante indicou que nas condições controle e Ins250 houve tendência em adiantar o movimento em relação ao alvo, enquanto nas condições Ins450 e Ins650 houve tendência a atrasar o movimento. Além disso a ANOVA indicou diferença entre as condições ( $F_{(3,67)} = 3,64$ ;  $p = 0,01$ ;  $\eta_p^2 = 0,14$ ). O teste post-hoc detectou que a média do erro constante na condição controle foi menor na condição Ins450 ( $p = 0,01$ ) (FIGURA 10).

**Figura 10** – Medidas de erro das quatro condições experimentais. a) média do erro absoluto, b) média do erro variável e b) média do erro constante. As barras verticais representam o intervalo de confiança de 95%.



Legenda: A linha tracejada indica o limite da faixa erro para interceptar o alvo.

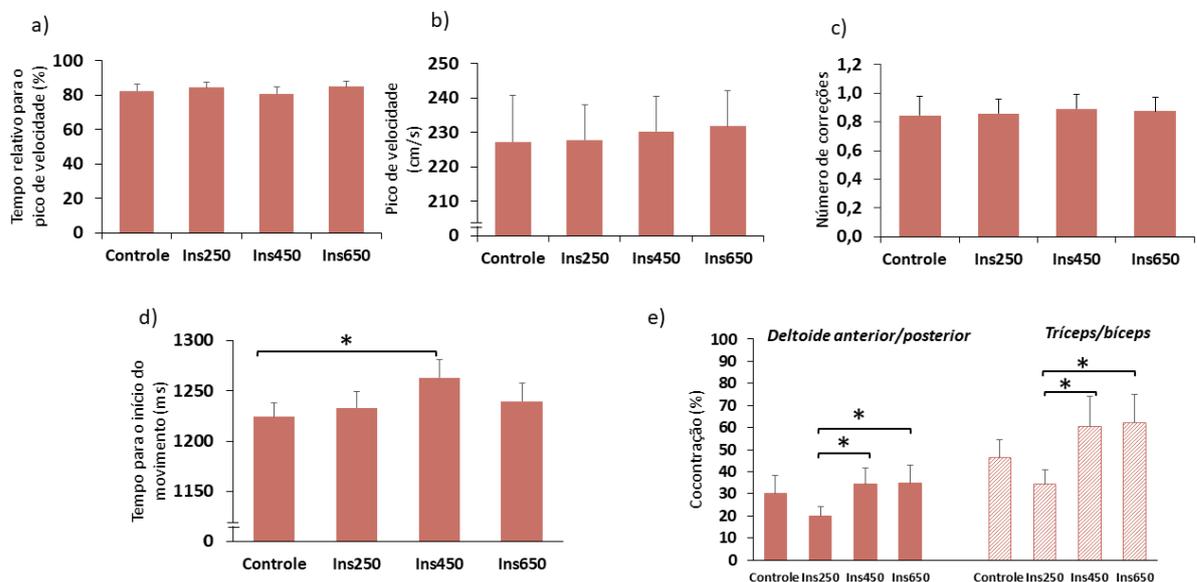
\*  $p < 0,05$

## 8.2 Variáveis de controle motor

A análise do tempo para o início do movimento indicou diferença entre as condições ( $F_{(3,67)} = 3,31$ ;  $p = 0,02$ ;  $\eta_p^2 = 0,13$ ). O teste post-hoc detectou que a condição controle iniciou

o movimento antes que a condição Ins450 ( $p = 0,01$ ). A análise da cocontração indicou diferença na média entre as condições para os pares de músculo DA/DP ( $F_{(3,67)} = 3,42$ ;  $p = 0,02$ ;  $\eta_p^2 = 0,13$ ) e para TL/BI ( $F_{(3,67)} = 5,75$ ;  $p < 0,01$ ;  $\eta_p^2 = 0,20$ ). O teste post-hoc detectou que na Coc DA/DP, a condição Ins250 apresentou menor cocontração que as condições Ins450 ( $p = 0,04$ ) e Ins650 ( $p = 0,03$ ). Na Coc TL/BI, o teste post-hoc detectou que a condição Ins250 apresentou menor cocontração que as condições Ins450 e Ins650 ( $p < 0,01$ ). A análise do tempo relativo para o pico de velocidade não indicou diferença entre as condições ( $F_{(3,67)} = 1,35$ ;  $p = 0,26$ ;  $\eta_p^2 = 0,05$ ). A análise do número de correções não indicou diferença entre as condições ( $F_{(3,67)} = 0,06$ ;  $p = 0,97$   $\eta_p^2 < 0,01$ ), e nem a análise do pico de velocidade ( $F_{(3,67)} = 0,13$ ;  $p = 0,93$   $\eta_p^2 < 0,01$ ) (FIGURA 11).

**Figura 11** – Medidas de controle motor nas quatro condições experimentais. a) média do tempo relativo para o pico de velocidade, (b) média do pico de velocidade (c) média número de correções (d) média do tempo para início do movimento e (e) média da cocontração do DA/DP e TL/BI. As barras verticais representam o intervalo de confiança de 95%.



Legenda: \*  $p < 0,05$

## 9 DISCUSSÃO DO EXPERIMENTO II

O objetivo do presente experimento foi investigar o efeito da disponibilidade da informação visual em relação ao deslocamento do alvo em diferentes momentos ao longo da trajetória. Para isso o alvo foi inserido por 200ms e foi manipulado o momento dessa inserção,

o que aconteceu nos momentos 250ms, 450ms e 650ms antes do início esperado do movimento do participante. Foram levantadas três hipóteses: de acordo com a primeira, a inserção da informação visual mais distante do início esperado do movimento resultaria em pior desempenho. A segunda hipótese previa que o controle motor aconteceria através de mecanismos predominantemente corretivos. Já a terceira hipótese pressupunha que a inserção da informação visual mais distante do início esperado do movimento resultaria em um atraso para iniciar o movimento. Os resultados mostraram que a inserção da informação distante do  $TTC_{crit}$  prejudicou o desempenho, e que apesar do controle motor ter ocorrido predominantemente via pré-programação em todas as condições, ele aconteceu com diferentes características. A seguir as hipóteses propostas serão discutidas.

A primeira hipótese foi confirmada, o que pode ser vislumbrado pelo maior EA nas condições Ins450 e Ins650. Duas explicações são possíveis para tal resultado. A primeira está relacionada a duração do aparecimento da informação visual e a segunda relacionada ao momento de aparecimento das informações (i.e. primeira e segunda aparições do alvo). No presente experimento, a informação aparecia nos 300ms iniciais da trajetória e, além de servir como aviso sobre o início da tentativa, permitia que fossem extraídas informações sobre as características do alvo. Posteriormente, aparecia por 200ms em cada condição experimental e deveria ser utilizada para extrair informação e atualizar o PR e o ER. O fato de a informação não estar disponível durante todo o tempo implicou na necessidade de se fazer a predição da trajetória. Portanto, era necessário acompanhar a trajetória do alvo e extrair informações sobre ele (e.g. tamanho, velocidade, trajetória) (FOOKEN *et al.*, 2016; FIEHLER; BRENNER; SPERING, 2019). A predição era importante especialmente nas condições Ins450 e Ins650, nas quais após a inserção da informação houve um período de ausência de informação, superior a 100ms. É possível que apesar de o processamento da informação visual acontecer relativamente rápido (~120ms) (CAMERON, de la MALLA; LOPEZ-MOLINER, 2014), o tempo de 200ms tenha sido insuficiente para que informações fossem extraídas e atualizassem corretamente PR e o ER. A ausência das informações pode ter comprometido o estado desejado, que contém as informações necessárias para a definição de um comando motor (WOLPERT; KAWATO, 1998), bem como a capacidade de predição da trajetória e isso causou a queda no desempenho.

A segunda explicação para o maior EA nas condições Ins450 e Ins650 é que as informações foram inseridas em momentos inadequados da trajetória, pois estavam distantes do  $TTC_{crit}$ . Nesse caso, as informações podem ter sido utilizadas para atualizar inadequadamente, tanto o PR, quanto o ER. Essas estruturas recebem as informações

contextuais e são responsáveis por determinar a contribuição de cada módulo para o comando motor (WOLPERT; KAWATO, 1998; HARUNO; WOLPERT; KAWATO, 2001) (figura 2). Ao receber informações inadequadas, a predição dessas estruturas e a seleção do módulo para comandar a ação se tornaram equivocadas. Portanto, a aparição do alvo 450ms e 650ms antes do início esperado do movimento comprometeu o planejamento do comando motor. Os resultados sobre o erro constante mostraram que nas condições Ins450 e Ins650 o movimento foi realizado com atraso. Esse resultado reforça a ideia de que as informações foram inadequadas e a estimativa do TTC foi prejudicada. Os resultados encontrados corroboram os achados de Vine *et al.* (2015) que investigaram o paradigma da oclusão da informação visual e mostraram que a ausência de informação em um momento adequado prejudicou o desempenho na tarefa do putting do golf.

Os valores de EA semelhantes na condição controle e na condição Ins250 indicam que a segunda explicação é mais provável e ainda reforçam a ideia de que as informações adquiridas logo antes do tempo crítico para o contato são de fato as informações relevantes para um bom desempenho (TRESILIAN, 2005; MARINOVIC; PLOOY; TRESILIAN, 2009a; MARINOVIC, 2016). Além disso, os valores de EA semelhantes entre as condições controle e Ins250 e menores que nas condições Ins450 e Ins650 mostram que a ausência da informação durante grande parte da trajetória não causa prejuízo à precisão do desempenho, desde que a informação esteja disponível no momento adequado.

A medida de EV mostrou que o desempenho se tornou menos consistente em todas as condições em que o alvo não estava disponível durante toda a trajetória. Isso indica que a ausência da informação durante a trajetória se tornou um problema para o planejamento do movimento e pode ter causado incerteza, resultando em alterações no comportamento a cada tentativa na busca de solucionar esse problema. Nas condições Ins450 e Ins650, a inserção de informação alimentou o PR e o ER com informações que pouco contribuíram para a estimativa correta do TTC e seleção adequada de um ou mais módulos. Nesse caso, a cada tentativa o *feedback* de erro atualizava as estruturas do módulo, e pode ter levado a correções no planejamento. No entanto, o desempenho pouco consistente indica que essas correções resultaram em modificações além ou aquém do necessário, pois as informações disponíveis ainda eram insuficientes para que o MIV enviasse o comando adequado para alcançar o estado desejado. Na condição Ins250 apesar da informação ser inserida no momento adequado, o tempo total de informação disponível era menor que na condição controle. Ao longo da maior parte da trajetória a informação não estava disponível e após a inserção da informação o tempo

para o planejamento e execução da tarefa era curto. É possível que nessas situações o MF não tenha tido tempo suficiente para atuar e o comportamento se tornou variável. Este resultado abre uma linha nos estudos que utilizam o pano de fundo Modelo Interno, pois mostram a importância de também avaliar a consistência do desempenho.

Em relação ao controle motor, foi hipotetizado que a inserção da informação visual mais distante do início esperado do movimento levaria a um controle motor com maior ação de mecanismos corretivos. Os resultados encontrados confirmaram parcialmente essa hipótese, pois nas condições Ins450 e Ins650 a contração foi mais alta que na condição Ins250, mas o valor do PV, o TRPV acima de 80% em todas as condições e o número de correções abaixo de um indicam um controle com menor utilização do mecanismo via *feedback*. Parece que mesmo diante de incerteza em relação ao local em que o alvo estava, a estratégia utilizada foi fazer o movimento rápido e com o mínimo de correções. Esse comportamento pode ter sido influenciado tanto pelo tempo de movimento que foi aprendido durante a familiarização, quanto pelas informações fornecidas a cada condição experimental.

De acordo com Tresilian (2005), o sucesso na interceptação requer detectar o  $TTC_{crit}$ , iniciar o movimento no momento correto ( $TTC = TM$ ) e executar o movimento no tempo pré-programado. Todos esses passos estão relacionados de alguma maneira ao TM. Como na familiarização o TM foi aprendido e um modelo parece ter sido formado, a programação do movimento pode ter ficado condicionada a esse tempo. Apesar de haver flexibilidade em relação ao tempo de execução do movimento (entre 200ms e 250ms), os participantes não o utilizaram para realizar correções durante a tentativa, mesmo diante da incerteza em relação à posição do alvo. É provável que as correções no comando motor tenham sido realizadas entre as tentativas, fruto da atualização das estruturas do módulo pelo *feedback* do comando motor e as informações que foram adquiridas antes do início do movimento foram as informações que serviram de base para controlar o movimento.

Com o TM já definido, o principal desafio foi estimar corretamente o TTC diante da ausência de informação durante parte da trajetória. Mais especificamente, para as condições Ins450 e Ins650, o fato de as informações fornecidas serem insuficientes para atualizar corretamente o PR e o ER resultou em uma estimativa equivocada do TTC. É possível então que o aparecimento do alvo no tempo esperado para iniciar o movimento (250ms até a zona de interceptação) tenha servido como uma espécie de trigger e tenha sido necessário modificar o início do movimento que estava pré-planejado. Realizar o movimento a partir desse momento

parece ter sido difícil porque a informação sobre o alvo estava disponível próximo à zona de interceptação, o que implicou em uma necessidade de processamento da informação e execução do movimento em tempo curto. Realizar o movimento rápido acarretou pouca chance de correção, devido à dificuldade de atuação eficiente do MF para atualizar o comando.

Como consequência da aceleração do movimento a fim de realizá-lo rápido, o pico de velocidade alcançou valores elevados, o que parece ter resultado em maior dispêndio de energia para fazer correções. De fato, a análise da atividade elétrica da musculatura mostrou que a cocontração foi maior nas condições Ins450 e Ins650, o que gerou maior custo para o sistema devido à contração desperdiçada do antagonista. A estratégia adotada, aliada às condições de prática resultaram em um controle motor rígido e com predomínio da pré-programação nas condições Ins450 e Ins650. Por outro lado, na condição de Ins250 também houve predomínio da pré-programação, mas a rigidez da musculatura foi menor. Como o início da ativação muscular acontece antes da efetiva realização do movimento (ARUIN, LATASH, 1996) é possível que nas condições Ins450 e Ins650, após a inserção da informação, o novo período sem informação disponível pode ter causado uma incerteza em relação à posição do alvo e tal incerteza pode ter gerado maior ativação da musculatura agonista e antagonista, causando o aumento da cocontração. Na condição Ins250 esse aumento da ativação parece não ter ocorrido pois o novo período sem informação foi de apenas 50ms, e a informação disponível no momento correto parece ter diminuído a ação do antagonista, deixando o movimento mais fluido. Apesar da diminuição da rigidez não ter resultado em mais correções, esse resultado parece indicar que quando a informação estava disponível próxima ao  $TTC_{crit}$ , o controle motor se tornou mais passível de realizar correções, apesar de as correções não serem observadas neste experimento.

Em relação à terceira hipótese, era esperado que a inserção da informação visual mais distante do início esperado do movimento resultaria em um atraso para iniciar o movimento. Essa hipótese foi confirmada, como pode ser vislumbrado pelo maior TIM na condição Ins450. A condição Ins450 foi aquela em que houve o maior intervalo entre os momentos de disponibilidade da informação. Parece que esse intervalo causou mais incerteza quando comparado às outras condições, e o momento em que a informação foi inserida não contribuiu para uma atualização eficiente do PR e do ER. Como o comando motor enviado pelo MIV leva em consideração o estado interno atual e as informações adquiridas ao longo da trajetória (WOLPERT; KAWATO, 1998; HARUNO; WOLPERT; KAWATO, 2001), a ausência das informações adequadas para uma boa estimativa do TCC resultou em um atraso para iniciar o movimento e consequente atraso na interceptação, o que pode ser visto na medida de EC. Este

resultado permite especular que existe um momento que a ausência de informação prejudica mais o início do movimento, mostrando uma relação de “U” invertido. Na condição Ins450 existe um conflito entre o MIV e uma possível informação para atualizar o PR e o ER, levando ao maior erro. Na condição Ins250 era possível atualizar o PR e ER, e na condição Ins650 o movimento já era controlado direto pelo MIV, sem a expectativa de atualização do PR e do ER, o que resultou em menor incerteza e menor erro nestas duas condições. Esta questão pode ser investigada em futuros estudos.

Em resumo, os resultados encontrados no presente experimento corroboram a proposta da existência de um tempo crítico para o contato (TRESILIAN, 2005; MARINOVIC; PLOOY; TRESILIAN; 2009a). Além disso, indicam que a possibilidade de utilização do mecanismo de controle via *feedback* não influenciou o controle motor. Durante as tentativas, a estimativa para o TTC era feita com base nas informações extraídas do contexto (TRESILIAN; PLOOY, 2006; MARINOVIC, 2016). O fato de o PR e o ER não serem atualizados continuamente parece ter causado uma incerteza em relação ao local em que o alvo estava e estratégia adotada foi realizar o movimento com poucas ou nenhuma possibilidade de correção, como indicado nas medidas de PV, TRPV e NC. Mais especificamente, a atualização do PR e do ER muito antes do  $TTC_{crit}$  nas condições Ins450 e Ins650 comprometeu a estimativa de erro dessas estruturas bem como a competência do MIV para enviar o comando motor adequado. Além disso a incerteza em relação ao local alvo na trajetória também parece ter causado o aumento da atividade musculatura antagonista do movimento resultando no aumento da cocontração. É possível que os erros na estimativa para o TTC não tenham sido corrigidos pelo MF, pois ele ainda não era competente o suficiente para gerar uma predição de erro e atualizar o comando em curso. Como consequência, o desempenho foi PIOR NESSAS CONDIÇÕES.

## **10 EXPERIMENTO III: FOI INVESTIGADA A INFLUÊNCIA DA OCLUSÃO DA INFORMAÇÃO VISUAL DURANTE A PRÁTICA VARIADA, NA ADAPTAÇÃO MOTORA.**

### **10.1 OBJETIVOS E HIPÓTESES**

1) Investigar o efeito da oclusão da informação visual no desempenho em uma tarefa de interceptação, na fase de pré-exposição.

H<sub>1</sub> – O desempenho de ambos os grupos melhorará ao longo da fase.

2) Investigar o efeito da oclusão da informação visual no controle motor em uma tarefa de interceptação, na fase de pré-exposição.

Do início para o final da fase:

H<sub>2</sub> – o controle via pré-programação aumentará para ambos os grupos.

H<sub>3</sub> – o pico de velocidade aumentará para ambos os grupos

H<sub>4</sub> – as correções no movimento diminuirão para ambos os grupos.

H<sub>5</sub> – a rigidez muscular diminuirá para ambos os grupos.

H<sub>6</sub> – o tempo para iniciar o movimento será maior para o grupo com oclusão da informação visual.

3) Investigar o efeito da oclusão da informação visual no desempenho em uma tarefa de interceptação, na fase de exposição.

H<sub>7</sub> – O desempenho será melhor no grupo sem oclusão da informação visual.

4) Investigar o efeito da oclusão da informação visual no controle motor em uma tarefa de interceptação, na fase de exposição.

O grupo sem oclusão da informação visual apresentará:

H<sub>8</sub> – menor controle via pré-programação.

H<sub>9</sub> – menor pico de velocidade.

H<sub>10</sub> – mais correções.

H<sub>11</sub> – menor rigidez nos músculos deltoide anterior/posterior.

H<sub>12</sub> – menor tempo para iniciar o movimento.

## 10.2 MÉTODO

### 10.2.1 Amostra

Amostra contou com 24 participantes (9 mulheres e 15 homens) com idade de 23,70 ( $\pm 4,67$ ) anos, destros, inexperientes na tarefa e com visão normal ou corrigida. Nesse experimento foi adotado como critério de exclusão não alcançar o desempenho critério em 300 tentativas.

### 10.2.2 Cuidados éticos

Todos os cuidados éticos foram tomados, assim como descrito no tópico [4.2.2](#).

### 10.2.3 Tarefa e instrumentos

A tarefa e todos os instrumentos utilizados neste experimento forma os mesmos utilizados no Experimento I e estão descritos no tópico [4.2.3](#).

### 10.2.4 Procedimentos e Delineamento

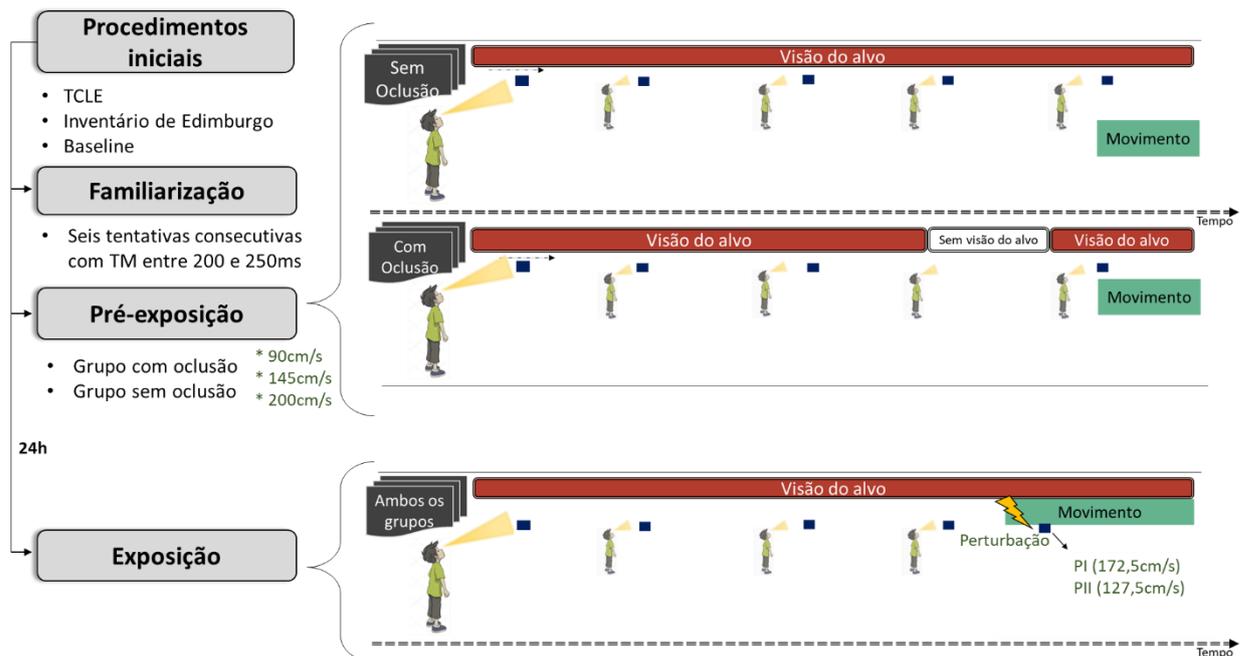
Os procedimentos foram os mesmos adotados no tópico 4.2.4. Nesse foram realizadas três fases: familiarização, pré-exposição e exposição. A fase de familiarização foi realizada com o objetivo de o participante aprender o tempo de movimento, assim como nos experimentos I e II. Nessa fase os participantes realizaram as tentativas até alcançarem 2 blocos de 6 tentativas consecutivas com o TM entre 200 e 250ms. O alvo se deslocava com as velocidades de 130cm/s ou 180cm/s.

Na pré-exposição, os participantes foram distribuídos em dois grupos de prática, um com oclusão da informação visual (GCO) e um sem oclusão da informação visual (GSO). Os participantes de ambos os grupos realizaram dois blocos de quatro interceptações corretas consecutivas (i.e erro entre 5cm e -5cm), com o TM entre 200 e 250ms. Ao longo das tentativas o alvo se deslocava aleatoriamente em 3 velocidades (90cm/s, 145cm/s ou 200cm/s). A manipulação da disponibilidade de informação visual ocorreu através da oclusão da imagem do alvo ao longo da trajetória. Durante toda a tentativa era possível ver qual a trajetória o alvo iria percorrer, contudo 250ms antes do início esperado do movimento, e por um tempo de 200ms o alvo deixava de aparecer e, conseqüentemente, a informação sobre o deslocamento dele era suprimida.

A fase de exposição ocorreu no dia seguinte à pré-exposição e os participantes de ambos os grupos realizaram 140 tentativas, sendo 110 tentativas controle (velocidade do alvo 145cm/s) e 30 tentativas com perturbações. Essas tentativas foram utilizadas para testar os efeitos

manipulação da disponibilidade da informação visual durante a fase de pré-exposição, na capacidade de adaptação. As perturbações foram inseridas por meio de mudanças na velocidade de deslocamento do alvo, após o início do movimento (APÊNDICE B). As mudanças aconteceram em duas direções; aumento da velocidade (Perturbação I = PI; 172,5 cm/s) e redução da velocidade (Perturbação II = PII; 127,5 cm/s) (COUTO, 2018) e foram inseridas em ordem pseudoaleatória, sendo um total de 15 tentativas de cada perturbação (FIGURA 12).

**Figura 12 - Imagem ilustrativa do delineamento experimental do experimento III**



## 10.2.5 Medidas e análise

### 10.2.5.1 Variável de controle

Tempo de movimento

### 10.2.5.2 Variável independente

Disponibilidade de informação visual

### 10.2.5.3 Variáveis dependentes

As variáveis dependentes foram as mesmas do Experimento I, descritas no tópico [4.3.2](#).

A seguir será apresentado o quadro com a relação entre as hipóteses levantadas e as medidas utilizadas para testá-las (QUADRO 3).

## Quadro 3 - Relação entre as hipóteses e as variáveis dependentes do experimento III

<b>Hipóteses</b>	<b>Medidas</b>
<b>H<sub>1</sub> e H<sub>7</sub>: Desempenho</b>	EA, EV e EC
<b>H<sub>2</sub> e H<sub>8</sub>: Pré-progamação</b>	TRPV
<b>H<sub>3</sub> e H<sub>9</sub>: Pico de velocidade</b>	PV
<b>H<sub>4</sub> e H<sub>10</sub>: Correções</b>	NC
<b>H<sub>5</sub> e H<sub>11</sub>: Cocontração</b>	Coc DA/DP e Coc TL/BI
<b>H<sub>6</sub> e H<sub>12</sub>: Início do movimento</b>	TIM

### 10.2.6 Tratamento e análise dos dados

A obtenção e tratamento dos dados ocorreram através dos mesmos procedimentos descritos no item 4.2.6.

Os dados da fase de pré-exposição foram organizados em três blocos de quatro tentativas, sendo um bloco com as quatro primeiras tentativas e os demais com cada bloco de tentativas corretas consecutivas. Os dados da exposição foram organizados em blocos de 15 tentativas pré-perturbação, 15 tentativas de perturbação e 15 tentativas pós-perturbação, separadas por PI e PII. Essa organização foi feita com o objetivo de analisar o efeito agudo da perturbação, bem como os resquícios da perturbação logo após sua inserção.

Após organização dos dados e correção dos outliers, os pressupostos para análise paramétrica foram verificados. O teste Shapiro wilk indicou normalidade dos dados ( $p > 0,05$ ). A esfericidade foi verificada através do teste de Mauchly. Quando a esfericidade não foi presumida ( $p < 0,05$ ), foi utilizada a correção de greenhouse-geisser.

Em ambas as fases a análise inferencial foi realizada através de uma ANOVA de medidas repetidas (2 grupos x 3 momentos). A análise dos desdobramentos foi realizada através do teste post-hoc de Sidak. O tamanho do efeito foi analisado através do eta parcial ao quadrado ( $\eta_p^2$ ) e os valores de referência qualitativos adotados foram 0,01 (pequeno), 0,06 (moderado) e 0,14 (grande) (GREEN; SALKIND, 2008). O nível de significância adotado foi de 5% e os dados foram analisados utilizando o software SPSS 21.

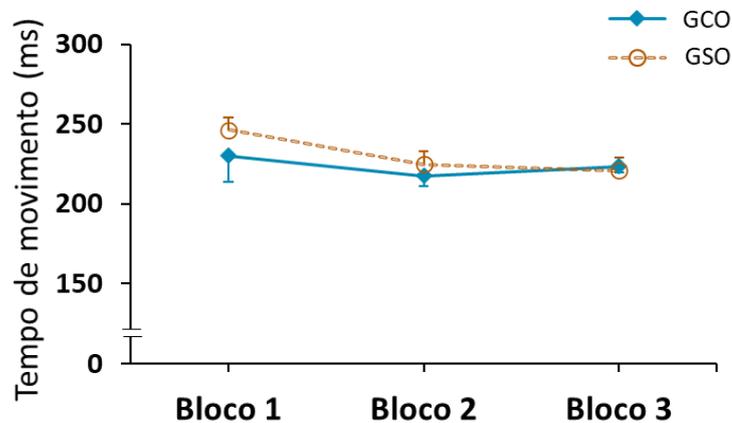
## 11 RESULTADOS

### 11.1 Fase de pré-exposição

#### 11.1.1 Tempo de movimento

Foi solicitado aos participantes que realizassem o movimento entre 200ms e 250ms. A análise mostrou que tanto o GCO ( $\bar{x} = 223,76$ ) quanto o GSO ( $\bar{x} = 230,72$ ) mantiveram esse tempo na fase de pré-exposição (FIGURA 13).

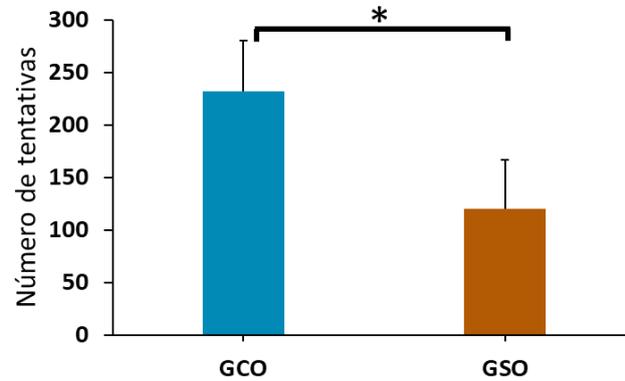
**Figura 13** - Média do tempo de movimento nos três blocos da pré-exposição. As barras verticais representam o intervalo de confiança de 95%.



#### 11.1.2 Variáveis de desempenho

Inicialmente foi realizado um test-t para amostras independentes, referente à variável número de tentativas necessárias para atingir o critério de estabilização do desempenho. A análise mostrou que o GCO realizou mais tentativas que o GSO ( $t_{(22)} = 3,62$ ;  $p < 0,01$ ) (FIGURA 14)

**Figura 14** - Média do número de tentativas realizadas ao longo da fase de pré-exposição. As barras verticais representam o intervalo de confiança de 95%.

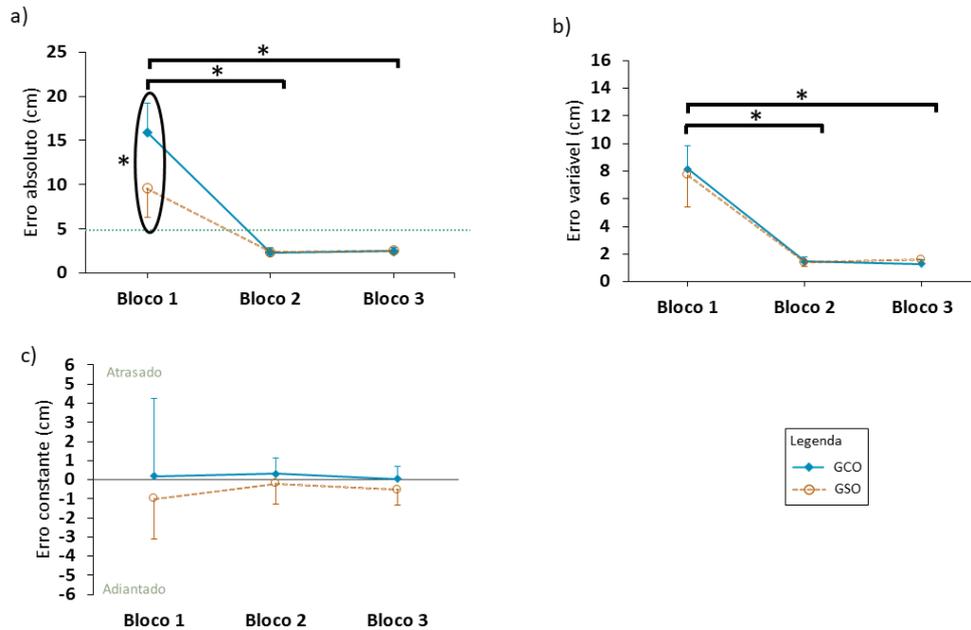


A análise do erro absoluto indicou interação entre grupo e momento ( $F_{(2,44)} = 15,09$ ;  $p < 0,01$ ;  $\eta_p^2 = 0,40$ ). O teste post-hoc detectou que no primeiro bloco o GCO foi menos preciso que o GSO. Também foram encontradas diferenças no fator momento ( $F_{(2,44)} = 93,29$ ;  $p < 0,01$ ;  $\eta_p^2 = 0,80$ ). O teste post-hoc mostrou que houve aumento da precisão no segundo ( $p < 0,01$ ) e terceiro blocos ( $p < 0,01$ ), quando comparados ao primeiro bloco. Além disso foi encontrado que GCO foi menos preciso que GSO ( $F_{(1,22)} = 16,03$ ;  $p < 0,01$ ;  $\eta_p^2 = 0,42$ ) (FIGURA 15a).

A análise do erro variável indicou diferença no fator momento ( $F_{(2,44)} = 76,12$ ;  $p < 0,01$ ;  $\eta_p^2 = 0,77$ ). O teste post-hoc detectou que houve aumento da consistência do primeiro para o segundo ( $p < 0,01$ ) e terceiro blocos ( $p < 0,01$ ). Não foram identificados efeitos no fator grupo ( $F_{(1,22)} = 0,01$ ;  $p = 0,89$ ;  $\eta_p^2 < 0,01$ ) ou interação ( $F_{(2,44)} = 0,19$ ;  $p = 0,67$ ;  $\eta_p^2 < 0,01$ ) (FIGURA 15b).

A análise do erro constante não indicou diferença entre grupo ( $F_{(1,22)} = 1,00$ ;  $p = 0,32$ ;  $\eta_p^2 = 0,04$ ), momento ( $F_{(2,44)} = 0,09$ ;  $p = 0,80$ ;  $\eta_p^2 < 0,01$ ) ou interação entre grupo e momento ( $F_{(2,44)} = 0,06$ ;  $p = 0,84$ ;  $\eta_p^2 < 0,01$ ). Entretanto, foi identificado que o GCO tendeu a atrasar a o movimento em relação ao alvo ( $\bar{x} = 0,17\text{cm}$ ), enquanto o GSO mostrou tendência a adiantar a chegada do interceptador ( $\bar{x} = -0,05\text{cm}$ ) na zona de interceptação (FIGURA 15c).

**Figura 15** – Medidas de erro nos três blocos da pré-exposição. a) média do erro absoluto, b) média do erro variável e b) média do erro constante. As barras verticais representam o intervalo de confiança de 95%.



Legenda: A linha verde tracejada indica o limite da faixa erro para interceptar o alvo.

\*  $p < 0,05$

### 11.1.3 Variáveis de controle motor

A análise do tempo relativo para o pico de velocidade indicou diferença no fator momento ( $F_{(2,44)} = 15,84$ ;  $p < 0,01$ ;  $\eta_p^2 = 0,41$ ). O teste post-hoc detectou que o tempo relativo para o pico de velocidade aumentou no segundo ( $p < 0,01$ ) e terceiro ( $p < 0,01$ ) blocos. Não foram identificados efeitos entre grupos ( $F_{(1,22)} = 2,37$ ;  $p = 0,13$ ;  $\eta_p^2 = 0,09$ ) ou interação ( $F_{(2,44)} = 0,17$ ;  $p = 0,84$ ;  $\eta_p^2 < 0,01$ ) (FIGURA 16a).

A análise do pico de velocidade mostrou que do GCO apresentou maior pico de velocidade que o GSO ( $F_{(1,22)} = 6,03$ ;  $p = 0,02$ ;  $\eta_p^2 = 0,21$ ). Também foi indicada diferença no fator momento ( $F_{(2,44)} = 12,71$ ;  $p < 0,01$ ;  $\eta_p^2 = 0,36$ ). O teste post-hoc detectou que pico de velocidade aumentou do primeiro para o segundo ( $p < 0,01$ ) e terceiro blocos ( $p < 0,01$ ). Não foi identificada interação entre grupo e momento ( $F_{(2,44)} = 1,35$ ;  $p = 0,26$ ;  $\eta_p^2 = 0,05$ ) (FIGURA 16b)

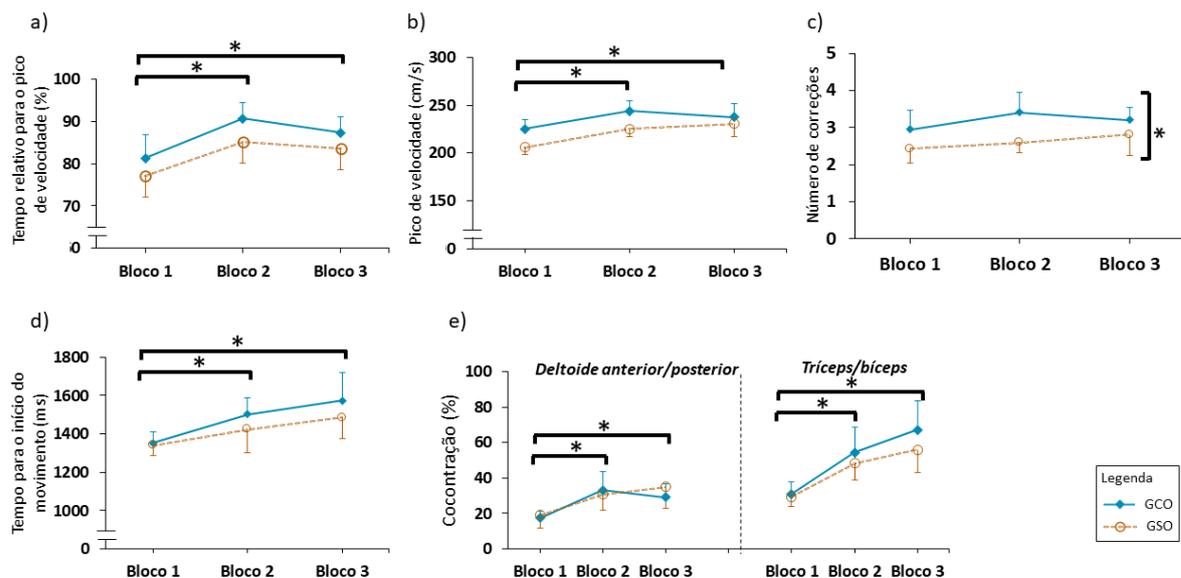
A análise do número de correções mostrou que o GCO realizou mais correções que o GSO ( $F_{(1,22)} = 5,87$ ;  $p = 0,02$ ;  $\eta_p^2 = 0,21$ ). Não foram identificadas diferenças no fator momento

( $F_{(2,44)} = 1,76$ ;  $p = 0,18$ ;  $\eta_p^2 = 0,07$ ) ou interação entre grupo e momento ( $F_{(2,44)} = 0,60$ ;  $p = 0,54$ ;  $\eta_p^2 = 0,02$ ) (FIGURA 16c)

A análise do tempo para o início do movimento indicou diferença no fator momento ( $F_{(2,44)} = 6,90$ ;  $p < 0,01$ ;  $\eta_p^2 = 0,23$ ). O teste post-hoc detectou que houve aumento do tempo no segundo ( $p = 0,02$ ) e terceiro blocos ( $p < 0,01$ ), quando comparados ao primeiro bloco. Não foram identificados efeitos no fator grupo ( $F_{(1,22)} = 1,71$ ;  $p = 0,20$ ;  $\eta_p^2 = 0,07$ ) ou interação entre grupo e momento ( $F_{(2,44)} = 0,32$ ;  $p = 0,72$ ;  $\eta_p^2 = 0,01$ ) (FIGURA 16d).

A análise da cocontração indicou diferença no fator momento para os pares de músculo DA/DP ( $F_{(2,44)} = 7,00$ ;  $p < 0,01$ ;  $\eta_p^2 = 0,25$ ) e para os pares de músculo TL/BI ( $F_{(2,44)} = 11,79$ ;  $p < 0,01$ ;  $\eta_p^2 = 0,36$ ). O teste post-hoc detectou que houve aumento da cocontração no segundo ( $p < 0,01$ ) e terceiro blocos ( $p < 0,01$ ) tanto para DA/DP quanto para TL/BI. Na cocontração dos músculos DA/DP não foram identificadas diferença entre os grupos ( $F_{(1,22)} = 0,17$ ;  $p = 0,67$ ;  $\eta_p^2 < 0,01$ ) ou interação ( $F_{(2,44)} = 0,48$ ;  $p = 0,57$ ;  $\eta_p^2 = 0,02$ ). Na cocontração dos músculos TL/BI também não foram identificadas diferença entre os grupos ( $F_{(1,22)} = 2,34$ ;  $p = 0,14$ ;  $\eta_p^2 = 0,10$ ) ou interação entre grupo e momento ( $F_{(2,44)} = 0,25$ ;  $p = 0,68$ ;  $\eta_p^2 = 0,01$ ) (FIGURA 16e)

**Figura 16** - Medidas de controle motor nos três blocos da fase de pré-exposição. a) média do tempo relativo para o pico de velocidade, (b) média do pico de velocidade (c) média número de correções (d) média do tempo para início do movimento e (e) média da cocontração do DA/DP e TL/BI. As barras verticais representam o intervalo de confiança de 95%.

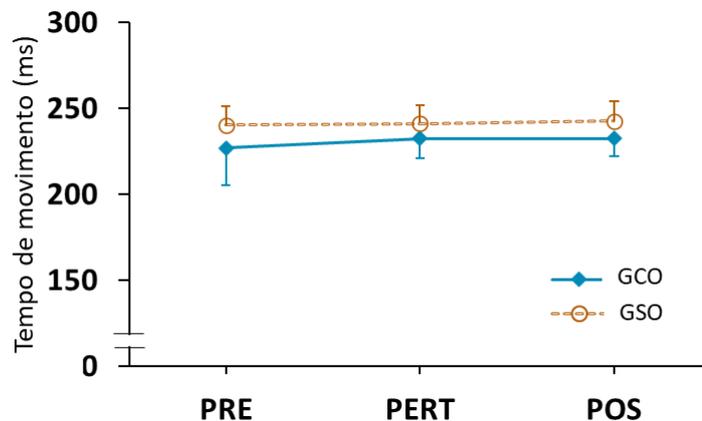


## 11.2 Fase de exposição – perturbação I

### 11.2.1 Tempo de movimento

Foi solicitado aos participantes que realizassem o movimento entre 200ms e 250ms. A análise mostrou que tanto o GCO ( $\bar{x} = 230,73$ ) quanto o GSO ( $\bar{x} = 241,52$ ) mantiveram esse tempo na fase de exposição à perturbação I (FIGURA 17).

**Figura 17** - Média do tempo de movimento na fase de exposição à perturbação I. As barras verticais representam o intervalo de confiança de 95%.



### 11.2.1 Variáveis de desempenho

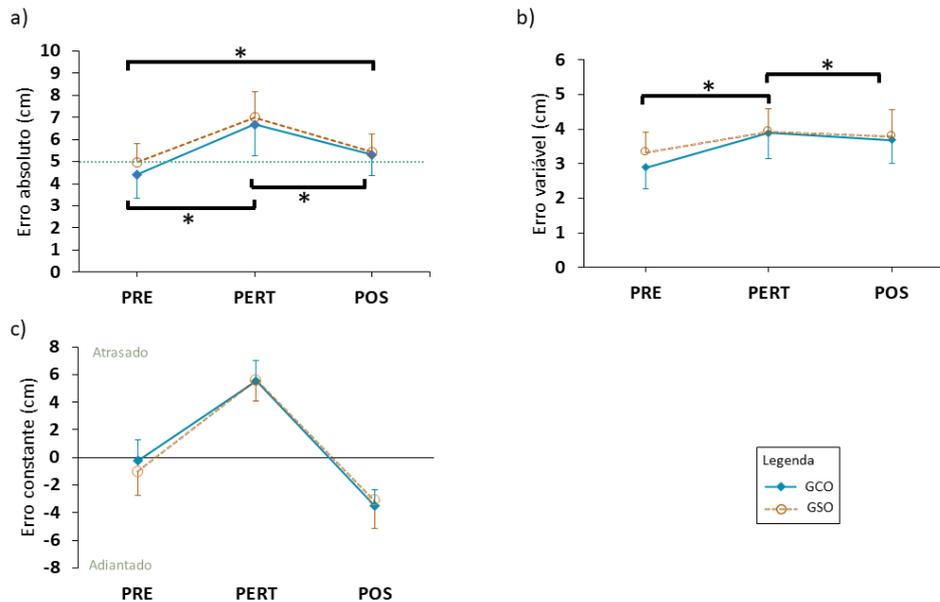
A análise do erro absoluto indicou diferença no fator momento ( $F_{(2,44)} = 24,03$ ;  $p < 0,01$ ;  $\eta_p^2 = 0,52$ ). O teste post-hoc detectou que houve diminuição da precisão na perturbação, quando comparado à pré-perturbação ( $p < 0,01$ ) e à pós-perturbação ( $p < 0,01$ ). Também mostrou a pós-perturbação foi menos precisa que a pré-perturbação ( $p = 0,05$ ). Não foi identificada diferença entre grupos ( $F_{(1,22)} = 1,17$ ;  $p = 0,29$ ;  $\eta_p^2 = 0,05$ ) nem interação entre grupos e momento ( $F_{(2,44)} = 0,22$ ;  $p = 0,80$ ;  $\eta_p^2 = 0,01$ ) (FIGURA 18a).

A análise do erro variável indicou diferença no fator momento ( $F_{(2,44)} = 8,69$ ;  $p < 0,01$ ;  $\eta_p^2 = 0,28$ ). O teste post-hoc detectou que houve maior consistência na pré-perturbação, quando comparado à perturbação ( $p < 0,01$ ) e à pós-perturbação ( $p = 0,02$ ). Não foi identificada diferença entre grupos ( $F_{(1,22)} = 10,70$ ;  $p = 0,41$ ;  $\eta_p^2 = 0,03$ ) nem interação entre grupos e momento ( $F_{(2,44)} = 0,80$ ;  $p = 0,45$ ;  $\eta_p^2 = 0,03$ ) (FIGURA 18b).

A análise do erro constante indicou diferença no fator momento ( $F_{(2,44)} = 168,94$ ;  $p < 0,01$ ;  $\eta_p^2 = 0,88$ ). O teste post-hoc detectou que o erro foi maior na perturbação, quando comparado à pré-perturbação ( $p < 0,01$ ) e à pós-perturbação ( $p < 0,01$ ). Também mostrou que o erro na pós-perturbação foi maior que na pré-perturbação ( $p < 0,01$ ). Não foi identificada

diferença entre grupos ( $F_{(1,22)} = 0,06$ ;  $p = 0,79$ ;  $\eta_p^2 < 0,01$ ) nem interação entre grupos e momento ( $F_{(2,44)} = 0,72$ ;  $p = 0,49$ ;  $\eta_p^2 = 0,03$ ) (FIGURA 18c).

**Figura 18** – Medidas de erro na fase de exposição à perturbação I. a) média do erro absoluto, b) média do erro variável e b) média do erro constante. As barras verticais representam o intervalo de confiança de 95%.



Legenda: A linha verde tracejada indica o limite da faixa erro para interceptar o alvo.

\*  $p < 0,05$

### 11.2.1 Variáveis de controle motor

A análise do tempo relativo para o pico de velocidade não indicou diferença entre grupos ( $F_{(1,22)} = 0,77$ ;  $p = 0,39$ ;  $\eta_p^2 = 0,03$ ), momento ( $F_{(2,44)} = 0,43$ ;  $p = 0,64$ ;  $\eta_p^2 = 0,01$ ) ou interação entre grupo e momento ( $F_{(2,44)} = 1,57$ ;  $p = 0,21$ ;  $\eta_p^2 = 0,06$ ) (FIGURA 19a).

A análise do pico de velocidade não indicou diferença entre grupos ( $F_{(1,22)} = 2,30$ ;  $p = 0,14$ ;  $\eta_p^2 = 0,09$ ), momento ( $F_{(2,44)} = 0,14$ ;  $p = 0,87$ ;  $\eta_p^2 < 0,01$ ) ou interação entre grupo e momento ( $F_{(2,44)} = 0,49$ ;  $p = 0,61$ ;  $\eta_p^2 = 0,02$ ) (FIGURA 19b).

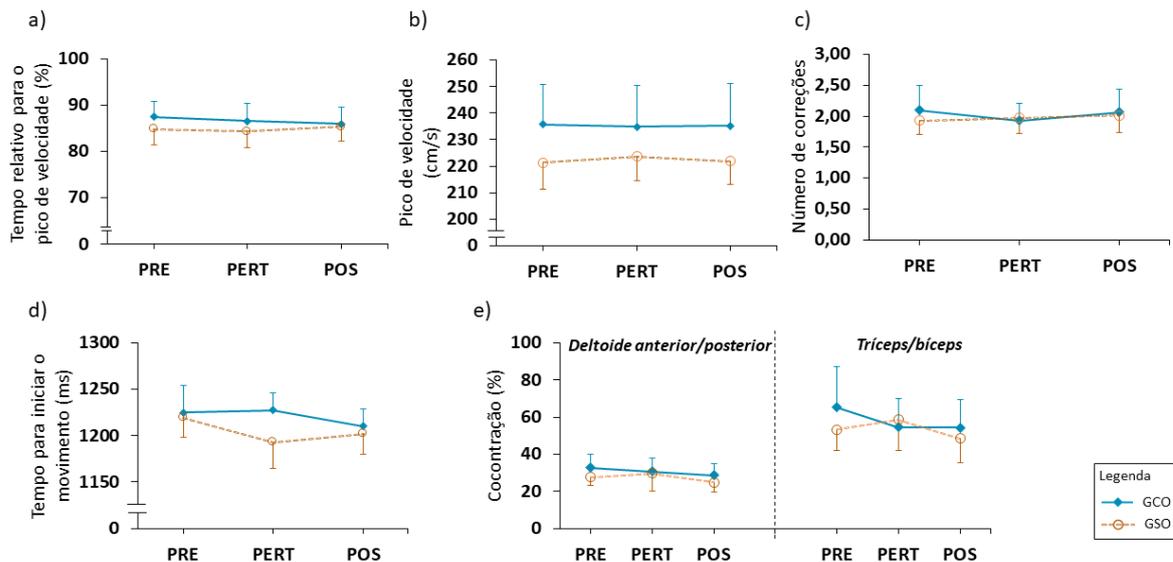
A análise do número de correções não indicou diferença entre grupos ( $F_{(1,22)} = 0,21$ ;  $p = 0,65$ ;  $\eta_p^2 < 0,01$ ), momento ( $F_{(2,44)} = 0,64$ ;  $p = 0,52$ ;  $\eta_p^2 = 0,02$ ) ou interação entre grupo e momento ( $F_{(2,44)} = 0,88$ ;  $p = 0,41$ ;  $\eta_p^2 = 0,03$ ) (FIGURA 19c).

A análise do tempo relativo para o pico de velocidade não indicou diferença entre grupos ( $F_{(1,22)} = 2,77$ ;  $p = 0,11$ ;  $\eta_p^2 = 0,11$ ), momento ( $F_{(2,44)} = 2,79$ ;  $p = 0,07$ ;  $\eta_p^2 = 0,11$ ). Devido à

diferença marginal encontrada e ao tamanho do efeito alto, foi realizado o teste post-hoc. Foi detectado que houve diminuição do pico da pré-perturbação para a pós-perturbação ( $p = 0,01$ ). Não foi identificada interação entre grupo e momento ( $F_{(2,44)} = 2,52$ ;  $p = 0,09$ ;  $\eta_p^2 = 0,10$ ) (FIGURA 19d).

A análise da cocontração dos pares de músculo DA/DP não indicou diferença entre grupos ( $F_{(1,21)} = 1,94$ ;  $p = 0,17$ ;  $\eta_p^2 = 0,08$ ), momento ( $F_{(2,44)} = 2,61$ ;  $p = 0,08$ ;  $\eta_p^2 = 0,11$ ) ou interação entre grupo e momento ( $F_{(2,44)} = 0,69$ ;  $p = 0,50$ ;  $\eta_p^2 = 0,03$ ). A análise da cocontração dos pares de músculo TL/BI também não indicou diferença entre grupos ( $F_{(1,21)} = 1,58$ ;  $p = 0,22$ ;  $\eta_p^2 = 0,07$ ), momento ( $F_{(2,44)} = 1,26$ ;  $p = 0,29$ ;  $\eta_p^2 = 0,05$ ) ou interação entre grupo e momento ( $F_{(2,44)} = 0,40$ ;  $p = 0,67$ ;  $\eta_p^2 = 0,01$ ) (FIGURA 19e).

**Figura 19** - Medidas de controle motor na fase de exposição à perturbação I. a) média do tempo relativo para o pico de velocidade, (b) média do pico de velocidade (c) média número de correções (d) média do tempo para início do movimento e (e) média da cocontração do DA/DP e TL/BI. As barras verticais representam o intervalo de confiança de 95%.



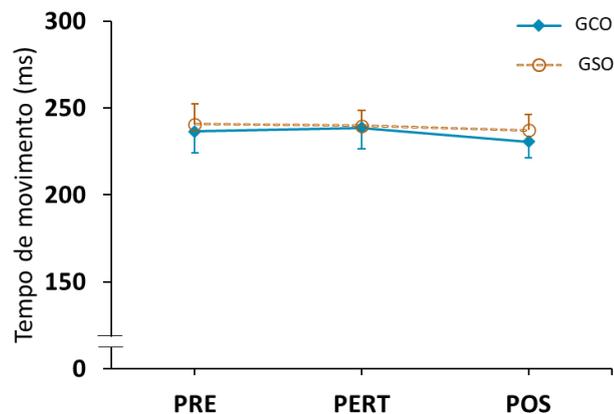
Legenda: \*  $p < 0,05$

## 11.3 Fase de exposição – perturbação II

### 11.3.1 Tempo de movimento

Foi solicitado aos participantes que realizassem o movimento entre 200ms e 250ms. A análise mostrou que tanto o GCO ( $\bar{x} = 235,28$ ) quanto o GSO ( $\bar{x} = 239,26$ ) mantiveram esse tempo na exposição à perturbação II (FIGURA 20).

**Figura 20** - Média do tempo de movimento na exposição à perturbação II. As barras verticais representam o intervalo de confiança de 95%.



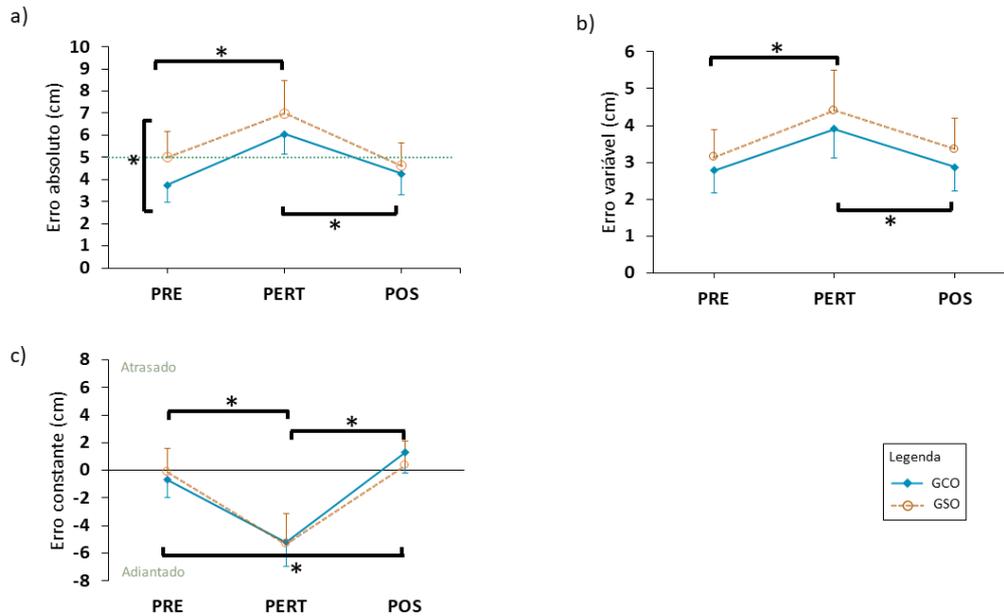
### 11.3.1 Variáveis de desempenho

A análise do erro absoluto mostrou que o GCO apresentou maior precisão que GSO ( $F_{(1,22)} = 4,74$ ;  $p = 0,04$ ;  $\eta_p^2 = 0,17$ ). Também foi indicada diferença no fator momento ( $F_{(2,44)} = 41,55$ ;  $p < 0,01$ ;  $\eta_p^2 = 0,65$ ). O teste post-hoc detectou diminuição da precisão na perturbação, quando comparada à pré-perturbação ( $p < 0,01$ ) e à pós-perturbação ( $p < 0,01$ ). Não foi identificada interação entre grupos e momento ( $F_{(2,44)} = 1,39$ ;  $p = 0,25$ ;  $\eta_p^2 = 0,06$ ) (FIGURA 21a).

A análise do erro variável indicou diferença no fator momento ( $F_{(2,44)} = 17,32$ ;  $p < 0,01$ ;  $\eta_p^2 = 0,44$ ). O teste post-hoc detectou que a consistência foi menor na perturbação, quando comparada à pré-perturbação ( $p < 0,01$ ) e à pós-perturbação ( $p < 0,01$ ). Não foi identificado efeito no fator grupo ( $F_{(2,44)} = 2,13$ ;  $p = 0,15$ ;  $\eta_p^2 = 0,08$ ) ou interação entre grupos e momento ( $F_{(2,44)} = 0,07$ ;  $p = 0,93$ ;  $\eta_p^2 < 0,01$ ) (FIGURA 21b).

A análise do erro constante indicou diferença no fator momento ( $F_{(2,140)} = 85,33$ ;  $p < 0,01$ ;  $\eta_p^2 = 0,79$ ). O teste post-hoc detectou que o erro foi maior na perturbação, quando comparada à pré-perturbação ( $p < 0,01$ ) e à pós-perturbação ( $p < 0,01$ ) e que o erro na pós-perturbação foi maior que na pré-perturbação ( $p = 0,05$ ). Não foi encontrada diferença entre grupos ( $F_{(1,22)} = 0,07$ ;  $p = 0,78$ ;  $\eta_p^2 < 0,01$ ) ou interação entre grupo e momento ( $F_{(2,44)} = 1,11$ ;  $p = 0,33$ ;  $\eta_p^2 = 0,04$ ). Foi identificado que na pré-perturbação ( $\bar{x} = -0,41\text{cm}$ ) e na perturbação ( $\bar{x} = -0,27\text{cm}$ ) houve tendência a adiantar o movimento em relação ao alvo, enquanto na pós-perturbação ( $\bar{x} = 0,81$ ) houve tendência a atrasar o movimento (FIGURA 21c).

**Figura 21** - Medidas de erro na fase de exposição à perturbação II. a) média do erro absoluto, b) média do erro variável e b) média do erro constante. As barras verticais representam o intervalo de confiança de 95%.



Legenda: A linha verde tracejada indica o limite da faixa erro para interceptar o alvo.

\*  $p < 0,05$

### 11.3.1 Variáveis de controle motor

A análise do tempo relativo para o pico de velocidade não indicou diferença entre grupo ( $F_{(1,22)} = 0,009$ ;  $p = 0,92$ ;  $\eta_p^2 < 0,01$ ), momento ( $F_{(2,44)} = 0,51$ ;  $p = 0,60$ ;  $\eta_p^2 = 0,02$ ) ou interação entre grupo e momento ( $F_{(2,44)} = 0,08$ ;  $p = 0,91$ ;  $\eta_p^2 < 0,01$ ) (FIGURA 22a).

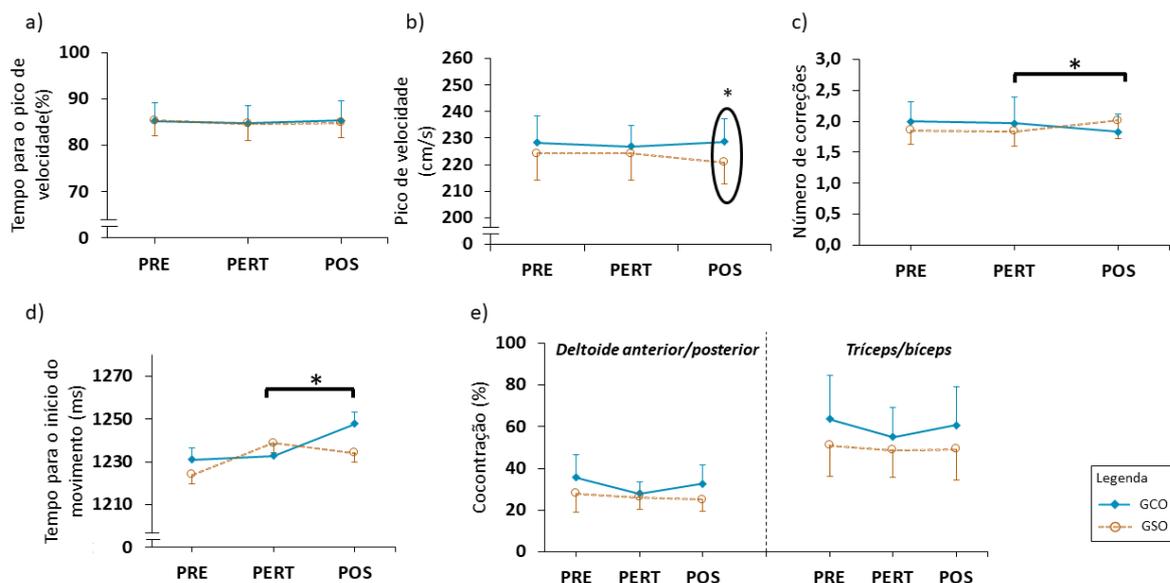
A análise do pico de velocidade indicou interação entre grupo e momento ( $F_{(2,44)} = 3,78$ ;  $p = 0,03$ ;  $\eta_p^2 = 0,14$ ). O teste post-hoc detectou que o GSO diminuiu o pico na pós-perturbação quando comparado à pré-perturbação ( $p = 0,05$ ). A análise não indicou diferença no fator grupo ( $F_{(1,22)} = 0,82$ ;  $p = 0,37$ ;  $\eta_p^2 = 0,03$ ) nem no fator momento ( $F_{(2,44)} = 1,30$ ;  $p = 0,28$ ;  $\eta_p^2 = 0,05$ ). (FIGURA 22b).

A análise do número de correções indicou interação entre grupo e momento ( $F_{(2,44)} = 4,29$ ;  $p = 0,03$ ;  $\eta_p^2 = 0,16$ ). O post-hoc LSD detectou que o GCO corrigiu menos na pós-perturbação ( $p = 0,04$ ) enquanto o GSO corrigiu mais na pós-perturbação ( $p = 0,05$ ), ambos quando comparados à pré-perturbação. Não foi identificada diferença entre grupos ( $F_{(1,22)} = 0,04$ ;  $p = 0,82$ ;  $\eta_p^2 < 0,01$ ) ou momentos ( $F_{(2,22)} = 0,84$ ;  $p = 0,87$ ;  $\eta_p^2 < 0,01$ ) (FIGURA 221c).

A análise do tempo para início do movimento indicou diferença entre momento ( $F_{(2,44)} = 4,19$ ;  $p = 0,03$ ;  $\eta_p^2 = 0,15$ ). O post-hoc detectou que o tempo aumentou na pós-perturbação, quando comparada à perturbação ( $p < 0,01$ ). Não foi encontrada diferença entre grupos ( $F_{(1,22)} = 0,39$ ;  $p = 0,53$ ;  $\eta_p^2 = 0,01$ ) ou interação entre grupos e momentos ( $F_{(2,44)} = 2,18$ ;  $p = 0,13$ ;  $\eta_p^2 = 0,09$ ) (FIGURA 22d).

A análise da cocontração nos pares músculos DA/DP não indicou diferença no fator grupo ( $F_{(1,21)} = 3,50$ ;  $p = 0,07$ ;  $\eta_p^2 = 0,14$ ). Devido à diferença marginal encontrada e ao tamanho do efeito alto, foi realizado o teste post-hoc. Foi detectado que o GCO apresentou maior cocontração que o GSO ( $p = 0,01$ ). Não foi indicada diferença no fator momento ( $F_{(2,42)} = 2,99$ ;  $p = 0,07$ ;  $\eta_p^2 = 0,12$ ). Devido à diferença marginal encontrada e ao tamanho do efeito alto, foi realizado o teste post-hoc. Foi detectado que houve diminuição da cocontração na perturbação ( $p = 0,01$ ). Não foi identificada interação entre grupo e momento ( $F_{(2,42)} = 1,48$ ;  $p = 0,23$ ;  $\eta_p^2 = 0,06$ ). Na cocontração dos músculos TL/BI também não foram identificadas diferenças no fator grupo ( $F_{(1,21)} = 2,27$ ;  $p = 0,14$ ;  $\eta_p^2 = 0,09$ ), no fator momento ( $F_{(2,42)} = 0,84$ ;  $p = 0,43$ ;  $\eta_p^2 = 0,03$ ) ou interação entre grupo e momento ( $F_{(2,42)} = 0,32$ ;  $p = 0,72$ ;  $\eta_p^2 = 0,01$ ) (FIGURA 22e).

**Figura 22** - Medidas de controle motor na fase de exposição à perturbação II. a) média do tempo relativo para o pico de velocidade, (b) média do pico de velocidade (c) média número de correções (d) média do tempo para início do movimento e (e) média da cocontração do DA/DP e TL/BI. As barras verticais representam o intervalo de confiança de 95%.



\*  $p < 0,05$

## 12 DISCUSSÃO DO EXPERIMENTO III

O presente experimento teve como objetivo investigar a influência da disponibilidade da informação visual na adaptação motora. Para isso, um grupo de prática com oclusão da informação visual e um grupo de prática sem oclusão da informação visual tiveram uma fase de pré-exposição, na qual praticaram até estabilizarem o desempenho, e uma fase de exposição a perturbações. Os resultados mostraram que a ausência de informação levou a um desempenho mais preciso, apesar de ter sido formada uma estrutura de controle mais rígida. A seguir serão discutidas detalhadamente as hipóteses e resultados referentes à cada fase do experimento.

A primeira hipótese da pré-exposição propunha que o desempenho de ambos os grupos melhoraria ao longo da fase. Esta hipótese foi confirmada. Tanto a precisão quanto a consistência do desempenho melhoraram ao longo da fase. De fato, a melhora do desempenho era uma condição para que fosse dado prosseguimento ao experimento, uma vez que foi adotado um critério de desempenho nessa fase. No primeiro bloco o desempenho ruim em ambos os grupos indica que a estrutura de controle ainda não havia sido formada. Mas como a prática é a constante busca de solução para um determinado problema motor (TANI, 1999), a continuação da prática levou ao desempenho estável e com baixo erro, indicando que houve a formação de módulos na tentativa de encontrar tal solução. Isso contribuiu para a formação de uma estrutura de controle competente para lidar com o contexto de execução. Isto é, com a prática, o PR parece ter sido capaz de identificar as diferentes velocidades de deslocamento do alvo e o ER parece ter sido capaz de determinar corretamente qual a contribuição de cada módulo formado para que houvesse a interceptação. Contudo, apesar de ambos os grupos alcançarem a estabilização e conseqüente melhora do desempenho, isso ocorreu de forma distinta.

Na análise da direção do erro foi encontrado que a retirada da informação visual levou a um atraso na chegada do interceptador na zona de interceptação. Apesar de os resultados encontrados não mostrarem diferença estatística nas medidas de EC e TIM, a ausência de informação em um momento crucial da trajetória parece ter dificultado a detecção das informações relevantes e causado uma hesitação no momento de iniciar o movimento. Nesse experimento parece que a hesitação foi o suficiente para gerar uma diferença na direção do erro, visto que a janela temporal para acertar o alvo era pequena (entre 75ms e 120ms).

Em relação às hipóteses de controle motor na pré-exposição, era esperado que a parte pré-programada do movimento aumentasse para ambos os grupos. Esta hipótese foi confirmada.

Os resultados encontrados neste estudo corroboram os achados de Campos (2017) e Couto (2018). Na pré-exposição, a aleatoriedade da prática gerou maior incerteza e não permitiu a repetição do planejamento a cada tentativa, mas é possível especular que como existiam apenas três velocidades de deslocamento do alvo, ao longo da prática a dinâmica da tarefa foi sendo aprendida, permitindo que o MF fosse aprimorado e a incerteza da prática fosse compensada pela sua competência. O ganho de competência do MF proporcionou melhor seleção dos módulos e menor dependência do *feedback* do comando motor, observado na melhora do desempenho sem aumento do número de correções. Consequentemente, o comando para executar o movimento era mais preciso, resultando no aumento do tempo para alcançar o pico de velocidade. Estudos anteriores já mostraram que quando a tarefa de interceptação é aprendida, o pico de velocidade aumenta e se aproxima do momento de interceptação (COUTO *et al.*, 2021).

Um ponto interessante a ser destacado é que o número de tentativas necessárias para se alcançar o critério de desempenho com oclusão ( $\bar{x} = 231,58$ ) e sem a oclusão ( $\bar{x} = 120,42$ ). Estes dados indicam que a ausência da informação sobre o alvo em um momento importante parece ter levado à maior dificuldade de aprender selecionar o comando correto, sendo mais difícil conseguir interceptar o alvo, ainda mais por tentativas consecutivas. Mais especificamente, é possível que a ausência da informação contextual no momento crítico causou a necessidade de fazer uma extrapolação da trajetória do alvo com base nas informações adquiridas ao longo do seu deslocamento na tentativa de alcançá-lo (Fooker *et al.*, 2016). Ainda que essa extrapolação tenha se mostrado eficaz para alcançar o alvo, foi menos eficiente. Por outro lado, com a informação disponível a formação de uma estrutura de controle competente ocorreu de forma mais rápida (necessitou cerca de 50% a menos de prática para estabilizar o desempenho). Apesar de o comando motor ser disparado pelo MIV, as outras estruturas que compõem o módulo são importantes para a seleção do comando adequado. O ER determina a contribuição de cada módulo através da integração das informações do MF e do PR (WOLPERT; KAWATO, 1998; HAGUIGUI, 2014). Quando o PR é alimentado com informações contextuais relevantes, sua predição de erro melhora e isso parece colaborar para a melhor predição de erro do MF, devido à atualização/aprimoramento das estruturas que compõem o módulo a cada tentativa (FIGURA 2). Portanto, esse resultado indica que as estruturas que compõem o módulo não trabalham de forma isolada, mas sim complementar.

Como consequência da melhor predição e menor dependência do controle *online*, era esperado que o número de correções diminuísse ao longo da fase. Está hipótese não foi

confirmada. Em ambos os grupos o número de correções foi mantido. Uma explicação é que inicialmente as correções pareciam não ser eficientes, o que fica evidente quando se analisa, em conjunto, correções e desempenho. Parece que inicialmente o erro no comando era muito grande e com o curto tempo disponível, a tentativa de correção era insuficiente. É possível que tanto o comando inicial quanto o comando de correção não foram capazes gerar um comando motor adequado. Contudo, com a prática, além de o comando inicial enviado ser mais adequado, as correções passaram a ser mais precisas, levando assim à melhora do desempenho. Isso ressalta que a aprendizagem não diminuiu o número de correções, mas sim melhorou a qualidade da correção.

Também foi encontrado que a oclusão propiciou um controle com mais correções no movimento. Esse resultado reforça a proposição de que na ausência de informação no momento crítico foi necessária uma predição da trajetória. A predição causa incerteza, o que resultou em maior número de correções. Ainda é possível especular que essa incerteza pode ter prejudicado o desempenho, pois aproximadamente 100ms após a imagem do objeto desaparecer ocorre uma diminuição da velocidade do processamento da informação visual armazenada em nível central (ORBAN DE XIVRY *et al.*, 2013, ORBAN DE XIVRY; MISSAL; LEFÈVRE, 2008). Nesse estudo, a oclusão foi de 200ms, então é possível que a duração da oclusão tenha causado maior erro no comando motor disparado. Parece que a oclusão piorou o PR e melhorou o MF, apesar da sua baixa eficácia. Isso levou à necessidade de mais correções para alcançar o alvo quando comparada à prática sem oclusão.

Curiosamente, o maior número de correções encontrado no grupo com oclusão ocorreu mesmo diante de um controle motor mais rígido na pré-programação, como pode ser visto pelo aumento da cocontração dos pares de músculo DA/DP e TL/BI e com aumento da porção pré-programada. De fato, era esperado que o pico de velocidade aumentasse ao longo da prática, o que foi confirmado. Contudo, era esperado que o aumento na velocidade dificultasse a correção, devido à necessidade de mudanças de maior magnitude e, conseqüentemente, maior dispêndio de energia. No entanto, o grupo com oclusão apresentou maior pico de velocidade e mais correções que o grupo sem oclusão. A análise da cocontração pode ajudar entender esse resultado.

Era esperado que a cocontração dos pares de músculos DA/DP e TL/BI diminuísse, mas essa hipótese não foi confirmada. Em ambos os grupos houve aumento da cocontração do início para o final da fase. A literatura tem mostrado que a diminuição da cocontração reflete uma

diminuição da rigidez na musculatura, e que essa é uma característica do processo de aprendizagem (THOROUGHMAN; SHADMEHR, 1999, GRIBBLE *et al.*, 2003). Isso proporciona tanto o descongelamento de graus de liberdade como mais fluidez ao movimento. No presente estudo, uma possível explicação para esse processo não ter acontecido e haver aumento da cocontração está relacionada à característica da tarefa. É possível que aumentar rigidez não tenha sido fruto de uma estratégia, mas sim uma consequência do aumento do pico de velocidade. A tarefa praticada, além de possuir uma restrição temporal em relação ao movimento (entre 200ms e 250ms), também possui uma restrição espacial. O objeto interceptador alcançava a zona de interceptação após percorrer uma distância curta (30cm). Após essa distância era necessário parar o movimento. Isto é, em um curto espaço e em um curto período era necessário acelerar e frear o movimento. Aumentar a velocidade do movimento parece ter implicado então em uma antecipação do tempo para ativação da musculatura antagonista, a fim de conseguir frear o movimento. Nesse caso, o período entre a ativação da musculatura agonista e antagonista do movimento precisou ser diminuído, aumentando assim a cocontração. No presente estudo, a cocontração foi medida até o PV. Pode ser que o aumento da cocontração aconteceu até o PV, e após isso ela diminuiu, o que consequentemente pode ter diminuído a rigidez na porção final do movimento e permitiu aumentar o número de correções. Esta outra explicação pode ser verificada futuramente, com reanálise dos dados do presente estudo.

A segunda fase do experimento foi conduzida para investigar o comportamento da estrutura de controle adquirida quando exposta a perturbações. Para isso, após o início do movimento foram inseridas perturbações com aumento ou diminuição da velocidade de deslocamento do alvo, intercaladas com tentativas-controle. Nessa fase era esperado que o grupo sem oclusão tivesse desempenho melhor que o grupo com oclusão. Essa hipótese não foi confirmada. Na perturbação I (aumento da velocidade), os grupos não se diferenciaram, além disso houve diminuição da precisão. Na perturbação II (diminuição da velocidade), ambos os grupos diminuíram a precisão, mas o grupo com oclusão da informação teve melhor desempenho que o grupo sem oclusão.

Nas tentativas-controle era esperado que as informações continuamente atualizadas sobre o deslocamento do alvo fossem capazes de fornecer informações suficientes para o disparo de um comando motor adequado. Isso de fato foi mostrado nas tentativas da pré-perturbação (erro < que 5cm). No entanto, durante a perturbação era necessário perceber a mudança de velocidade do alvo e corrigir o movimento. O PR é a estrutura do modelo

responsável por receber as informações contextuais e armazená-las para enviar previsões sobre a contribuição do módulo para o alcance de um determinado estado desejado (WOLPERT; KAWATO, 1998, HARUNO; WOLPERT; KAWATO, 2001). Por esse motivo, era razoável pensar que uma estrutura de controle formada a partir da ausência de informação contextual relevante teria um PR menos competente. Era esperado que essa característica proporcionaria maior dificuldade para identificar e enviar um novo comando, pois até a resolução da percepção visual limita a precisão na interceptação (BRENNER, SMEETS, 2009). No entanto, os resultados sugerem que a estrutura de controle formada tanto com oclusão quanto sem oclusão da informação não foi eficaz para corrigir o comando em curso, isto é, para adaptar. Parece que somente ter a informação disponível não torna PR mais competente.

A característica das perturbações impostas no presente estudo exigia não apenas uma modificação do comando motor, mas uma modificação rápida. O processamento de *feedback* visual ocorre dentro de um tempo entre 90ms e 120ms (CROSS *et al.*, 2019), então a seleção e disparo de um novo comando motor para realizar correções no movimento deveriam ser realizadas em um pouco mais de 100ms. Esse tempo parece não ter sido suficiente para que houvesse adaptação, ou seja, flexibilidade no comportamento. No estudo de Couto (2018), também foi encontrado que o grupo que praticou até a estabilização (um bloco de quatro interceptações consecutivas) e de forma aleatória não se adaptou as perturbações. No presente trabalho apesar de ambos os grupos praticarem além da estabilização (até alcançarem dois blocos de quatro interceptações consecutivas), parece que a quantidade de prática ainda não foi suficiente para formar uma estrutura flexível. Mais especificamente, durante o processo de aprendizagem a estrutura que foi formada era competente para lidar com as diferentes velocidades praticadas, porém era rígida. Tal característica não permitiu a adaptação quando os sujeitos foram expostos à novas demandas.

Talvez a prática além da estabilização levasse a uma estrutura mais flexível, capaz de se adaptar. Por exemplo, Couto *et al.* (2021) comparou a prática até a estabilização (interceptar o alvo em 1 bloco de 3 tentativas consecutivas) com a prática além da estabilização (6 blocos de 3 tentativas consecutivas). Ao final da fase de prática, a precisão do desempenho foi igual entre as duas condições, mas a prática além da estabilização foi mais variável. Como o nível de habilidade influencia a variabilidade (CHOW; BUTTON; DAVIDS; KOH, 2007; CORRÊA *et al.*, 2015), e variabilidade é uma condição para a adaptação (BUSZARD *et al.*, 2020; UGRINOWITSCH; BENDA; CORRÊA; TANI, 2014), é possível especular que o efeito da oclusão ficaria mais evidente se a prática na primeira fase fosse estendida por mais blocos. De

fato, o estudo de Couto (2018) também utilizou a tarefa de interceptação e mostrou melhor adaptação de quem praticou além da estabilização (interceptar 6 blocos de 4 tentativas consecutivas) e que foi mais variável durante a fase de aprendizagem. Futuros estudos podem investigar a oclusão com uma quantidade estendida de prática.

Apesar de os resultados mostrarem que não houve adaptação à nenhuma das perturbações, as perturbações afetaram o comportamento de forma distinta. Após serem expostos à PI, tanto a precisão quanto a consistência do desempenho se mantiveram baixas, ou seja, os grupos não conseguiram retomar o desempenho. Os resultados do erro constante mostraram que durante a perturbação ambos os grupos atrasaram a chegada do interceptador à zona de interceptação, pois não conseguiram acelerar o movimento para realizar correções. Como consequência, houve uma mudança da estratégia e ambos os grupos adiantaram o início do movimento. Essa estratégia levou a um desempenho ruim, mais uma vez por não haver correção. Esses resultados indicam que ambos os grupos adotaram a estratégia de manter o controle mais pré-programado, semelhante ao controle adotado na fase de pré-exposição, controle normalmente adotado em tarefa de interceptação (TRESILIAN; PLOOY, 2006; COUTO *et al.*, 2021). Por outro lado, após a exposição à perturbação II, tanto o grupo com oclusão quanto o grupo sem oclusão conseguiram retomar o desempenho, como pode ser visto nas medidas de precisão e consistência. A medida de tempo para início do movimento mostrou que após adiantarem a chegada do interceptador na zona de interceptação, a estratégia adotada foi atrasar o início do movimento. Porém, ao contrário do que foi encontrado na PI, os grupos conseguiram modificar o movimento em curso para acertar o alvo.

Diferente do que era esperado, diante da perturbação II, a ausência da informação visual levou ao melhor desempenho. É provável que a quantidade de cenários vivenciados durante a prática devido à ausência de informação elevou o número de cópias eferentes formadas, consequentemente, o workspace de prática. Como foi discutido anteriormente, durante a prática, o MF adquiriu maior competência preditiva para estimar o comando adequado, e a ausência de informação logo antes do tempo crítico exigiu maior necessidade de predição da trajetória para que o alvo fosse interceptado. Parece que durante a exposição às perturbações, mesmo quando a tarefa foi executada com a informação visual disponível, a estratégia de pré-programar mais o movimento foi mantida, pois não houve alteração no tempo relativo para o pico de velocidade e nem no valor do pico de velocidade, e a diminuição de ambos favorece a correção. Maior pré-programação com bom desempenho é um dos indicativos de um controle motor eficiente, porém em situações que exigem adaptação esse não é o mecanismo de controle

mais adequado, por dificultar correções. Além disso, a maior cocontração dos músculos deltoide anterior/posterior mostrou que o grupo com oclusão apresentou um controle mais rígido, o que dificulta as correções. O resultado encontrado no presente estudo contraria a proposição de Thurer *et al.* (2017), de que os resultados positivos da prática aleatória estariam mais relacionados ao mecanismo de *feedback online* do que à pré-programação.

A ausência da informação levou ao comportamento menos dependente da informação visual contextual, porém com controle mais rígido. Talvez a prática aleatória, aliada à oclusão da informação visual dificultou a busca e extração das informações do alvo, o que elevou o nível de incerteza a dificultou a correção e levou ao predomínio do mecanismo de pré-programação. Esse controle foi eficiente em situações previsíveis, porém insuficiente para contextos imprevisíveis. Por outro lado, ter a informação visual levou a um controle mais flexível. A menor cocontração indica que a musculatura envolvida no movimento estava menos rígida, o que permitiria o maior número de correções. Porém, esse controle flexível não foi o bastante para conseguir um bom desempenho diante da perturbação. Parece que um PR mais competente não influenciou na capacidade adaptativa diante das perturbações inseridas.

Em resumo, na perturbação, a atuação rápida do PR para identificar as modificações no contexto e enviar a predição de erro e a atuação do MF para atualizar o comando em curso poderiam contribuir para a adaptação, especialmente no GSO. Contudo, a manutenção do controle via pré-programação inviabilizou a atuação eficiente dessas estruturas. Mas de fato, a modificação da velocidade de deslocamento do alvo perturbou o sistema e gerou modificações no PV, TIM e NC nas tentativas pós-perturbação. A perturbação resultou em um aumento do erro absoluto e atualização das estruturas do módulo com base nesse erro. As novas informações contidas no estado desejado levaram à atuação de um modelo inverso atualizado (KAWATO, 1999). Mas como durante a prática aleatória na fase de pré-exposição, o MF foi alimentado com várias cópias eferentes do modelo inverso, ele se tornou competente para enviar predições de erro com mais precisão. O ER então foi capaz de estimar adequadamente a contribuição de cada módulo para o comando motor final e o desempenho melhorou, quando comparado à perturbação.

### 13 DISCUSSÃO GERAL

A presente tese foi composta por três experimentos que objetivaram investigar os efeitos da disponibilidade da informação visual em uma tarefa de interceptação a um alvo móvel. Mais especificamente, no experimento 1 foi manipulada a oclusão do alvo por 75ms em três momentos que variaram entre 300ms e 150ms antes do início esperado do movimento. No experimento 2 foi manipulada a inserção da informação visual sobre o alvo por 200ms em três diferentes momentos ao longo da trajetória. No experimento 3 foi manipulada a oclusão da informação visual por 200ms, inserida 250ms antes do início esperado do movimento, e foi investigado o efeito dessa manipulação na adaptação motora. A manipulação da disponibilidade da informação visual impacta diretamente no PR que, de acordo com o referencial assumido nessa tese, é o componente responsável por captar as informações contextuais e prever a contribuição do módulo para alcançar o estado desejado (HARUNO; WOLPERT; KAWATO, 2001). Como os componentes do módulo trabalham paralelamente, o comprometimento de um deles pode resultar em menor competência da estrutura de controle como um todo. Portanto, o PR não receber informações constantemente compromete a competência da estrutura de controle para enviar o comando motor adequado. Os resultados encontrados nessa tese mostraram que a manipulação da informação visual em diferentes momentos e com diferentes durações afetaram a estrutura de controle de forma distinta.

No geral, no experimento 1 foi encontrado que a oclusão da informação por um curto período não afetou o desempenho e o controle motor. No experimento 2 a inserção da informação visual 250ms antes do início esperado do movimento levou a um desempenho superior quando comparada à inserção da informação em outros momentos da trajetória, além de levar a um controle motor mais flexível, observado nos menores valores de cocontração dos pares de músculos DA/DP e TL/BI. Por outro lado, no experimento 3 a oclusão do alvo 250ms antes do início esperado do movimento levou a um desempenho semelhante à prática sem oclusão na pré-exposição, porém com mais correções, e a um desempenho superior na fase de exposição a perturbações.

Os resultados dos experimentos 2 e 3 em uma primeira análise podem parecer contraditórios, pois a inserção e a retirada 250ms antes do início esperado do movimento levaram ao melhor desempenho. Contudo, no experimento 2 as informações inseridas nesse momento serviram para atualizar o PR e essa atualização tornou possível estimar melhor o TTC, quando comparada à inserção da informação em outros momentos. Portanto, a competência do

PR foi determinante para o desempenho. É provável que a ausência da informação durante a trajetória tenha dificultado a definição do estado desejado e atuação do MF.

Já no experimento 3, durante a formação da estrutura de controle, a oclusão pode ter contribuído para a formação de maior variedade de módulos do que a prática aleatória sem oclusão. A combinação de três velocidades de deslocamento e oclusão da informação pode ter aumentado o workspace de prática, devido ao alto nível de erro durante as tentativas ou a quantidade de módulos e cópias eferentes criadas. Essas cópias podem ter fortalecido o MF, o que pode ter levado a um desempenho superior do GCO na fase de exposição. Portanto, a ausência de informação para o PR inicialmente prejudicou o desempenho, visto pelo maior erro no primeiro bloco da pré-exposição. Mas ao longo do processo de aprendizagem o aprimoramento do MF compensou as possíveis falhas nas previsões do PR. Portanto, esses resultados evidenciam que as estruturas do módulo, não apenas trabalham em paralelo, mas principalmente trabalham em conjunto para enviar informações para o ER.

Nos experimentos 1 e 3 houve manipulação da oclusão em momentos específicos da trajetória e era esperado que a ausência da informação prejudicasse o desempenho e o controle motor, o que não aconteceu. A manipulação da oclusão resultou na visualização do alvo na maior parte da trajetória (~1s) parece que as informações que alimentam o PR continuamente ao longo de toda a trajetória também são importantes para uma boa probabilidade prévia da contribuição do módulo. Porém, um olhar mais atento aos resultados mostra que no experimento 1 a taxa de interceptação foi baixa (40% das tentativas) e no experimento 3 houve necessidade de maior quantidade de prática para que o desempenho se tornasse estável. Esses resultados indicam que, apesar de as informações extraídas ao longo da trajetória também contribuírem para o controle motor, as informações captadas próximas ao  $TTC_{crit}$  influenciam mais o comportamento (MARINOVIC; PLOOY; TRESILIAN, 2009, MARINOVIC, 2016) e são de fato críticas, mas não apenas para o controle motor, são críticas para a formação da estrutura de controle.

## **14 CONCLUSÕES, LIMITAÇÕES E PROJEÇÕES PARA FUTUROS ESTUDOS**

Os resultados encontrados aqui dão um passo adiante no entendimento de como as informações do contexto afetam o desempenho e o controle motor. Foi demonstrado que os efeitos negativos da ausência da informação visual ao longo de toda a trajetória foram minimizados quando a informação foi fornecida próxima ao TTCcrit e que para lidar com a ausência da informação o controle se tornou mais flexível. Por outro lado, a ausência da informação próxima ao tempo crítico para o contato formou uma estrutura de controle rígida e com pouca competência para lidar com perturbações. Portanto, foi demonstrado que a disponibilidade da informação visual interfere no desempenho e no controle motor, e que a maneira como a informação é manipulada favorecer a flexibilidade do comportamento.

A manipulação da disponibilidade da informação visual realizada nessa tese aconteceu por meio da oclusão, que é uma maneira indireta de investigação sobre a extração da informação. Esse tipo de manipulação não permite investigar em quais locais efetivamente os participantes estavam extraíndo informações. Sugere-se que futuros estudos sejam realizados utilizando um método direto como o eye-tracking, pois essa ferramenta pode fornecer mais insights sobre como a informação visual influencia o controle da ação e o processamento da informação visual.

## REFERÊNCIAS

- ARUIN, A. S.; LATASH, M. L. Anticipatory postural adjustments during self-initiated perturbations of different magnitude triggered by a standard motor action. **Electroencephalography and Clinical Neurophysiology**, v. 101, p. 497-503, 1996. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0921-884X\(96\)95219-4](https://doi.org/10.1016/S0921-884X(96)95219-4).
- BENDA, R.N. Sobre a natureza da aprendizagem motora: mudança e estabilidade... e mudança. **Revista Brasileira de Educação Física e Esporte**, v.20, p.43-45, 2006.
- BERNIKER, M.; KORDING, K. Estimating the sources of motor errors for adaptation and generalization. **Nature Neuroscience**, v.11, p.1454-1461, 2008.
- BERNSTEIN, N. **The co-ordination and regulation of movements**. Oxford: Pergamon Press, 1967.
- BORZELLI, D.; CESQUI, B.; BERGER, D. J.; BURDET, E.; D'AVELLA, A. Muscle patterns underlying voluntary modulation of co-contraction. **PLoS ONE**, v.13, n. 10. p. 1-30, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0205911>.
- BRENNER, E., SMEETS, J. B. J. Quickly “learning” to move optimally, **Experimental Brain Research**, v. 213, n. 1, p. 153–161, 2011. DOI: 10.1007/s00221-011-2786-9.
- BRENNER, E.; SMEETS, J. B. J. Sources of variability in interceptive movements. **Experimental Brain Research**, v. 195, p. 117-133, 2009.
- BUSZARD, T.; GAROFOLINI, A.; REID, M.; FARROW, D.; OPPICI, L.; WHITESIDE, D. Scaling sports equipment for children promotes functional movement variability. **Scientific Report**, v. 10, p. 3111, 2020.
- CAMERON, B. D.; DE LA MALLA, C.; LÓPEZ-MOLINER, J. The role of differential delays in integrating transient visual and proprioceptive information. **Frontiers and Psychology**, v. 5, p. 1-12. 2014. doi: 10.3389/fpsyg.2014.00050.
- CAMINHA, L. Q., AZEVEDO-NETO, R. M., TEIXEIRA, L. A. Uso de visão periférica na interceptação de alvos móveis. **Motriz**, v. 16, n. 4, p. 858–868, 2010.
- CAMPOS, C. E. **Efeitos do nível de estabilização do desempenho e da estruturação da prática na adaptação a perturbações mecânicas imprevisíveis**. 2017. 125f. Tese (Doutorado em Ciências do Esporte). Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional, Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 2017.
- CAMPOS, C. E. *et al.* Kinematic Responses as a Control Strategy to Visual Occlusion. In: RIBEIRO, P. R. A., COTA, V. R., BARONE, D. A. C., de OLIVEIRA, A.C.M. (eds) **Computational Neuroscience. LAWCN 2021. Communications in Computer and Information Science**, v. 1519 Springer, Cham. 2022, p. 250–262. Disponível em [https://doi.org/10.1007/978-3-031-08443-0\\_16](https://doi.org/10.1007/978-3-031-08443-0_16)

CESQUI, B. *et al.* Gaze behavior in one-handed catching and its relation with interceptive performance: What the eyes can't tell. **PLoS one**, v. 10, n. 3, p. 1–39, 2015. DOI: 10.1371/journal.pone.0119445.

CHOW, J. Y.; BUTTON, C.; DAVIDS, K.; KOH, M. Variation in coordination of a discrete multiarticular action as a function of skill level. **Journal of Motor Behavior**, v. 39, p. 463-479, 2007.

COOPER, R. P. Forward and inverse models in motor control and cognitive control. In: Proceedings of International Symposium on AI Inspired Biology, Leicester, UK, 2010. p. 108-110.

CROSS, K.P.; CLUFF, T.; TAKEI, T.; SCOTT, S. H. Visual *Feedback* Processing of the Limb Involves Two Distinct Phases. **Journal of Neuroscience**. v. 39(34), p. 6751-6765, 2019. doi: 10.1523/JNEUROSCI.3112-18.2019.

COUTO, C. R. *et al.* Enhanced performance stabilization increases performance variability in a virtual interception task. **Perceptual and Motor Skill**, v. 128(1), p. 546-559 202 disponível em: <https://doi.org/10.1177/0031512520954959>.

COUTO, C. R. **Efeitos do nível de estabilização do desempenho e da estruturação da prática na adaptação a perturbações visuais imprevisíveis**. 2018. 178f. Tese (Doutorado em Ciências do Esporte). Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional, Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 2018.

COUTO, C. R. **Efeitos do nível de estabilização do desempenho na adaptação a perturbações imprevisíveis inseridas após o início do movimento**. 2012. 110 f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Esporte). Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional, Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 2012.

DARAINY, M.; MALFAIT, N.; GRIBBLE, P. L.; TOWHIDKHAH, F.; OSTRY, D. J. Learning to control arm stiffness under static conditions. **Journal of Neurophysiology**, v. 92, p. 3344-3355, 2004.

Darainy, M.; Ostry, D. J. Muscle cocontraction following dynamics learning. **Experimental Brain Research**, v. 190(2), p. 153-63, 2008. doi: 10.1007/s00221-008-1457-y.

DESMURT, M.; GRAFTON, S. Forward modeling allows *feedback* control for fast reaching movements. **Trends in Cognitive Sciences**, v. 4, p. 423-431, 2000.

DIEDRICHSEN, J.; KORNYSHEVA, K. Motor skill learning between selection and execution. **Trends in Cognitive Sciences**, v. 19, p. 227-233, 2015.

ELLIOTT, D.; HANSEN, S.; GRIERSON, L. E. M., *et al.* Goal-Directed Aiming: Two Components but Multiple Processes. **Psychological Bulletin**, v. 136, n. 6, p. 1023–1044, 2010. DOI: 10.1037/a0020958.

ELLIOTT, D., ZUBEREC, S., MILGRAM, P. A statistical approach to sensorimotor strategies: Conjugate cross-correlations. **Journal of Motor Behavior**, v. 26, n. 2, p. 113–122, 1994. DOI: 10.1080/00222895.1994.9941666.

FIALHO, J. V. A. P.; BENDA, R. N.; UGRINOWITSCH, H. The contextual interference effect in a server skill acquisition with experienced volleyball players. **Journal of Human Movement Studies**, v.50, p.65-78, 2006.

FIALHO, J. V. A. P.; TRESILIAN, J. R. Intercepting accelerated moving targets: effects of practice on movement performance. **Experimental Brain Research**, v. 235, n. 4, p. 1257–1268, 2017. DOI: 10.1007/s00221-017-4895-6.

FIEHLER, K.; BRENNER, E.; SPERING, M. Prediction in goal-directed action. **Journal of Vision**, v. 19, n. 9, p. 1-21. 2019. DOI: 10.1167/19.9.10.

FLANDERS, M.; CORDO, P. J. Quantification of peripherally induced reciprocal activation during voluntary muscle contraction. **Electroencephalography and clinical Neurophysiology**, v. 67, p. 389-394, 1987.

FONSECA, F. S.; BENDA, R. N.; PROFETA, V. L. S.; UGRINOWITSCH, H. Extensive practice improves adaptation to unpredictable perturbations in a sequential coincident timing task. **Neuroscience Letters**, v. 517, p. 123-127, 2012.

FOOKEN, J.; YEO, S. H., PAI, D. K., *et al.* Eye movement accuracy determines natural interception strategies, **Journal of Vision**, v. 16, n. 14, p. 1–15, 2016. DOI: 10.1167/16.14.1.

FRANKLIN, D. W.; OSU, R.; BURDET, E.; KAWATO M.; MILNER, T. E. Adaptation to stable and unstable dynamics achievements by combined impedance control in inverse dynamics model. **Journal of Neurophysiology**, v. 90, p. 3270-3282, 2003. doi:10.1152/jn.01112.2002

GOETTKER, A.; BRENNER, E.; GEGENFURTNER, K. R., *et al.* Corrective saccades influence velocity judgments and interception. **Scientific Reports**, v. 9, n. 1, p. 1–12, 2019. DOI: 10.1038/s41598-019-41857-z.

GOMES, T.V.B. **Efeitos da prática mental na adaptação motora a perturbações previsíveis e a perturbações imprevisíveis**. 2014. 102 f. Tese (Doutorado em Ciências do Esporte). Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional, Universidade Federal de Minas Gerais, 2014.

GORDON, J.; GHEZ, C. Trajectory control in targeted force impulses II. Pulse height control. **Experimental Brain Research**, v. 67, n. 2, p. 241-252, 1987.

GRAY, R. Behaviour of colleague baseball players in a virtual batting task. **Journal Experimental Psychology Human Percept Performance**, v.28, p.1131–1148, 2002.

GREEN, S. B.; SALKIND, N. J. Using spss for windows and macintosh: analyzing and undstanding data. 6 ed Upper Saddle River, NJ: Pearson Prentice Hall. 2008

GRIBBLE, P. L.; MULLIN, L. I.; COTHROS, N.; MATTAR, A. Role of cocontraction in arm movement accuracy. **Journal of Neurophysiology**, v.89, p.2396-2405, 2003. DOI: 10.1152/jn.01020.2002.

HAGUIGUI, H.; ABDOLLAHI, F.; BABAEI, S.; GHARUBZADEH, S. Compensation of downbeat nystagmus with a modular controller. 21th IRANIAN CONFERENCE ON BIOMEDICAL ENGINEERING (ICBME), Tehran, 2014. p. 275-280. DOI: 10.1109/ICBME.2014.7043935

HARUNO, M.; WOLPERT, D. M.; KAWATO, M. MOSAIC model for sensorimotor learning and control. **Neural Computation**, v. 13, p. 2201-2220, 2001.

HAUKOOS, J. S.; LEWIS, R. J. Advanced statistics: bootstrapping confidence intervals for statistics with "difficult" distributions. **Academic Emergency Medicine**, v.12(4) p. 360-5, 2005. doi: 10.1197/j.aem.2004.11.018. PMID: 15805329.

HEALD, J. B.; FRANKLIN, D. W.; WOLPERT, D. Increasing muscle co-contraction speeds up internal model acquisition during dynamic motor learning. **Scientific Reports**, v. 8, n 16355, p. 1-11, 2018. DOI: 10.1038/s41598-018-34737-5

HOGENDOORN, H. Motion Extrapolation in Visual Processing: Lessons from 25 Years of Flash-Lag Debate. **Journal of Neuroscience**, v.40(30), p. 5698-5705, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.0275-20.2020>

HOLLAND J. **Hidden order: how adaptation builds complexity**. Reading (MA): Addison-Wesley, 1995.

IMAMIZU, H. *et al.* Explicit contextual information selectively contributes to predictive switching of internal models. **Experimental Brain Research**, v. 181, p. 395-408, 2007.

IMAMIZU, H.; KAWATO, M. Brain mechanisms for predictive control by switching internal models: implications for higher-order cognitive functions. **Experimental Brain Research**, v. 73, p. 527-544, 2009.

KAWATO, M. Internal models of motor control and trajectory planning. **Current Opinion Neurobiology**, v. 9, p. 718-727, 1999.

KHAN, A. M.; FRANKS, I. M.; ELLIOTT, D. *et al.* Inferring *online* and offline processing of visual *feedback* in target-directed movement from kinematic data. **Neuroscience and Biobehavioral Reviews**, v. 30, p. 1106-1121, 2006. DOI:10.1016/j.neubiorev.2006.05.002

KRAKAUER, J.W.; PINE, Z.M.; GHILARD, M.F. GHEZ, C. Learning of visuomotor transformations for vectorial planning of reaching trajectories. **The Journal of Neuroscience**, v.20, p.8916–8924, 2000.

LAGE, G. M. *et al.* A kinematic analysis of manual aiming control on euthymic bipolar disorder. **Psychiatry Research**, v. 208, p. 140–144, 2013.

LAND, M. F., MCLEOD, P. From eye movement to actions: how batsman hit the ball. **Nature Neuroscience**, v. 3, n. 12, p. 1340–1345, 2000.

LEITE, C. M. F. **Efeitos da organização da prática variada sobre a adaptação motora a perturbações previsíveis e imprevisíveis**. 2014.102 f. Tese de Doutorado (Doutorado em

Ciências do Esporte). Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da UFMG, 2014.

LELIS-TORRES, N.; UGRINOWITSCH, H.; APOLINÁRIO-SOUZA, T.; BENDA, R.; LAGE, G. M. Task engagement and mental workload involved in variation and repetition of a motor skill. **Scientific Reports**, v. 7, p. 1-10, 2017. DOI: 10.1038/s41598-017-15343-3

LELIS-TORRES, N.; UGRINOWITSCH, H.; APOLINÁRIO-SOUZA, T.; LAGE, G. M. O efeito da interferência contextual na aprendizagem de uma tarefa de apontamento manual. **Journal of Physical Education**, v. 29, p. 1-13, 2018. DOI: 10.4025/jphyseduc.v29i1.2904

MARINOVIC, W. Controle motor em tarefas interceptativas, In: TANI, G. (Org), **Comportamento Motor: Conceitos, estudos e aplicações**, 2016, p.225-231

MARINOVIC, W.; WALLIS, G. Visual attention affects temporal estimation in anticipatory motor actions. **Experimental Brain Research**, v. 212, p. 613-621, 2011.

MARINOVIC, W.; PLOOY, A. M.; TRESILAIN, J. R. Preparation and inhibition of interceptive actions. **Experimental Brain Research**, v. 197, p. 311 – 319, 2009b.

MARINOVIC, W.; PLOOY, A. M.; TRESILIAN, J. R. The utilisation of visual information in the control of rapid interceptive actions. **Experimental Psychology**, v. 56, n. 4, p. 265–273, 2009a. DOI: 10.1027/1618-3169.56.4.265.

MARINOVIC, W.; PLOOY, A. M.; TRESILIAN, J. R. The time course of amplitude specification in brief interceptive actions. **Experimental Brain Research**, v. 188, p. 275-288, 2008. DOI 10.1007/s00221-008-1360-6.

MERCHANT, H.; ZARCO, W.; PRADO, L.; *et al.*, Behavioral and Neurophysiological Aspects of Target Interception. In: STERNAD, D. (Org.), **Progress in Motor Control**, [S.l: s.n.], 2009. v. 629. p. 201–220. DOI: 10.1007/978-0-387-77064-2. Disponível em: <http://www.springerlink.com/index/10.1007/978-0-387-77064-2>.

MIALL, R.C.; WOLPERT, D. Forward Models for Physiological Motor Control. **Neural Networks**, v.8, n. 8, p. 1265-1279, 1996.

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

OSU, R.; HIRAI, S.; YOSHIOKA, T.; KAWATO, M. Random presentation enables subjects to adapt to two opposing forces on the hand. **Nature Neuroscience**, v. 7, p. 111-112, 2004.

ORBAN DE XIVRY, J. J. *et al.* Kalman filtering naturally accounts for visually guided and predictive smooth pursuit dynamics, **Journal of Neuroscience**, v. 33, n. 44, p. 17301–17313, 2013. DOI: 10.1523/JNEUROSCI.2321-13.2013.

ORBAN DE XIVRY, J. J.; MISSAL, M.; LEFÈVRE, P. A dynamic representation of target motion drives predictive smooth pursuit during target blanking. **Journal of Vision**, v. 8, n. 15, p. 1–13, 2008. DOI: 10.1167/8.15.6.

REGAN, D. Visual factors in hitting and catching. **Journal of Sports Sciences**, v. 15, n. 6, p. 533–558, 1997. DOI: 10.1080/026404197366985.

SANTOS, S.P.; BENDA, R.N.; COUTO, C.R.; CAMPOS, C.E.; ANDRADE, A.G.P.; LAGE, G.M.; UGRINOWITSCH, H. The level of performance stabilization influences motor adaptation on an isometric force control task. **Plos One**, v.12, p.1-14, 2017.

SALVESBERG, G. J. P.; WILLIAMS, A. M.; VAN DER KAMP, J.; WARD, P. Visual search, anticipation and expertise in soccer goalkeepers. **Journal of Sports Science**, v. 20, p. 279-287, 2002.

SHEA, J. B.; MORGAN, R. L. Contextual interference effects on the acquisition, retention, and transfer of a motor skill. **Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory**, Washington, v.5, p.179-187, 1979

SIDAWAY *et al.* Contextual interference can facilitate motor learning in older adults and in individuals with parkinson's disease. **Journal of Motor Behavior**, v. p. 1-10, 2016. DOI: 10.1080/00222895.2016.1152221

TANI, G. Criança e movimento: o conceito de prática na aquisição de habilidades motoras. In KREBS, R. J.; COPETTI, F.; BELTRAME, T. S. & USTRA, M. (Orgs). **Perspectivas para o Desenvolvimento Infantil**. Santa Maria: Edições SIEC, 1999. p.57-64.

TEICHMANN, L.; MOEREL, D.; RICH, A. N.; BAKER, C. I. The nature of neural object representations during dynamic occlusion. **Cortex**, v. 153, p. 66-86. disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2022.04.009>.

TEIXEIRA, L. A. **Controle motor**. Barueri, SP: Manole, 2006. 375p.

TEIXEIRA, L. A.; CHUA, R.; NAGELKERKE, P.; FRANKS, I. M. Use of visual information in the correction of interceptive actions. **Experimental Brain Research**, v. 175, n. 4, p. 758–763, 2006. DOI: 10.1007/s00221-006-0740-z.

THOROUGHMAN, K. A.; SHADMEHR, R. Electromyographic Correlates of Learning an Internal Model of Reaching Movements. **The Journal of Neuroscience**, v. 19, n. 19, p. 8573-8588, 1999.

THURER, B.; STOCKINGER, C.; PUTZE, F.; SCHULTZ, T.; STEIN, T. Mechanisms within the parietal cortex correlate with the benefits of random practice in motor adaptation. **Frontiers in Human Neuroscience**, v. 11. 2017 doi: 10.3389/fnhum.2017.00403.

TRESILIAN, J. R. Hitting a moving target: Perception and action in the timing of rapid interceptions. **Perception and Psychophysics**, v. 67, n. 1, p. 129–149, 2005. DOI: 10.3758/BF03195017.

TRESILIAN, J. R.; OLIVER, J.; CARROLL, T. J. Temporal precision of interceptive action: Differential effects of target size and speed. **Experimental Brain Research**, v. 148, n. 4, p. 425–438, 2003. DOI: 10.1007/s00221-002-1309-0.

TRESILIAN, J. R.; PLOOY, A. M.; CARROLL, T.J. Constrains on spatiotemporal accuracy of interceptive action: effects of target size on hitting a moving target. **Experimental Brain Research**, v.155, p.509-526, 2004.

TRESILIAN, J. R.; PLOOY, A. Systematic changes in the duration and precision of interception in response to variation of amplitude and effector size. **Experimental Brain Research**, v. 171, p. 421-435, 2006.

UEYAMA, Y. Costs of position, velocity, and force requirements in optimal control induce triphasic muscle activation during reaching movement. **Science Reports**, v. 11, 16815 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41598-021-96084-2>.

UGRINOWITSCH, H.; BENDA, R. N.; CORRÊA, U. C.; TANI, GO. Extensive practice improves adaptation to predictable perturbations in a sequential coincident timing task. **American Journal of Life Sciences**, v. 2(2), p. 90-95, 2014.

UGRINOWITSCH, H.; SANTOS-NAVES, S. P.; CARBINATTO, M. V.; TANI, G.; BENDA, R. N. Motor skill adaptation depends on the level of learning. **International Journal of Human and Social Sciences**, v. 6, p. 177-181, 2011.

VINE, S. J.; LEE, D. H.; WALTERS-SYMONS, R.; WILSON, M. R. An occlusion paradigm to assess the importance of the timing of the quiet eye fixation. **European Journal of Sport Science**. p. 1-7, 2015. DOI: 10.1080/17461391.2015.1073363

WADA, Y.; KAWABATA, Y.; KOTOSAKA, S.; YAMAMOTO, K.; KITAZAWA, S.; KAWATO, M. Acquisition and contextual switching of multiple internal models for different viscous force fields. **Neuroscience Research**, v. 46, p. 319-331, 2003. DOI: 10.1016/s0168-0102(03)00094-4

WOLPERT, D. M.; FLANAGAN, J. R. Forward models. In: T. BAYNES; A. CLEEREMANS; P. WILKEN (Eds). **The Oxford Companion to Consciousness**. Oxford University Press: Oxford, 2009. p. 295-296.

WOLPERT, D. M.; GHAHRAMAN; Z. Computational principles movement neuroscience. **Nature Neuroscience**, v.3, Sup. p. 1212-1217, 2000. DOI: 10.1038/81497

WOLPERT, D. M.; KAWATO, M. Multiple paired forward and inverse models for motor control: an adaptation study. **Neural Networks**, v. 11, p. 1317–1329, 1998.

WOODWORTH, R.S. The accuracy of voluntary movement. **Psychological Review**, v.3, 1-119, 1899.

ZAGO, M.; JOSEPH MCINTYRE, J.; PATRICE SENOT, P.; LACQUANITI, F. Visuo-motor coordination and internal models for object interception. **Experimental Brain Research**, v.192, p-571-604, 2009.

ZAGO, M.; BOSCO, G.; MAFFEI, V.; IOSA, M.; IVANENKO, Y.P.; LACQUANITI, F. Internal models of target motion: Expected dynamics overrides measured kinematics in timing manual interceptions. **Journal of Neurophysiology**, v. 91, p. 1620-1634, 2004.

## APÊNDICE A

### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

#### **“INFORMAÇÃO VISUAL EM TAREFAS DE INTERCEPTAÇÃO: efeito do momento de visualização do alvo no controle motor e na adaptação”**

Você está sendo convidado a participar de um estudo realizado pelo Grupo de Estudos em Desenvolvimento e Aprendizagem Motora (GEDAM), da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional (EEFFTO), na Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), sob coordenação do prof. Herbert Ugrinowitsch e pela doutoranda Cíntia de Oliveira Matos. O objetivo desse estudo é investigar como a disponibilidade da informação visual sobre o alvo afeta o desempenho em uma tarefa de interceptação a um alvo móvel.

A coleta de dados será realizada na sala de coletas do GEDAM, localizada na EEFFTO. Durante toda a coleta de dados você será acompanhado por um dos responsáveis pela pesquisa. A tarefa motora consistirá em movimentar um objeto sobre uma guia linear tentando interceptar um alvo virtual que se deslocará em uma tela à sua frente. Para alcançar os objetivos propostos neste estudo será necessária a colocação de eletrodos de superfície para captura do sinal elétrico dos músculos (deltoide anterior, deltoide posterior, bíceps e tríceps). Este procedimento é comumente utilizado em pesquisas e até hoje não foi relatado problema algum, não oferecendo qualquer risco à sua saúde.

Inicialmente você responderá um questionário composto por 10 itens para identificarmos sua preferência lateral. Após responder o questionário, os eletrodos serão colocados e será realizado um teste de contração isométrica voluntária máxima. Em seguida você irá realizar a tarefa de interceptação.

Os possíveis riscos decorrentes de sua participação são fadiga mental e fadiga muscular no membro superior direito devido à quantidade de tentativas executadas. Apesar destes riscos serem mínimos, eles serão controlados com pausas periódicas feitas durante toda a coleta de acordo com a sua necessidade. Para a colocação dos eletrodos de superfície será realizada a raspagem dos pelos e higienização da pele. Após a coleta será utilizada uma pomada hipoalergênica no local da raspagem para evitar qualquer possível irritação.

Todos os seus dados pessoais serão confidenciais, sua identidade não será revelada publicamente em hipótese alguma. Somente os pesquisadores envolvidos nesse estudo terão acesso aos seus dados, sendo que as informações serão utilizadas SOMENTE para fins de pesquisa.

Sua participação no estudo não trará benefícios diretos a você. Entretanto, contribuirá para o estudo de uma questão que, futuramente, poderá refletir em informações importantes para a intervenção no ensino-treinamento de habilidades motoras.

Você não terá qualquer forma de remuneração financeira nem despesas relacionadas ao estudo. Como participante voluntário, você tem todo o direito de recusar sua participação ou retirar seu consentimento em qualquer fase da pesquisa caso não se sinta à vontade durante os procedimentos experimentais, sem qualquer penalização ou prejuízo à sua pessoa.

Além disso, em qualquer momento da pesquisa, você terá total liberdade para esclarecer qualquer dúvida com o professor Herbert Ugrinowitsch, pelo telefone (31) 3409-2393 ou email [herbertu@ufmg.br](mailto:herbertu@ufmg.br) ou com a doutoranda Cíntia de Oliveira Matos, pelo telefone (31) 98806-

5864 ou email [cintiamatos21@yahoo.com.br](mailto:cintiamatos21@yahoo.com.br). Em caso de dúvida(s) sobre questões éticas relacionadas à pesquisa, você poderá entrar em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais (COEP-UFMG), pelo telefone (31) 3409-4592, por e-mail ([coep@prpq.ufmg.br](mailto:coep@prpq.ufmg.br)) ou pelo endereço Av. Presidente Antônio Carlos, 6627, Unidade Administrativa II – 2º andar, sala: 2005 31270-901 – BH – MG. Eu \_\_\_\_\_, voluntário, tive minhas dúvidas respondidas e aceito participar desta pesquisa. Portanto, concordo com tudo que foi acima citado e livremente dou o meu consentimento.

Belo Horizonte de de 20 .

\_\_\_\_\_  
Assinatura do voluntário

\_\_\_\_\_  
Assinatura do pesquisador

## APÊNDICE B

Organização das tentativas-controle e tentativas com perturbação na fase de exposição

Nº tentativa	condição						
1	controle	36	PI	71	controle	106	controle
2	controle	37	controle	72	controle	107	controle
3	controle	38	controle	73	PI	108	controle
4	controle	39	controle	74	controle	109	PI
5	PII	40	controle	75	controle	110	controle
6	controle	41	controle	76	controle	111	controle
7	controle	42	PII	77	controle	112	controle
8	controle	43	controle	78	PI	113	controle
9	PI	44	controle	79	controle	114	controle
10	controle	45	controle	80	controle	115	PI
11	controle	46	PI	81	controle	116	controle
12	controle	47	controle	82	PII	117	controle
13	PII	48	controle	83	controle	118	controle
14	controle	49	controle	84	controle	119	PII
15	controle	50	controle	85	controle	120	controle
16	controle	51	PII	86	controle	121	controle
17	controle	52	controle	87	controle	122	controle
18	PI	53	controle	88	PI	123	PI
19	controle	54	controle	89	controle	124	controle
20	controle	55	PI	90	controle	125	controle
21	controle	56	controle	91	controle	126	controle
22	PII	57	controle	92	PII	127	controle
23	controle	58	controle	93	controle	128	controle
24	controle	59	PI	94	controle	129	PII
25	controle	60	controle	95	controle	130	controle
26	controle	61	controle	96	controle	131	controle
27	controle	62	controle	97	PI	132	controle
28	PII	63	controle	98	controle	133	controle
29	controle	64	controle	99	controle	134	PI
30	controle	65	PII	100	controle	135	controle
31	controle	66	controle	101	PII	136	controle
32	controle	67	controle	102	controle	137	controle
33	PI	68	controle	103	controle	138	PII
34	controle	69	PII	104	controle	139	controle
35	controle	70	controle	105	PII	140	controle

## ANEXO A

## Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG

UNIVERSIDADE FEDERAL DE  
MINAS GERAIS

## PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

## DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

**Título da Pesquisa:** INFORMAÇÃO VISUAL EM TAREFAS DE INTERCEPTAÇÃO: efeito do momento de visualização do alvo e da organização da prática

**Pesquisador:** Herbert Ugrinowitsch

**Área Temática:**

**Versão:** 2

**CAAE:** 24754819.6.0000.5149

**Instituição Proponente:** PRO REITORIA DE PESQUISA

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

**Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:**

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1432365.pdf	09/12/2019 19:34:52		Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_exp3.docx	09/12/2019 19:33:32	Herbert Ugrinowitsch	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_exp1_2.docx	09/12/2019 19:32:37	Herbert Ugrinowitsch	Aceito
Outros	Carta_resposta.docx	09/12/2019 19:28:00	Herbert Ugrinowitsch	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_detalhado.docx	01/11/2019 10:18:53	Cintia de Oliveira Matos	Aceito
Parecer Anterior	parecer_departamento0001.pdf	01/11/2019 10:09:30	Cintia de Oliveira Matos	Aceito
Folha de Rosto	folhaDeRosto_assinada.pdf	11/10/2019 18:48:05	Cintia de Oliveira Matos	Aceito

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

BELO HORIZONTE, 13 de Janeiro de 2020

Assinado por:

**Críssia Carem Paiva Fontainha**  
(Coordenador(a))

**Endereço:** Av. Presidente Antônio Carlos, 6627 2º Ad Sl 2005

**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

### Inventário de Dominância Lateral de Edimburgo (OLDFIELD, 1971)

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)		