

Crislaine Rangel Couto

**EFEITOS DO NÍVEL DE ESTABILIZAÇÃO DO DESEMPENHO E  
ESTRUTURAÇÃO DA PRÁTICA NA ADAPTAÇÃO A PERTURBAÇÕES  
VISUAIS IMPREVISÍVEIS**

Belo Horizonte  
Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da UFMG  
2018

Crislaine Rangel Couto

**EFEITOS DO NÍVEL DE ESTABILIZAÇÃO DO DESEMPENHO E  
ESTRUTURAÇÃO DA PRÁTICA NA ADAPTAÇÃO A PERTURBAÇÕES  
VISUAIS IMPREVISÍVEIS**

Tese apresentada ao Programa de Pós Graduação em Ciências do Esporte da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito parcial à obtenção do título de doutora em Ciências do Esporte.

Área de concentração: Aquisição, controle e adaptação de habilidades motoras ao longo da vida.

Orientador: Dr. Herbert Ugrinowitsch

## AGRADECIMENTOS

Gratidão é a palavra que resume o que o meu coração sente a todo momento. Gratidão a Deus e aos anjos que têm me acompanhado, aconselhado, intuído e protegido ao longo da vida. Alguns destes anjos estão comigo como amigos, outros como familiares, outros aparecem para ajudar e depois se vão, outros eu somente sinto que sempre estão. O que os torna anjos é o papel que desempenham ao me auxiliarem no cumprimento das minhas missões, pois sozinha eu não seria capaz. Quem tem “anjos” tem tudo na vida! Obrigada a todos que me ajudam no meu processo de desenvolvimento!

Do que adianta potencialidade sem oportunidade? Para mim, não dá para ir longe sem uma ou sem a outra e, ao longo de toda a vida foi sempre a interação de ambas que me fez caminhar. Agradeço aos professores Herbert (my dad), Rodolfo e Guilherme por cada oportunidade que me deram e que permitiram desenvolver as potencialidades que eu trazia comigo, herança principalmente dos meus pais. Herbert, obrigada pelos ensinamentos que vão além da parte acadêmica! Obrigada por ter se tornado um amigo e por desempenhar, muitas vezes, o papel de pai. Sinto-me muito feliz pela relação que desenvolvemos ao longo destes oito anos, ela fez muita diferença em minha vida. Às vezes me pego agindo como você e logo percebo que isso faz parte das raízes que cultivei quando escolhi seguir os seus exemplos.

Rodolfo, obrigada também pela função que teve em minha formação! O seu papel foi muito além da parte acadêmica, reconheço tudo o que você fez e serei sempre muito grata por isso. Ah Rodolfo!!! Muito obrigada por ter me contaminado com o vírus do Desenvolvimento Motor!

Guilherme, obrigada por ser essa referência, desde a sua pós-graduação eu me espelho muito em você, na sua competência, caráter e disposição para nos ajudar a progredir.

Pai e mãe, hoje eu sei que as metas de um aprendiz não são alcançadas como se espera em cada tarefa sem as demonstrações (obrigada pelos exemplos!), instruções verbais (obrigada pelos conselhos!), prática (obrigada por todas as oportunidades, até mesmo aquelas mais difíceis!) e *feedbacks* (obrigada pelos puxões de orelha, castigos e elogios!) adequados. Obrigada por terem sido os mestres perfeitos pra mim nesta tarefa que se chama vida. Obrigada por me fazer acreditar, principalmente através de exemplos, que algumas metas que pareciam inatingíveis na verdade não eram! Vocês foram as minhas primeiras referências de modelo a ser seguido, modelo de humildade, bondade e muita determinação. Determinação que me fez persistir todos os dias, apesar das perturbações que muitas vezes traziam dor (a dor do cansaço, a dor de não poder estar perto de quem se ama quando se quer...). Obrigada também por me ensinar a SEMPRE fazer o bem e a acreditar que este é o melhor caminho. Esta crença retroalimenta o meu sistema a cada minuto com esperança e vontade de ajudar sempre. Por fim, obrigada pelo contexto de prática que sempre me forçou a me dedicar muito. Mãe, a senhora ter “permitido” que eu me tornasse babá aos dez anos e faxineira aos 14 me fez decidir dar o meu sangue pelos estudos, mesmo com oportunidades escassas. Meu contexto de prática foi muito desafiador e, conseqüentemente me motivou a fazer o melhor

que eu pudesse, mesmo quando me sentia muito cansada. Agradeço também aos meus irmãos Cristina (a minha primeira amiga) e Marco Antônio (o bebê que cuidei como se fosse meu). Obrigada por estarem a tanto tempo comigo, acreditando nos meus sonhos e demonstrando, do jeito de vocês, o amor que tanto me fortaleceu. Espero poder estar mais perto de vocês a partir de agora.

Gedam, como é difícil lidar com complexidade (hahaha)! Temos nos tornado um sistema mais complexo a cada semestre (onde vamos parar? rsrs)! Somos tantos elementos, tantos componentes, tantos Gedais que tem se tornado difícil a prática pelo todo em nosso grupo. Impossível prática pelo todo nas reuniões de sextas-feiras, nas pizzas do chefe, na mesa do almoço, na sala de estudos do laboratório... Mas, se não é possível pelo todo nós vamos por partes e por partes também funciona! Funciona porque a interação entre estes elementos é forte, dependemos muito um do outro como grupo. Nosso êxito nas disciplinas, teses, dissertações, construções de tarefas e programação não existiria se não fossem os nossos colegas. Que nunca nos esqueçamos disso, pois neste processo de interação entre componentes adquirimos algo que é para a vida toda, as amizades! Obrigada a todos os Gedais por estarem comigo, me sinto muito orgulhosa por fazer parte desta família!

Carlinhos, irmão que eu ganhei, agradeço por cada perturbação vencida juntos! Talvez o meu processo não tivesse sido possível sem você! Quanta coisa nós passamos juntos no desafio de construir a tarefa, de entender os modelos internos, a eletromiografia! Meu Deus, tudo muito novo!!! Como eu poderia fazer isso sem você, meu irmão? Obrigada pela paciência, persistência, cuidado e principalmente por estar comigo, cuidando de mim nos momentos difíceis da vida!

Suzi e Livinha, obrigada por estarem comigo por tanto tempo e por serem amigas verdadeiras, eu amo vocês!

Natália, também amo você e sou muito feliz e grata por ter aparecido em minha vida no papel de “*roommate*” e irmã! Os meus meses se tornaram mais alegres desde que estamos dividindo apartamento. Como é bom ter ao lado alguém com “raízes” parecidas!

Lidi, Tercio, Cris e Cláudio, obrigada pela amizade que tanto considero! Nunca me esquecerei do quanto vocês quatro sempre estiveram dispostos a me ajudar e a me ouvir mesmo estando cheios de tarefas.

Vitão, sem a sua ajuda eu não sei o que seria desta tese. Não sei quantas vezes os meus dados deram problema e quando eu já estava quase perdendo as esperanças, em virtude do tempo, você apareceu e aparecia a qualquer hora e dia (mesmo no sábado no horário do almoço) para me ajudar. Obrigada também por ser o exemplo que você é! Ter alguém como você no grupo nos faz acreditar que sempre é possível ir mais longe.

Maria Flávia, muito obrigada pela disponibilidade em me ajudar com as correções!

Barbaráh, muito obrigada pela ajuda com os gráficos, ficaram lindos!

Diego, Brenner e Mateus Pavuna, sou muito grata pela ajuda de vocês com os dados, meus queridos!

Diego, André e Isabela, não sei o que teria sido da coleta se não fosse a ajuda de vocês de domingo a domingo, muito obrigada! Tenho certeza de que irão muito longe!

Alê, sem a sua ajuda com os voluntários não teríamos conseguido terminar a coleta no tempo que tínhamos disponível e, principalmente com a EEFETO ocupada por manifestantes, muito obrigada!

Agradeço também aos voluntários que, por amizade ou simplesmente vontade em ajudar, possibilitaram a realização deste trabalho.

Agradeço à Capes pela bolsa que me ajudou muito financeiramente, principalmente no investimento que fizemos na construção da tarefa.

À engenheira Juliana Buére por ter aceitado o desafio de programar a nossa tarefa e paciência que sempre teve para resolver os problemas que apareciam.

Agradeço também ao Dr. Wellington Leite, que me ajudou muito a resolver alguns problemas que dificultavam a minha concentração. Dr. Wellington, com a sua ajuda eu pude produzir melhor do que antes nesta parte final do processo.

Em especial, agradeço aos amigos que a graduação me deu: Danusa, Mari, Thiago, Adriano Lima, João Gustavo e Rafael Soncin. Obrigada por não desistirem da minha amizade, mesmo não conseguindo estar presente na vida de vocês como eu gostaria. Obrigada, por reforçarem mais uma vez que a nossa amizade é verdadeira! Amo muito vocês, meus amigos!

Agradeço também ao meu amigo Bruno Mezêncio que não mediu esforços para me ajudar nos primeiros passos para compreensão da eletromiografia e por fazer a primeira rotina para análise dos dados. Brunão, cê é o cara!

Agradeço também aos amigos que fiz no Izabela Hendrix, meus colegas de trabalho no curso de Educação Física, e em especial ao Amaylton, Fê e Flavinha. Amaylton, eu o agradeço também pela confiança e por sempre me permitir crescer academicamente. Obrigada também meus queridos alunos do Projeto Saúde Ocupacional e membros do GECOM!

Obrigada também à minha grande amiga Ângela Gonçalves por me dar a oportunidade de ver a vida com uma lupa que eu nunca tinha tido acesso. Ter estado com você em Los Angeles foi um verdadeiro divisor de águas na minha vida. Além disso, esta oportunidade me permitiu algumas realizações que eu jamais havia pensado que estivessem ao meu alcance, como ser aluna visitante em um laboratório no mesmo departamento do professor Schmitd na Universidade da Califórnia e por ter uma manhã inteira para apresentar o meu projeto de

doutorado à professora Carolee Winstein na sua sala na Universidade do Sul da Califórnia. Como me senti metida! (rsrsrs) E feliz também! Isso foi muito para as oportunidades que um dia eu pensei ter na vida. Muito obrigada, minha amiga por me permitir viver essas coisas tão distantes do que foi a minha realidade no passado! Eu amo muito você!

Por fim, agradeço ao meu namorado João, que chegou à minha vida quase no final deste processo, momento de maior caos da minha vida, tadinho (rsrshr...)! João, as suas atitudes e palavras neste tempo me trouxeram segurança e a sensação de não estar sozinha em momento algum. Obrigada, por estar sendo o companheiro que eu precisava e por ter tido tanta paciência nestes últimos meses tão difíceis pra mim! Eu amo você por você ser quem você é.

Obrigada a todos, eu jamais conseguira algo sem os anjos!

*“O período do maior ganho em conhecimento e experiência é o período mais difícil da vida de alguém”.*

*Dalai Lama*

## RESUMO

A adaptação motora frente a perturbações imprevisíveis depende da competência dos modelos internos atualizarem o comando motor em curso, através do mecanismo de controle via *feedback*. O tipo de prática interfere nas características dos modelos internos formados e, conseqüentemente, na adaptação motora, que é melhor quando são formados módulos *experts*, especializados para uma ação específica. A prática que vai além da estabilização do desempenho e também a prática aleatória favorecem a formação de modelos internos competentes para se adaptar. Entretanto, não foram encontrados estudos que investigaram a interação entre o nível de estabilização do desempenho e a estruturação da prática na adaptação a perturbações visuais imprevisíveis. O objetivo desta tese foi investigar os efeitos da interação entre nível de estabilização do desempenho e estruturação da prática na adaptação a perturbações visuais imprevisíveis. Dois experimentos foram realizados, ambos compostos por duas fases: Pré-exposição e Exposição. No experimento I, na Pré-exposição os participantes foram divididos em quatro grupos que combinaram as variáveis nível de estabilização e organização da prática: estabilização-aleatória, estabilização-constante, especialização-aleatória e especialização-constante. No experimento II, os participantes alcançaram a estabilização do desempenho, mas foram divididos em dois grupos com duas formas de prática combinada: aleatória-constante e constante-aleatória. A tarefa consistia em interceptar um alvo móvel e virtual utilizando um efetor. Em ambos os experimentos, o nível de estabilização do desempenho foi manipulado com o alcance de critérios específicos de desempenho. A organização da prática foi manipulada pela velocidade de deslocamento do alvo. Vinte quatro horas após a fase de Pré-exposição teve início a fase de Exposição, na qual todos os grupos realizaram 129 tentativas, sendo 99 tentativas-controle e 30 com perturbações. As perturbações foram inseridas de forma imprevisível e consistiram em uma modificação na velocidade de deslocamento do alvo após o início da ação. A modificação foi caracterizada pelo aumento e redução da velocidade em relação às tentativas-controle. Em conjunto, os resultados dos dois experimentos demonstraram que o desempenho de todos os grupos melhorou ao longo da fase de Pré-exposição, com o mecanismo de controle sendo predominantemente via *feedback*. A fase de Exposição testou a competência dos modelos internos formados durante a primeira fase, quando foi necessário enfrentar as perturbações. No geral, os resultados do experimento I demonstraram que o grupo estabilização-aleatória foi o que teve mais dificuldade para lidar com as perturbações, sendo que os demais grupos apresentaram competências similares. Já os resultados do experimento II demonstraram que o grupo aleatório-constante apresentou maior dificuldade para lidar com as perturbações, quando comparado ao grupo constante-aleatório. Em ambos os experimentos, todos os grupos utilizaram predominantemente o mecanismo de controle via *feedback*. Estas diferenças apontam para os efeitos da interação entre as variáveis manipuladas na competência dos modelos internos em se adaptar a perturbações visuais imprevisíveis.

Palavras chave: adaptação motora, nível de estabilização do desempenho, estruturação da prática.



## ABSTRACT

The motor adaptation to unpredictable perturbations depends on internal models' capacity to actualize the ongoing motor command through the control mechanism via feedback. The type of practice influences the characteristics of the formed internal models' and, consequently, motor adaptation, which is better when expert models are formed and specialized to a specific action. The practice beyond performance stabilization and also random practice improves the competence to adapt of the formed internal models. However, no studies investigating the interaction between the level of performance stabilization and practice schedule on adaptation to unpredictable visual perturbation was found. The aim of this thesis was to investigate the interaction effects of the level of performance stabilization and practice schedule on adaptation to unpredictable visual perturbation. Two experiments were run, both composed by two phases: Pre-exposure and Exposure. On experiment I, during Pre-exposure the participants were divided in four groups combining the level of stabilization and practice schedule variables: stabilization-random, stabilization-constant, specialization-random, specialization-constant. On experiment II, the participant reached the performance specialization, but they were divided in two groups of combined practice: random-constant and constant-random. The task consisted of intercept a virtual moving target using an effector. During both experiments, the level of performance stabilization the level of performance stabilization was manipulated with specific criterion of performance. The practice schedule was manipulated through the velocity of target displacement. Twenty-four hours after Pre-exposure phase started the Exposure phase, when all the groups performed 129 trials, with 99 control trials and 30 perturbation trials. The perturbations were inserted in a unpredictable way and consisted of changing the velocity of target displacement after the onset of the action. The modification was characterized by the velocity increment or decrement when compared to control trials. Summarizing, the results of both experiments showed that performance of all groups increased throughout Pre-exposure phase, and the control predominant mechanism via feedback. The exposure phase tested the competence of the internal models formed during the first phase, when was necessary facing perturbations. In general, the results from experiment I showed that the stabilization-random group was the one which more difficulty to deal with the perturbations, and all the other groups had similar competence. The results from experiment II showed that the group random-constant had more difficulty to deal with perturbations, compared to constant-random group. On both experiments, all groups used predominantly the mechanism control via feedback. These differences point to the interaction effects between the manipulated variables on the internal models competence to adapt to unpredictable visual perturbations.

*Key-words:* motor adaptation, level of stabilization of performance, schedule of practice.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Representação da atuação dos modelos Inverso e <i>Forward</i> na produção do comando motor. ....	37
<b>Figura 2</b> - Representação da mistura de modelos <i>experts</i> . ....	39
<b>Figura 3</b> - Representação esquemática de múltiplos pares de modelos <i>forward</i> e inversos acomodados em módulos. ....	41
<b>Figura 4</b> - Fórmula para cálculo de assimetria lateral. ....	51
<b>Figura 5</b> - Tarefa de interceptação a alvo móvel. ....	51
<b>Figura 6</b> - Placa DAC-NIUSB-6009 <i>National Instruments</i> e Sistema de captura de sinais eletromiográficos NORAXON EMGSystem 1400A. ....	52
<b>Figura 7</b> - Barras rígidas, correntes, abraçadores e cadeira utilizados para realização do teste de CVIM. ....	53
<b>Figura 8</b> - Colocação dos eletrodos de superfície sobre os músculos. ....	54
<b>Figura 9</b> - Síntese do delineamento do experimento I. ....	59
<b>Figura 10</b> - Síntese do delineamento do experimento II. ....	100
<b>Figura 11</b> – Parte física da tarefa de interceptação a alvos móveis. ....	146

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1-</b> Média do número de tentativas dos grupos EST-ALEA, EST-CONS, ESP-ALE, ESP-CONS ao longo da fase de Pré-exposição.....	62
<b>Gráfico 2</b> – Média do TM dos grupos EST-ALEA, EST-CONS, ESP-ALE, ESP-CONS ao longo da fase de Pré-exposição.. .....	63
<b>Gráfico 3</b> – Média do EA dos grupos EST-ALEA, EST-CONS, ESP-ALE, ESP-CONS ao longo da fase de Pré-exposição. ....	64
<b>Gráfico 4</b> - Média do EC dos grupos EST-ALEA, EST-CONS, ESP-ALE, ESP-CONS ao longo da fase de Pré-exposição .....	65
<b>Gráfico 5</b> - Média do EV dos grupos EST-ALEA, EST-CONS, ESP-ALE, ESP-CONS ao longo da fase de Pré-exposição .....	66
<b>Gráfico 6</b> - Média do tPV% dos grupos EST-ALEA, EST-CONS, ESP-ALE, ESP-CONS ao longo da fase de Pré-exposição .....	67
<b>Gráfico 7</b> - Média do número de correções realizadas pelos grupos EST-ALEA, EST-CONS, ESP-ALE, ESP-CONS ao longo da fase de Pré-exposição.....	68
<b>Gráfico 8</b> - Média da co-contração dos músculos deltoide anterior/posterior apresentada pelos grupos EST-ALEA, EST-CONS, ESP-ALE, ESP-CONS ao longo da fase de Pré-exposição	69
<b>Gráfico 9</b> - Média da co-contração dos músculos bíceps/tríceps apresentada pelos grupos EST-ALEA, EST-CONS, ESP-ALE, ESP-CONS ao longo da fase de Pré-exposição.. .....	70
<b>Gráfico 10</b> - Média do EA dos grupos EST-ALEA, EST-CONS, ESP-ALE, ESP-CONS diante de Pré PI, PI e Pós PI. ....	71
<b>Gráfico 11-</b> Média do EC dos grupos EST-ALEA, EST-CONS, ESP-ALE, ESP-CONS diante de Pré PI, PI e Pós PI. ....	72
<b>Gráfico 12</b> - Média do EV dos grupos EST-ALEA, EST-CONS, ESP-ALE, ESP-CONS diante de Pré PI, PI e Pós PI .....	73
<b>Gráfico 13</b> - Média do tPV% dos grupos EST-ALEA, EST-CONS, ESP-ALE, ESP-CONS diante de Pré PI, PI e Pós PI. ....	75
<b>Gráfico 14</b> - Média do número de correções dos grupos EST-ALEA, EST-CONS, ESP-ALE, ESP-CONS diante de Pré PI, PI e Pós PI. ....	76
<b>Gráfico 15</b> - Média da co-contração deltoides anterior/posterior dos grupos EST-ALEA, EST-CONS, ESP-ALE, ESP-CONS diante de Pré PI, PI e Pós PI.....	77
<b>Gráfico 16</b> - Média da co-contração de bíceps/tríceps dos grupos EST-ALEA, EST-CONS, ESP-ALE, ESP-CONS diante de Pré PI, PI e Pós PI. ....	79

<b>Gráfico 17</b> - Média do EA dos grupos EST-ALEA, EST-CONS, ESP-ALE, ESP-CONS diante de Pré PII, PII e Pós PII. ....	80
<b>Gráfico 18</b> - Média do EC dos grupos EST-ALEA, EST-CONS, ESP-ALE, ESP-CONS diante de Pré PII, PII e Pós PII. ....	81
<b>Gráfico 19</b> - Média do EV dos grupos EST-ALEA, EST-CONS, ESP-ALE, ESP-CONS diante de Pré PII, PII e Pós PII. ....	82
<b>Gráfico 20</b> - Média do tPV% dos grupos EST-ALEA, EST-CONS, ESP-ALE, ESP-CONS diante de Pré PII, PII e Pós PII. ....	84
<b>Gráfico 21</b> - Média do número de correções dos grupos EST-ALEA, EST-CONS, ESP-ALE, ESP-CONS diante de Pré PII, PII e Pós PII. ....	85
<b>Gráfico 22</b> - Média da co-contração de deltoides anterior/posterior dos grupos EST-ALEA, EST-CONS, ESP-ALE, ESP-CONS diante de Pré PII, PII e Pós PII. ....	86
<b>Gráfico 23</b> - Média da co-contração bíceps/tríceps dos grupos EST-ALEA, EST-CONS, ESP-ALE, ESP-CONS diante de Pré PII, PII e Pós PII. ....	87
<b>Gráfico 24</b> - Média do número de tentativas realizado pelos grupos ALEA-CONS e CONS-ALEA ao longo da fase de Pré-exposição. ....	102
<b>Gráfico 25</b> - Média do TM dos grupos ALEA-CONS e CONS-ALEA ao longo da fase de Pré-exposição. ....	103
<b>Gráfico 26</b> - Média do EA dos grupos ALEA-CONS e CONS-ALEA ao longo da fase de Pré-exposição. ....	104
<b>Gráfico 27</b> - Média do EC dos grupos ALEA-CONS e CONS-ALEA ao longo da fase de Pré-exposição. ....	105
<b>Gráfico 28</b> - Média do EV dos grupos ALEA-CONS e CONS-ALEA ao longo da fase de Pré-exposição. ....	106
<b>Gráfico 29</b> - Média do tPV% dos grupos ALEA-CONS e CONS-ALEA ao longo da fase de Pré-exposição. ....	107
<b>Gráfico 30</b> - Média do número de correções realizadas pelos grupos ALEA-CONS e CONS-ALEA ao longo da fase de Pré-exposição. ....	107
<b>Gráfico 31</b> - Média da co-contração de deltoides anterior/posterior apresentada pelos grupos ALEA-CONS e CONS-ALEA ao longo da fase de Pré-exposição. ....	108
<b>Gráfico 32</b> - Média da co-contração de bíceps/tríceps apresentada pelos grupos ALEA-CONS e CONS-ALEA ao longo da fase de Pré-exposição. ....	109
<b>Gráfico 33</b> - Média do EA dos grupos ALEA-CONS e CONS-ALEA diante de Pré PI, PI e Pós PI. ....	110

<b>Gráfico 34</b> - Média do EC dos grupos ALEA-CONS e CONS-ALEA diante de Pré PI, PI e Pós PI.....	111
<b>Gráfico 35</b> - Média do EV dos grupos ALEA-CONS e CONS-ALEA diante de Pré PI, PI e Pós PI.....	112
<b>Gráfico 36</b> - Média do tPV% dos grupos ALEA-CONS e CONS-ALEA diante de Pré PI, PI e Pós PI.....	112
<b>Gráfico 37</b> - Média do número de correções dos grupos ALEA-CONS e CONS-ALEA diante de Pré PI, PI e Pós PI.....	113
<b>Gráfico 38</b> - Média da co-contração de deltoídes anterior/posterior dos grupos ALEA-CONS e CONS-ALEA diante de Pré PI, PI e Pós PI.....	114
<b>Gráfico 39</b> - Média da co-contração de bíceps/tríceps dos grupos ALEA-CONS e CONS-ALEA diante de Pré PI, PI e Pós PI.....	116
<b>Gráfico 40</b> - Média do EA dos grupos ALEA-CONS e CONS-ALEA diante de Pré PI, PI e Pós PI.....	117
<b>Gráfico 41</b> - Média do EC dos grupos ALEA-CONS e CONS-ALEA diante de Pré PI, PI e Pós PI.....	118
<b>Gráfico 42</b> - Média do EV dos grupos ALEA-CONS e CONS-ALEA diante de Pré PI, PI e Pós PI.....	119
<b>Gráfico 43</b> - Média do tPV% dos grupos ALEA-CONS e CONS-ALEA diante de Pré PI, PI e Pós PI.....	120
<b>Gráfico 44</b> - Média do número de correções dos grupos ALEA-CONS e CONS-ALEA diante de Pré PI, PI e Pós PI.....	121
<b>Gráfico 45</b> - Média da co-contração de deltoídes anterior/posterior dos grupos ALEA-CONS e CONS-ALEA diante de Pré PI, PI e Pós PI.....	122
<b>Gráfico 46</b> - Média da co-contração de bíceps/tríceps dos grupos ALEA-CONS e CONS-ALEA diante de Pré PI, PI e Pós PI.....	123

## LISTA DE SIGLAS

BBr – Bíceps braquial

CIVM – Contração Voluntária Máxima

DAn – Deltoide anterior

DPo – Deltoide posterior

EST-ALEA – Grupo critério estabilização e prática aleatória

EST-CONS – Grupo critério estabilização e prática constante

ESP-ALEA – Grupo critério especialização e prática aleatória

ESP-CONS – Grupo critério especialização e prática constante

P – Perturbação

PI – Perturbação I

PII – Perturbação II

PAOH - Programa de Ação Organizado Hierarquicamente

TBr – Tríceps braquial

TCLE – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

TIAM – Tarefa de interceptação a alvo móvel

TM – Tempo de movimento

TW – *Time window*

TTC – Tempo para contato

$\mu\text{m}$  – micrômetro

$\mu\text{V}$  – microvolts

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>17</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b>	<b>19</b>
<b>2.1</b>	<b>Adaptação Motora</b>	<b>19</b>
<b>2.2</b>	<b>Controle Motor em Tarefas de Interceptação</b>	<b>25</b>
<b>2.3</b>	<b>Níveis de estabilização do desempenho e adaptação motora</b>	<b>32</b>
<b>2.4</b>	<b>Estruturação da prática e adaptação motora</b>	<b>42</b>
<b>3</b>	<b>OBJETIVO GERAL</b>	<b>47</b>
<b>3.1</b>	<b>Objetivos específicos</b>	<b>47</b>
<b>4</b>	<b>HIPÓTESES</b>	<b>48</b>
<b>5</b>	<b>EXPERIMENTO I: NÍVEIS DE ESTABILIZAÇÃO DO DESEMPENHO E ESTRUTURAÇÃO DA PRÁTICA</b>	<b>49</b>
<b>5.1</b>	<b>Objetivo geral</b>	<b>49</b>
5.1.1	Objetivos específicos	49
<b>5.2</b>	<b>Hipóteses</b>	<b>49</b>
<b>5.3</b>	<b>Materiais e métodos</b>	<b>50</b>
5.3.1	Participantes	50
5.3.2	Instrumento e tarefa	50
5.3.3	Procedimentos	54
5.3.4	Delineamento	56
5.3.5	Variáveis	59
5.3.5.1	Variáveis independentes	59
5.3.5.4	Variáveis de controle	60
5.3.6	Análises estatísticas	61
<b>6</b>	<b>Resultados do experimento I</b>	<b>62</b>
<b>6.1</b>	<b>Fase de Pré-exposição</b>	<b>62</b>
6.1.1	Número de tentativas	62
6.1.2	Tempo de movimento (ms)	63
6.1.3	Erro Absoluto (cm)	63
6.1.4	Erro Constante (cm)	64
6.1.5	Erro Variável (cm)	65
6.1.6	Tempo relativo para o pico de velocidade (tPV%)	66
6.1.7	Número de correções	67
6.1.8	Co-contração de deltoides anterior/posterior ( $\mu\text{V}$ )	68
6.1.9	Co-contração bíceps/tríceps ( $\mu\text{V}$ )	69
<b>6.2</b>	<b>Fase de Exposição</b>	<b>70</b>
6.2.1	Perturbação I	71

6.2.1.1	Erro Absoluto (cm) .....	71
6.2.1.2	Erro Constante (cm).....	72
6.2.1.3	Erro Variável (cm) .....	73
6.2.1.4	Tempo relativo para o pico de velocidade (tPV%).....	74
6.2.1.4	Número de correções .....	76
6.2.1.6	Co-contração deltoides anterior/posterior ( $\mu\text{V}$ ).....	76
6.2.1.7	Co-contração bíceps/tríceps ( $\mu\text{V}$ ).....	78
6.2.2	Perturbação II .....	79
6.2.2.1	Erro Absoluto (cm) .....	79
6.2.2.2	Erro Constante (cm).....	81
6.2.2.3	Erro Variável (cm) .....	82
6.2.2.4	Tempo relativo para o pico de velocidade (tPV%).....	83
6.2.2.5	Número de correções .....	85
6.2.2.6	Co-contração deltoides anterior/posterior ( $\mu\text{V}$ ).....	85
6.2.2.7	Co-contração bíceps/tríceps ( $\mu\text{V}$ ).....	86
<b>7</b>	<b>DISCUSSÃO DO EXPERIMENTO I .....</b>	<b>88</b>
<b>9</b>	<b>Experimento II: Nível especialização do desempenho e estruturação da prática combinada .....</b>	<b>98</b>
<b>9.1</b>	<b>Objetivo geral.....</b>	<b>98</b>
9.1.1	Objetivos específicos .....	98
<b>9.2</b>	<b>Hipóteses.....</b>	<b>98</b>
<b>9.3</b>	<b>Materiais e método .....</b>	<b>98</b>
9.3.1	Participantes .....	99
9.3.2	Instrumento e tarefa .....	99
9.3.3	Procedimentos .....	99
9.3.5	Variáveis .....	100
9.3.5.1	Variáveis independentes .....	100
9.3.5.2	Variáveis dependentes.....	101
9.3.5.3	Variáveis de desfecho primário.....	101
9.3.5.4	Variáveis de controle .....	101
9.3.6	Análises estatísticas .....	101
<b>10</b>	<b>Resultados do experimento II.....</b>	<b>102</b>
<b>10.1</b>	<b>Fase de Pré-exposição.....</b>	<b>102</b>
10.1.1	Número de tentativas .....	102
10.2.1	Perturbação I.....	109
10.2.2	Perturbação II .....	117
<b>11</b>	<b>DISCUSSÃO DO EXPERIMENTO II.....</b>	<b>124</b>



<b>13 DISCUSSÃO GERAL .....</b>	<b>130</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>134</b>
<b>APÊNDICES .....</b>	<b>144</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>181</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A interceptação de alvos móveis é fundamental para o alcance de metas em diversos contextos esportivos, tais como no baseball e futebol. Nestas modalidades considerável precisão espaço-temporal é requerida, por exemplo, dos batedores e goleiros que precisam constantemente interceptar bolas que deslocam em altas e variadas velocidades (IKUDOME *et al.*, 2012). O alcance do sucesso nestes contextos é influenciado pela eficiência no uso das estratégias de controle adequadas às demandas existentes. Se a bola a ser interceptada se desloca em velocidades constantes, é comum que o controle motor da tentativa atual seja baseado nas características das tentativas anteriores (GRAY, 2002). Por outro lado, quando a bola é enviada com efeito e muda a sua trajetória ou velocidade de deslocamento durante o percurso, será necessário a realização de ajustes no planejamento iniciado na tentativa atual para tentar se adaptar à nova demanda (SHADMEHR; SMITH; KRAKAUER, 2010). A partir do exposto, é possível afirmar que, para entender a adaptação motora, é necessário analisar o desempenho e as estratégias de controle utilizadas diante das mudanças (UGRINOWITSCH; CORRÊA; TANI, 2005).

Experimentalmente, tem sido demonstrado que a adaptação motora é influenciada pela previsibilidade da perturbação (LEITE, 2014), nível de estabilização do desempenho (FONSECA *et al.*, 2012) e estruturação da prática (KRAKAUER *et al.*, 2000). Diante de perturbações previsíveis, o planejamento a ser executado já pode contemplar as mudanças específicas para a nova situação. Contudo, quando a perturbação é imprevisível, o alcance da meta depende da capacidade de modificação do planejamento prévio (RICHTER *et al.*, 2004). Esta relação entre previsibilidade da perturbação e a adaptação foi investigada em tarefas de controle de força (RICHTER *et al.*, 2004), de apontamento (GOMES, 2014) e de *timing* coincidente (LEITE, 2014). Em todas estas tarefas, foi observada a maior dificuldade em superar as perturbações imprevisíveis, provavelmente porque requerem modificações de ações já iniciadas.

Quando a perturbação é inserida de forma imprevisível, a partir da modificação na meta a ser mantida em uma tarefa de força isométrica (SANTOS *et al.*, 2017), na velocidade de deslocamento de um estímulo luminoso em uma tarefa complexa de *timing* coincidente (FONSECA *et al.*, 2012) ou na velocidade de deslocamento de um alvo em uma tarefa de interceptação a alvos móveis (COUTO, 2012), o alcance de níveis superiores de estabilização

do desempenho tem favorecido a adaptação. Isso porque a prática além da estabilização do desempenho favorece a formação de estruturas de controle mais flexíveis, mesmo na condição de prática constante. Além do nível de estabilização do desempenho, outra variável que tem se mostrado benéfica à adaptação a perturbações imprevisíveis, em tarefas de apontamento (KRAKAUER *et al.*, 2000) e de *timing* coincidente (LEITE, 2014), é a prática aleatória. Este tipo de prática leva a formação de estruturas de controle com diferentes competências, em termos de flexibilidade, daquelas adquiridas sob condição de prática constante ou em blocos. Logo, diante de perturbações, a condição de prática aleatória resulta em maior competência para realizar os ajustes mais apropriados para tentar se adaptar.

Segundo o exposto anteriormente, existe relação entre adaptação motora e as duas variáveis (nível de estabilização do desempenho e estruturação da prática). Apesar destas variáveis terem sido manipuladas isoladamente, em conjunto os resultados permitem especular uma possível interação benéfica entre nível de estabilização do desempenho e estruturação da prática na adaptação a perturbações imprevisíveis. Dessa forma, verificar a interação das variáveis supracitadas em uma tarefa que permita identificar tanto o desempenho como o controle motor durante a formação de estruturas de controle e frente a perturbações imprevisíveis é uma questão a ser investigada. O objetivo desta tese foi investigar os efeitos da interação de diferentes níveis de estabilização do desempenho e estruturações da prática na adaptação a perturbações visuais imprevisíveis em uma tarefa de interceptação a alvos móveis.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Adaptação Motora

Adaptação se refere a um fenômeno presente nos diversos organismos vivos, desde o nível de organização mais micro até o mais macroscópico (HOLLAND, 1995; p.9; TANI, 2005; p.61). Independentemente do nível de organização, quando expostos a diferentes contextos, os organismos adquirem competências que os tornam capazes de realizar ajustes (HEIN, 1971; p. 60,61). Estes ajustes acontecem em mecanismos que possibilitam a utilização eficiente das informações disponíveis no contexto (HOLLAND, 1995; p.9) e consequente alcance de metas (UGRINOWITSCH; CORRÊA; TANI, 2005). Com base nestas afirmações, as seguintes deduções foram feitas:

- a) Independente do nível de análise, a aquisição de competências que favoreçam a realização de ajustes diante de diferentes contextos, é essencial para o alcance de metas.
- b) A ocorrência de adaptação é dependente da capacidade de realização de ajustes.

Especificamente no Comportamento Motor, a adaptação motora pode ser entendida como a realização de ajustes em ações já aprendidas, em função de modificações no contexto de execução da tarefa (DIEDRICHSEN; KORNYSHEVA, 2015; WEBSTER, 2012), na tentativa de se atingir a meta. Estes ajustes acontecem a partir da recuperação e combinação de comandos sensório-motores armazenados em estruturas de controle motor formadas com a prática (JORDAN; WOLPERT, 1999; SHADMEHR; MUSSA-IVALDI, 1994; WOLPERT; DIEDRICHSEN; FLANAGAN, 2011). Diferentes estruturas de controle motor têm sido propostas de acordo com o modelo teórico adotado para explicar a adaptação. No tópico 2.3 será dado foco à descrição da estrutura de controle assumida na presente tese.

Independente do referencial teórico ou mesmo do nível de análise utilizado, uma característica comum nos delineamentos de qualquer estudo que investiga o fenômeno adaptação é a presença de perturbação (ex., ABEELE; BOCK, 2001; UGRINOWITSCH *et al.*, 2011; FONSECA *et al.*, 2012). Perturbação se referem às mudanças inseridas no contexto de execução da tarefa que demanda a realização de ajustes nas estratégias de controle motor, a partir da utilização predominante do mecanismo de controle via *feedback*<sup>1</sup> (MUGGE *et al.*, 2016). É comum que a não utilização ou, utilização ineficiente, deste mecanismo diante da

---

<sup>1</sup> O tópico 2.2 aborda a temática controle motor em tarefas de interceptação a alvos móveis. Neste tópico serão apresentados mais detalhes acerca das diferentes estratégias e mecanismos de controle.

perturbação, dificulte a manutenção de desempenho preciso (ex.; SANTOS *et al.*, 2017). Entretanto, Izawa *et al.*, (2008) mostraram que a manipulação de variáveis que possibilitem a formação de estruturas preditivas eficientes, favorece a realização de ajustes frente às perturbações e conseqüentemente na manutenção da precisão do desempenho. Estes ajustes acontecem graças à competência destas estruturas em predizer a ocorrência de perturbações e utilizar o mecanismo de controle via *feedback* de forma rápida e eficiente. Quanto maior a competência preditiva da estrutura, maiores são as chances de manutenção do desempenho preciso.

As perturbações podem ter natureza previsível ou imprevisível (RICHTER *et al.*, 2004). Quando comparadas às previsíveis, as perturbações imprevisíveis dificultam o planejamento prévio de ajustes, já que não é fornecida informação alguma sobre a mudança antes do início da execução do movimento (MARINOVIC; PLOOY; TRESILIAN, 2010). Estudos como o de Karniel; Mussa-Ivaldi (2002), Rieger; Knoblich; Prinz (2005), e Rugey; Marinovic; Wallis (2011) mostraram uma relação inversa entre previsibilidade da perturbação e a adaptação motora. A explicação para estes resultados é que a previsibilidade da perturbação favorece a programação prévia das modificações necessárias para a manutenção do desempenho. Por outro lado, a imprevisibilidade requer a realização de modificações do planejamento após o início da execução (SANTOS *et al.*, 2017; WIJDENES; BRENNER; SMEETS, 2014b). As perturbações de natureza imprevisível permitem investigar melhor a atuação dos mecanismos de controle (i.e., pré-programação e *feedback online*) durante a adaptação. Por isso, nesta tese, o estudo da adaptação motora se dará a partir da inserção de perturbações imprevisíveis.

Além da previsibilidade, as perturbações podem ser caracterizadas considerando o aspecto que é modificado na tarefa. Perturbações relacionadas às modificações em aspectos temporais e que exigem a atuação primordial do sistema visual são classificadas como perturbações visuais (colocar uma citação aqui). Por exemplo, em tarefas de interceptação a alvos móveis, a perturbação pode ser inserida a partir da modificação da aceleração do objeto a ser interceptado (ex., TEIXEIRA *et al.*, 2006; FIALHO; TRESILIAN, 2017). Quando a aceleração do alvo se modifica após o início do movimento, é necessário um tempo mínimo entre 100 e 200 milissegundos (ms) para que seja possível a atuação do mecanismo de controle via *feedback* e conseqüente realização dos ajustes (BRAUN *et al.*, 2009b; BRENNER; SMEETS; LUSSANET, 1998; TEIXEIRA *et al.*, 2006).

A competência apresentada para a realização de ajustes frente às perturbações representa a flexibilidade adaptativa do sistema sensorio-motor (ABEELE; BOCK, 2001). Tal flexibilidade vem sendo estudada há mais de um século (ex.; STRATTON, 1887) a partir da realização de estudos que utilizam diferentes delineamentos que variam de acordo com a forma na qual a adaptação é entendida. Por exemplo, alguns estudos inserem perturbações de maneira sequencial e investigam o efeito crônico da modificação no controle e/ ou no desempenho. O foco destes estudos está em compreender o processo de adaptação motora (ex.; THOROUGHMAN; SHADMHER, 2000; UGRINOWITSCH *et al.*, 2011). Por outro lado, outros estudos inserem as perturbações a partir de uma distribuição aleatória (ex.; FONSECA *et al.*, 2012, COUTO, 2012) e investigam o efeito agudo das modificações no controle e/ ou no desempenho. Com o intuito de apresentar uma visão geral relacionada a algumas formas nas quais a adaptação vem sendo investigada, alguns estudos serão apresentados a seguir. Optou-se aqui por apresentar referenciais que, de alguma forma forneçam respaldo para as proposições ou se relacionem com a visão do fenômeno utilizada no presente estudo.

Alguns referenciais teóricos que utilizam delineamentos para investigar os efeitos crônicos e posteriores (*aftereffects*) das perturbações são conduzidos dentro do referencial teórico dos Modelos Internos. Autores como Rieger; Knoblich e Prinz (2005); Shadmher e Mussa-Ivaldi (1994); Thoroughman e Shadmher, (2000) e Wolpert; Ghahramani e Jordan (1995), por exemplo, consideram que a prática de determinada habilidade em uma condição definida como *baseline*, possibilita a formação de Modelos Internos. Estes modelos representam estruturas de controle que, primordialmente, graças à sua competência preditiva, conseguem realizar ajustes diante de perturbações (DELLA-MAGGIORE; LANDI; VILLALTA, 2015). Apesar da competência preditiva, quando a perturbação é retirada e a prática retorna à condição *baseline*, efeitos posteriores (*aftereffects*) da execução do bloco anterior (com perturbação) ainda refletem nas especificações da execução atual. Adeptos desta visão (ex., SHADMHER; MUSSAIVALDI, 1994; THOROUGHMAN; SHADMHER, 1999) demonstraram que a constante exposição a blocos com perturbações favorece o controle na realização de ajustes. Com isso, em relação ao desempenho, a execução do movimento diante da perturbação passa a se aproximar da execução praticada na condição *baseline*. Experimentalmente, no delineamento destes estudos, o participante é submetido à prática de determinada habilidade ao longo de um bloco definido como condição *baseline*. Em seguida, são inseridas perturbações de forma sequencial (bloco com modificações referentes à

condição *baseline*) e, posteriormente a habilidade volta a ser praticada sob a condição *baseline*. Esta alternância de blocos *baseline* e blocos com perturbação segue até o alcance do número de vezes estipulado pelos pesquisadores, o que é dependente da habilidade praticada e da perturbação inserida. Quando o desempenho nos blocos com perturbações se aproxima daquele apresentado na condição *baseline*, infere-se a ocorrência de adaptação. A competência preditiva dos Modelos Internos aprendidos durante a prática da habilidade previamente praticada na condição *baseline* e na condição com perturbação, tem efeitos que são observados até um ano após a prática (LANDI; BAGUEAR; DELLA-MAGGIORE, 2011) e favorece a adaptação.

Outro referencial teórico que utiliza um delineamento que considera os efeitos crônicos das perturbações na adaptação é o modelo denominado Processo Adaptativo (ex.; TANI, 2005; BENDA, 2001; UGRINOWITSCH, 2003; TANI *et al.*, 2014). Neste modelo, são propostas duas fases: Estabilização e Adaptação. A fase de Estabilização se refere ao período de prática no qual a estabilização funcional é atingida, através de prática e do mecanismo de *feedback* negativo. Quando este estado é alcançado, infere-se que houve a formação de uma estrutura de controle definida como Programa de Ação Organizado Hierarquicamente (PAOH) (CORRÊA *et al.*, 2015). Após a estabilização, dá-se início a fase de Adaptação, momento no qual há a inserção da perturbação que se repete por várias tentativas. Nesta fase é observada como a estrutura de controle (PAOH) aprendida na primeira fase se modifica e aumenta em complexidade (TANI *et al.*, 2014). Este delineamento permite investigar como o PAOH se torna cada vez mais competente e complexo na execução de uma habilidade motora.

Outra forma mais recente de investigar a adaptação é a partir da consideração dos efeitos agudos das perturbações. Neste delineamento, são propostas duas fases experimentais: Pré-exposição e Exposição. A Pré-exposição é a fase anterior à exposição as perturbações, quando habilidade a habilidade é praticada até o alcance da estabilização do desempenho que, de acordo com Tani *et al.*, (2014) e Burdet *et al.*, (2006) permite inferir a formação de uma estrutura de controle (ex.; PROFETA, 2009; FONSECA *et al.*, 2012; SANTOS *et al.*, 2017) que, pode ser definida como Modelos Internos (ex.; COUTO, 2012; LEITE, 2014; CAMPOS, 2017). Nesta fase, têm sido manipulados fatores que influenciam a formação da estrutura de controle e, conseqüentemente a aprendizagem da habilidade motora praticada. Por este motivo, pode-se dizer que a fase de Pré-exposição apresenta um perfil característico dos

estudos tradicionais da Aprendizagem Motora, apesar destes não investigarem a adaptação, e da fase de Estabilização do Processo Adaptativo.

A fase de Exposição foi proposta a fim de testar a competência adquirida pelos Modelos Internos na fase anterior. Para tal, perturbações imprevisíveis de duas magnitudes e direções (ex.; COUTO, 2012; CAMPOS, 2017, SANTOS *et al.*, 2017) são inseridas aleatoriamente entre as tentativas-controle<sup>2</sup> de forma imprevisível para o executante. A forma de lidar com esta imprevisibilidade permite inferir sobre a flexibilidade e a capacidade preditiva dos Modelos Internos, assim como sobre a competência dos mecanismos de controle, a partir da utilização de estratégias de controle adequadas frente às perturbações. Resumindo, a última proposta tem um delineamento híbrido, uma vez que a primeira fase é similar à primeira fase dos estudos conduzidos dentro do modelo teórico do Processo Adaptativo. Por outro lado, as estruturas de controle formadas dentro deste referencial são os Modelos Internos, a mesma utilizada nos estudos de *aftereffects*, o que resulta em explicações muito similares de como se dá a adaptação, em termos de estruturas de controle.

Ao observar os três delineamentos supracitados, é possível afirmar que uma questão que merece destaque se refere à maneira na qual as perturbações são inseridas, o que está relacionado à forma na qual a adaptação é assumida. Nos delineamentos de Processo Adaptativo e de Modelos Internos, as perturbações são inseridas a partir de uma organização sequencial e em “blocos”. Especificamente nos estudos de *aftereffect*, o estudo da adaptação considera o processo de formação e modificação dos Modelos Internos a partir dos efeitos crônicos das perturbações. Neste referencial, a ocorrência da adaptação é assumida considerando as modificações nas estratégias de controle e manutenção do desempenho frente às perturbações. A retomada do desempenho e utilização de estratégias de controle presentes na condição *baseline* é pré-requisito para inferência da formação de Modelos Internos. Tal inferência é feita pela comparação do comportamento no terceiro bloco de prática (bloco idêntico ao primeiro) com a condição *baseline*. OS estudos do Processo Adaptativo também investigam a adaptação como “processo”, observando-se como o PAOH formado na fase de Estabilização se modifica ao longo de uma sequência de tentativas com um tipo de perturbação (CORRÊA *et al.*, 2010). Em outras palavras, estes estudos buscam identificar como o PAOH lida com a perturbação ao longo do processo, podendo aumentar em

---

<sup>2</sup> Tentativas-controle são as tentativas com as características da Pré-exposição, ou seja, com o perfil praticado na primeira fase.



complexidade. Assim, é possível dizer que estes delineamentos são utilizados para investigar a adaptação como aprendizagem, caracterizando a adaptação crônica.

No modelo híbrido de análise da fase de Exposição citado no terceiro delineamento, quando as perturbações são inseridas aleatoriamente em momentos pontuais como, por exemplo, nos estudos de Fonseca *et al.*, (2012) e de Santos *et al.*, (2017), a adaptação é investigada como um evento “agudo”. Esta investigação acontece a partir da observação dos efeitos das perturbações em tentativas pontuais (perturbações inseridas de forma transiente), ao invés de considerar a adaptação como um processo (crônico), a partir da inserção de perturbações de forma contínua. Como descrito anteriormente, neste delineamento, assim como no de Processo Adaptativo, existe uma primeira fase para estabilizar o desempenho. Logo, em relação a esta fase, características similares são observadas entre os estudos que investigam a adaptação de forma aguda e aqueles que a investigam de forma crônica. Por exemplo, em ambos os referenciais, o objetivo da primeira fase é viabilizar o alcance da estabilidade funcional do desempenho ou padronização do movimento, através da redução da variabilidade da resposta motora (TANI, 1982; TANI, 1984). Além disso, na primeira fase destes referenciais, é comum a manipulação de variáveis independentes que possam interferir na adaptação observada na segunda fase (ex., CORRÊA *et al.*, 2010; LEITE, 2014; SANTOS *et al.*, 2017).

Nos estudos que investigam os efeitos agudos das perturbações na adaptação, a análise do comportamento frente às perturbações tem características similares aos estudos de Controle Motor, quando as tentativas de diferentes condições experimentais são bloqueadas e comparadas. Este procedimento também é observado em estudos de Desenvolvimento Motor, quando são bloqueadas condições experimentais ou variáveis estudadas, para investigar as diferenças no controle motor (ex. BRAECKEL *et al.*, 2007; GROMEIER; KOESTER; SCHACK, 2017; STAHL; FEIGENSON, 2015). Com o mesmo objetivo, as perturbações aleatórias ou pontuais são inseridas em momentos específicos, intercaladas com tentativas de controle, o que as torna imprevisíveis para o executante. Dessa forma, as características da segunda fase resultam no distanciamento entre os três referenciais, e respondem a perguntas distintas referentes ao estudo do fenômeno Adaptação Motora.

No presente estudo, os efeitos agudos das perturbações na adaptação foram investigados, observando modificações no desempenho, resultantes das modificações nas estratégias de

controle diante de perturbações imprevisíveis. Mais especificamente, buscou-se compreender como as variáveis manipuladas na primeira fase influenciam os processos subjacentes à adaptação. Para atingir este objetivo, foi importante a utilização de uma tarefa que permitisse manipular diferentes aspectos e diferenciar claramente os mecanismos de controle. A tarefa de interceptação a alvos móveis tem estas características, e foi adotada para este trabalho.

## **2.2 Controle Motor em Tarefas de Interceptação**

O alcance de metas frente a incertezas e, principalmente, quando não há total conhecimento a respeito do ambiente, depende de um controle motor flexível (BRAUN *et al.*, 2009b). Neste caso, a tarefa básica do sistema de controle motor é gerenciar as relações entre variáveis sensoriais e motoras (JORDAN; WOLPERT, 1999). Seguindo este raciocínio, pode-se dizer que uma importante questão no estudo do controle motor diz respeito à compreensão das transformações sensório-motoras. Este tipo de estudo pode ser realizado utilizando diferentes tarefas e contextos. A partir do estudo pioneiro de Hubbard e Seng (1954), investigações acerca do controle motor em tarefas de interceptação tem recebido ampla atenção.

Tarefas de interceptação são aquelas cujas ações são guiadas externamente, com a trajetória direcionada à coincidência com um alvo (BUTTON; SUMMERS, 2002, p.225). A interceptação de alvos móveis acontece quando o objeto interceptador e o alvo em movimento alcançam, ao mesmo tempo, a mesma localização espacial (TRESILIAN; OLIVER; CARROLL, 2003). A execução deste tipo de tarefa é comum durante a realização de atividades da vida diária (ex., quando se consegue segurar um objeto que cai de uma mesa antes que ele chegue ao solo) como também no contexto esportivo (ex., durante uma rebatida de uma bola de tênis).

Vários estudos têm apresentado estratégias (meios) similares para explicar como é o controle motor em tarefas de interceptação a alvos móveis e, de forma geral, os autores concordam que o início da ação depende de eventos que acontecem no ambiente (LAND; McLEOD, 2000; RODRÍGUEZ-HERREROS *et al.*, 2013). Estudos que utilizaram tarefas de interceptação provenientes do contexto esportivo (ex., HERNÁNDEZ-DAVO *et al.*, 2014) ou em situações laboratoriais (ex., WIJDENES; BRENNER; SMEETS, 2014a) têm fornecido informações relevantes que complementam as descrições referentes ao controle motor apresentadas inicialmente no trabalho seminal de Hubbard e Seng (1954). Por exemplo, considerando as

interpretações provenientes da perspectiva da Ciência Cognitiva, de forma geral, os estudos realizados até o momento são unânimes em demonstrar que o suporte informacional necessário para o controle de ações de interceptação é disponibilizado a partir da integração entre sistemas sensorial e motor, antes durante e após a execução da habilidade (LAND; McLEOD, 2000).

Em determinadas situações, a interceptação de alvos móveis requer a capacidade de modificar as ações planejadas ou mesmo já iniciadas. A capacidade para modificar uma ação e ainda atingir a meta da tarefa, mesmo diante de frequentes e diferentes condições de incerteza ambiental depende do nível de habilidade do executante para obter informações relevantes referentes à tarefa e utiliza-las de forma precisa (WILLIAMS; DAVIDS; WILLIAMS, 1999). Estas informações são provenientes principalmente da visão e propriocepção que, inicialmente, permitem ao sistema de controle motor avaliar se há condições para realização da tarefa. Esta avaliação se dá com base em variáveis tais como posição atual do corpo, comprimento dos membros (BRENNER *et al.*, 2012) e características do objeto a ser interceptado (GEERT; SALVESBERGH; van DER KAMP, 2000; MARINOVIC; PLOOY; TRESILIAN, 2009b; TRESILIAN; PLOOY, 2006b).

Uma das variáveis que influencia o sucesso na interceptação é o tempo disponível para que a informação visual, referente às características do alvo, seja transformada em contração muscular, e que esta contração leve o membro ou objeto interceptador em tempo hábil ao local correto propício à interceptação (BRENNER *et al.*, 2012; BRENNER; SMEETS, 2015). Para realizar este tipo de tarefa, o comando motor é desencadeado em torno de 150 a 200ms antes do movimento inicial (MARINOVIC; PLOOY; TRESILIAN, 2010; TRESILIAN PLOOY; MARINOVIC, 2009), após a estimativa do tempo para contato com o alvo (TTC) (ZAGO *et al.*, 2009; MARINOVIC; PLOOY; TRESILIAN, 2009b). Dois mecanismos distintos relacionados à visão estão envolvidos na estimativa do TTC: um componente de aviso que se baseia nas características do alvo, e um componente de compensação de fixação, que é caracterizado por uma libertação da fixação atual e consequente aumento na prontidão da resposta (DORRIS; MUNOZ, 1995; WIJDENES; BRENNER; SMEETS, 2014b). Land e McLeod (2000) sugerem que informações detalhadas do objeto que se aproxima são adquiridas através da visão foveal e as partes do deslocamento do alvo que são importantes, são definidas através fixação ocular ou *point gaze*. A fixação final, antes do início do

movimento, é particularmente importante porque a programação da ação pode acontecer neste momento (VICKERS, 1996).

Como já citado anteriormente, além da visão, a propriocepção representa outra fonte de informação importante para o controle motor preciso em tarefas de interceptação. Esta fonte de informação se baseia em dois tipos de informações: aferente e eferente. A informação aferente proveniente do *feedback* sensorial, pode fornecer mensagens imperfeitas e atrasadas que podem variar de acordo com o nível de aprendizagem. Estas mensagens atrasadas e imperfeitas podem influenciar o fracasso durante a realização de interceptações rápidas como, por exemplo, durante o agarre unimanual de uma bola que se desloca a 10 m/s com tempo disponível de 300ms para realização da ação (ADELSON; SULLY; SULLY, 1974). Por isso, é relevante considerar as contribuições da informação eferente (von HOLST; MITTELSTAEDT, 1950; von HOLST, 1953) proveniente do *feedback* interno fornecido pela estrutura de controle formada com a prática. Este tipo de informação pode prevenir os efeitos do atraso e imperfeições da informação aferente (WOLPERT; DIEDRICHSEN; FLANAGAN, 2011), entretanto é dependente da experiência na tarefa. A informação eferente é fornecida internamente por uma parte da estrutura de controle definida como *forward*. O *forward* se baseia em informações armazenadas, definidas como cópias eferentes, e que contêm características de situações anteriores similares à situação atual. Com base nestas informações, esta estrutura estima o posicionamento desejado do membro e a velocidade de execução, por exemplo, para a tentativa atual. Inicialmente, o uso da informação eferente é eficiente em ambientes previsíveis (o controle neste tipo de ambiente será tratado no parágrafo seguinte). Por outro lado, os primeiros contatos com imprevisibilidade resultam em erros de estimativa. As informações dos erros gerados em tentativas consecutivas tornam-se parte das informações eferentes que serão utilizadas para o ajuste do controle motor em tentativas futuras (HERZFELD *et al.*, 2014).

Em contextos previsíveis, uma estratégia comum utilizada para interceptar alvos que se deslocam em altas velocidades, consiste em esperar o alvo chegar o mais próximo possível da zona de interceptação para iniciar a ação (TRESILIAN; PLOOY, CARROLL, 2004). Esta estratégia permite que o alvo seja observado e, com base nas características do objeto, a ação seja pré-programada. Batedores profissionais de baseball gastam tempo considerável obtendo informações da bola e realizam o balanço do taco com curto tempo de movimento (TM) (BREEN, 1967). Esta é também uma estratégia adotada por jogadores *experts* de tênis

(SINGER *et al.*, 1996) e indivíduos que praticaram tarefas de interceptação em situação laboratorial (COUTO, 2012). Este comportamento indica que obter a maior quantidade possível de informações referentes ao alvo, antes de iniciar a ação, é uma estratégia que pode favorecer a interceptação em contextos previsíveis. Além disso, interceptar o alvo também requer a capacidade de prever o momento correto para iniciar a ação enquanto ainda é possível realizar ajustes do comando motor (BRENNER; SMEETS, 2011ab), caso ele tenha sido disparado inadequadamente ou perturbações imprevisíveis sejam inseridas no contexto de execução.

A investigação das estratégias de controle motor adotadas durante a interceptação se dá pela análise de desempenho (ex.; TM) e de medidas cinemáticas (ex., momento do pico de velocidade). Além disso, a análise da atividade eletromiográfica (EMG) auxilia na explicação destas estratégias, pois fornece informações referentes ao controle do comando motor descendente. Especificamente, a análise da coordenação da atividade EMG de agonistas e antagonistas, por meio da co-contração, permite fazer inferências sobre a eficiência da estrutura de controle (MIALL; WOLPERT, 1996; THOROUGHMAN; SHADMEHR, 1999). Em conjunto, análises de desempenho, cinemática e EMG fornecem informações que permitem compreender as estratégias de controle utilizadas em tarefas de interceptação a alvos móveis, assim como, fazer inferências sobre o mecanismo de controle utilizado (pré-programação ou *feedback*). Por exemplo, a análise de variáveis cinemáticas como o tempo para o pico de velocidade e o número de correções na curva de aceleração, mostra que após a estabilização do desempenho e sob condição previsível, o pico de velocidade é alcançado nas porções finais da ação e a curva de aceleração apresenta um perfil monofásico (ex., TRESILIAN e PLOOY, 2006a).

Dos estudos encontrados que investigaram o controle em tarefas de interceptação a alvos móveis, poucos realizaram a análise da EMG (TRESILIAN; PLOOY, 2006b; MARINOVIC; PLOOY; TRESILIAN, 2009b). Contudo, somente analisaram a atividade elétrica de músculos isolados, e não avaliaram a relação da coordenação intermuscular dos músculos agonistas e antagonistas, como faz a análise da co-contração (THOROUGHMAN; SHADMEHR, 1999). O que se sabe, a partir de resultados de estudos que utilizaram tarefas de força e de apontamento, é que durante a aprendizagem da tarefa, a co-contração começa alta e diminui à medida que a estrutura de controle é formada (THOROUGHMAN; SHADMEHR, 1999). Nestes tipos de tarefas, o contato inicial com modificações (perturbações) em parâmetros

aprendidos resulta em aumento da co-contracção. Entretanto, o contato repetido com as mesmas perturbações resulta em posterior redução da co-contracção (MILNER; CLOUTIER, 1993), o que permite inferir sobre a aquisição de competência do *forward* para utilizar a informação eferente na estimativa das estratégias de controle corretas diante do novo contexto. O que ainda não se conhece é o comportamento da co-contracção durante o processo de formação de estruturas de controle em tarefas de interceptação a alvos móveis, tampouco diante de perturbações neste tipo de tarefa. A compreensão de tal comportamento fornecerá subsídios para explicar como modificações do comando motor descendente que são atribuídas a modificações nas estruturas de controle (WADA; KAWATO, 1993) influenciam nas estratégias utilizadas durante a interceptação de alvos móveis e consequente competência das estruturas. A compreensão das estratégias de controle permite inferir sobre o mecanismo (pré-programação ou *feedback*) utilizado neste tipo de tarefa.

A análise de dados cinemáticos publicados até o presente momento permite afirmar que em contexto previsível, a interceptação de alvos móveis se dá a partir da utilização predominante do mecanismo de controle via pré-programação. Por outro lado, em contextos imprevisíveis, quando as demandas da tarefa são modificadas inesperadamente, o alcance do sucesso na realização de interceptações não poderá depender da pré-programação. Nestes contextos, a capacidade de utilização do *feedback* de forma rápida e precisa é essencial para modificar as ações pré-programadas, o que resulta na utilização do mecanismo via *feedback* (ELLIOTT; YANG; WHITAKER, 1995; BRENNER; SMEETS; LUSSANET, 1998). No estudo van Donkelaar; Lee e Gellman (1992), a imprevisibilidade do contexto foi imposta pela prática aleatória a partir da manipulação de diferentes velocidades de deslocamento de alvos. Estas velocidades eram apresentadas sem que os participantes tivessem tempo disponível para pré-programarem as ações corretamente. Foi demonstrado que sob tal condição, a ação era iniciada com base nas características da tentativa anterior, antes mesmo que o processamento visual fosse completado. Em seguida, após identificação das características do alvo, o comando motor era ajustado a partir da utilização predominante do mecanismo via *feedback*. Estes resultados dão suporte para explicar o controle motor em tarefas de interceptação diante de imprevisibilidade e reforçam a importância do mecanismo via *feedback*.

Como apresentado nos parágrafos acima, as explicações para o controle motor diante de imprevisibilidade têm se baseado, principalmente, em análises cinemáticas (IDUKOME *et al.*, 2012; COUTO, 2012). As características do início da trajetória até o pico de velocidade são

interpretadas como a parte pré-programada da ação (WOODWORTH, 1899; KHAN *et al.*, 2006). Já as modificações nas porções finais da trajetória, após o pico de velocidade, com alterações no perfil da aceleração, são interpretadas como correções (ELLIOT *et al.*, 2010). Diante de demandas que impõem modificações da ação, o pico de velocidade é alcançado nas porções iniciais da ação, para que exista tempo suficiente para a realização de correções no final (ELLIOTT; BINSTED; HEATH, 1999). Tais correções requerem modificações na atividade elétrica dos músculos agonistas e antagonistas (NETO; TEIXEIRA, 2011).

A realização de correções após o início da ação exige a capacidade para reprogramação dos movimentos (NAKAMOTO; MORI, 2008; NAKAMOTO *et al.*, 2012) dentro de um período de tempo próximo ao limite da capacidade visuomotora (IRIJI; SHINYA; NAKAZAWA, 2014). Marinovic; Plooy e Tresilian (2009b) demonstraram que a inibição de ações já planejadas para interceptar alvos móveis, depende de um aumento da ativação do deltoide posterior (antagonista) e redução da ativação do deltoide anterior (agonista). Além disso, estes autores demonstraram que tal inibição acontece em aproximadamente 190 ms, considerando uma amostra de participantes inexperientes na tarefa. Contudo, Nakamoto, *et al.*, (2013) demonstraram que este tempo pode ser alterado em função da *expertise* na tarefa. Estes autores demonstraram que jogadores *experts* em basebol são capazes de inibirem o comando motor e reprogramarem o tempo de movimento em até 150 ms. Em conjunto, estes resultados demonstram que a experiência na tarefa aumenta a capacidade para modificar comandos motores em menor período de tempo.

Apesar de não ter investigado o tempo necessário para realização de correções, Couto (2012) encontrou que uma variável que influencia na capacidade para realizar correções após o início do movimento e se adaptar a perturbações imprevisíveis, é o nível de estabilização do desempenho. Neste estudo, os níveis de experiência na tarefa foram manipulados a partir de dois diferentes níveis de estabilização, definidos por critérios de desempenho. Foi demonstrado que frente a perturbações visuais, o grupo que praticou a tarefa além do alcance da estabilização, conseguiu reduzir o tempo para alcance do pico de velocidade e realizar mais correções nas porções finais do movimento, quando comparado ao grupo que praticou até o nível de estabilização. A utilização desta estratégia de controle permite inferir que, em condições imprevisíveis, o alcance de um nível superior de estabilização do desempenho aumenta a competência para utilizar o mecanismo de controle via *feedback*. As correções observadas quando este mecanismo predomina, são caracterizadas por suaves desvios durante

a trajetória do membro envolvido na execução (BRENNER; SMEETS, 2003) e fornece *insights* para a compreensão do controle via *feedback* (WIJDENES; BRENNER; SMEETS, 2014a), essencial em contextos imprevisíveis.

A utilização do mecanismo de controle predominante via *feedback*, pode ser observada a partir da identificação de pontos de inflexão em curvas de velocidade, que aparecem como vales na curva de aceleração. Ações deste tipo têm sido interpretadas como sendo feitas acima de dois ou mais submovimentos e aparecem como vales negativos na curva de aceleração. Os submovimentos perto do fim da execução representam correções do movimento iniciado, e são fruto da modificação da atividade elétrica graças à competência da estrutura de controle para realizar correções. Movimentos que não apresentam qualquer vale são denominados monofásicos, e utilizam predominantemente mecanismo de controle via pré-programação; movimentos bifásicos apresentam um vale (ou uma correção) e assim sucessivamente (TRESILIAN; PLOOY, 2006a), e utilizam predominantemente mecanismo de controle via *feedback*. Se a meta da tarefa é atingida diante de perturbações imprevisíveis, significa que o planejamento prévio já contava com a possibilidade de mudanças que ocorreriam durante a execução, e as antecipava (capacidade preditiva do *forward*), ou ainda, poderia ser que o comando motor inicial foi inibido e outro foi disparado em curto período de tempo (capacidade de utilização rápida e precisa do *feedback*). Este controle preciso depende da competência da estrutura de controle para lidar com as restrições impostas pela tarefa.

A partir da década de 2000, alguns pesquisadores se empenharam em investigar restrições que podem influenciar o desempenho e o controle em tarefas de interceptação a alvos móveis. As restrições na precisão temporal são definidas pelo período de tempo ou *time window* (TW), dentro do qual o contato com o alvo pode ser feito ( $TW = \text{altura do alvo} + \text{largura do efector} / \text{velocidade do alvo}$ ) (TRESILIAN; LONERGAN, 2002). Modificações nos parâmetros velocidade de deslocamento do alvo, altura do alvo e largura do efector reduzem a TW e modificam as demandas da tarefa podendo, conseqüentemente, alterar a precisão na interceptação (TRESILIAN; LONERGAN, 2002). Quando a TW é menor, os movimentos tendem a ser mais rápidos do que quando são maiores (CALJOUW; van DER KAMP; SALVESBERGH, 2004a; TRESILIAN; LONERGAN 2002; TRESILIAN; OLIVER; CARROLL, 2003). O uso desta estratégia favorece o alcance de precisão de temporal (BRENNER *et al.*, 2012; LIM, 2015).



O parâmetro mais investigado em estudos de interceptação a alvos móveis tem sido a mudança na velocidade de deslocamento do objeto a ser interceptado (ex., CALJOUW; van DER KAMP; SALVESBERGH, 2004ab; SMEETS; BRENNER, 1995). Na maior parte destes estudos, a alteração na velocidade acontece antes do início do movimento, o que pode favorecer a utilização do mecanismo de controle via pré-programação. No contexto esportivo, é comum que as modificações em parâmetros da tarefa, como a mudança de velocidade de uma bola arremessada, por exemplo, aconteçam após o planejamento da ação ou ainda após já tê-la iniciado. Nestes casos, as correções devem ser feitas *online* e tão logo quanto possível (GEERT; SALVESBERGH; van DER KAMP, 2000). Tarefas de interceptação com duração da ação superior a 200 ms oferecem tempo suficiente para a realização destes ajustes a partir da utilização do mecanismo de controle via *feedback*. Por outro lado, tarefas com duração inferior praticamente inviabilizam o uso deste mecanismo (MARINOVIC; PLOOY; TRESILIAN 2009ab). Enfim, a partir do exposto, é possível afirmar que o tipo de estratégia utilizada e o predomínio de um ou de outro mecanismo de controle (pré-programação ou *feedback*) dependem das demandas da tarefa, bem como do que é manipulado, por exemplo, nível de estabilização do desempenho e imprevisibilidade do contexto.

### **2.3 Níveis de estabilização do desempenho e adaptação motora**

O estudo do comportamento motor humano frente a perturbações, ou seja, o estudo da adaptação motora, pode ser vislumbrado a partir de três focos, são eles: desempenho, controle motor ou ambos. A investigação do desempenho frente às perturbações se preocupa em analisar a competência para manter ou não o desempenho diante da mudança (SHADMEHR; MUSSA-IVALDI, 1994). Estudos com foco no controle motor objetivam compreender as estratégias de controle adotadas frente à perturbação e consequentemente inferir qual o mecanismo de controle utilizado naquela situação (IZAWA *et al.*, 2008). Já as pesquisas que têm como variáveis dependentes o desempenho e o controle motor informam se o desempenho foi mantido mesmo diante da perturbação e, se sim, explicam quais estratégias de controle foram utilizadas a fim de possibilitar a utilização do mecanismo de controle adequado e consequente manutenção do desempenho (COUTO, 2012; IKUDOME *et al.*, 2012). A tentativa de manutenção do desempenho e a adoção de determinada estratégia de controle são influenciadas por alguns fatores, por exemplo, estruturação da prática (LEITE, 2014; UGRINOWITSCH *et al.*, 2011; UGRINOWITSCH *et al.*, 2014) e nível de estabilização do desempenho (COUTO, 2012). Este tópico abordará o tema nível de estabilização do desempenho e sua relação com a formação de estrutura de controle.

A estabilização do desempenho é alcançada a partir de prática e *feedback* (BURDET *et al.*, 2006). Quando há diferença entre o resultado obtido e a meta a ser alcançada, esta diferença é definida como erro. Se o erro apresenta valores estáveis, próximos à meta da tarefa (dentro de uma faixa considerada como aceitável) com padronização espaço-temporal e reprodutibilidade da ação, considera-se que a estabilização do desempenho foi alcançada (BENDA, 2006; BURDET *et al.*, 2006). A definição operacional desta estabilização em situações experimentais pode ser feita pela adoção de critérios de desempenho estabelecidos em estudos piloto durante a execução da tarefa sem a presença de perturbação (ex.: UGRINOWITSCH *et al.*, 2014; PROFETA, 2009; COUTO, 2012, FONSECA *et al.*, 2012, CAMPOS, 2017; SANTOS *et al.*, 2017). A vantagem de se adotar o desempenho critério, quando comparada à utilização de número fixo de tentativas, é que a estabilização e o número de tentativas a ser realizado são definidos de forma individualizada, o que leva ao alcance de níveis semelhantes de habilidade (TANI, 1995).

A manipulação de diferentes níveis de habilidade tem sido feita a partir do estabelecimento de diferentes níveis de estabilização do desempenho. Estudos que manipularam esta variável foram unânimes em demonstrar que se a prática não se estende até o alcance de um nível mínimo de estabilização do desempenho, a adaptação não acontece (ex.: UGRINOWITSCH *et al.*, 2011). A explicação é que se a estabilização não é alcançada, não há formação de estrutura responsável pelo controle das ações na nova tarefa praticada (TANI, 1995; BURDET *et al.*, 2006), ou seja, não há uma representação central que permita a adoção de estratégias de controle adequadas para a manutenção do desempenho frente a perturbações.

Dos estudos que testaram a interceptação a alvos móveis, o primeiro encontrado que manipulou os níveis de estabilização foi conduzido por Couto (2012). Neste estudo foram investigados os efeitos da prática até a estabilização e além da estabilização, no desempenho e no controle motor frente a perturbações visuais imprevisíveis. Foi demonstrado que a prática além da estabilização favorece a manutenção do desempenho frente às perturbações graças à utilização predominante do mecanismo de controle via *feedback*. A utilização deste mecanismo foi identificada a partir da análise do tempo para o pico de velocidade e do número de correções. A estratégia de controle utilizada por este grupo foi antecipar o pico de velocidade, e assim ter tempo para realizar correções nas porções finais da ação. A prática até a estabilização do desempenho não foi suficiente para conseguir ter precisão nesta estratégia.

Estes resultados indicam que alcançar níveis superiores de estabilização do desempenho favorece a formação de estruturas de controle motor mais flexíveis, quando comparada à prática até a estabilização.

De acordo com Davis *et al.*, (2002), a prática estendida favorece a utilização de múltiplas fontes de informação, o que auxilia na correta predição de *timing* em tarefas de interceptação a alvos móveis. Nesta linha de raciocínio, maiores competências para utilizar informações disponíveis no contexto via *feedback* intrínseco e extrínseco, tais como características do alvo, do efector (objeto interceptador), velocidade e distância de deslocamento do alvo e efector podem ser adquiridas quando a prática vai além da estabilização do desempenho. Ainda, segundo os mesmos autores, estas informações são relevantes para a programação e correção de ações e possibilitam a utilização de corretas estratégias de controle e manutenção do desempenho frente às perturbações imprevisíveis, o que reflete na maior flexibilidade da estrutura de controle adquirida pela prática além da estabilização do desempenho.

Estrutura de controle pode ser conceituada como representações internas e abstratas que processam *inputs* relevantes a serem considerados para organizar os *outputs* enviados para a realização de determinada tarefa (BRAUN *et al.*, 2009a). Um modelo teórico utilizado para explicar o processo de aprendizagem e controle subjacente a movimentos rápidos do braço é baseado em uma representação interna e abstrata do membro denominada Modelos Internos ou Modelos Preditivos (WOLPERT; FLANAGAN, 2001). A ideia inicial referente à existência desta representação partiu de Kenneth Craik em 1943 e foi apresentada no livro *The Nature of Explanation*. A escrita sugeria, já naquela época, que organismos utilizam representações internas do mundo externo para produzir seus movimentos (CRAIK, 1943; WOLPERT; MIALL; KAWATO, 1998). Com base nestes conceitos, pode-se dizer que já em 1943 era considerada, mesmo que timidamente, a ideia referente à existência de Modelos Internos (MIs). Conceitualmente, pode-se dizer que os Modelos Internos são estruturas de controle que imitam o comportamento diante da realização de tarefas, através da transformação de variáveis sensoriais em ações motoras (WOLPERT; GHAHRAMANI; JORDAN, 1995; MIALL; WOLPERT, 1996; WOLPERT; DIEDRICHSEN; FLANAGAN, 2011). Os MIs caracterizam-se como estruturas flexíveis que simulam a dinâmica do comportamento do sistema motor no planejamento, controle e aprendizagem, a partir da integração de informações do ambiente, do corpo e comandos motores já disparados (WOLPERT; GHAHRAMANI; JORDAN, 1995; WOLPERT, 1997).

O referencial teórico que utiliza MIs para explicar a aprendizagem e o controle motor se desenvolveu a partir de estudos de controle de movimentos na engenharia e na robótica, com proposições que permitiram demonstrar relações entre estruturas neurais e o controle motor em organismos vivos (KAWATO, 1999; POON, MERFELD, 2005). De acordo com Ito (2008), com a prática, o sistema nervoso central forma MIs que reproduzem a dinâmica de partes do corpo envolvidas na tarefa que está sendo aprendida, assim como o inverso desta dinâmica. Estas estruturas desempenham papel crucial no controle motor humano e apresentam características relacionadas, por exemplo, a circuitos internos de *feedback* que possibilitam a aquisição de competências para lidar com perturbações (KARNIEL; MUSSA-IVALDI, 2002). Além disso, favorecem a realização de movimentos rápidos do braço, já que estes não podem ser executados sob a condição pura de controle via *feedback* sensorial em virtude da imprecisão das informações aferentes e de atrasos sensoriais associados a transdutores de recepção, condução neural, processamento central e ativação muscular (WOLPERT; MIALL; KAWATO, 1998). Conseqüentemente, em ações rápidas de interceptação é necessário existir um controle preditivo.

O controle preditivo, característico dos MIs, é essencial na realização de movimentos rápidos, tais como interceptações com tempo de movimento inferior a 250 ms, como também para o alcance de metas em contextos imprevisíveis. As predições baseadas em comandos motores anteriores e na dinâmica inversa do corpo e do ambiente, estimam o estado futuro e emitem o comando motor atual a partir de duas representações que compõem os MIs: modelo *forward* e modelo inverso (WOLPERT; GHARAMANI; JORDAN, 1995). O modelo *forward* atua através da imitação ou representação do comportamento do sistema motor em resposta ao comando que se encontra em curso. Por exemplo, o modelo *forward* da dinâmica do braço em determinada situação recebe o *input* das características do membro como ângulo articular e velocidade no estado atual (MIALL; WOLPERT, 1996). Estas informações ficam armazenadas em forma de cópias eferentes nesta estrutura e são utilizadas dentro de um circuito interno do MI para estimar estados futuros e corrigir comandos motores diante de perturbações.

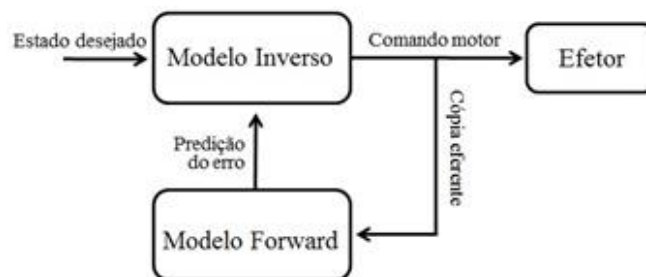
Uma das peculiaridades do modelo *forward* está associada aos mecanismos de *feedback* contidos nesta estrutura e que mediam correções a partir da comparação entre as características ambientais, como a localização de um alvo, e a estimativa da localização do

membro envolvido na tarefa como, por exemplo, a localização do braço. De forma mais detalhada, pode-se dizer que estes mecanismos de *feedback* são divididos em três categorias: *feedback* sensorial, *feedback* não sensorial e *feedback* interno. O *feedback* sensorial é essencial para a estimativa da localização dos membros ou do corpo, a partir de informações sensoriais tais como propriocepção e visão. O *feedback* não sensorial estima a localização do membro ou do corpo a partir de informações eferentes que, durante o envio de comandos motores, são armazenadas no *forward*. Estas informações armazenadas são definidas como cópias eferentes. Por fim, o *feedback* interno estima a localização do membro ou do corpo baseado em ambas, informações aferentes e eferentes (DESMURGET; GRAFTON, 2000; WOLPERT; DIEDRICHSEN; FLANAGAN, 2011).

O modelo *forward* possui algumas características que favorecem o controle motor diante de imprevisibilidade (WOLPERT; GHARAMANI; JORDAN, 1995). A primeira, como brevemente citado acima, atrasos nos circuitos sensório-motores são considerados longos e resultam em lentidão na atuação do *feedback* sensorial durante execução de movimentos rápidos. A atuação do mecanismo de *feedback* interno do modelo *forward* permite que a ação seja estimada, e dessa forma, o mecanismo interno é usado antes que o *feedback* sensorial esteja disponível. A segunda é que, através da utilização de cópias eferentes (ver Fig.1) - cópia do comando motor descendente - o modelo *forward* antecipa e cancela os efeitos sensoriais da ação (reaferência). Essas cópias são particularmente importantes durante a realização de movimentos balísticos, pois podem ser usadas para atualizar o comando motor do modelo inverso (será tratado no parágrafo seguinte) baseada no estado atual do corpo. A terceira é que, o modelo pode ser usado para transformar erros provenientes da diferença entre resultado desejado e resultado atual para fornecer sinais apropriados para aprendizagem ou adaptação motora em situações futuras sendo utilizado para estimar o estado futuro. A predição do estado seguinte é combinada com uma correção sensorial reafereente, o que favorecerá a realização de correções quando necessário. O modelo *forward* representa a relação causal entre ações e suas consequências (MIALL; WOLPERT, 1996). Finalmente, o modelo *forward* estima o *input* sensorial futuro baseado em *outputs* motores provenientes do modelo inverso (JORDAN e WOLPERT, 1999).

O modelo inverso é uma estrutura de controle que captura informações na direção oposta à execução da ação, por inferir as causas resultantes do efeito desejado (WOLPERT; DIEDRICHSEN; FLANAGAN, 2011). Este modelo mapeia o efector envolvido na execução

da tarefa, por exemplo, o braço. A partir das características referentes do membro, ele computa sinais de controle necessários antes da realização do movimento para emissão do comando motor (WOLPERT; GHAHRAMANI; JORDAN, 1995). Os modelos inversos agem como sistemas de controle via circuito aberto (ver Fig.1), pois emitem o comando motor final definido como *feedforward*, sem contar com *feedback* (JORDAN; WOLPERT, 1999). Estas estruturas invertem o fluxo causal do sistema motor transformando variáveis sensoriais em variáveis motoras. Para aprender tal transformação, o sistema tenta inicialmente configurações aleatórias de ângulos articulares e “observa” o resultado da posição do membro no espaço (MIALL; WOLPERT, 1996; WOLPERT; GHAHRAMANI; JORDAN, 1995), sendo o *feedback* sensorial essencial na formação dos modelos internos (THOROUGHMAN; SHADMEHR, 1999). É possível deduzir que a estratégia de tentar diferentes e aleatórias configurações de ângulos articulares pode ser vislumbrada no desempenho durante os períodos “iniciais” da aprendizagem motora, que são caracterizados por muitos erros, provavelmente na tentativa de encontrar os ângulos e posicionamentos adequados para a execução da tarefa. Esta estratégia elucida o papel da prática e do *feedback* na aquisição de modelos inversos. A figura 1 ilustra o funcionamento do *forward* e do modelo inverso na geração de um comando motor.

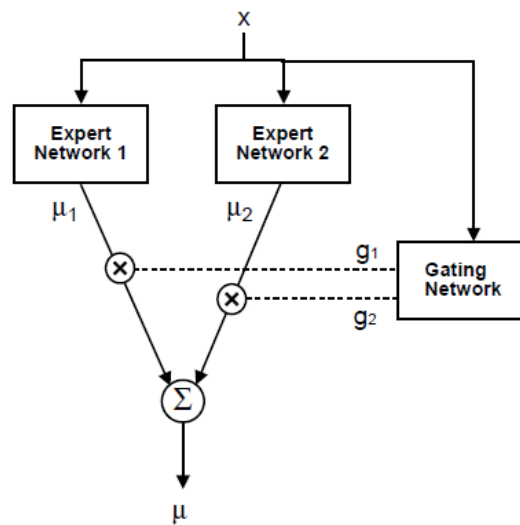


**Figura 1** - Representação da atuação dos modelos Inverso e *Forward* na produção do comando motor (MIALL; WOLPERT, 1996).

Ao longo do processo de formação dos modelos internos, diante do contato com uma nova tarefa, a seleção da resposta adequada depende do acesso a elementos específicos armazenados no sistema nervoso central, definidos como motores primitivos. Estes elementos contêm características espaciais e temporais similares à nova habilidade praticada e são codificados na dinâmica dos novos modelos internos que estão sendo formados (OVERDUIN *et al.*, 2012).

Para formar a nova estrutura de controle da habilidade a ser aprendida, Durante o processo de seleção dos motores primitivos, é necessário considerar as múltiplas alternativas de motores primitivos para, por fim, selecionar aqueles adequados (CHURCHLAND *et al.*, 2012) à formação dos novos MIs (WOLPERT *et al.*, 1998). Esta seleção dos motores primitivos requer o conhecimento da dinâmica do objeto a ser manipulado, ou seja, as propriedades físicas do objeto (por exemplo, massa e atrito), bem como o conhecimento da forma na qual o objeto será utilizado durante a execução da habilidade (HEALD, *et al.*, 2018). Além destas informações, o processo de seleção considera as recompensas esperadas, o custo motor e as orientações para a execução da tarefa (DIEDRICHSEN; KORNYSHEVA, 2015), fornecidas via demonstração e/ou instrução verbal. Com a prática, este processo de seleção da reposta se torna mais eficiente, uma vez que o conhecimento da dinâmica da tarefa favorece a predição para a seleção dos motores primitivos mais adequados. Após a etapa de seleção, os motores primitivos começam a se conectar para a formação dos modelos internos, seja de um modelo, diante de prática constante, ou do conjunto de módulos *experts*, diante de prática variada (WOLPERT; MIALL; KAWATO, 1998). Estes módulos *experts* correspondem a vários módulos de modelos internos (JORDAN; WOLPERT, 1999). O modelo *forward* e o modelo inverso, cada um com suas peculiaridades, são consubstanciados dentro dos módulos *experts*, sendo estes atualizados através da prática sem interferir em módulos já formados (WOLPERT; MIALL; KAWATO, 1998). A formação destas estruturas pode ser inferida a partir da observação da reprodutibilidade de desempenhos precisos (BURDET *et al.*, 2006).

A capacidade para se adaptar às diversas perturbações com as quais os indivíduos se deparam diariamente, é explicada a partir da existência de múltiplos pares de *experts*. Cada par captura o comando motor adequado para a situação específica e se combina durante a execução de uma ação com características de tarefas já aprendidas anteriormente (dentro de um mesmo *workspace*). Wolpert; Miall e Kawato (1998) propuseram uma abordagem modular que considera a combinação de múltiplos modelos internos, ou múltiplos *experts*. Dentro desta abordagem, inicialmente os *inputs* são processados por múltiplos *experts* e, a partir de então a contribuição de cada um é modulada pelo estimador de responsabilidade (*gating network*) que estima a probabilidade de contribuição de cada *expert* para a execução da ação específica (ver figura 2).



**Figura 2** - Representação da mistura de modelos *experts* baseada nas características de  $x$  para formulação do modelo interno adequado para realização da tarefa (JORDAN; WOLPERT, 1999).

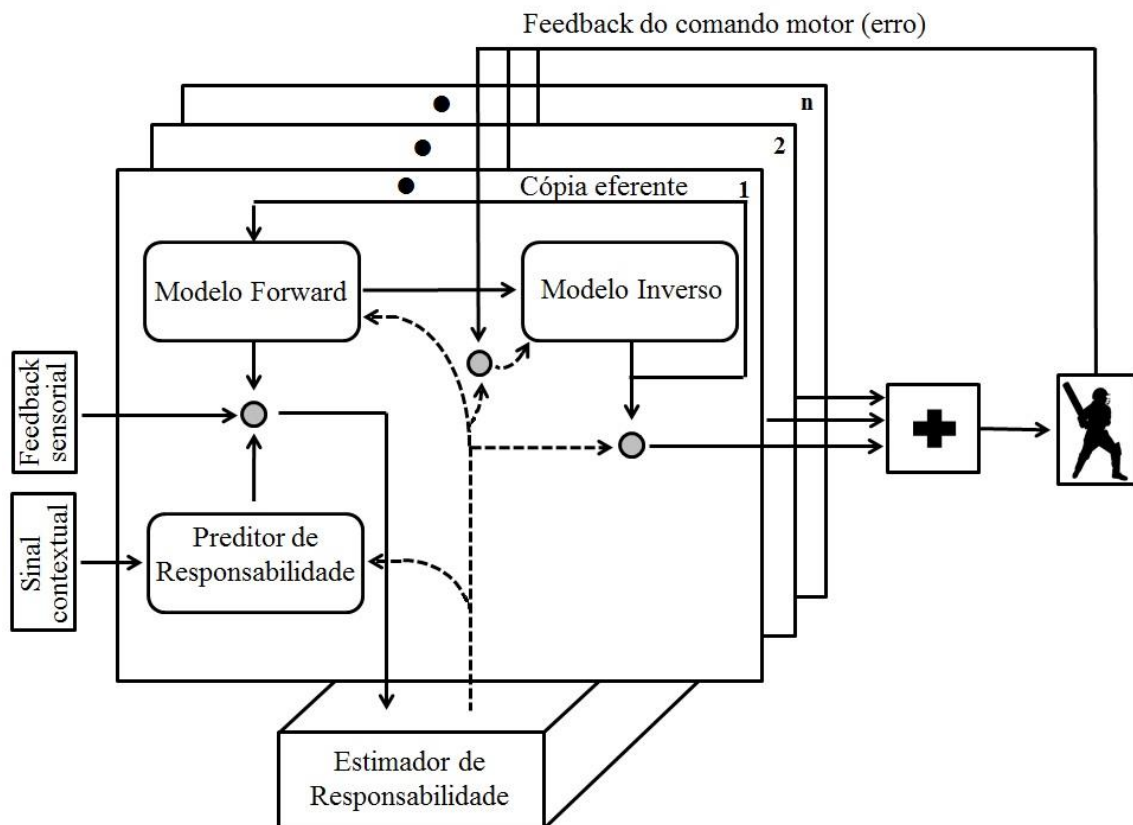
A consideração da combinação dos múltiplos pares de *experts* permite explicar, em termos de estrutura de controle, que a adaptação motora às perturbações dentro de um *workspace* de tarefas já aprendidas, é facilitada pela combinação de diferentes módulos *experts*. Esta combinação resulta na produção de um comando motor final (*feedforward*) proveniente da contribuição de diferentes módulos, o que favorece o surgimento de variadas ações.

A figura 3 ilustra uma representação esquemática de múltiplos pares de *experts* acomodados em módulos (representados por 1, 2 e  $n$ ), sendo cada um deles formado por um modelo inverso, um *forward* e um preditor de responsabilidade. Externamente aos *experts* está o estimador de responsabilidade, apresentado em parágrafos anteriores como *gating networks*, considerando a visão computacional. O modelo inverso é responsável por mapear o efetor de acordo com um estado desejado e enviar o comando motor específico de seu módulo. O cálculo dos sinais de controle necessários para a definição do comando motor adequado se dá com base nas informações disponíveis antes do início da ação (CIZEK, 2004). O modelo *forward* e o preditor de responsabilidade atuam juntos na análise das características de seu módulo e na determinação do nível de contribuição para a execução de uma ação específica a partir das características do comando motor do modelo inverso. Esta responsabilidade reflete o grau em que cada módulo se assemelha com o contexto atual e deve, portanto, participar do controle da ação (JORDAN; WOLPERT, 1999). A probabilidade de um *forward* específico capturar o comportamento atual do sistema é determinada a partir do seu erro de predição. Isso significa que quanto menor for o erro, maior a probabilidade de que o *feedback* sensorial e a cópia eferente de um módulo específico estejam consistentes com o contexto capturado



pelo modelo inverso e, portanto, a responsabilidade daquele módulo específico é maior do que a dos demais (JORDAN; WOLPERT, 1999; WOLPERT; MIALI; KAWATO, 1998).

O *forward* pode ser utilizado para estimar os efeitos do comando motor do modelo inverso, uma vez que a ação tenha sido iniciado. Para permitir que o sinal sensorial altere o comando motor antes do movimento, o preditor de responsabilidade faz a estimativa antes que o movimento seja iniciado usando pistas sensoriais do contexto. Multiplicando esta estimativa pela probabilidade proveniente dos modelos *forwards*, e a normalização através dos módulos, usando o estimador de responsabilidade, a estimativa da responsabilidade do módulo é alcançada, o que mostra a medida em que cada modelo *forward* representa o comportamento do sistema. Quanto menor o erro de predição, maior responsabilidade do módulo e do *forward* na execução da tarefa. Como cada módulo possui um modelo *forward* e um inverso, a aprendizagem acontece no módulo, sendo que o modelo inverso fornece sinais adequados sobre o contexto e o modelo *forward* realiza as predições de forma precisa. Neste momento, novamente o preditor de responsabilidade entra em ação para avaliar o sinal de cada modelo inverso e garantir que ambos os modelos contidos em cada módulo estejam fortemente acoplados para garantir a precisão no controle. Finalmente o estimador de responsabilidade determina em que medida o *output* de cada modelo inverso contribui para o comando motor final, o *feedforward* (JORDAN; WOLPERT, 1999; WOLPERT; MIALI; KAWATO, 1998).



**Figura 3** - Representação esquemática de múltiplos pares de modelos *forward* e inversos acomodados em módulos (adaptado de WOLPERT; KAWATO, 1998).

Uma característica relevante dos módulos *experts* é que eles são flexíveis para se combinarem e gerarem variados repertórios de comportamentos. A existência de inúmeros módulos favorece a adaptação motora, mas uma exigência ambiental que não se aproxima de qualquer módulo já existente dificilmente pode ser superada num primeiro momento (WOLPERT; DIEDRICHSEN; FLANAGAN, 2011). É possível presumir que, a exposição a variadas situações ou condições de prática, por exemplo, a partir da prática aleatória, facilitaria a adaptação motora por favorecer a formação de vários módulos *experts* que posteriormente podem ser combinados diante de perturbações e assim lidar com as novas demandas.

De certa forma, as explicações aqui apresentadas são corroboradas por alguns autores que sugerem que modelos internos podem ser combinados a partir da exposição dos indivíduos à prática aleatória. Por exemplo, Braun *et al.* (2009a) e Braun; Mehring; Wolpert (2010) confirmaram essas previsões ao manipularem velocidades de bolas de tênis ou peso de raquetes de *squash*. Quando não existe um módulo específico para uma determinada situação, módulos distintos poderiam se combinar para possibilitar a adaptação às perturbações dentro do *workspace* dos módulos existentes (WOLPERT; MIALL; KAWATO, 1998). A forma na

qual a prática é estruturada pode favorecer a formação de módulos específicos para cada condição. Indo além, em situações futuras, diante de perturbações, estes módulos já estariam preparados para se combinarem e fornecerem o comando motor mais apropriado para cada situação. A partir do exposto, compreender os efeitos da estruturação da prática na adaptação motora é uma questão que merece ser explorada.

#### **2.4 Estruturação da prática e adaptação motora**

A aquisição de competências para realizar tarefas motoras com êxito, tais como andar de bicicleta ou jogar peteca podem refletir na capacidade de generalização do que foi aprendido na aplicação em situações semelhantes, por exemplo, no motociclismo e no *badminton*, respectivamente (BRAUN *et al.*, 2009a). A princípio, tal generalização só é possível se o indivíduo possuir módulos *experts* com características semelhantes à nova habilidade, como é o caso dos exemplos citados. Nesta linha de raciocínio, é possível afirmar que a generalização pode ser facilitada se a execução de uma nova ação for similar a outras já aprendidas (WOLPERT; DIEDRICHSEN; FLANAGAN, 2011). Mais especificamente, a existência de vários módulos *experts* é benéfica diante de perturbações. Sob tais condições, se existem os módulos necessários e os meios de estabelecer a contribuição de cada um deles, possivelmente o indivíduo será capaz de lidar com a perturbação e se adaptar (GHAHRAMANI; WOLPERT, 1997). Assim, a prática que permita a formação de diferentes módulos *experts* é essencial para a posterior adaptação motora.

Alguns estudos (ex., KRAKAUER *et al.*, 2000; BRAUN *et al.*, 2009a) investigaram os efeitos da prática variada na adaptação motora. Os resultados encontrados fornecem suporte para afirmar que este tipo de prática facilita a adaptação. Por exemplo, Krakauer *et al.*, (2000) demonstraram que a adaptação é facilitada pela exposição à situações com maior quantidade de variação, quando comparadas a situações com menos variações. Neste estudo, os participantes foram expostos a uma de quatro diferentes condições de prática em uma tarefa de apontamento. As condições eram: apontar em direção a um, dois, quatro ou oito alvos. O número de alvos em cada situação refletiu no número de direções praticadas durante a primeira fase. Quando os participantes foram expostos a perturbações, que consistiam em realizar apontamentos em direções não praticadas anteriormente, mas dentro do mesmo *workspace* da prática anterior, a condição de oito alvos possibilitou taxa superior de adaptação, diferentemente das demais condições. Outro exemplo que demonstra os benefícios

da variação da prática na adaptação está no estudo de Braun *et al.*, (2009a). Este estudo foi constituído por duas fases e os participantes foram divididos em dois grupos (experimental e controle) que foram submetidos a uma tarefa de rotação visuo-motora. Na primeira fase, o grupo experimental praticou a tarefa sob oito condições de variação dos valores de rotação. Nesta fase o grupo controle praticou a mesma tarefa, porém sem qualquer modificação. Em seguida os grupos foram expostos a uma condição de rotação visuo-motora fixa e ainda não praticada. Nesta fase, o grupo que praticou na condição variada apresentou melhor competência para se adaptar, quando comparado ao grupo controle.

Os resultados dos estudos supracitados indicam que a prática variada favorece a adaptação quando comparada à prática constante, e a explicação é que a prática em diferentes situações favorece a formação de diferentes módulos *experts*. Diante de posterior exposição a perturbações, estes módulos são combinados e cada um contribui para a produção do comando motor final diante da nova demanda (JORDAN; WOLPERT, 1999). Além disso, a prática variada representa uma condição que, comparada à prática constante, impõe incertezas no mapeamento sensório-motor, pelo menos no início da prática. Nesta condição, o controle acontece predominantemente via *feedback* (BRAUN *et al.*, 2009b), mesmo mecanismo necessário para ocorrência de adaptação frente à perturbações imprevisíveis (COUTO, 2012). A utilização do mecanismo via *feedback* durante a prática variada foi demonstrada também por outros autores. Izawa *et al.*, (2008) demonstraram que em uma tarefa de controle de força sob condição variada (aleatória), definida pelos autores como ambiente estocástico, o pico de velocidade é antecipado, comportamento contrário ao observado na condição constante. No capítulo de controle motor em tarefas de interceptação foi explicado que a utilização desta estratégia está relacionada ao mecanismo de controle via *feedback*.

Outro estudo que ilustra a utilização predominante do mecanismo de controle via *feedback*, diante de prática variada é o realizado por van Donkelaar; Lee e Gellman (1992). Neste estudo foi demonstrado que em uma tarefa de interceptação a alvos que deslocavam em diferentes velocidades (prática aleatória), a estratégia utilizada foi de iniciar as ações antes mesmo do processamento da informação referente à velocidade atual do alvo. Quando a velocidade era identificada os ajustes eram feitos nas porções finais do movimento. Como a utilização destas estratégias e, conseqüentemente, do mecanismo de controle via *feedback* é essencial para a ocorrência de adaptação às perturbações imprevisíveis, os resultados dos estudos em conjunto sugerem que a prática variada previamente à inserção de perturbações

favorece a utilização do mecanismo de *feedback*. Contudo, este controle predominantemente via *feedback* não representa um processo genérico já que ele é altamente dependente estruturas de controle formadas em situações anteriores (BRAUN *et al.*, 2009a), o que reforça a importância da formação de vários módulos que futuramente poderão ser combinados diante de perturbações.

Com base nas proposições de Wolpert (1997); Wolpert *et al.*, (1998) e Overduin *et al.*, (2012) relacionadas à formação de modelos internos, é possível deduzir que a produção de comandos motores precisos durante a aprendizagem de uma tarefa de interceptação a alvos móveis, dependerá da integração de modelos primitivos utilizados em outras situações com demandas similares, por exemplo, tarefas da vida diária como segurar uma chave que alguém lança em sua direção. Se inicialmente, a prática desta nova tarefa de interceptação acontecer sob condição constante, provavelmente o tempo necessário para produzir comandos motores precisos será menor do que se a prática for realizada em condição variada, ou seja, a prática constante deve depender de uma quantidade inferior de prática. A explicação para tal hipótese se baseia nas colocações de Jordan e Wolpert (1999). De acordo com estes autores, para a aprendizagem da transformação sensório-motora entre determinada posição desejada e posição atual do membro, o sistema neuromotor tenta diversas configurações de forma aleatória, ou seja, combinações aleatórias entre diferentes modelos primitivos, e analisa a posição do membro. Este processo se repete até que o comando motor adequado seja produzido. Sob condição de prática constante o sistema pode se dedicar a encontrar a solução para uma única configuração. Por outro lado, sob condição de prática variada o sistema deverá, a cada tentativa, testar diferentes combinações de módulos, o que resulta na geração de comportamentos altamente variáveis, principalmente no início da prática (BRAUN *et al.*, 2009b). Assim, provavelmente mais tempo será necessário até que o comando motor adequado para cada condição seja produzido. Uma vantagem deste tipo de prática é que a constante dependência de *feedback* favorece o fortalecimento do *forward* e o armazenamento de quantidades variadas de cópias eferentes. Dessa forma, diante de perturbações, o *forward* estará mais preparado para fazer previsões principalmente em um ambiente imprevisível.

Diante de perturbações tais como modificações na velocidade de deslocamento de um alvo após o início do movimento, a prática prévia ao contato com a perturbação, sob condição constante (única velocidade de deslocamento), possivelmente resulta em maior dificuldade para se adaptar, quando comparada à prática sob condição variada. Isso porque, diante da

perturbação, a condição de prática constante, desencadeia um conflito no mapeamento sensorio-motor que captura a relação entre velocidade percebida visualmente e velocidade atual. Por outro lado, a prática variada (ex., aleatória) possibilita o desenvolvimento de diferentes módulos que poderão ser combinados diante de cada velocidade do alvo na condição com perturbação (WOLPERT, 1997). Dessa forma, interceptar alvos em contextos com perturbações se torna mais fácil quando a prática é estruturada de forma variada do que constante. Isso porque, o maior repertório de módulos com diferentes características referentes à tarefa permite a combinação e produção de um comando motor específico para o contexto atual. Por outro lado, esta combinação não acontece quando a prática prévia é estruturada de forma constante, já que apenas um módulo é formado. Nesta situação, a adaptação dependerá da flexibilidade do único módulo formado.

Outra forma de estruturação da prática que medeia as duas citadas anteriormente e que, com base no paradigma da combinação de múltiplos módulos, poderia influenciar a adaptação é a prática combinada. Nesta configuração, uma possibilidade seria praticar a tarefa inicialmente sob condição constante, até a formação de um módulo responsável por desencadear o comando motor para a tarefa praticada. Em seguida, a prática continua de forma aleatória (configuração constante-aleatória) até o alcance de determinado critério de desempenho. Neste perfil de estruturação, a duração da etapa de seleção dos modelos primitivos durante a prática aleatória poderia ser reduzida. Isso porque, a condição constante levaria à formação de um módulo contendo características específicas da tarefa (WOLPERT, 1997). Posteriormente, quando a prática aleatória fosse inserida, a formação dos novos módulos poderia contar com as características deste primeiro e com um número reduzido de motores primitivos. Dessa forma, os erros na fase de formação dos módulos diante de prática aleatória, não seriam mais tão variáveis como proposto por Braun *et al.*, (2009a).

Processo contrário ao proposto para a prática constante-aleatória aconteceria diante da configuração de prática aleatória-constante. O tempo para formação dos módulos na de prática aleatória, seria mais duradouro do que sob a condição constante. Em seguida, o alcance da meta da tarefa sob condição de prática constante se daria a partir da combinação dos módulos formados na condição anterior. O processo de predição da contribuição de cada módulo e posterior combinação se repetiria com considerável consistência, até o alcance do critério do desempenho estabelecido. Este processo de repetição promoveria certa rigidez de cada módulo e do processo de produção do comando motor como um todo. Isso porque a

prática sob a mesma condição depende cada vez menos da competência preditiva do *forward* e utilização do mecanismo de controle via *feedback*. Esta configuração de prática dependeria da utilização predominante do mecanismo de controle via pré-programação e promoveria rigidez no processo de combinação dos módulos, o que em situações futuras, dificultaria a adaptação motora a perturbações imprevisíveis.

A partir do exposto, é possível afirmar que a forma na qual a prática é estruturada reflete na competência para se adaptar. Além disso, em capítulos anteriores foram apresentados argumentos baseados em resultados de estudos que demonstraram que a manipulação de níveis de estabilização do desempenho também influencia na adaptação. Dessa forma, é possível inferir que a combinação de estruturação de prática que favoreça a formação de diferentes módulos (prática variada), maior utilização do mecanismo de controle via *feedback* (prática variada aleatória) e o alcance de nível de estabilização do desempenho que favoreça a formação de módulos flexíveis (prática além da estabilização do desempenho), possivelmente favorecerá a adaptação a perturbações imprevisíveis.

Entretanto, estas foram deduções que se basearam no funcionamento dos múltiplos pares de MIs e conhecimento das estratégias e mecanismos de controle utilizados em tarefas de interceptação a alvos móveis, mas que precisaram ser testadas. Para tal foram conduzidos dois experimentos que objetivaram investigar os efeitos da manipulação de diferentes níveis de estabilização do desempenho e estruturas de prática na adaptação motora.

### **3 OBJETIVO GERAL**

Investigar os efeitos de níveis de estabilização do desempenho e estruturação da prática na adaptação a perturbações visuais imprevisíveis.

#### **3.1 Objetivos específicos**

Os objetivos específicos serão apresentados em função dos experimentos realizados nesta tese. Primeiramente são apresentados os objetivos específicos do experimento I. Após toda apresentação do experimento I, são apresentados os objetivos específicos do experimento II seguidos pela apresentação deste experimento.



#### **4 HIPÓTESES**

As hipóteses desta tese estão descritas na ordem de apresentação de cada experimento. Primeiramente são apresentadas as hipóteses do experimento I. Após toda apresentação do experimento I, são apresentadas as hipótese do experimento II seguidos pela apresentação deste experimento.

## 5 Experimento I: Níveis de estabilização do desempenho e estruturação da prática

### 5.1 OBJETIVO GERAL

Investigar os efeitos da manipulação do nível de estabilização do desempenho e da estruturação da prática na adaptação motora a perturbações visuais imprevisíveis.

#### 5.1.1 Objetivos específicos

1. Investigar os efeitos da manipulação do nível de estabilização do desempenho e da estruturação da prática no desempenho durante a fase de Pré-exposição.
2. Investigar os efeitos da manipulação do nível de estabilização do desempenho e da estruturação da prática no controle motor durante a fase de Pré-exposição.
3. Investigar os efeitos da manipulação do nível de estabilização do desempenho e da estruturação da prática no desempenho na fase de Exposição.
4. Investigar os efeitos da manipulação do nível de estabilização do desempenho e da estruturação da prática no controle motor na fase de Exposição.

### 5.2 HIPÓTESES

O experimento I será conduzido com o intuito de testar as hipóteses descritas abaixo:

H<sub>1</sub> – O desempenho de todos os grupos melhorará ao longo da fase de Pré-exposição.

H<sub>2</sub> – O controle motor de todos os grupos será similar ao longo da fase de Pré-exposição.

H<sub>3</sub> – Na fase de Exposição, o grupo ESP-ALEA apresentará o melhor desempenho e o grupo EST-CONS o pior.

H<sub>4</sub> – Na fase de Exposição, todos os grupos utilizarão predominantemente o mecanismo de controle via *feedback*.

### 5.3 MATERIAIS E MÉTODOS

Todos os procedimentos e métodos descritos a seguir foram aprovados pelo Comitê de Ética e Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais (ANEXO I), sob o parecer número CAAE 30544714.7.000.5149. O estudo foi realizado nas dependências do prédio da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais. As coletas de dados conduzidas nesta tese incluíram um teste de contração voluntária máxima (CIVM) antes de iniciar os experimentos. A fase de Pré-exposição iniciou 15 minutos após o teste, e 24 horas após, foi realizada a fase de Exposição.

#### 5.3.1 Participantes

A amostra que participou deste experimento foi composta por 40 universitários de ambos os sexos (19 homens e 21 mulheres), com idades entre 18 e 40 (idade média e desvio padrão =  $26,02 \pm 4,02$  anos), destros (valores do inventário de Edinburgo =  $81 \pm 3,56$ ) e inexperientes na tarefa. Vale ressaltar que, 46 voluntários (21 homens e 25 mulheres) foram selecionados para participar da coleta de dados. Entretanto, houve uma perda amostral de seis sujeitos pelos seguintes motivos:

- Não alcance do desempenho critério – perda amostral: um participante
- Problemas relacionados ao funcionamento do equipamento de coleta da EMG – perda amostral: três participantes
- Falta na coleta dos dados na fase de Exposição – duas participantes.

Como critérios de inclusão, além de serem destros, não poderiam ter histórico de problemas músculo esquelético no membro superior direito ou deficiência visual que impossibilitasse a realização do protocolo experimental. Por último, os participantes deveriam ter um intervalo de, pelo menos, 72 horas sem treinamento de força para realizar os procedimentos experimentais.

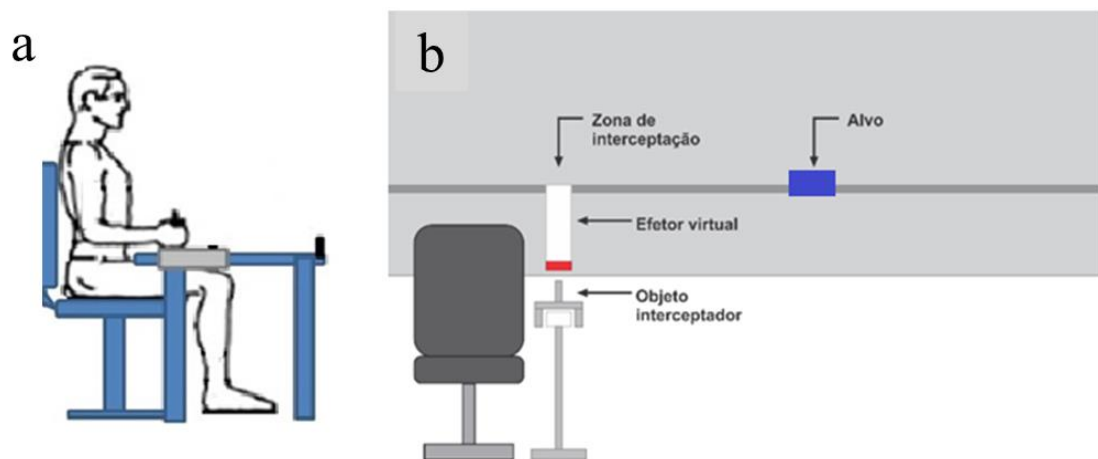
#### 5.3.2 Instrumento e tarefa

Inicialmente foi aplicado o Inventário de Dominância Lateral de Edinburgo (OLDFIELD, 1971) (Ver ANEXO II) para confirmar a preferência manual dos participantes. A definição do índice de assimetria manual foi calculada empregando-se a seguinte fórmula:

$$\left( \frac{\text{Mão preferida} - \text{Mão não-preferida}}{\text{Mão preferida} + \text{Mão não-preferida}} \right) \times 100$$

**Figura 4** - Fórmula para cálculo de assimetria lateral (TEIXEIRA; PAROLI, 2000).

Para testar as hipóteses apresentadas nesta tese, foi construído um instrumento (FIGURA 5) nomeado Tarefa de Interceptação a Alvos Móveis (TIAM). Este instrumento é constituído por uma guia linear de *nylon* (trilho) 1,0 m (comprimento) x 0,10 m (largura) x 0,04 m (altura), um objeto interceptador (efetor físico) construído por material em alumínio (massa = 2020 gramas) e uma cadeira de aço fixa no chão.

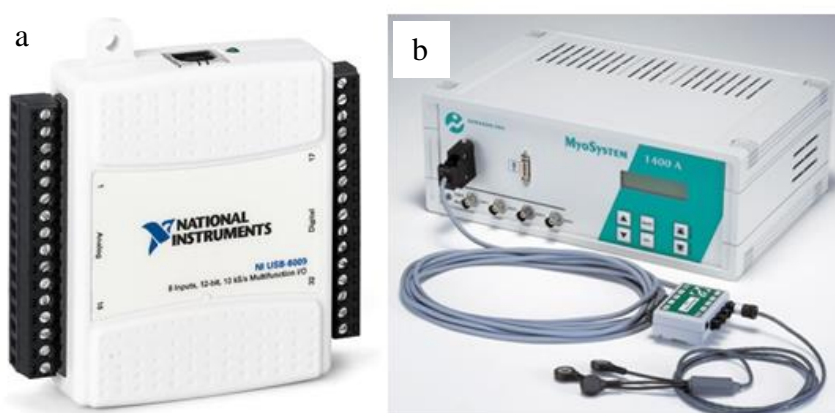


**Figura 5** - Tarefa de interceptação a alvo móvel. a. vista lateral. b. vista frontal

A execução da tarefa e a aquisição dos dados foram realizados com *software* específico, desenvolvido em plataforma *Labview*® (*National Instruments Corporation, Austin/TX, USA*) versão 15. A taxa de aquisição dos dados da guia linear era de 150 Hz. A série de dados temporais foi filtrada por filtro *Butterworth* de segunda ordem, e com frequência de corte de 20Hz. Para cálculo das variáveis cinemáticas, foi utilizado um Transdutor Magnético *Balluff*® (BTL6-A110-M0400) com precisão de 4µm, que foi inserido no trilho em contato direto com o efetor físico. Foi utilizada também uma placa DAC-NIUSB-6009 *National Instruments*® (FIGURA 6a) para a conversão dos sinais analógicos em sinais digitais. O processamento dos dados cinemáticos foi realizado através do *software MatLab* versão 16.

A tarefa virtual foi processada em um computador marca HP e um projetor da marca EPSON modelo H552A que projetava a parte virtual da tarefa em uma tela de 3,04 mts de largura x 2,28 mts de altura, fixada em uma parede a 370 cm de distância do participante. As medições

necessárias foram realizadas com trena digital a laser da marca BOSH<sup>®</sup>, DLE70, profissional. A aquisição da atividade eletromiográfica foi realizada com o sistema de captura de sinais NORAXON<sup>®</sup> (*MyoSYSTEM* 1400A) (FIGURA 6b). O registro da atividade elétrica foi realizado a partir da colocação de eletrodos ativos de superfície (Prata/Cloreto de Prata), autoadesivos. A colocação dos eletrodos seguiu as especificações da *European Recommendations for Surface Electromyography* (SENIAN) de 2016. A coleta dos dados eletromiográficos foi realizada com frequência de amostragem de 1000 Hz e com filtro *Butterworth* de 2<sup>a</sup> ordem, com passa baixa de 15 Hz.



**Figura 6** - a) Placa DAC-NIUSB-6009 *National Instruments*<sup>®</sup>. b) Sistema de captura de sinais eletromiográficos NORAXON EMGSystem 1400A.

Para a realização do CIVM foram utilizadas barras rígidas fixadas na parede e no chão, correntes presas às barras, abraçadores presos nas correntes e no membro do (a) participante (a), e uma cadeira (FIGURA 7). Para a coleta dos dados, o participante sentou-se em uma cadeira próxima às barras, o assento da cadeira encontrava-se a 130 cm de altura da barra e 42 cm do solo. Os dados eram coletados e armazenados em microvolts ( $\mu\text{V}$ ) utilizando o *software MyoSYSTEM* 1400A.



**Figura 7** - Barras rígidas, correntes, abraçadores e cadeira utilizados para realização do teste de CVIM.

Cinco minutos após o teste de CIVM, tinha início o experimento propriamente dito. A tarefa experimental consistiu em mover o efetor físico com o membro superior direito, a fim de interceptar o alvo virtual (4 cm de altura e 6 cm de largura, de cor azul, apresentado na figura 5) que se movia perpendicularmente em relação ao participante (2 cm de altura e 4 cm de largura, de cor vermelha, apresentado na figura 5). O alvo deslocava paralelamente e a uma altura de 125 cm do solo. O participante sentava na cadeira construída especificamente para a tarefa, com o trilho posicionado ao seu lado direito, e segurava a empunhadura fixada ao efetor que, por sua vez, estava acoplado à guia linear (ver apêndice II). Neste momento, cintos presos à cadeira eram fixados diagonalmente em relação ao tronco do participante, para garantir que a tarefa fosse realizada sem auxílio do tronco. Em seguida, o participante realizava uma flexão de ombro e extensão de cotovelo no sentido pósterio-anterior, com o intuito de empurrar o efetor físico ao longo do trilho físico (guia linear). Tanto o efetor como o trilho físico foram representados virtualmente, e estavam projetados em frente ao participante perpendicularmente ao seu ombro direito. Dessa forma, quando o participante movimentava o efetor físico ao longo de 30 cm do trilho físico, o efetor virtual também se movimentava exatamente na mesma proporção ao longo do trilho virtual. As velocidades de deslocamento do alvo foram controladas pelo *software* citado anteriormente. A partir da primeira aparição, o alvo percorria uma distância de 213 cm da direita para a esquerda do participante, até atingir o centro da zona de interceptação (COUTO, 2012). A meta da tarefa consistiu em interceptar o alvo com o efetor virtual tocando o seu centro, e com tempo de movimento (TM) entre 200 e 250 milissegundos (ms). Informações mais detalhadas referentes à descrição da tarefa encontram-se no apêndice VIII – estudo piloto II.

### 5.3.3 Procedimentos

Inicialmente foram afixados cartazes pela Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional (EEFFTO) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), com o intuito de divulgar a pesquisa entre os estudantes e recrutar os participantes. Entretanto, no momento de início da coleta de dados, a EEFFTO foi ocupada por manifestantes que impediram a entrada de alunos que participariam desta pesquisa. Por este motivo, nossa amostra foi composta por estudantes universitários de outras instituições de Ensino Superior de Belo Horizonte e por manifestantes que participavam da ocupação da EEFFTO.

Cada participante foi recebido(a) individualmente pelos pesquisadores em uma sala da UFMG, utilizada especificamente para a realização do experimento. Neste momento, eram explicados o objetivo e os procedimentos da pesquisa. Aqueles que concordaram em participar e que se enquadravam nos critérios de inclusão, receberam o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (APÊNDICE I) e o inventário de Edinburgo. Após leitura e assinatura do TCLE e preenchimento do inventário, deu-se início aos procedimentos para coleta dos dados.

O primeiro procedimento da coleta foi a realização do teste de CIVM. Para isso, os locais para fixação dos eletrodos foram higienizados, tricotomizados com álcool 70% e marcados com caneta hidro-cor para fixação dos eletrodos de superfície autoadesivos. Estes eletrodos foram colocados paralelamente às fibras musculares e dispostos longitudinalmente, com distância inter eletrodos de aproximadamente três centímetros sobre os músculos deltoide anterior (DAn), deltoide posterior (DPo), bíceps braquial (BBr) (porção longa) e tríceps braquial (TBr) (porção lateral). O eletrodo de referência foi colocado sobre o processo acromial (FIGURA 8).



**Figura 8** - Colocação dos eletrodos de superfície sobre os músculos Deltoide Anterior (DAn), Deltoide Posterior (DPo), Bíceps Braquial (BBr) e Tríceps porção lateral (TBr) (a direita).

Em seguida, os participantes recebiam uma instrução verbal (APÊNDICE III) e realizavam um aquecimento para os testes de determinação da CIVM dos músculos DAn, DPo, BBr, TBr. O Este aquecimento constava da realização de uma contração voluntária submáxima com duração de cinco segundos, do respectivo músculo a ser avaliado. Após o aquecimento, era dado um intervalo de cinco minutos antes do início do teste. A duração da contração no teste CIVM foi 10 segundos (ARJUNAN; KUMAR; NAIK, 2014; De LUCA, 1997). Durante este teste, o participante era encorajado pela pesquisadora, através de incentivo verbal, a produzir a maior força possível. O teste foi realizado para, a partir da ativação máxima de cada músculo, posteriormente normalizar as curvas de eletromiografia (EMG) dos músculos analisados. Os critérios utilizados para o processamento dos dados da EMG foram baseados no estudo Thoroughman e Shadmehr (1999).

Os dados foram filtrados utilizando um filtro passa baixa e em seguida foram retificados. A análise da co-contração, foi realizada no *Mat Lab* Versão 16.0. A normalização do sinal eletromiográfico foi realizada em função do *Wasted cocontraction*, ou seja, em cada par de agonista-antagonista identificou-se o mínimo de ativação dos músculos na série temporal. O valor do *Wasted cocontraction* foi subtraído do sinal de maior ativação, determinando uma série temporal denominada *contração efetiva* em cada tentativa (ex.; THOROUGHMAN; SHADMENHR, 1999). Este procedimento permitiu analisar a EMG das tentativas de ambas as fases dos experimentos I e II.

Cinco minutos após o teste de CVIM, o participante se posicionava sentado em uma cadeira colocada ao lado e de frente para o equipamento. Esta posição favorecia a visualização de todo instrumento e execução da tarefa (TIAM). Após certificar-se de que o(a) voluntário(a) poderia observar toda a execução da tarefa, cinco demonstrações foram realizadas pela pesquisadora. Após as demonstrações, o participante sentava-se na cadeira posicionada ao lado da guia linear para realização de ajustes necessários de acordo com a sua estatura e comprimento do membro superior direito. Além disso, cintos presos à cadeira eram ajustados diagonalmente em relação ao tronco do participante e fixados de forma que impossibilitasse a realização de movimentos auxiliares durante a execução da tarefa. Em seguida, era fornecida uma instrução verbal (APÊNDICE IV), contendo informações específicas referentes à TIAM. Após o fornecimento da instrução verbal e após a pesquisadora ter se certificado de que não havia mais qualquer dúvida referente à execução da tarefa, era dado início à fase de Pré-exposição. Cinco segundos após o sinal “prepare para começar”, o alvo virtual aparecia



deslocando-se da direita para a esquerda ao longo do trilho virtual. O participante deveria então controlar o tempo e a velocidade de movimento do efector físico sobre o trilho físico para conseguir interceptar o alvo na zona de interceptação, e cumprir as duas metas da tarefa citadas anteriormente: interceptar o alvo com o TM entre 200 a 250 ms. Vinte e quatro horas após a fase de Pré-exposição, tinha início a fase de Exposição (THOROUGHMAN; SHADMEHR, 1999).

### 5.3.4 Delineamento

Os experimentos realizados nesta tese foram constituídos por duas fases: Pré-exposição e Exposição. Na fase de Pré-exposição do Experimento I, foram manipuladas as variáveis independentes (VIs) nível de estabilização do desempenho (Estabilização e Especialização) e estruturação da prática (constante e aleatória), o que resultou na formação de quatro grupos experimentais: Estabilização-Constante (EST-CONS), Estabilização-Aleatória (EST-ALEA), Especialização-Constante (ESP-CONS), Especialização-Aleatória (ESP-ALEA). A fase de Pré-exposição teve fim quando o critério de desempenho foi alcançado de acordo com o nível de estabilização adotado para cada grupo. Os níveis de estabilização do desempenho foram operacionalizados da seguinte forma:

- Estabilização - o alcance da Estabilização consistiu em realizar um bloco de quatro interceptações consecutivas, com erro espacial entre -5 e +5 centímetros em relação ao centro do alvo e o centro do efector. Aos grupos EST-CONS e EST-ALEA foi permitida a realização de no máximo 300 tentativas para se alcançar o desempenho critério (Ver estudo piloto VII no apêndice XIV).
- Especialização - o alcance da Especialização consistiu em realizar seis blocos de quatro interceptações consecutivas, com erro espacial entre -5 e +5 centímetros em relação ao centro do alvo e o centro do efector. Aos grupos ESP-CONS e ESP-ALEA foi permitida a realização de no máximo 500 tentativas para se alcançar o desempenho critério (Ver estudo piloto VII no apêndice XIV).

Em relação à estruturação da prática, os grupos EST-CONS e ESP-CONS interceptavam alvos que deslocavam a 145 cm/s durante toda a fase de Pré-exposição. Os grupos EST-ALEA e ESP-ALEA interceptavam alvos que deslocavam em três diferentes velocidades, são elas:

- Velocidade 1 – 90 cm/s (TW = 88,8 ms)
- Velocidade 2 – 145 cm/s (TW = 55,17 ms)
- Velocidade 3 – 200 cm/s (TW = 40 ms)

Estes dois grupos de prática aleatória deveriam alcançar o critério estabelecido, independente da velocidade do alvo. Todas as velocidades supracitadas foram testadas no estudo de Couto (2012). Os dois grupos Estabilização tiveram o mesmo número máximo de tentativas para atingir o critério de desempenho, independente da estruturação da prática. O mesmo aconteceu para os dois grupos Especialização.

Ainda em relação à prática aleatória, o quadro I (APÊNDICE VI) ilustra a distribuição referente à apresentação das velocidades ao longo da fase de Pré-exposição para os grupos EST-ALEA e ESP-ALEA. A distribuição das velocidades ao longo da fase foi feita por sorteio respeitando os seguintes critérios:

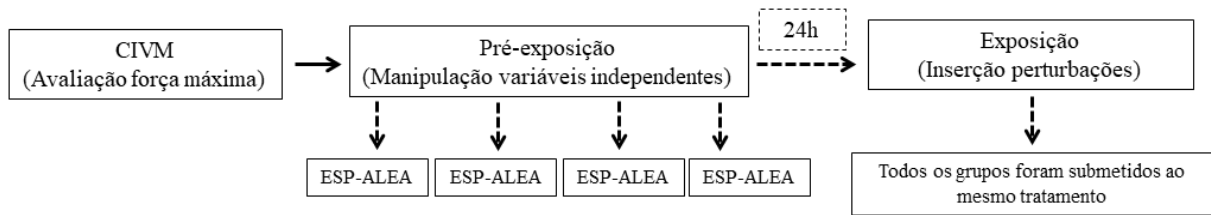
- Se uma velocidade fosse sorteada de forma a se repetir por mais de três vezes consecutivas, ela era desconsiderada e novo sorteio era realizado naquela tentativa (quarta tentativa).
- A Estabilização deveria ser atingida em, no máximo, 300 tentativas. Ao longo destas tentativas, cada velocidade deveria se repetir o mesmo número de vezes (poderia haver repetição de, no máximo, duas tentativas entre as velocidades).
- A Especialização deveria ser atingida em, no máximo, 500 tentativas. Ao longo destas tentativas, cada velocidade deveria se repetir o mesmo número de vezes (poderia haver repetição de, no máximo, duas tentativas entre as velocidades).

Durante a fase de Pré-exposição, o conhecimento de resultado (CR) era fornecido referente ao desempenho na interceptação e ao seu tempo de movimento (TM), em todas as tentativas. O CR referente ao desempenho na interceptação foi fornecido através do congelamento da imagem do alvo ao longo do trilho, que mostrava exatamente o local onde o alvo estava quando o efector virtual alcançou a zona de interceptação. Esta imagem permanecia disponível ao participante até que ele mantivesse o efector físico no final do trilho físico (o que coincidia com o efector virtual na zona de interceptação). O CR referente o TM foi fornecido verbal e qualitativamente após cada tentativa da seguinte forma: TMs abaixo de 179 ms: “seu movimento foi muito rápido!”. TMs entre 180 e 199 ms: “seu movimento foi rápido!”. TMs entre 200 e 250 ms: “bom tempo de movimento!”. TMs entre 251 e 270 ms: “seu movimento foi lento!”. TMs acima de 271 ms: “seu movimento foi muito lento!”. No momento que o participante quisesse, ele recolocava novamente o efector físico na posição inicial (fazendo uma extensão de ombro e flexão de cotovelo), e a imagem congelada desaparecia para uma nova tentativa ter início. O tempo entre desaparecer o CR visual e o início de uma nova

tentativa foi de cinco segundos. Quando a Estabilização ou a Especialização era atingida, de acordo com o grupo, a fase de Pré-Exposição finalizava.

Vinte quatro horas após o alcance do desempenho critério, o participante iniciava a fase de Exposição. Antes do início da prática os participantes recebiam uma instrução verbal contendo informações referentes à fase (APÊNDICE V). Nesta fase, os efeitos das variáveis independentes manipuladas foram testados observando o desempenho e o controle quando foi necessário enfrentar as perturbações. Vale ressaltar que, as perturbações foram inseridas somente como meio de testar os efeitos das VIs, não se caracterizando como VIs. Nesta fase, todos os grupos realizaram 129 tentativas, sendo 99 tentativas-controle (velocidade de deslocamento do alvo de 145 cm/s) e 30 tentativas com perturbações. Estas perturbações foram inseridas a partir de mudanças na velocidade de deslocamento do alvo, imediatamente após o participante ter iniciado o movimento. As mudanças aconteceram em duas magnitudes e dentro do *workspace* das velocidades praticadas na fase de Pré-exposição (SHADMEHR e MUSSA-IVALDI, 1994): aumento (Perturbação I = PI) e redução (Perturbação II = PII) da velocidade, em relação às tentativas-controle. A PI correspondeu ao aumento da velocidade de 145 cm/s para 172,5 cm/s (TW = 46,37 ms) e a PII à diminuição de 145 cm/s para 127,5 cm/s (TW = 62,74 ms) (ver estudos piloto IV e V nos apêndices XI e XII). A ordem de inserção das perturbações se baseou no estudo de Gomes (2014) que trabalhou com 18 perturbações, sendo nove PI e nove PII. Para a realização de ambos os experimentos da presente tese foram inseridas 30 perturbações, sendo 15 PI e 15 PII. O estudo de Couto (2012) teve o mesmo número de perturbações do estudo de Gomes (2014) e, o desempenho de ambos os grupos investigados ficou muito aquém ao observado nas tentativas-controle. Assim, aumentar o número de perturbações permitiu obter mais subsídios para falar das diferenças no controle nas tentativas com modificações.

O momento de inserção de cada tipo de perturbação (PI ou PII), combinado com as duas possibilidades de mudanças na velocidade (PI e PII), garantiu a imprevisibilidade de surgimento das mesmas para o participante (ver estudo piloto V no apêndice XII). A organização das tentativas-controle (TTC) e tentativas com perturbações (PI e PII) pode ser vislumbrada no quadro II apresentado no Apêndice VII. Por fim, a figura 9 abaixo ilustra o delineamento do experimento I realizado nesta tese.



**Figura 9** - Síntese do delineamento do experimento I.

### 5.3.5 Variáveis

#### 5.3.5.1 Variáveis independentes

- Níveis de estabilização do desempenho manipulados na fase de Pré-exposição, sendo eles: Estabilização e Especialização.
- Estruturação da prática manipulada na fase de Pré-exposição, sendo: a prática foi manipulada de forma constante (velocidade de deslocamento do alvo = 145 cm/s) ou aleatória (velocidade de deslocamento do alvo = 90, 145 ou 200 cm/s intercaladas aleatoriamente).

#### 5.3.5.2 Variáveis dependentes

- Erro absoluto espacial: é definido como a diferença em centímetros da distância entre o ponto médio do efector e o centro do alvo. Esta medida reflete a precisão do desempenho em relação à meta da tarefa em termos de magnitude sem a direção do erro (MAGILL, 2000).
- Erro constante espacial: é definido como a diferença em centímetros da distância entre o ponto médio do efector e o centro do alvo. Na tarefa utilizada para realização dos experimentos desta tese, se o efector chega adiantado na zona de interceptação, em relação à chegada do alvo, o erro constante é negativo, se o efector chega atrasado o erro constante é positivo. Esta medida reflete a precisão do desempenho em relação à meta da tarefa com a direção do erro (MAGILL, 2000).
- Tempo relativo para o pico de velocidade (tPV%%): é definido como o tempo gasto entre o início do movimento e o alcance do pico de velocidade em percentual. Esta medida

permite compreender as estratégias utilizadas para o controle na execução da tarefa assim como para fazer inferências referentes aos mecanismos de controle motor (TRESILIAN e PLOOY, 2006).

- Número de correções presentes na curva de aceleração: é definido como vales presentes nas curvas de aceleração. Após correção dos ruídos presentes nas curvas de aceleração, os vales com profundidade de pelo menos 2% do valor do pico da curva são identificados como movimentos corretivos. Esta medida permite fazer inferências acerca do mecanismo de controle utilizado na tarefa (TRESILIAN e PLOOY, 2006).
- Atividade neuromuscular (co-contracção): é definida como a relação da atividade eletromiográfica entre músculos agonistas e antagonistas (MILNER; CLOUTIER, 1993). Esta medida foi determinada a co-contracção dos músculos deltoide anterior/deltoide posterior, tríceps braquial/bíceps braquial (THOROUGHMAN; SHADMEHR, 1999).

#### **5.3.5.3 Variáveis de desfecho primário**

- Erro absoluto (cm)
- Tempo relativo para o pico de velocidade (%)
- Número de correções (vales na curva de velocidade).

#### **5.3.5.4 Variáveis de controle**

- Número de tentativas necessário para os grupos alcançarem os critérios de estabilização na Pré-exposição: A partir dos critérios de desempenho estabelecidos para cada grupo o número de tentativas que cada sujeito realizou foi computado dentro do seu grupo. Em seguida foi realizado cálculo da média do número de tentativas realizado pelo grupo para se alcançar o desempenho critério previamente estabelecido (grupos estabilização = um bloco de quatro tentativas. Grupo Especialização = Seis blocos de quatro tentativas). Esta medida permite identificar se, em virtude do critério estabelecido, houve diferença no número de tentativas praticadas por cada grupo na fase de Pré-exposição.
- Tempo de movimento: é definido como o tempo entre o início do movimento e a interceptação do alvo, ou o tempo entre o início do movimento e a chegada do efector à

zona de interceptação diante de tentativas perdidas (alvos não interceptados) (MARINOVIC, PLOOY e TRESILIAN, 2010). Esta medida permite fazer inferências relativas às estratégias de controle utilizadas durante a execução da tarefa.

### 5.3.6 Análises estatísticas

Inicialmente, os dados foram organizados em média e desvio padrão. Em seguida, os *outliers* (média  $\pm$  2 desvios padrão) foram identificados e corrigidos (SAMPAIO, 2002).

Na fase de Pré-exposição, para análise do número de tentativas realizado até o alcance dos critérios de estabilização e especialização do desempenho, foi calculada a média de tentativas realizada por cada grupo. Para as demais análises nesta fase, os dados foram organizados em quatro blocos, sendo que para cada um deles foi calculada a média de cada sujeito a cada 25% das tentativas realizadas, sendo: 1-25%; 26-50%; 51-75%; 76-100%. Optou-se pela organização dos blocos em percentuais pelo fato de o número de tentativas realizado por cada sujeito não ser fixo, e sim estabelecido a partir da definição de desempenhos critério. Na exposição, os dados foram organizados em três blocos de cinco tentativas, sendo analisadas as tentativas nos momentos pré-perturbação, perturbação e pós-perturbação. A comparação foi feita entre as tentativas imediatamente prévias à perturbação (Pré P), tentativas com a perturbação (P) e tentativas imediatamente após a retirada da perturbação (Pós P), de acordo com a perturbação manipulada. Esta organização resultou em três blocos da perturbação I (Pré PI, PI e Pós PI) e três blocos da perturbação II (Pré PII, PII e Pós PII).

Para comparar o número de tentativas realizado por cada grupo durante a fase de Pré-exposição, foi conduzida uma ANOVAs *one way*. A fim de testar as H<sub>1</sub>, H<sub>2</sub>, H<sub>3</sub> e H<sub>4</sub>, foram analisadas as seguintes variáveis dependentes: erro absoluto (cm), erro variável (cm), tPV%, número de correções e co-contração dos músculos bíceps/ tríceps e deltoides anterior/posterior ( $\mu$ V). Para testar especificamente as H<sub>1</sub> e H<sub>2</sub>, foram conduzidas ANOVAs *two way* com medidas repetidas no fator blocos (4 grupos x 4 blocos) e, para testar as H<sub>3</sub> e H<sub>4</sub> foram conduzidas ANOVAs *three way* com medidas repetidas nos fatores blocos e momentos (4 grupos x 4 blocos x três momentos).

Para detalhamento de diferenças e interações nas ANOVAs, foram utilizados testes *post hoc* de Tukey quando o Coeficiente de Variação (CV) era inferior a 30 e *post hoc* de Duncan em

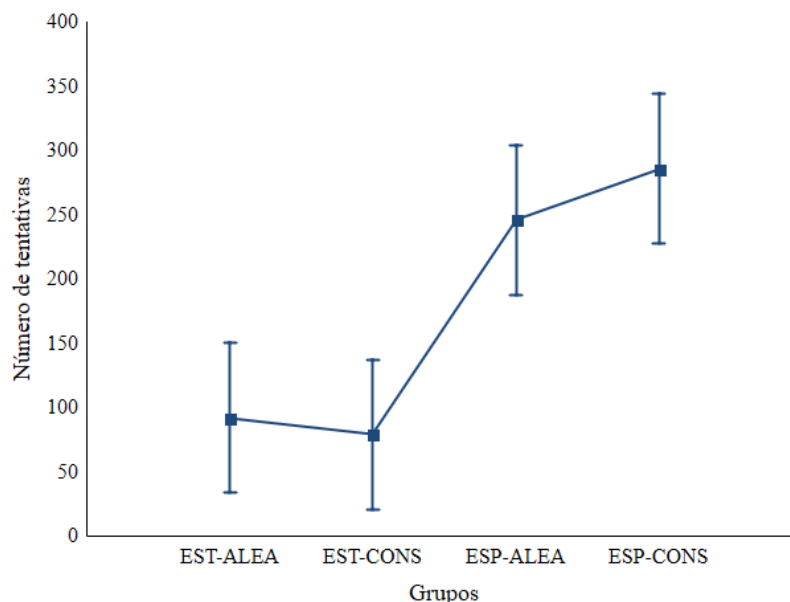
situações nas quais o CV era superior a 30. No caso de ocorrerem duas ou mais comparações, foi citado somente o maior valor de “p”. O nível de significância adotado foi de  $p \leq 0,05$ . As referências para tamanho do efeito ( $\eta^2$ ) adotadas foram:  $\eta^2 \geq 0,08$  – tamanho do efeito grande.  $\eta^2$  entre 0,08 e 0,02 – tamanho do efeito médio.  $\eta^2 \leq 0,02$  – tamanho do efeito pequeno (LINDENAU; GUIMARÃES, 2012).

## 6 Resultados do experimento I

### 6.1 Fase de Pré-exposição

#### 6.1.1 Número de tentativas

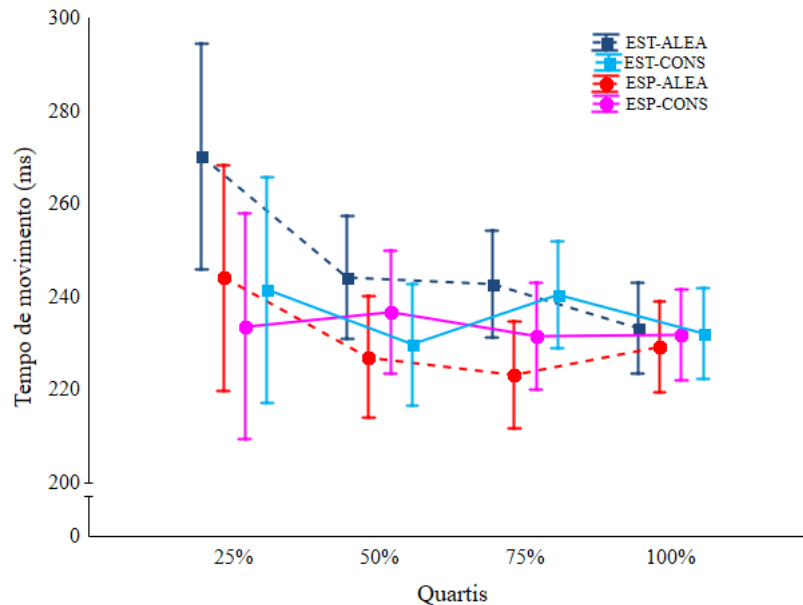
O Gráfico 1 apresenta os valores da variável de controle número de tentativas necessário para alcançar o desempenho critério específico para cada os quatro grupos. A ANOVA identificou diferença significativa entre os grupos  $F(3, 36)=13,50$ ;  $p=0,001$ ;  $\eta^2=0,52$ . O *post hoc* de Tukey detectou que os grupos EST-ALEA e EST-CONS realizaram menos tentativas para alcançar o critério de desempenho estabelecido do que os grupos ESP-ALEA e ESP-CONS ( $p < 0,001$ ).



**Gráfico 1-** Média do número de tentativas realizado pelos grupos EST-ALEA, EST-CONS, ESP-ALE, ESP-CONS ao longo da fase de Pré-exposição. As barras verticais indicam o intervalo de confiança em 95%.

### 6.1.2 Tempo de movimento (ms)

O Gráfico 2 apresenta os dados da variável de controle tempo de movimento (TM) ao longo da fase de Pré-exposição para os quatro grupos. A ANOVA identificou diferença significativa entre quartis  $F(3, 108)=4,40$ ;  $p=0,005$ ;  $\eta^2=0,10$ . O *post hoc* de Tukey detectou maior TM no quartil 25% quando comparado aos quartis 50, 75 e 100% ( $p<0,001$ ).



**Gráfico 2** – Média do tempo de movimento (ms) dos grupos EST-ALEA, EST-CONS, ESP-ALEA, ESP-CONS ao longo da fase de Pré-exposição. As barras verticais indicam o intervalo de confiança em 95%.

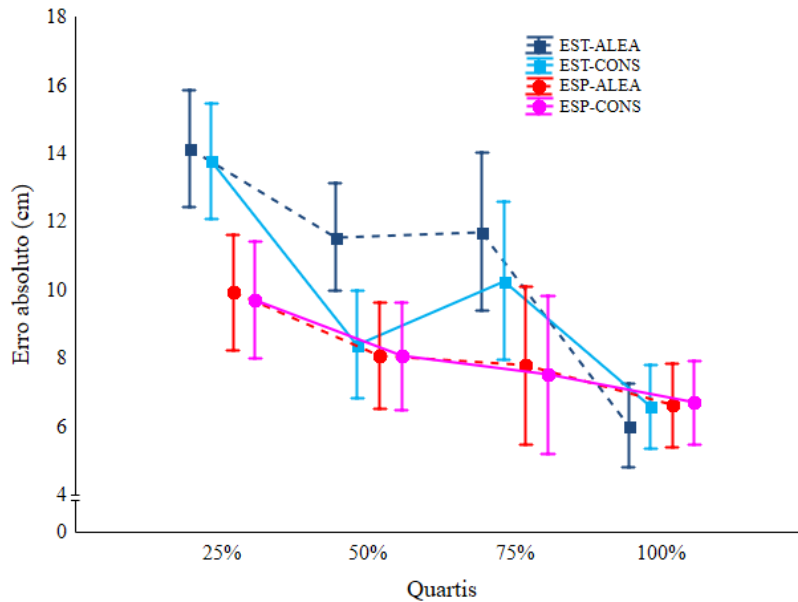
Por fim, não foi identificada diferença significativa entre grupos  $F(3, 36)=2,11$ ;  $p=0,11$ ;  $\eta^2=0,14$ . Também não foi encontrado efeito da interação  $F(9, 108)=1,28$ ;  $p=0,25$ ;  $\eta^2=0,09$ .

### 6.1.3 Erro Absoluto (cm)

O Gráfico 3 apresenta os dados da variável dependente erro absoluto dos quatro grupos ao longo da fase de Pré-exposição. A ANOVA identificou interação significativa entre grupos e quartis  $F(9, 108)=2,66$ ;  $p=0,007$ ;  $\eta^2=0,18$ . O *post hoc* de Duncan detectou que no primeiro quartil, os grupos ESP-ALEA e ESP-CONS foram mais precisos do que os grupos EST-ALEA e EST-CONS ( $p<0,01$ ). No segundo quartil, os grupos EST-CONS, ESP-ALEA e ESP-CONS foram mais precisos do que o grupo EST-ALEA ( $p<0,01$ ). No terceiro quartil, os grupos ESP-ALEA e ESP-CONS foram mais precisos do que o grupo EST-ALEA ( $p<0,002$ ). Além disso, os grupos EST-ALEA e EST-CONS foram mais precisos nos quartis 50, 75 e 100%, quando comparados ao quartil 25% ( $p<0,04$ ). Já o grupo EST-ALEA foi mais preciso



no quartil 100%, quando comparado aos quartis 50 e 75% ( $p < 0,00003$ ) e, o grupo EST-CONS foi mais preciso no quartil 100%, quando comparado ao quartil 75% ( $p = 0,006$ ). Os grupos ESP-ALEA e ESP-CONS foram mais precisos no quartil 100%, quando comparado ao quartil 25% ( $p < 0,02$ ).

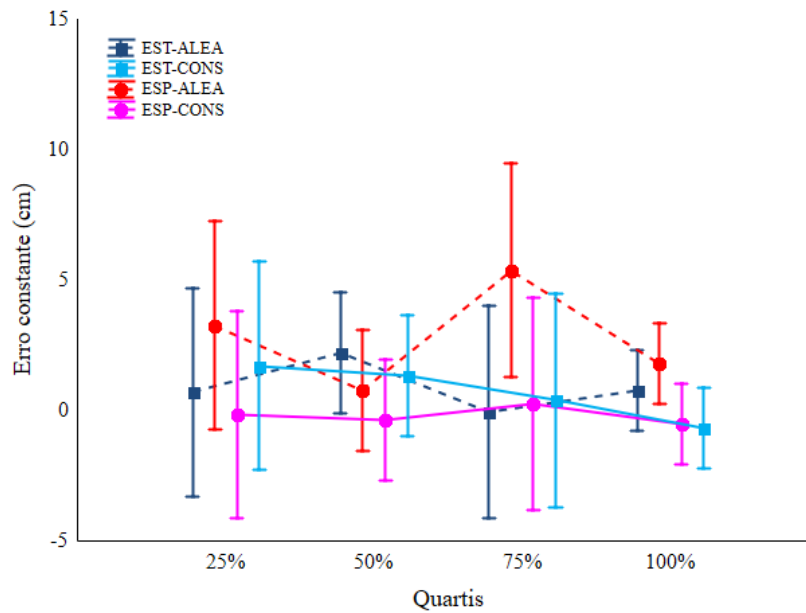


**Gráfico 3** – Média do erro absoluto dos grupos EST-ALEA, EST-CONS, ESP-ALEA, ESP-CONS ao longo da fase de Pré-exposição. As barras verticais indicam o intervalo de confiança em 95%.

Em relação às diferenças dos fatores isoladamente, a ANOVA identificou diferenças significativas entre os grupos  $F(3, 36) = 7,48$ ;  $p = 0,001$ ;  $\eta^2 = 0,38$  e entre os quartis  $F(3, 108) = 30,04$ ;  $p = 0,001$ ;  $\eta^2 = 0,45$ . O *post hoc* detectou que os grupos EST-CONS, ESP-ALEA e ESP-CONS foram mais precisos que o grupo EST-ALEA ( $p < 0,01$ ). Na análise do fator quartis, o *post hoc* detectou maior precisão do desempenho nos quartis 50, 75 e 100% quando comparados ao quartil 25% ( $p < 0,01$ ).

#### 6.1.4 Erro Constante (cm)

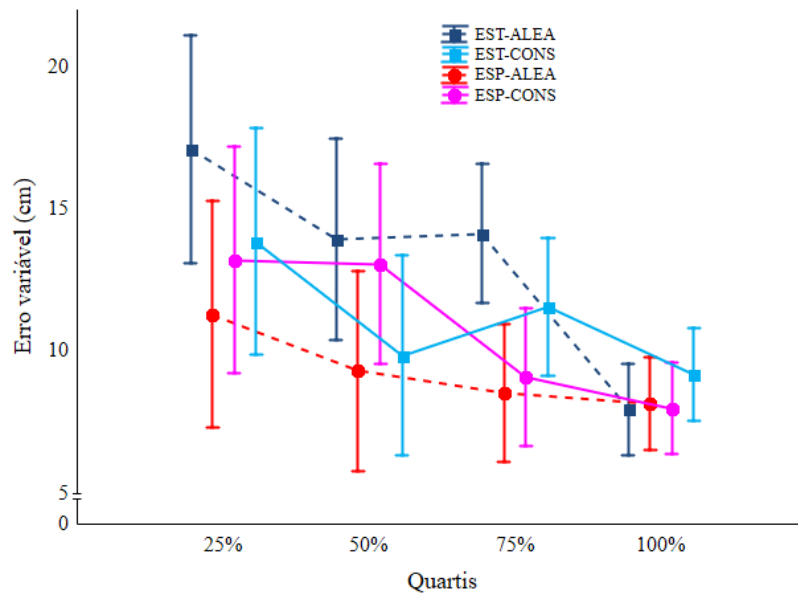
O Gráfico 4 apresenta os dados da variável dependente erro constante dos quatro grupos ao longo da fase de Pré-exposição. A ANOVA não identificou qualquer diferença significativa entre os grupos  $F(3, 36) = 1,25$ ;  $p = 0,30$ ;  $\eta^2 = 0,09$ , entre os quartis  $F(3, 108) = 0,67$ ;  $p = 0,57$ ;  $\eta^2 = 0,01$  ou interação significativa entre grupos e quartis  $F(9, 108) = 1,07$ ;  $p = 0,38$ ;  $\eta^2 = 0,08$ .



**Gráfico 4** - Média do erro constante dos grupos EST-ALEA, EST-CONS, ESP-ALEA, ESP-CONS ao longo da fase de Pré-exposição. As barras verticais indicam o intervalo de confiança em 95%.

### 6.1.5 Erro Variável (cm)

O Gráfico 5 apresenta os dados da variável dependente erro variável dos quatro grupos ao longo da fase de Pré-exposição. A ANOVA identificou diferenças significativas entre os grupos  $F(3, 36)=4,13$ ;  $p=0,01$ ;  $\eta^2=0,26$  e entre os quartis  $F(3, 108)=9,63$ ;  $p=0,001$ ;  $\eta^2=0,21$ . O *post hoc* de Duncan detectou que os grupos ESP-ALEA e ESP-CONS apresentaram desempenho mais consistente, quando comparados ao grupo EST-ALEA ( $p<0,04$ ). Na análise do fator quartis, o *post hoc* detectou desempenho mais consistente nos quartis 50, 75 e 100%, quando comparados ao quartil 25% ( $p<0,02$ ).

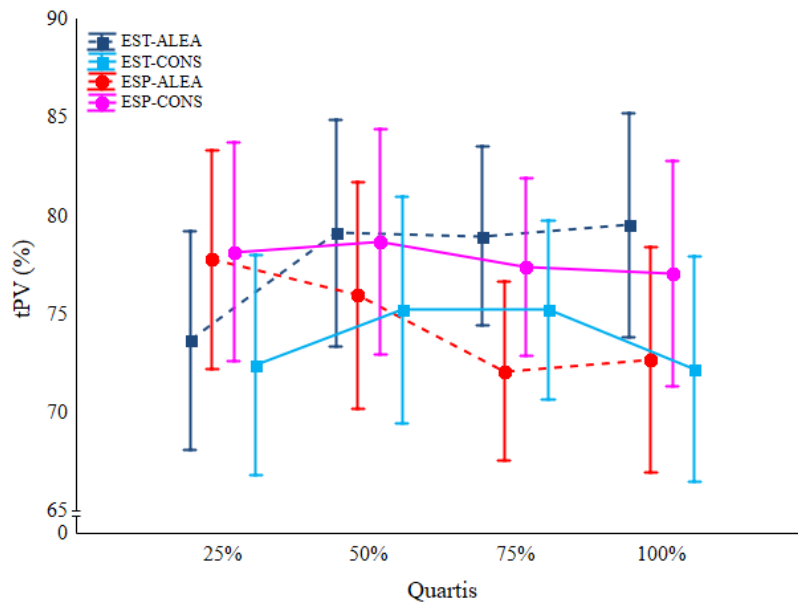


**Gráfico 5** - Média do erro variável dos grupos EST-ALEA, EST-CONS, ESP-ALEA, ESP-CONS ao longo da fase de Pré-exposição. As barras verticais indicam o intervalo de confiança em 95%.

Não foi identificada interação significativa entre grupos e quartis  $F(9, 108)=1,13$ ;  $p=0,34$ ;  $\eta^2=0,08$ .

### 6.1.6 Tempo relativo para o pico de velocidade (tPV%)

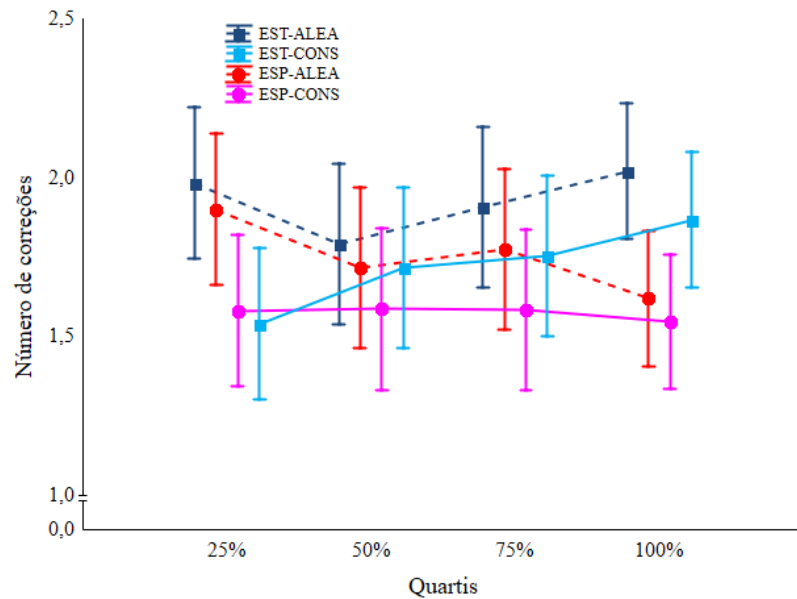
O Gráfico 6 apresenta os dados da variável dependente tempo relativo para o Pico de Velocidade dos quatro grupos ao longo da fase de Pré-exposição. A ANOVA não identificou diferença significativa entre grupos  $F(3, 36)=0,97$ ;  $p=0,41$ ;  $\eta^2=0,07$  e quartis  $F(3, 108)=0,87$ ;  $p=0,45$ ;  $\eta^2=0,02$ . Também não foi identificada interação significativa entre grupos e quartis  $F(9, 108)=1,53$ ;  $p=0,14$ ;  $\eta^2=0,11$ .



**Gráfico 6** - Média do tPV% dos grupos EST-ALEA, EST-CONS, ESP-ALEA, ESP-CONS ao longo da fase de Pré-exposição. As barras verticais indicam o intervalo de confiança em 95%.

### 6.1.7 Número de correções

O Gráfico 7 apresenta os dados da variável dependente número de correções dos quatro grupos ao longo da fase de Pré-exposição. A ANOVA identificou interação significativa entre grupos e quartis  $F(9, 108)=2,15$ ;  $p=0,03$ ;  $\eta^2=0,15$ . O *post hoc* de Duncan detectou que no quartil 25%, o grupo EST-ALEA realizou mais correções do que os grupos EST-CONS e ESP-CONS ( $p<0,04$ ). Já no quartil 100%, o grupo EST-ALEA, realizou mais correções do que os grupos ESP-ALEA e ESP-CONS ( $p<0,04$ ). Além disso, o grupo EST-CONS realizou mais correções no quartil 100%, quando comparado ao quartil 25% ( $p=0,01$ ). E, por fim, o grupo ESP-ALEA realizou mais correções no quartil 25%, quando comparado ao quartil 100% ( $p=0,03$ ).

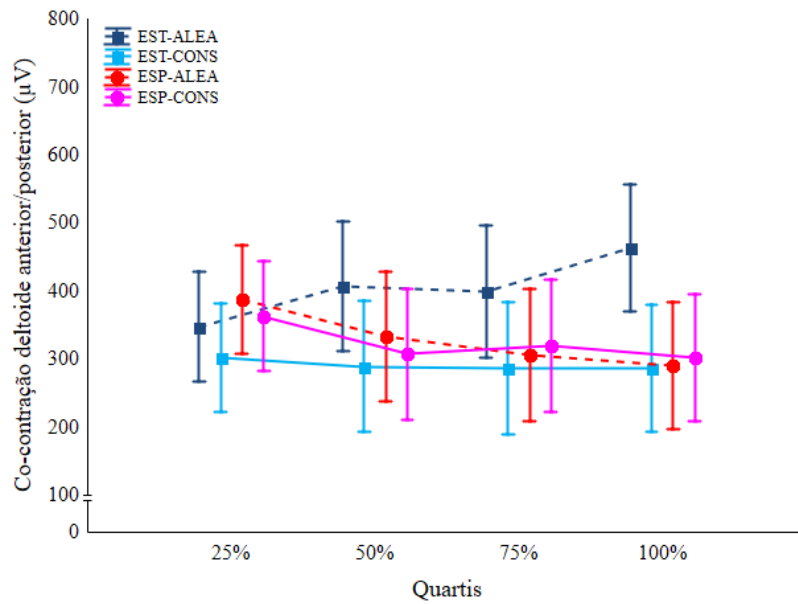


**Gráfico 7** - Média do número de correções realizadas pelos grupos EST-ALEA, EST-CONS, ESP-ALEA, ESP-CONS ao longo da fase de Pré-exposição. As barras verticais indicam o intervalo de confiança em 95%.

No que diz respeito à análise entre fatores isoladamente, não foi identificada diferença significativa entre grupos  $F(3, 36)=2,21$ ;  $p=0,10$ ;  $\eta^2=0,15$  nem entre quartis  $F(3, 108)=0,49$ ;  $p=0,68$ ;  $\eta^2=0,01$ .

### 6.1.8 Co-contração de deltoides anterior/posterior ( $\mu V$ )

O Gráfico 8 apresenta os dados da variável dependente co-contração entre deltoides anterior e posterior dos quatro grupos ao longo da fase de Pré-exposição. A ANOVA identificou interação significativa entre grupos e quartis  $F(9, 108)=3,63$ ;  $p=0,001$ ;  $\eta^2=0,23$ . O *post hoc* de Duncan detectou que no quartil 100%, o grupo EST-ALEA apresentou maior co-contração do que os grupos EST-CONS, ESP-ALEA e ESP-CONS ( $p<0,03$ ). Além disso, no quartil 100%, o grupo EST-ALEA apresentou maior co-contração quando comparado ao quartil 25% ( $p<0,02$ ). Já o grupo ESP-ALEA apresentou maior co-contração no quartil 25 quando comparado aos quartis 75 e 100% ( $p<0,01$ ).

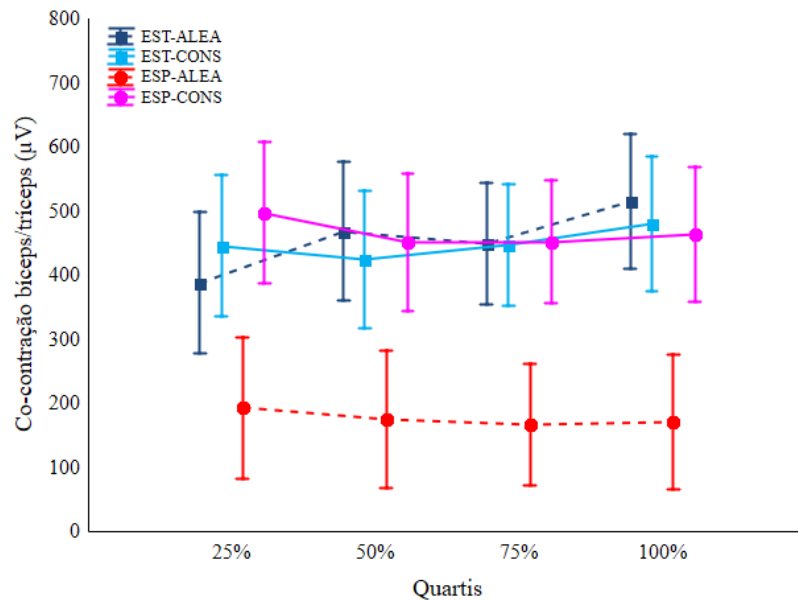


**Gráfico 8** - Média da co-contracção dos músculos deltoide anterior/posterior apresentada pelos grupos EST-ALEA, EST-CONS, ESP-ALEA, ESP-CONS ao longo da fase de Pré-exposição. As barras verticais indicam o intervalo de confiança em 95%.

No que diz respeito à análise entre fatores isoladamente, não foi identificada diferença significativa entre grupos  $F(3, 36)=1,32$ ;  $p=0,28$ ;  $\eta^2=0,09$  nem entre quartis  $F(3, 108)=0,87$ ;  $p=0,45$ ;  $\eta^2=0,02$ .

### 6.1.9 Co-contracção bíceps/tríceps (µV)

O Gráfico 9 apresenta os dados da variável dependente co-contracção entre bíceps e tríceps dos quatro grupos ao longo da fase de Pré-exposição. A ANOVA identificou interação significativa entre grupos e quartis  $F(9, 108)=2,14$ ;  $p=0,03$ ;  $\eta^2=0,15$ . O *post hoc* de Tukey detectou que nos quartis 25, 50, 75 e 100%, os grupos EST-ALEA, EST-CONS e ESP-CONS apresentaram maior co-contracção do que o grupo ESP-ALEA ( $p<0,002$ ). Além disso, nos quartis 50 e 100%, o grupo EST-ALEA apresentou maior co-contracção quando comparados ao quartil 25% ( $p<0,02$ ).



**Gráfico 9** - Média da co-contração dos músculos bíceps/tríceps apresentada pelos grupos EST-ALEA, EST-CONS, ESP-ALE, ESP-CONS ao longo da fase de Pré-exposição. As barras verticais indicam o intervalo de confiança em 95%.

No que diz respeito à análise entre fatores isoladamente, a ANOVA identificou diferença significativa entre grupos  $F(3, 36)=8,57$ ;  $p=0,01$ ;  $\eta^2=0,41$ . O *post hoc* detectou que os grupos EST-ALEA, EST-CONS e ESP-CONS apresentaram maior co-contração quando comparados ao grupo ESP-ALEA ( $p<0,01$ ). Por fim, não foi identificada diferença significativa entre os quartis  $F(3,108)=1,58$ ;  $p=0,19$ ;  $\eta^2=0,04$ .

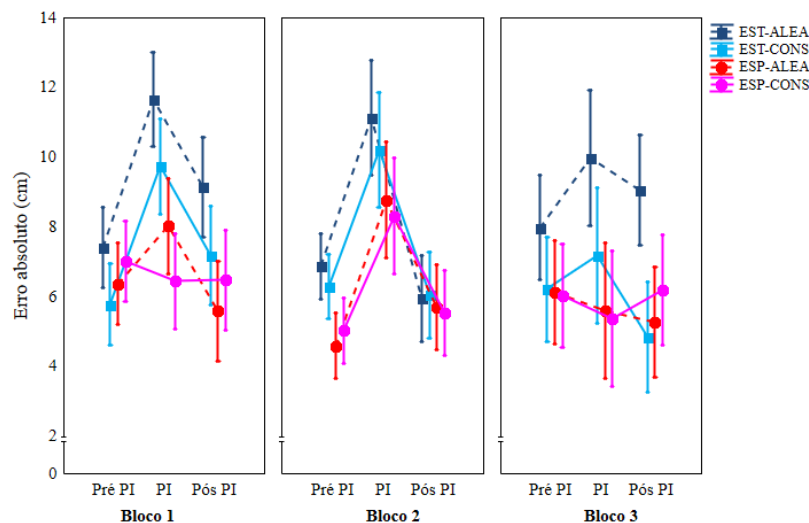
## 6.2 Fase de Exposição

Para testar os efeitos das duas variáveis independentes manipuladas durante a fase de Pré-exposição, durante a fase de Exposição todos os grupos foram submetidos à prática de 129 tentativas, sendo 99 tentativas-controle (velocidade do alvo: 145 cm/s), 15 tentativas com inserção de PI (aumento de velocidade em relação às tentativas-controle, após o início do movimento, para 172,5 cm/s) e 15 tentativas com inserção de PII (redução de velocidade em relação às tentativas-controle, após o início do movimento, para 127,5 cm/s). Foram analisadas medidas de desempenho e de controle motor das tentativas em três diferentes momentos: imediatamente antes das perturbações (momento Pré P), diante das perturbações (momento P) e imediatamente após as perturbações (momento Pós P). As perturbações foram inseridas aleatoriamente, de acordo com o quadro apresentado no apêndice VII.

## 6.2.1 Perturbação I

### 6.2.1.1 Erro Absoluto (cm)

O Gráfico 10 apresenta os dados da variável dependente erro absoluto, dos quatro grupos nos três momentos, Pré PI, PI e Pós PI dos três blocos analisados. A ANOVA identificou interação significativa entre grupos e momentos  $F(6, 72)=3,26$ ;  $p=0,006$ ;  $\eta^2=0,21$  e entre blocos e momentos  $F(4, 144)=7,93$ ;  $p=0,001$ ;  $\eta^2=0,18$ . Na primeira interação, o *post hoc* de Duncan detectou que no momento PI (frente à perturbação), os grupos EST-ALEA, EST-CONS e ESP-ALEA apresentaram menor precisão do desempenho quando comparado aos momentos Pré PI (Pré-perturbação) e Pós PI (Pós-perturbação) ( $p<0,001$ ). Além disso, nos três momentos (Pré PI, PI e Pós PI), o grupo EST-ALEA apresentou menor precisão do desempenho quando comparado aos grupos EST-CONS, ESP-ALEA e ESP-CONS ( $p<0,004$ ).



**Gráfico 10** - Média do erro absoluto dos grupos EST-ALEA, EST-CONS, ESP-ALE, ESP-CONS diante de Pré PI, PI e Pós PI. As barras verticais indicam o intervalo de confiança em 95%.

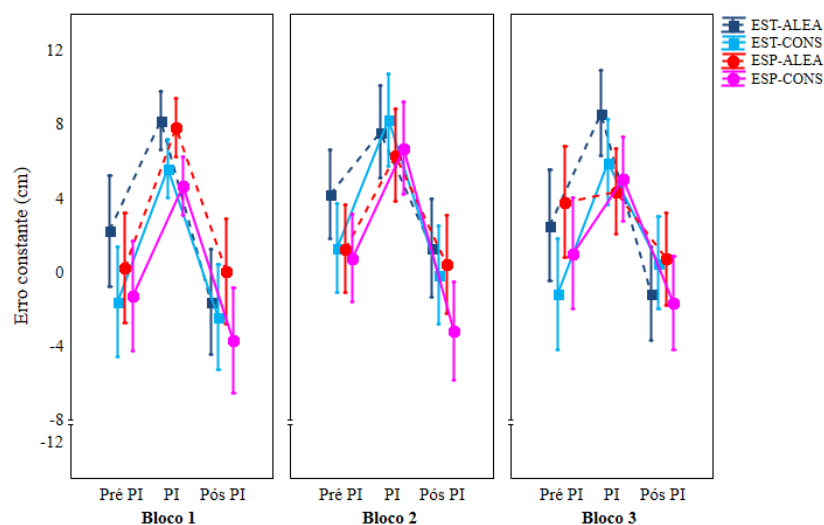
Em relação à interação entre blocos e momentos, o *post hoc* detectou que nos blocos um e dois, o momento PI apresentou menor precisão do desempenho quando comparado aos momentos Pré e Pós PI ( $p<0,0001$ ). Além disso, foi detectado no bloco um, que o momento PI apresentou menor precisão quando comparado ao mesmo momento do bloco três ( $p=0,0001$ ). Por fim, foi detectado no bloco um, menor precisão do desempenho no momento Pós PI quando comparado ao mesmo momento do bloco dois ( $p=0,01$ ). Não foi identificada interação significativa entre os grupos e blocos  $F(6, 72)=1,67$ ;  $p=0,13$ ;  $\eta^2=0,12$  nem entre grupos, blocos e momentos  $F(12, 144)=1,12$ ;  $p=0,34$ ;  $\eta^2=0,08$ .



No que diz respeito à análise entre fatores isoladamente, a ANOVA identificou diferenças significativas entre os grupos  $F(3, 36)=15,65$ ;  $p=0,001$ ;  $\eta^2=0,56$ ; entre os blocos  $F(2, 72)=5,23$ ;  $p=0,007$ ;  $\eta^2=0,12$  e entre os momentos  $F(2, 72)=42,46$ ;  $p=0,001$ ;  $\eta^2=0,54$ . Na análise do fator grupos, o *post hoc* detectou que o grupo EST-ALEA foi menos preciso do que os grupos EST-CONS, ESP-ALEA e ESP-CONS ( $p<0,001$ ). Na análise do fator blocos (bloco um, bloco dois e bloco três), o *post hoc* detectou menor precisão do desempenho nos blocos um e dois, quando comparados ao bloco três ( $p<0,002$ ). Na análise do fator momento (Pré PI, PI e Pós PI), o *post hoc* detectou menor precisão do desempenho no momento PI (frente à perturbação), quando comparado aos momentos Pré PI (pré-perturbação) e Pós PI (pós-perturbação) ( $p<0,001$ ).

### 6.2.1.2 Erro Constante (cm)

O gráfico 11 apresenta dados da variável dependente erro constante dos quatro grupos nos três momentos, Pré PI, PI e Pós PI dos três blocos analisados. A ANOVA identificou diferenças significativas entre os grupos  $F(3, 36)=3,33$ ;  $p=0,03$ ;  $\eta^2=0,21$ ; entre os blocos  $F(2, 72)=4,28$ ;  $p=0,01$ ;  $\eta^2=0,10$  e entre os momentos  $F(2, 72)=115,73$ ;  $p=0,001$ ;  $\eta^2=0,76$ . Na análise do fator grupos, o *post hoc* de Duncan detectou atraso do grupo EST-ALEA quando comparado ao grupo ESP-CONS ( $p=0,008$ ). Na análise do fator blocos, o *post hoc* detectou atraso no bloco dois, quando comparado ao bloco um ( $p=0,006$ ). Na análise do fator momento, o *post hoc* detectou atraso no momento PI, quando comparado aos momentos Pré PI e Pós PI ( $p<0,001$ ).

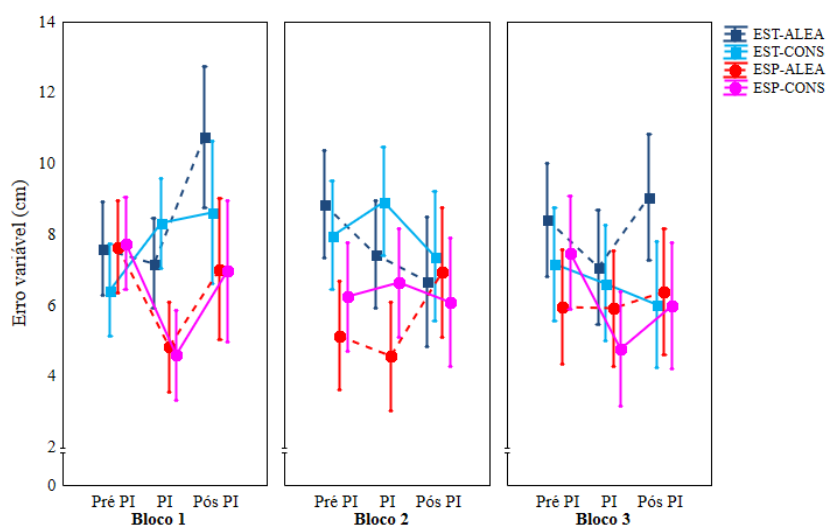


**Gráfico 11-** Média do erro constante dos grupos EST-ALEA, EST-CONS, ESP-ALE, ESP-CONS diante de Pré PI, PI e Pós PI. As barras verticais indicam o intervalo de confiança em 95%.

Não foi identificada interação significativa entre grupos e blocos  $F(6, 72)=0,82$ ;  $p=0,55$ ;  $\eta^2=0,06$ ; grupos e momentos  $F(6, 72)=1,66$ ;  $p=0,14$ ;  $\eta^2=0,12$ ; blocos e momentos  $F(4, 144)=1,32$ ;  $p=0,26$ ;  $\eta^2=0,03$  nem entre grupos, blocos e momentos  $F(12, 144)=1,17$ ;  $p=0,31$ ;  $\eta^2=0,08$ .

### 6.2.1.3 Erro Variável (cm)

O gráfico 12 apresenta os dados da variável dependente erro variável dos quatro grupos nos três momentos, Pré PI, PI e Pós PI dos três blocos analisados. A ANOVA identificou efeito significativo da interação entre grupos, blocos e momentos  $F(12, 144)=1,78$ ,  $p=0,05$ ;  $\eta^2=0,06$  e entre grupos e momentos  $F(6, 72)=2,71$ ,  $p=0,01$ ;  $\eta^2=0,18$ . Na primeira interação, o *post hoc* de Tukey detectou que no bloco um, os grupos ESP-ALEA e ESP-CONS apresentaram desempenho menos consistente no momento Pré PI, quando comparado ao momento PI ( $p<0,04$ ). Ainda no bloco um, no momento Pós PI, o grupo EST-ALEA apresentou desempenho menos consistente, quando comparado aos grupos ESP-ALEA e ESP-CONS ( $p<0,009$ ). No bloco dois, no momento Pré PI, o grupo EST-ALEA apresentou desempenho menos consistente, quando comparado ao grupo ESP-ALEA ( $p=0,003$ ). No bloco três, no momento Pós PI, o grupo EST-ALEA apresentou desempenho menos consistente, quando comparado os grupos EST-CONS e ESP-CONS ( $p<0,04$ ).



**Gráfico 12** - Média do erro variável dos grupos EST-ALEA, EST-CONS, ESP-ALEA, ESP-CONS diante de Pré PI, PI e Pós PI. As barras verticais indicam o intervalo de confiança em 95%.

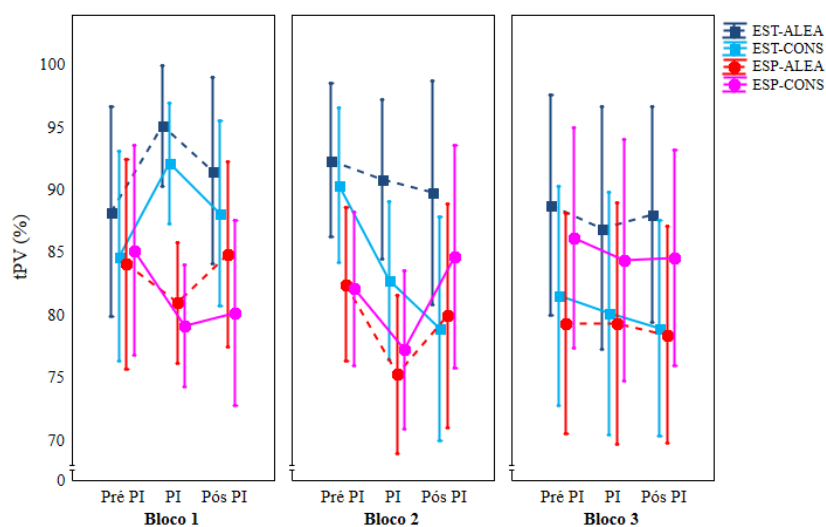
Na análise da interação entre grupos e momentos, o *post hoc* detectou que no momento Pré PI, o grupo ESP-CONS apresentou desempenho menos consistente do que no momento PI

( $p=0,005$ ). Já no momento PI, o grupo ESP-ALEA apresentou desempenho menos consistente do que no momento Pós PI ( $p=0,01$ ). Além disso, no momento Pré PI, o grupo EST-ALEA apresentou desempenho menos consistente quando comparado ao grupo ESP-ALEA ( $p=0,01$ ) e, no momento Pós PI, o grupo EST-ALEA apresentou desempenho menos consistente do que os grupos EST-CONS, ESP-ALEA e ESP-CONS ( $p<0,04$ ).

No que diz respeito à análise entre fatores isoladamente, a ANOVA identificou diferenças significativas entre os grupos  $F(3, 36)=8,03$ ;  $p=0,001$ ;  $\eta^2=0,40$  e entre os momentos  $F(2, 72)=5,99$ ;  $p=0,003$ ;  $\eta^2=0,14$ . Na análise do fator grupos, o *post hoc* detectou que os grupos EST-ALEA e EST-CONS foram menos consistentes quando comparados aos grupos ESP-ALEA e ESP-CONS ( $p<0,01$ ). Na análise do fator momento (Pré PI, PI e Pós PI), o *post hoc* detectou menor consistência do desempenho nos momentos Pré e Pós PI, quando comparados ao momento PI ( $p<0,003$ ). Por fim, a ANOVA não identificou qualquer diferença significativa entre os blocos  $F(2, 72)=1,83$ ;  $p=0,16$ ;  $\eta^2=0,04$ .

#### **6.2.14 Tempo relativo para o pico de velocidade (tPV%)**

O Gráfico 13 apresenta os dados da variável dependente tPV% dos quatro grupos nos três momentos, Pré PI, PI e Pós PI dos três blocos analisados. A ANOVA identificou efeito significativo na interação entre grupos, blocos e momentos  $F(12, 144)=1,98$ ;  $p=0,02$ ;  $\eta^2=0,14$ ; grupos e blocos  $F(6, 72)=2,74$ ;  $p=0,01$ ;  $\eta^2=0,18$ ; grupos e momentos  $F(6, 72)=2,21$ ;  $p=0,05$ ;  $\eta^2=0,15$  e entre blocos e momentos  $F(4, 144)=2,78$ ;  $p=0,02$ ;  $\eta^2=0,07$ . Na primeira interação, o *post hoc* de Duncan detectou que no bloco um, o grupo EST-ALEA e EST-CONS apresentaram menor tPV% no momento Pré PI, quando comparado ao momento PI ( $p<0,04$ ). No bloco dois, os grupos EST-CONS e ESP-ALEA apresentaram menor tPV% no momento PI, quando comparado ao momento Pré PI ( $p<0,03$ ), já o grupo ESP-CONS apresentou menor tPV% no momento PI, quando comparado ao momento Pós PI ( $p=0,03$ ). Além disso, foi detectado que o grupo EST-ALEA apresentou menor tPV% no momento PI do bloco três, quando comparado ao mesmo momento do bloco um ( $p=0,01$ ). Já o grupo EST-CONS apresentou menor tPV% no momento PI dos blocos dois e três, quando comparados ao mesmo momento do bloco um ( $p<0,01$ ). Ainda, este mesmo grupo (EST-CONS) apresentou menor tPV% no momento Pós PI dos blocos dois e três quando comparados ao mesmo momento do bloco um ( $p<0,01$ ).



**Gráfico 13** - Média do tPV% dos grupos EST-ALEA, EST-CONS, ESP-ALEA, ESP-CONS diante de Pré PI, PI e Pós PI. As barras verticais indicam o intervalo de confiança em 95%.

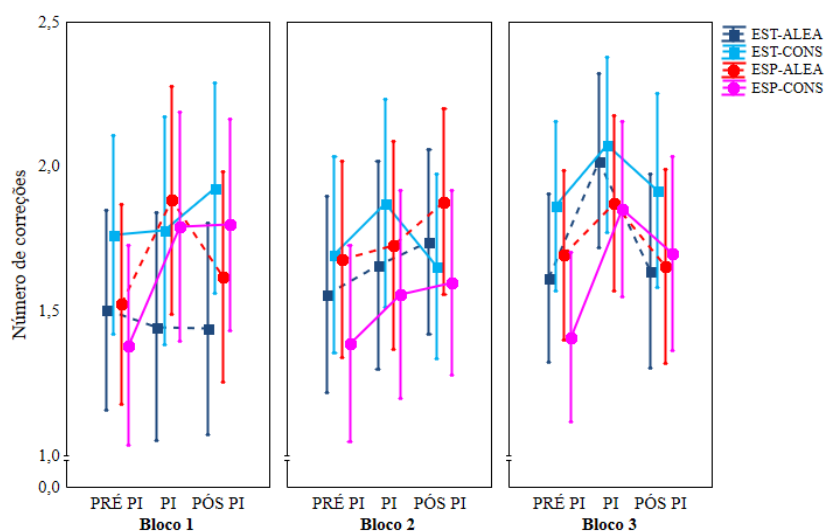
Na análise da interação entre grupos e blocos, o *post hoc* detectou que no bloco três o grupo EST-CONS apresentou menor tPV% quando comparado ao bloco um ( $p=0,001$ ). Além disso, no bloco dois, o grupo ESP-ALEA apresentou menor tPV% quando comparado ao grupo EST-ALEA ( $p=0,04$ ).

Na análise da interação entre grupos e momentos, o *post hoc* detectou que no momento PI, o grupo ESP-CONS apresentou menor tPV% quando comparado ao momento Pré PI ( $p=0,02$ ). Além disso, no momento PI, o grupo ESP-ALEA apresentou menor tPV% quando comparado ao grupo EST-ALEA ( $p<0,004$ ). Em relação à interação entre blocos e momentos, o *post hoc* detectou que no bloco dois, o momento PI apresentou menor tPV% quando comparado ao momento Pré PI ( $p=0,0007$ ). Além disso, foi detectado que nos blocos dois e três, o momento PI apresentou menor tPV%, quando comparados ao mesmo momento do bloco um ( $p<0,01$ ). Ainda, no bloco três, o momento Pós PI apresentou menor tPV% quando comparado ao mesmo momento do bloco um ( $p=0,02$ ). Não foi identificada interação significativa entre grupos e momentos  $F(6, 72)=2,21$ ;  $p=0,06$ ;  $\eta^2=0,15$ .

No que diz respeito à análise entre fatores isoladamente, a ANOVA identificou diferença significativa entre blocos  $F(2, 72)=4,34$ ;  $p=0,01$ ;  $\eta^2=0,10$ . O *post hoc* detectou menor tPV% nos blocos dois e três, quando comparados ao bloco um ( $p<0,04$ ). Por fim, não foram encontradas diferenças significantes entre grupos  $F(3, 36)=1,62$ ;  $p=0,20$ ;  $\eta^2=0,11$  nem entre momentos  $F(2, 72)=2,74$ ;  $p=0,07$ ;  $\eta^2=0,07$ .

### 6.2.1.4 Número de correções

O Gráfico 14 apresenta os dados da variável dependente número de correções dos quatro grupos nos três momentos, Pré PI, PI e Pós PI dos três blocos analisados. A ANOVA identificou diferença significativa entre os momentos  $F(2, 72)=8,56$ ;  $p=0,0004$ ;  $\eta^2=0,19$ . O *post hoc* de Tukey detectou menor número de correções no momento Pré PI, quando comparado ao momentos PI e Pós PI ( $p<0,04$ ).



**Gráfico 14** - Média do número de correções dos grupos EST-ALEA, EST-CONS, ESP-ALE, ESP-CONS diante de Pré PI, PI e Pós PI. As barras verticais indicam o intervalo de confiança em 95%.

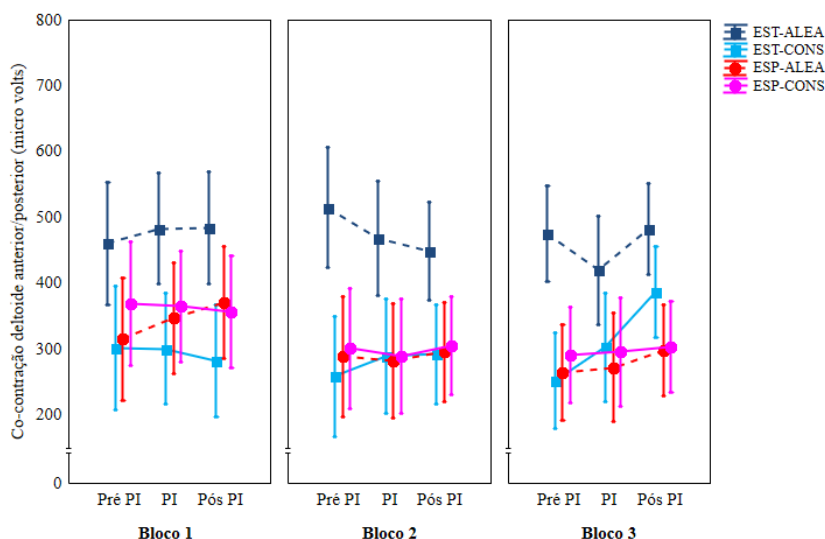
Ainda no que diz respeito à análise entre fatores isoladamente, não foi identificada diferença significativa entre grupos  $F(3, 36)=0,96$ ;  $p=0,41$ ;  $\eta^2=0,07$  nem entre blocos  $F(2, 72)=2,42$ ;  $p=0,09$ ;  $\eta^2=0,06$ . Por fim, também não foi identificada interação significativa entre grupos e blocos  $F(6, 72)=1,12$ ;  $p=0,35$ ;  $\eta^2=0,08$ ; grupos e momentos  $F(6, 72)=0,83$ ;  $p=0,54$ ;  $\eta^2=0,06$ ; blocos e momentos  $F(4, 144)=0,95$ ;  $p=0,43$ ;  $\eta^2=0,02$  nem entre grupos, blocos e momentos  $F(12, 144)=0,64$ ;  $p=0,80$ ;  $\eta^2=0,05$ .

### 6.2.1.6 Co-contração deltoides anterior/posterior ( $\mu V$ )

O gráfico 15 apresenta os dados da variável dependente co-contração deltoides anterior/posterior ( $\mu V$ ) dos quatro grupos nos três momentos, Pré PI, PI e Pós PI dos três blocos analisados. A ANOVA identificou efeito significativo da interação entre grupos, blocos e momentos  $F(12, 144)=1,94$ ;  $p=0,03$ ;  $\eta^2=0,13$ ; grupos e blocos  $F(6, 72)=2,68$ ;  $p=0,02$ ;  $\eta^2=0,18$  e entre blocos e momentos  $F(4, 144)=3,01$ ;  $p=0,01$ ;  $\eta^2=0,07$ . O *post hoc* de Duncan detectou que na primeira interação, no bloco um, o grupo EST-CONS apresentou menor co-

contração nos momentos PI e Pós PI, quando comparado ao grupo EST-ALEA ( $p=0,04$ ). No bloco dois, os grupos EST-CONS, ESP-ALEA e ESP-CONS apresentaram menor co-contracção nos momentos Pré PI e PI, quando comparados ao grupo EST-ALEA ( $p<0,01$ ). No bloco três, os grupos ESP-ALEA e ESP-CONS apresentaram menor co-contracção no momento Pós PI, quando comparados ao grupo EST-ALEA ( $p<0,04$ ), e o grupo EST-ALEA apresentou menor co-contracção no momento PI, quando comparados aos momentos Pré e Pós PI ( $p<0,04$ ). Já o grupo EST-CONS apresentou menor co-contracção nos momentos Pré e PI, quando comparados ao Pós PI ( $p<0,003$ ).

Ainda em relação à interação entre grupos, blocos e momentos, o *post hoc* detectou que o grupo EST-ALEA apresentou menor co-contracção no momento PI no bloco três, quando comparado ao mesmo momento do bloco um ( $p=0,02$ ). Nos blocos um e dois, o grupo EST-CONS apresentou menor co-contracção no momento Pós PI, quando comparado ao mesmo momento do bloco três ( $p<0,001$ ). Já o grupo ESP-ALEA, apresentou menor co-contracção nos momentos PI e Pós PI dos blocos dois e três, quando comparados aos mesmos momentos do bloco um ( $p<0,01$ ). Por fim, o grupo ESP-CONS, apresentou menor co-contracção nos momentos Pré PI e PI dos blocos dois e três, quando comparados aos mesmos momentos do bloco um ( $p<0,02$ ).



**Gráfico 15** - Média da co-contracção deltoide anterior/posterior dos grupos EST-ALEA, EST-CONS, ESP-ALEA, ESP-CONS diante de Pré PI, PI e Pós PI. As barras verticais indicam o intervalo de confiança em 95%.

Na análise da interação entre grupos e blocos, o *post hoc* detectou que nos blocos dois e três, os grupos ESP-ALEA e ESP-CONS apresentaram menor co-contracção, quando comparados ao bloco um ( $p<0,01$ ). Além disso, no bloco um, os grupos EST-CONS e ESP-CONS apresentaram menor co-contracção quando comparados ao grupo EST-ALEA ( $p<0,02$ ) e, nos

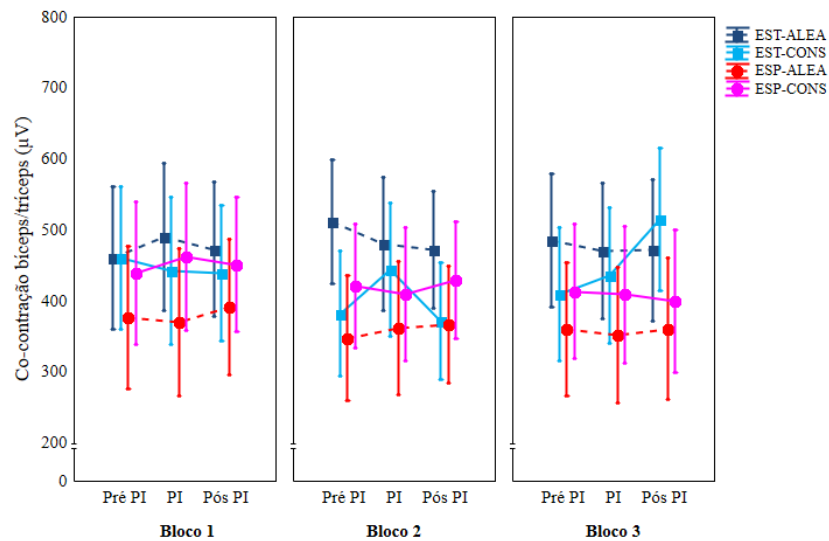
blocos dois e três ainda os grupos EST-CONS, ESP-ALEA e ESP-CONS apresentaram menor co-contracção quando comparado ao grupo EST-ALEA ( $p < 0,004$ ).

Na análise da interação entre blocos e momentos, o *post hoc* detectou que no bloco um, os momentos Pré PI e PI apresentaram menor co-contracção, quando comparados ao momento Pós PI ( $p < 0,0009$ ). No bloco dois, o momento Pós PI apresentou menor co-contracção quando comparado ao mesmo momento dos blocos um e três ( $p < 0,002$ ). Nos blocos dois e três, o momento PI apresentou menor co-contracção quando comparado ao mesmo momento do bloco um ( $p < 0,01$ ). No bloco três, o momento Pré PI apresentou menor co-contracção quando comparado ao mesmo momento do bloco um ( $p < 0,003$ ). Não foi encontrada interação significativa entre grupos e momentos  $F(6, 72) = 1,88$ ;  $p = 0,09$ ;  $\eta^2 = 0,13$ .

No que diz respeito às análises entre fatores isoladamente, a ANOVA identificou diferenças significativas entre os grupos  $F(3, 36) = 5,27$ ;  $p = 0,004$ ;  $\eta^2 = 0,30$ ; os blocos  $F(2, 72) = 7,17$ ;  $p = 0,001$ ;  $\eta^2 = 0,16$  e os momentos  $F(2, 72) = 3,24$ ;  $p = 0,04$ ;  $\eta^2 = 0,08$ . Na análise do fator grupos, o *post hoc* detectou menor co-contracção dos grupos EST-CONS, ESP-ALEA e ESP-CONS, quando comparados ao grupo EST-ALEA ( $p < 0,002$ ). Na análise do fator blocos, o *post hoc* detectou menor co-contracção do bloco um, quando comparado aos blocos dois e três ( $p < 0,002$ ). Por fim, na análise do fator momentos, o *post hoc* detectou menor co-contracção nos momentos Pré e Pós PI, quando comparados ao momento PI ( $p < 0,04$ ).

#### **6.2.1.7 Co-contracção bíceps/tríceps ( $\mu V$ )**

O Gráfico 16 apresenta os dados da variável dependente co-contracção bíceps/tríceps dos quatro grupos nos três momentos, Pré PI, PI e Pós PI dos três blocos analisados. A ANOVA identificou efeito significativo da interação entre grupos, blocos e momentos  $F(12, 144) = 2,58$ ;  $p = 0,001$ ;  $\eta^2 = 0,19$ . O *post hoc* de Duncan detectou que nos blocos um e dois, o grupo EST-CONS apresentou menor co-contracção no momento Pós PI, quando comparado ao mesmo momento do bloco três ( $p < 0,01$ ). No bloco dois, o mesmo grupo (EST-CONS) apresentou menor co-contracção nos momentos Pré e Pós PI, quando comparados ao momento PI ( $p < 0,02$ ). Ainda no bloco dois, o mesmo grupo (EST-CONS) apresentou menor co-contracção nos momentos Pré e Pós PI, quando comparados aos mesmos momentos do bloco um ( $p < 0,01$ ). No bloco três, o mesmo grupo (EST-CONS) apresentou menor co-contracção nos momentos Pré PI e PI, quando comparados ao momento Pós PI ( $p < 0,002$ ).



**Gráfico 16** - Média da co-contração de bíceps/tríceps dos grupos EST-ALEA, EST-CONS, ESP-ALEA, ESP-CONS diante de Pré PI, PI e Pós PI. As barras verticais indicam o intervalo de confiança em 95%.

Não foi identificada interação significativa entre grupos e blocos  $F(6, 72)=1,24$ ;  $p=0,29$ ;  $\eta^2=0,09$ ; grupos e momentos  $F(6, 72)=1,69$ ;  $p=0,13$ ;  $\eta^2=0,12$  nem entre blocos e momentos  $F(4, 144)=1,24$ ;  $p=0,29$ ;  $\eta^2=0,03$ .

Por fim, no que diz respeito às análises entre fatores isoladamente, não foi identificada diferença significativa entre os grupos  $F(3, 36)=1,19$ ;  $p=0,32$ ;  $\eta^2=0,09$ ; entre os blocos  $F(2, 72)=1,61$ ;  $p=0,20$ ;  $\eta^2=0,04$  nem entre os momentos  $F(2, 72)=0,83$ ;  $p=0,43$ ;  $\eta^2=0,02$ .

## 6.2.2 Perturbação II

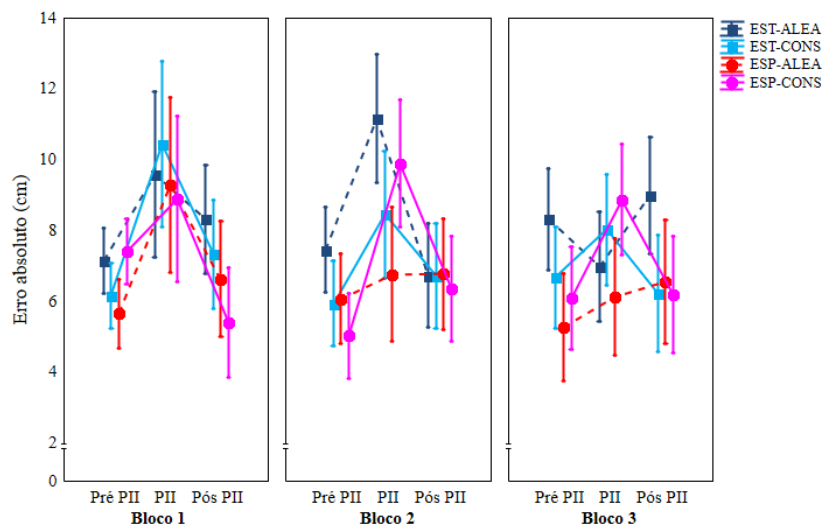
### 6.2.2.1 Erro Absoluto (cm)

O Gráfico 17 apresenta os dados da variável dependente erro absoluto dos quatro grupos nos três momentos, Pré PII, PII e Pós PII dos três blocos analisados. A ANOVA identificou efeito significativo da interação entre grupos, blocos e momentos  $F(12, 140)=2,18$ ,  $p=0,01$ ;  $\eta^2=0,15$  e entre blocos e momentos  $F(4, 140)=3,23$ ,  $p=0,01$ ;  $\eta^2=0,08$ . Na primeira interação, o *post hoc* de Duncan detectou que no bloco um, os grupos EST-CONS e ESP-ALEA apresentaram menor precisão do desempenho no momento PII quando comparado aos momentos Pré e Pós PII ( $p<0,04$ ). Já o grupo ESP-CONS apresentou menor precisão do desempenho no momento PII quando comparado ao momento Pós PII ( $p=0,007$ ). Ainda no bloco um, o grupo EST-ALEA apresentou desempenho menos preciso no momento Pós PII quando comparado ao grupo ESP-CONS no mesmo momento ( $p=0,03$ ). No bloco dois, o grupo EST-ALEA apresentou desempenho menos preciso no momento PII, quando comparado ao momento Pré



e Pós PII ( $p < 0,002$ ). Além disso, neste mesmo bloco, o grupo EST-ALEA apresentou desempenho menos preciso no momento PII, quando comparado aos grupos EST-CONS, ESP-ALEA e ESP-CONS no mesmo momento ( $p < 0,03$ ). No bloco três, o grupo ESP-CONS apresentou desempenho menos preciso no momento PII quando comparado aos momentos Pré e Pós PII ( $p < 0,04$ ). Além disso, neste mesmo bloco, o grupo EST-ALEA apresentou desempenho menos preciso no momento Pós PII quando comparado ao grupo ESP-ALEA no mesmo momento ( $p = 0,04$ ).

Ainda em relação à interação entre blocos, grupos e momentos, o *post hoc* detectou que os grupos EST-ALEA e ESP-ALEA apresentaram menor precisão do desempenho no momento PII no bloco um, quando comparado ao mesmo momento do bloco três ( $p < 0,04$ ).



**Gráfico 17** - Média do erro absoluto dos grupos EST-ALEA, EST-CONS, ESP-ALEA, ESP-CONS diante de Pré PII, PII e Pós PII. As barras verticais indicam o intervalo de confiança em 95%.

Em relação à interação entre blocos e momentos, o *post hoc* detectou que no bloco um, o momento PII apresentou menor precisão quando comparado ao mesmo momento do bloco três ( $p < 0,0002$ ). Além disso, foi detectado que nos blocos um e dois, o momento PII apresentou menor precisão do desempenho quando comparado aos momentos Pré e Pós PII ( $p < 0,001$ ). Não foi identificado efeito da interação entre grupos e blocos  $F(6, 70) = 0,48$ ,  $p = 0,82$ ;  $\eta^2 = 0,03$  nem entre grupos e momentos  $F(6, 70) = 1,41$ ,  $p = 0,22$ ;  $\eta^2 = 0,10$ .

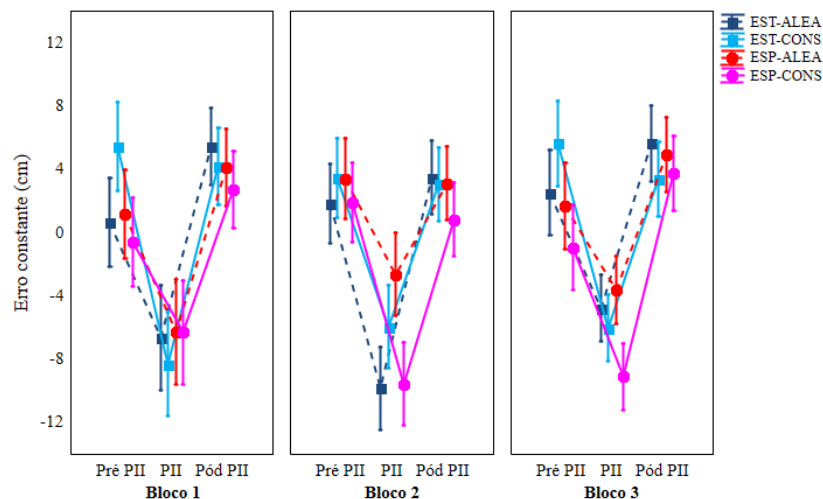
Por fim, no que diz respeito à análise dos fatores isoladamente, a ANOVA identificou diferenças significativas entre os grupos  $F(3, 35) = 5,42$ ;  $p = 0,003$ ;  $\eta^2 = 0,31$  e entre os momentos  $F(2, 70) = 25,04$ ;  $p = 0,001$ ;  $\eta^2 = 0,41$ . Na análise do fator grupos, o *post hoc* detectou menor precisão do desempenho do grupo EST-ALEA quando comparado aos grupos EST-

CONS, ESP-ALEA e ESP-CONS ( $p < 0,001$ ). Na análise do fator momento, o *post hoc* detectou menor precisão do desempenho no momento PII quando comparado aos momentos Pré e Pós PII ( $p < 0,0001$ ). Não foi identificado efeito significativo entre blocos  $F(2, 70) = 2,31$ ,  $p = 0,10$ ;  $\eta^2 = 0,06$ .

### 6.2.2.2 Erro Constante (cm)

O Gráfico 18 apresenta os dados da variável dependente erro constante dos quatro grupos nos três momentos, Pré PII, PII e Pós PII dos três blocos analisados. A ANOVA identificou efeito significativo da interação entre grupos e blocos  $F(6, 72) = 2,25$ ;  $p = 0,04$ ;  $\eta^2 = 0,15$  e entre grupos e momentos  $F(6, 72) = 2,90$ ;  $p = 0,01$ ;  $\eta^2 = 0,19$ . Na primeira interação, o *post hoc* de Duncan detectou que no bloco dois, o grupo EST-ALEA se antecipou, quando comparado ao grupo ESP-ALEA ( $p = 0,01$ ). Além disso, foi detectado que no mesmo bloco (Bloco dois), o grupo ESP-CONS se antecipou, quando comparado ao grupo EST-CONS ( $p = 0,04$ ).

Em relação à interação entre grupos e momentos, o *post hoc* detectou que no momento PII, os quatro grupos se anteciparam, quando comparados aos momentos Pré e Pós PII ( $p < 0,0001$ ). Não foi identificada interação significativa entre blocos e momentos  $F(4, 144) = 1,24$ ;  $p = 0,29$ ;  $\eta^2 = 0,03$  nem entre grupos, blocos e momentos  $F(12, 144) = 1,37$ ;  $p = 0,18$ ;  $\eta^2 = 0,10$ .



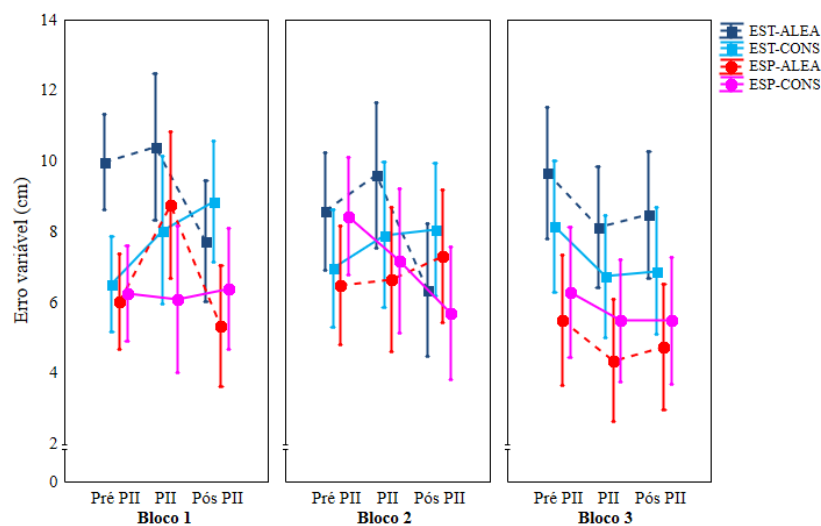
**Gráfico 18** - Média do erro constante dos grupos EST-ALEA, EST-CONS, ESP-ALEA, ESP-CONS diante de Pré PII, PII e Pós PII. As barras verticais indicam o intervalo de confiança em 95%.

Por fim, no que diz respeito às análises dos fatores isoladamente, a ANOVA identificou diferenças significantes entre grupos  $F(3, 36) = 4,91$ ;  $p = 0,005$ ;  $\eta^2 = 0,29$ ; e entre os momentos

$F(2, 72)=194,83$ ;  $p=0,001$ ;  $\eta^2=0,84$ . Na análise do fator grupos, o *post hoc* detectou antecipação do grupo ESP-CONS quando comparado aos grupos EST-ALEA, EST-CONS e ESP-ALEA ( $p<0,02$ ). Na análise do fator momentos, o *post hoc* detectou antecipação no momento PII, quando comparado aos momentos Pré PII e Pós PII ( $p<0,008$ ). Não foi identificada diferença significativa entre blocos  $F(2, 72)=2,39$ ;  $p=0,09$ ;  $\eta^2=0,06$ .

### 6.2.2.3 Erro Variável (cm)

O Gráfico 19 apresenta os dados da variável dependente erro variável dos quatro grupos nos três momentos, Pré PII, PII e Pós PII dos três blocos analisados. A ANOVA identificou diferenças significativas entre grupos  $F(3, 36)=8,42$ ;  $p=0,0002$ ;  $\eta^2=0,41$  e entre blocos  $F(2, 72)=4,07$ ;  $p=0,02$ ;  $\eta^2=0,10$ . Na análise do fator grupos, o *post hoc* de Duncan detectou que o grupo EST-ALEA apresentou desempenho menos consistente quando comparado aos grupos ESP-ALEA e ESP-CONS ( $p<0,01$ ). Além disso, o grupo EST-CONS apresentou desempenho menos consistente do que o grupo ESP-ALEA ( $p=0,02$ ). Na análise do fator blocos, o *post hoc* detectou que os blocos um e dois apresentaram desempenho menos consistente quando comparados ao bloco três ( $p<0,02$ ). Não foi identificada diferença significativa entre os momentos  $F(2, 72)=2,97$ ;  $p=0,06$ ;  $\eta^2=0,07$ .



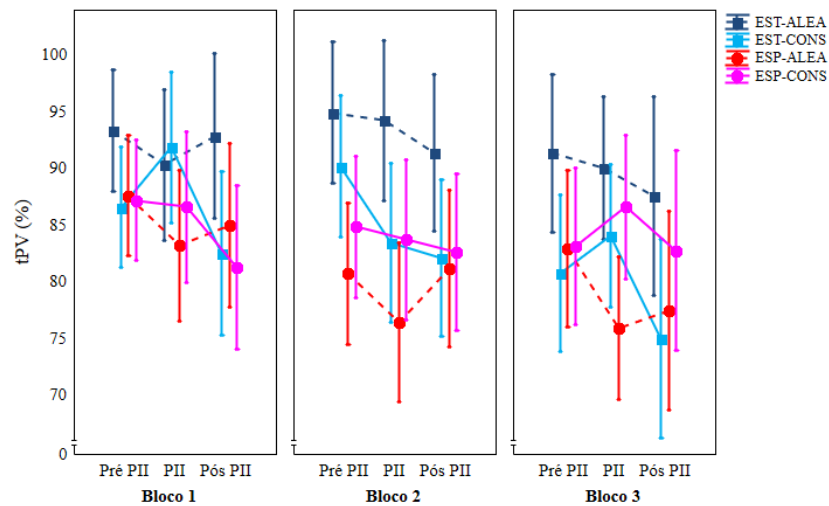
**Gráfico 19** - Média do erro variável dos grupos EST-ALEA, EST-CONS, ESP-ALE, ESP-CONS diante de Pré PII, PII e Pós PII. As barras verticais indicam o intervalo de confiança em 95%.

Por fim, não foi identificada interação significativa entre grupos e blocos  $F(6, 72)=1,74$ ;  $p=0,12$ ;  $\eta^2=0,12$ ; grupos e momentos  $F(6, 72)=2,21$ ;  $p=0,06$ ;  $\eta^2=0,15$ ; blocos e momentos  $F(4, 144)=1,96$ ;  $p=0,10$ ;  $\eta^2=0,05$  nem entre grupos, blocos e momentos  $F(12, 144)=1,19$ ;  $p=0,29$ ;  $\eta^2=0,09$ .

#### 6.2.2.4 Tempo relativo para o pico de velocidade (tPV%)

O Gráfico 20 apresenta os dados da variável dependente tPV% dos quatro grupos nos três momentos, Pré PII, PII e Pós PII dos três blocos analisados. A ANOVA identificou efeito significativo da interação entre grupos, blocos e momentos  $F(12, 144)=1,82$ ;  $p=0,04$ ;  $\eta^2=0,13$ ; grupos e blocos  $F(6, 72)=2,33$ ;  $p=0,04$ ;  $\eta^2=0,16$ ; grupos e momentos  $F(6, 72)=2,31$ ;  $p=0,04$ ;  $\eta^2=0,16$  e blocos e momentos  $F(4, 144)=2,86$ ;  $p=0,02$ ;  $\eta^2=0,07$ . Na primeira interação, o *post hoc* de Duncan detectou que no bloco um, o grupo EST-ALEA apresentou menor tPV% no momento Pré PII, quando comparado ao momento PII ( $p=0,01$ ). Ainda neste bloco, o grupo EST-CONS apresentou menor tPV% no momento Pós PII quando comparado ao momento PII ( $p=0,001$ ). No bloco dois, o grupo EST-CONS apresentou menor tPV% nos momentos PII e Pós PII quando comparados ao momento Pré PII ( $p<0,02$ ). Ainda nos blocos dois e três, foi detectado que o grupo ESP-ALEA apresentou menor tPV% no momento PII quando comparado ao grupo EST-ALEA no mesmo momento ( $p<0,04$ ). No bloco três, o grupo EST-CONS apresentou menor tPV% no momento Pós PII quando comparado aos momentos Pré PII e PII ( $p<0,03$ ).

Ainda em relação à interação entre blocos, grupos e momentos, o *post hoc* detectou que no bloco dois, o grupo EST-ALEA apresentou menor tPV% no momento Pré PII, quando comparado ao mesmo momento do bloco um ( $p=0,009$ ). Nos blocos dois e três, o grupo EST-CONS apresentou menor tPV% no momento PII quando comparado ao mesmo momento do bloco um ( $p<0,003$ ). No bloco três, o grupo EST-CONS apresentou menor tPV% no momento Pré PII quando comparado ao mesmo momento do bloco dois ( $p=0,001$ ) e, menor tPV% no momento Pós PII quando comparado ao mesmo momento dos blocos um e dois ( $p<0,001$ ). Ainda nos blocos dois e três, o grupo ESP-ALEA apresentou menor tPV% no momento PII quando comparado ao mesmo momento do bloco um ( $p<0,02$ ) e, no bloco três, menor tPV% no momento Pós PII quando comparado ao mesmo momento do bloco um ( $p=0,01$ ).



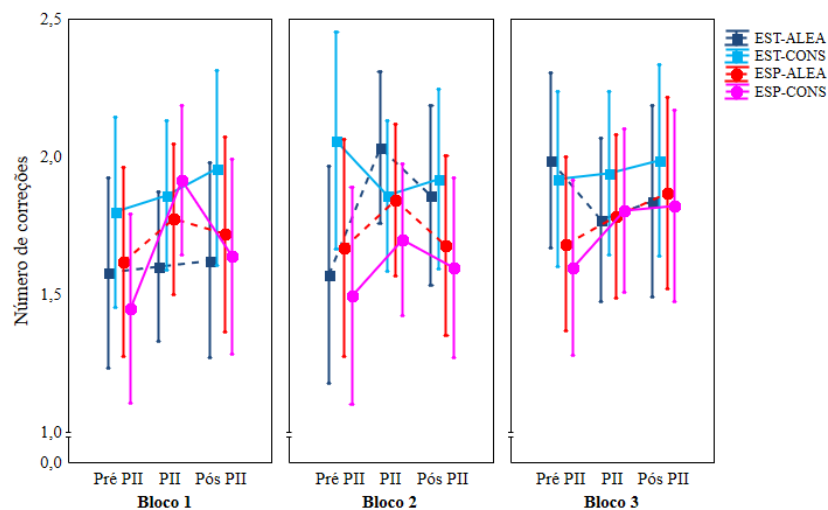
**Gráfico 20** - Média do tPV% dos grupos EST-ALEA, EST-CONS, ESP-ALEA, ESP-CONS diante de Pré PII, PII e Pós PII. As barras verticais indicam o intervalo de confiança em 95%.

Em relação à interação entre grupos e blocos, o *post hoc* detectou no bloco dois, que os grupos ESP-ALEA e ESP-CONS apresentaram menor tPV% quando comparados ao grupo EST-ALEA ( $p < 0,04$ ). Já no bloco três, os grupos EST-CONS e ESP-ALEA apresentaram menor tPV% quando comparados ao grupo EST-ALEA ( $p < 0,04$ ). Na análise da interação entre grupos e momentos, o *post hoc* detectou que no momento Pós PII, o grupo EST-CONS apresentou menor tPV% quando comparado aos momentos Pré PII e PII ( $p < 0,004$ ). Além disso, no momento PII, o grupo ESP-ALEA apresentou menor tPV% quando comparado ao momento Pré PII ( $p = 0,04$ ). Na análise da interação entre blocos e momentos, o *post hoc* detectou que no bloco um, o momento Pós PII apresentou menor tPV% quando comparado ao momento PII ( $p = 0,005$ ). No bloco dois, os momentos PII e Pós PII apresentaram menor tPV% quando comparados ao momento Pré PII ( $p < 0,01$ ). No bloco três, o momento Pós PII apresentou menor tPV% quando comparado aos momentos Pré PII e PII ( $p < 0,004$ ).

No que diz respeito à análise entre fatores isoladamente, a ANOVA identificou diferenças significativas entre blocos  $F(2, 72) = 8,86$ ;  $p = 0,0003$ ;  $\eta^2 = 0,19$  e entre momentos  $F(2, 72) = 4,62$ ;  $p = 0,01$ ;  $\eta^2 = 0,11$ . O *post hoc* detectou que os blocos dois e três apresentaram menor tPV%, quando comparados ao bloco um ( $p < 0,04$ ). Na análise do fator momento, o *post hoc* detectou que o momento Pós PII apresentou menor tPV%, quando comparado ao momento Pré PII e PII ( $p < 0,02$ ).

### 6.2.2.5 Número de correções

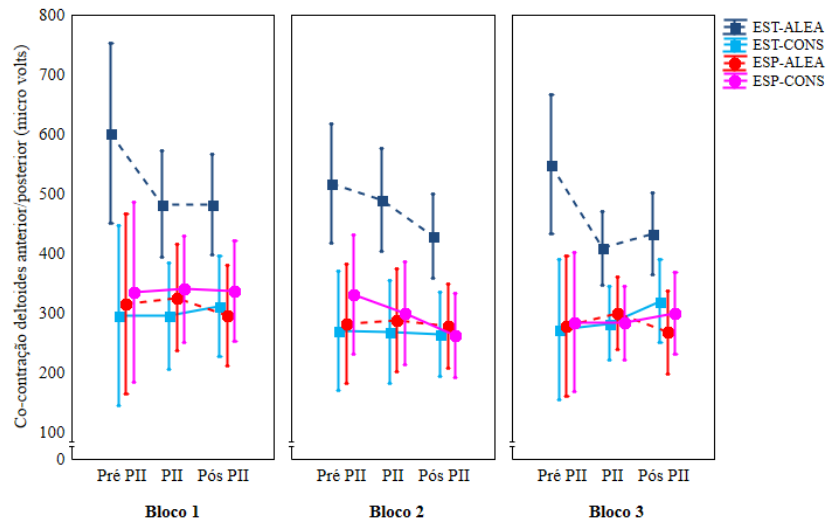
O Gráfico 21 apresenta os dados da variável dependente número de correções dos quatro grupos nos três momentos, Pré PII, PII e Pós PII dos três blocos analisados. A ANOVA não identificou diferenças significantes entre grupos  $F(3, 36)=1,04$ ;  $p=0,38$ ;  $\eta^2=0,08$ ; blocos  $F(2, 72)=2,25$ ;  $p=0,11$ ;  $\eta^2=0,05$  nem entre momentos  $F(2, 72)=2,67$ ;  $p=0,07$ ;  $\eta^2=0,06$ . Também não foi identificada interação significativa entre grupos e blocos  $F(6, 72)=0,68$ ;  $p=0,66$ ;  $\eta^2=0,05$ ; grupos e momentos  $F(6, 72)=0,80$ ;  $p=0,56$ ;  $\eta^2=0,06$ ; blocos e momentos  $F(4, 144)=0,59$ ;  $p=0,66$ ;  $\eta^2=0,01$  nem entre grupos, blocos e momentos  $F(12, 144)=0,89$ ;  $p=0,55$ ;  $\eta^2=0,06$ .



**Gráfico 21** - Média do número de correções dos grupos EST-ALEA, EST-CONS, ESP-ALEA, ESP-CONS diante de Pré PII, PII e Pós PII. As barras verticais indicam o intervalo de confiança em 95%.

### 6.2.2.6 Co-contração deltoides anterior/posterior ( $\mu V$ )

O Gráfico 22 apresenta os dados da variável dependente co-contração de deltoides anterior/posterior dos quatro grupos nos três momentos, Pré PII, PII e Pós PII dos três blocos analisados. A ANOVA identificou diferenças significativas entre os grupos  $F(3, 36)=7,15$ ;  $p=0,0006$ ;  $\eta^2=0,37$  e entre os blocos  $F(2, 72)=9,51$ ;  $p=0,0002$ ;  $\eta^2=0,20$ . Na análise do fator grupos, o *post hoc* de Duncan detectou que os grupos EST-CONS, ESP-ALEA e ESP-CONS apresentaram menor co-contração quando comparados ao grupo EST-ALEA ( $p<0,001$ ). Na análise do fator blocos, o *post hoc* detectou menor co-contração nos blocos dois e três, quando comparados ao bloco um ( $p<0,0005$ ).

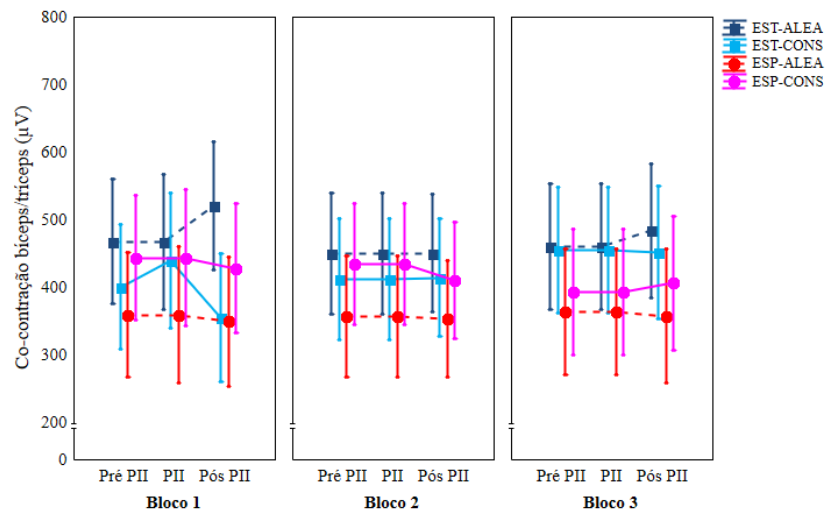


**Gráfico 22** - Média da co-contração de deltoides anterior/posterior dos grupos EST-ALEA, EST-CONS, ESP-ALEA, ESP-CONS diante de Pré PII, PII e Pós PII. As barras verticais indicam o intervalo de confiança em 95%.

Não foram identificadas diferenças significantes entre os momentos  $F(2, 72)=0,94$ ;  $p=0,39$ ;  $\eta^2=0,02$ . Também não foi identificada interação significativa entre grupos e blocos  $F(6, 72)=0,69$ ;  $p=0,65$ ;  $\eta^2=0,05$ ; grupos e momentos  $F(6, 72)=0,95$ ;  $p=0,46$ ;  $\eta^2=0,07$ ; blocos e momentos  $F(4, 144)=1,37$ ;  $p=0,24$ ;  $\eta^2=0,03$  nem entre grupos, blocos e momentos  $F(12, 144)=1,54$ ;  $p=0,11$ ;  $\eta^2=0,11$ .

### 6.2.2.7 Co-contração bíceps/tríceps ( $\mu V$ )

O Gráfico 23 apresenta os dados da variável dependente Co-contração bíceps/tríceps dos quatro grupos nos três momentos, Pré PII, PII e Pós PII dos três blocos analisados. A ANOVA identificou interação significativa entre grupos e momentos  $F(6, 72)=2,35$ ;  $p=0,03$ ;  $\eta^2=0,16$ . O *post hoc* de Duncan detectou que nos momentos Pré PII e PII, o grupo EST-ALEA apresentou menor co-contração quando comparados ao momento Pós PII ( $p<0,03$ ). Além disso, no momento Pós PII, o grupo EST-CONS apresentou menor co-contração, quando comparado ao momento PII ( $p=0,02$ ).



**Gráfico 23** - Média da co-contração bíceps/tríceps dos grupos EST-ALEA, EST-CONS, ESP-ALEA, ESP-CONS diante de Pré PII, PII e Pós PII. As barras verticais indicam o intervalo de confiança em 95%.

Não foi identificada interação significativa entre grupos e blocos  $F(6, 72)=1,51$ ;  $p=0,18$ ;  $\eta^2=0,11$ ; blocos e momentos  $F(4, 144)=0,61$ ;  $p=0,65$ ;  $\eta^2=0,01$  nem entre grupos, blocos e momentos  $F(12, 144)=1,26$ ;  $p=0,24$ ;  $\eta^2=0,09$ . Por fim, na análise dos fatores isoladamente, não foram identificadas diferenças significantes entre os grupos  $F(3, 36)=1,15$ ;  $p=0,34$ ;  $\eta^2=0,08$ ; blocos  $F(2, 72)=0,30$ ;  $p=0,74$ ;  $\eta^2=0,008$  nem entre momentos  $F(2, 72)=0,35$ ;  $p=0,70$ ;  $\eta^2=0,009$ .



## 7 DISCUSSÃO DO EXPERIMENTO I

O presente experimento investigou os efeitos da manipulação do nível de estabilização do desempenho e da estruturação da prática na adaptação motora a perturbações visuais imprevisíveis. Para testar os efeitos das variáveis independentes, quatro hipóteses foram propostas, sendo duas correspondentes à fase de Pré-exposição e outras duas à Exposição. Duas variáveis de controle foram analisadas, são elas: número de tentativas para o alcance do desempenho critério e tempo de movimento (TM). Em relação ao número de tentativas, nossos resultados apontam que o alcance da especialização do desempenho demanda maior quantidade de prática quando comparado ao alcance da estabilização, o que resulta em dois diferentes níveis de estabilização (FONSECA *et al.*, 2012). Já a variável de controle TM não foi afetada pelas manipulações realizadas. Apenas foi detectado que, apesar de terem iniciado a prática com TMs acima do estipulado, todos os grupos reduziram o TM alcançando os valores estipulados ao longo da fase de Pré-exposição. Estes resultados demonstram que o TM foi realmente aprendido, e foi uma variável de controle eficiente.

Em relação às hipóteses propostas para a Pré-exposição, a primeira sugeria que, ao longo da fase, o desempenho dos quatro grupos melhoraria, independentemente do nível de estabilização e da estruturação da prática adotados. Esta hipótese foi confirmada. Foi demonstrado que todos os grupos melhoraram a precisão e a consistência do desempenho do quartil 25% para o quartil 100%. Além disso, em relação à precisão do desempenho, nossos resultados apontam para os efeitos da predominância da variável nível de estabilização em relação à estruturação da prática. Tal efeito foi vislumbrado, em especial, ao se comparar os grupos ESP-ALEA e ESP-CONS com o grupo EST-ALEA nos quartis 25, 50 e 75%, demonstrando maior precisão dos grupos especialização nestes três momentos. Em relação aos dois grupos estabilização, o EST-CONS se mostrou mais preciso do que o EST-ALEA somente no quartil 50%, o que demonstra que estes dois grupos tiveram desempenho semelhante na maioria dos blocos da Pré-exposição. Comportamento similar à precisão foi vislumbrado para a consistência do desempenho, uma vez que os grupos especialização apresentaram maior consistência quando comparados ao grupo EST-ALEA, e dentro de cada nível de estabilização (estabilização e especialização) não houve diferença entre as duas estruturas de prática. Este conjunto de resultados reforça mais uma vez que a variável nível de estabilização é a que mais influencia o processo de formação de estruturas de controle, já que não foi identificado efeito da estruturação da prática.

Uma explicação para o efeito superior da variável nível de estabilização do desempenho, em comparação à estruturação de prática, se sustenta na ideia da formação de estruturas de controle (PLAMONDON, 1995), aqui denominadas modelos internos (MIs). Antes da formação dos MIs, no início da fase de Pré-exposição, a seleção das respostas para cada ação, depende do acesso aos motores primitivos que contêm características espaciais e temporais similares à nova tarefa praticada (CHURCHLAND *et al.*, 2012; OVERDUIN *et al.*, 2012). O alcance da estabilização do desempenho resulta na formação dos MIs, logo, os grupos especialização continuaram a prática após tal formação. Nossos resultados sugerem que o processo de seleção dos motores primitivos não é influenciado pela estruturação da prática. Entretanto, a extensão da prática a partir da formação de MIs, resulta em desempenho mais preciso e consistente. Isso porque o conhecimento da dinâmica da tarefa favorece a predição dos MIs por parte do *forward* e a emissão do comando motor adequado por parte do modelo inverso. A predição é favorecida pela maior quantidade de prática proporcionada pelo alcance da especialização do desempenho.

Quantidades superiores de prática resultam no armazenamento de número superior de cópias eferentes, quando comparadas às práticas com menos tentativas (KAWATO, 2009). O número superior de cópias eferentes favorece a predição de possíveis erros sensoriais (SHADMEHR; SMITH; KRAKAUER, 2010), com base em erros experimentados previamente (HEALD, *et al.*, 2018). Já a prática aleatória favorece a formação de diferentes módulos *experts* e armazenamento de cópias mais variadas do que a prática constante com formação de apenas um módulo e com cópias eferentes similares (HARRIS; WOLPERT, 1998). O desempenho apresentado pelos grupos ESP-ALEA e ESP-CONS apontam que em condição previsível, o que mais importa para o bom desempenho da tarefa é o número superior de cópias eferentes, independentemente de serem variadas ou não. É possível assumir que a maior quantidade de repetição do processo de solução dos problemas motores para alcance da meta da tarefa proporcionada pela prática além da estabilização, realmente influencia no desempenho da tarefa sob condição previsível.

A segunda hipótese deste experimento propunha que, independente das manipulações realizadas, o controle motor dos quatro grupos seria similar ao longo da Pré-exposição. A análise das variáveis cinemáticas permite dizer que esta hipótese foi parcialmente confirmada. Foi identificado que o tempo para o alcance do pico de velocidade (tPV%) não foi afetado pelas manipulações realizadas neste experimento. Por outro lado, o grupo EST-ALEA

realizou mais correções e apresentou maior co-contracção entre deltoídes anterior e posterior do que os demais grupos ao longo da fase. Estes resultados indicam para um controle motor menos eficiente deste grupo, com maior dependência do mecanismo via *feedback* para realização de ajustes *online* do comando motor final (*feedforward*), quando comparado aos demais. Este controle menos eficiente é reflexo da menor competência deste grupo, durante o processo de seleção dos motores primitivos (CHURCHLAND *et al.*, 2012) e, principalmente no quartil 100%, menor competência preditiva do *forward* (WOLPERT; MIALL; KAWATO, 1998) mesmo em contexto previsível, o que reflete na dependência do mecanismo de controle via *feedback*.

Resultados diferentes dos demonstrados pelo grupo EST-ALEA foram encontrados nas análises do grupo ESP-ALEA. Este grupo, demonstrou menor co-contracção entre bíceps e tríceps do que os demais, além de redução no número de correções e co-contracção entre deltoídes do início para o fim da Pré-exposição. A análise em conjunto destas três medidas de controle aponta para a formação diferenciada de MIs por parte deste grupo, quando comparado ao EST-ALEA. A menor co-contracção apresentada pelo grupo ESP-ALEA resulta maior eficiência para modificar e realizar as correções de suas ações, quando comparado ao grupo EST-ALEA.

A condição de prática aleatória até a especialização do desempenho parece favorecer a utilização do mecanismo via pré-programação, quando comparado aos demais grupos. Este comportamento pode ser explicado, principalmente, pela maior competência do preditor de responsabilidade e do *forward* (JORDAN; WOLPERT, 1999) do grupo ESP-ALEA. É consenso na literatura que, em contextos previsíveis como na nossa fase de Pré-exposição, a prática leva ao controle predominantemente via pré-programação (MEYER *et al.*, 1988), sendo importante considerar que os dois mecanismos de controle estão presentes, com domínio de um deles (DESMURT; GRAFTON, 2000). A análise das curvas de aceleração do presente experimento não nos permite afirmar que este foi o mecanismo de controle utilizado predominantemente pelos grupos na Pré-exposição. Entretanto, a comparação de todas as medidas de controle dos quatro grupos ao longo da Pré-exposição, mostra que o grupo ESP-ALEA foi o grupo que mais utilizou o mecanismo de pré-programação, quando comparado aos demais. Estes resultados apontam para o efeito da interação entre nível de estabilização e estruturação da prática na eficiência do controle motor em tarefas de interceptação a alvos móveis.

A discordância dos nossos resultados com os demais apresentados na literatura (ex.; COUTO, 2012; THOMAS; YAN; STELMACH, 2000; TRESILIAN; PLOOY, 2006a), no que diz respeito ao mecanismo de controle utilizado ao longo da fase de Pré-exposição, pode ser devido à forma de organização dos dados para as análises. A organização em quartis foi importante para analisar todas as tentativas de sujeitos que realizaram diferentes números de tentativas para atingir o desempenho critério. Contudo, esta organização pode ter dificultado a identificação de modificações no perfil da curva de velocidade ao longo dos primeiros 25% das tentativas (primeiras tentativas com tPV% inferior às subsequentes). Estudos que demonstraram modificação no perfil da curva de velocidade (aumento do tempo para o alcance do pico) compararam a média de no máximo dez tentativas no início da prática com a média do mesmo número de tentativas em teste de retenção (ex.; THOMAS; YAN; STELMACH, 2000) ou ao fim da fase de Pré-exposição (ex.; COUTO, 2012). No nosso experimento, o primeiro quartil foi composto por número superior de tentativas (EST-ALEA:  $27,59 \pm 22,49$ ; EST-CONS:  $22,71 \pm 14,45$ ; ESP-ALEA:  $61,52 \pm 21,61$ ; ESP-CONS:  $71,45 \pm 30,07$ ). Talvez o tPV% nas tentativas iniciais da nossa Pré-exposição possa ter sido menor do que aqueles tempos identificados na análise do quartil 25%. Entretanto, será necessária a realização de outra análise que inclua somente tentativas iniciais comparando-as com as tentativas finais como no estudo de Couto (2012). Esta análise poderá confirmar se o mecanismo de controle se modifica do início para o fim da fase.

Outra possível explicação para a não utilização predominante do mecanismo via pré-programação, está relacionada ao controle da variável TM e à amplitude de movimento para realização da interceptação. No que diz respeito ao TM, os estudos que apontam para a utilização predominante do mecanismo de controle via pré-programação em tarefas de interceptação a alvos móveis restringiram o TM para a realização da ação. Nestes estudos, os participantes foram treinados para realizarem TMs entre 170 e 180 ms (ex., MARINOVIC; PLOOY; TRESILIAN, 2008; MARINOVIC; PLOOY; TRESILIAN, 2009a; TRESILIAN; PLOOY, 2006), o que dificulta a utilização do mecanismo de controle via *feedback*. Já no que diz respeito à amplitude de movimento, estudos como os de Caljouw; van der Kamp e Savelsbergh (2006) e de Gray (2000), por exemplo, demonstraram a predominância na utilização do mecanismo via pré-programação em tarefas com amplitudes de movimento superiores (ex., rebatida de basebol) à utilizada em nosso experimento. Estes autores demonstraram que esperar o alvo se aproximar do efector para então iniciar a ação favorece a

precisão na interceptação. Em nossa tarefa, a amplitude de movimento de 30 cm, associada à TMs de 200 a 250 ms, permitiu a utilização predominante do mecanismo de controle via *feedback*. Contudo, devido às características da fase de Exposição, estipular um TM maior que o utilizado nos estudos anteriores foi pré-requisito para observar modificações no controle frente à imprevisibilidade.

A segunda fase dos experimentos conduzidos nesta tese apresenta características que permitem investigar as competências adquiridas pelos MIs formados na primeira fase. Para isso foram inseridas duas perturbações entre tentativas-controle. As tentativas-controle foram representadas pela velocidade 2 (145 cm/s) dos grupos de prática aleatória na fase de Pré-exposição e pela velocidade praticada ao longo de toda fase pelos grupos de prática constante. As tentativas com perturbação foram inseridas após a ação ter iniciado, o que requer competências para estimar as mudanças (BERNIKER; KORDING, 2008) e utilizar do mecanismo de controle via *feedback* da forma mais breve possível, durante a própria execução. O raciocínio, em termos de MIs, para a ocorrência da adaptação, foi que diante das perturbações os grupos de prática aleatória combinariam os módulos *experts*, e os grupos de prática constante calibrariam o módulo. Com base nas deduções provenientes da proposta do referencial teórico dos Múltiplos Pares de Modelos Internos proposto por Wolpert e Kawato (1998), duas hipóteses foram testadas durante a fase de Exposição. A primeira sugeria que na fase de Exposição, o grupo ESP-ALEA apresentaria melhor desempenho e o grupo EST-CONS pior. A segunda, sugeria que o grupo ESP-ALEA utilizaria predominantemente o mecanismo de controle via *feedback* e o grupo EST-CONS predominantemente o mecanismo de controle via pré-programação. Para testar estas hipóteses, os dados da fase de Exposição foram organizados em blocos de cinco tentativas. Cada bloco foi composto por três momentos: Pré (pré-perturbação), P (perturbação) e Pós (pós-perturbação).

A análise da precisão do desempenho (erro absoluto) durante a PI mostrou que o grupo EST-ALEA foi o que teve maior dificuldade durante esta fase, o que era esperado para o grupo EST-CONS. Além disso, foi demonstrado que o grupo ESP-CONS foi o que modificou menos o desempenho frente à perturbação. Durante a PII, o comportamento foi similar, com o grupo EST-ALEA tendo maior dificuldade em manter o desempenho, entretanto, o grupo ESP-ALEA foi o que sofreu menos com a perturbação. Então, no geral, o grupo EST-ALEA foi o que teve maior dificuldade frente às perturbações, e os dois grupos especialização do desempenho, os que tiveram menor dificuldade. A análise da consistência do desempenho

(erro variável) mostrou resultados similares àqueles apresentados nas análises precisão diante de PI, com o grupo EST-ALEA sendo o menos consistente e os dois grupos especialização os mais consistentes. Resultados semelhantes foram encontrados diante de PII sendo ainda, o grupo EST-CONS menos consistente do que o ESP-ALEA, e em alguns momentos do que o grupo ESP-CONS. No seu conjunto, os resultados referentes à análise do desempenho nos blocos com as perturbações I e II não permitem confirmar a terceira hipótese deste experimento.

Era esperado que a prática aleatória favorecesse o alcance de desempenho superior na fase de Exposição, quando comparada à prática constante, pelos seguintes motivos:

- 1) De acordo com a proposta do referencial teórico assumido nesta tese, a prática aleatória proporciona a formação de múltiplos pares de módulos *experts* (JORDAN; WOLPERT, 1999; WOLPERT; KAWATO, 1998). Especificamente em nossos experimentos, a prática aleatória possibilitaria a formação de três módulos pelos grupos EST-ALEA e ESP-ALEA. Como as perturbações aconteceram dentro do *workspace* das velocidades praticadas, os comandos motores emitidos por cada módulo poderiam se somar, resultando em um comando motor final (*feedforward*) com especificações comuns às demandas das perturbações inseridas (KRAKAUER *et al.*, 1999).
- 2) A prática aleatória realizada durante a Pré-exposição, possibilitaria a cada *forward* armazenar variadas cópias eferentes. A variedade de cópias favoreceria a capacidade de predição do *forward*, atuação rápida do *feedback* interno e utilização de informações provenientes do *feedback* sensorial, resultando na rápida e precisa combinação dos módulos e utilização eficiente do mecanismo de controle via *feedback*.
- 3) Ainda, era esperado que a prática aleatória realizada até a especialização do desempenho, favorecesse a aquisição de maior quantidade de variadas cópias eferentes, quando comparada à prática até a estabilização. Isso porque, a cada tentativa uma cópia eferente seria armazenada no *forward* (WOLPERT; DIEDRICHSEN; FLANAGAN, 2011). Portanto, a terceira hipótese foi sugerida considerando as possibilidades supracitadas.

Apesar das suposições acima encontrarem sustentação no referencial teórico assumido, em termos de desempenho, nossos resultados apontam que a considerável quantidade de variadas

cópias eferentes em conjunto com a combinação de diferentes módulos, ambos proporcionados pela prática aleatória até a especialização, não torna o grupo ESP-ALEA superior aos outros, diante de perturbações visuais imprevisíveis. A não superioridade deste grupo mostra que as demais combinações de prática e níveis de estabilização do desempenho, exceto a prática aleatória até a estabilização, podem proporcionar a aquisição de competências similares àquelas adquiridas pela prática aleatória combinada à especialização. Mesmo quando apenas um módulo é formado e as cópias eferentes parecem limitadas em termos de quantidade e variedade, como proporcionado pela prática constante até a estabilização do desempenho, o *forward* adquire competências suficientes para calibrar o comando motor de modo a permitir a manutenção do desempenho especificamente frente às PII. Logo, o desempenho geral dos grupos EST-CONS e ESP-CONS, nos leva a propor que não é a combinação dos módulos o principal facilitador da adaptação a perturbações visuais imprevisíveis, mas sim a competência preditiva do *forward* e a utilização do *feedback* interno e sensorial de forma rápida e precisa a fim de corrigir o *feedforward*, como proposto por Elliott; Yang; Whitaker (1995). A combinação de módulos pode até auxiliar na manutenção do desempenho diante de perturbações, entretanto, apenas quando a prática for realizada até o alcance da especialização do desempenho.

Em relação ao controle motor, esperávamos que o grupo ESP-ALEA utilizasse predominantemente o mecanismo de controle via *feedback* e, o grupo EST-CONS predominantemente via pré-programação. Esta hipótese foi parcialmente confirmada. Os resultados gerais mostram que todos os grupos utilizaram predominantemente o mecanismo de controle via *feedback* ao longo de toda a fase de Exposição. Entretanto, é importante ressaltar que, independente da estruturação da prática, no bloco um da PI, os grupos de prática até a estabilização não foram capazes de utilizar este mecanismo diante da perturbação. Este comportamento foi observado nos grupos de prática até a especialização. Tais resultados reforçam a competência dos grupos especialização em utilizarem os módulos *experts* formados na fase de Pré-exposição de forma mais eficiente já no início da fase de Exposição, quando comparados aos grupos estabilização, pelo menos diante da PI.

Diante da PII, já no bloco um, o grupo EST-ALEA foi capaz de utilizar de forma predominante o mecanismo de controle via *feedback*. A diferença da competência deste grupo diante de cada perturbação se deve ao tempo superior de visão disponível durante a PII, quando comparado à PI. Tempos superiores de visão favorecem a utilização de informações

referentes à modificação da velocidade do alvo (PETERS, 1997) e consequente utilização do mecanismo de controle via *feedback*. Este comportamento pôde ser vislumbrado mesmo para o grupo de prática que demonstrou ser o menos competente, quando comparado aos demais, para utilizar o *forward* e o preditor de responsabilidades na determinação da competência de cada módulo (JORDAN; WOLPERT, 1999), assim como o *feedback* sensorial de forma rápida e precisa para a realização de correções (ELLIOTT; YANG; WHITAKER, 1995). A análise em conjunto das medidas de desempenho e cinemática, permite explicar que a maior competência do grupo ESP-ALEA quando comparado ao EST-ALEA, em termos de precisão e consistência do desempenho ao longo da fase de Exposição se deve à maior capacidade de utilização do mecanismo de controle via *feedback* por parte do grupo ESP-ALEA. Nossos resultados demonstram que o ESP-ALEA apresentou menores tPV% diante da PII dos blocos dois e três, quando comparado ao EST-ALEA.

Na análise da co-contração de deltoides anterior e posterior durante a Exposição, foi demonstrado que, no geral, os grupos EST-CONS, ESP-ALEA e ESP-CONS apresentaram menor co-contração entre deltoide anterior e posterior, quando comparados ao grupo EST-ALEA, em ambas as perturbações. Além disso, os grupos ESP-ALEA e ESP-CONS diminuíram a co-contração ao longo da fase. No bloco três, os grupos ESP-ALEA e ESP-CONS tiveram menor co-contração no Pós PI, quando comparado ao EST-ALEA, o que demonstra os efeitos da perturbação na coordenação muscular mesmo após a retirada. A menor coordenação muscular do grupo EST-ALEA se deve à baixa competência preditiva dos módulos deste grupo para lidar com modificações recorrentes como em nossa fase de Exposição. Esta menor competência preditiva que resulta em magnitudes de contrações musculares desnecessárias e menor eficiência no controle motor. Os menores valores de co-contração dos grupos EST-CONS, ESP-ALEA e ESP-CONS, quando comparados ao grupo EST-ALEA, refletem as adaptações do comando motor descendente destes grupos (THOROUGHMAN; SHADMEHR, 1999). Estas adaptações são atribuídas a modificações realizadas nos módulos formados ao longo da fase de Pré-exposição (MIALL; WOLPERT, 1996; WADA; KAWATO, 1993) e se devem à utilização predominante do mecanismo de controle via *feedback*.

As análises da co-contração entre bíceps e tríceps, não fornecessem resultados que auxiliem na explicação da adaptação às perturbações inseridas neste experimento. O que demonstra que, neste contexto, as modificações em articulações proximais favorecem mais a realização



de modificações no controle motor e refletem mais as modificações em termos de comando motor descendente, quando comparadas às articulações distais.

## **8 CONCLUSÃO DO EXPERIMENTO I**

No geral, os resultados do experimento I demonstraram que o desempenho de todos os grupos melhorou ao longo da fase de Pré-exposição, sendo que o grupo EST-ALEA dependeu mais do mecanismo de controle via *feedback*, quando comparado aos demais grupos. Em relação à fase de Exposição, o grupo EST-ALEA foi o que teve mais dificuldades para lidar com as perturbações. Os demais grupos (EST-CONS, ESP-ALEA e ESP-CONS) apresentaram competências similares diante das perturbações.

## **9 Experimento II: Nível especialização do desempenho e estruturação da prática combinada**

### **9.1 OBJETIVO GERAL**

Investigar os efeitos da manipulação do nível especialização do desempenho e da prática combinada na adaptação motora a perturbações visuais imprevisíveis.

#### **9.1.1 Objetivos específicos**

5. Investigar os efeitos da manipulação do nível especialização do desempenho e da prática combinada no desempenho durante a fase de Pré-exposição.
6. Investigar os efeitos da manipulação do nível especialização do desempenho e da prática combinada no controle motor durante a fase de Pré-exposição.
7. Investigar os efeitos da manipulação do nível especialização do desempenho e da prática combinada no desempenho na fase de Exposição.
8. Investigar os efeitos da manipulação do nível especialização do desempenho e da prática combinada no controle motor na fase de Exposição.

### **9.2 HIPÓTESES**

O experimento II será conduzido com o intuito de testar as hipóteses descritas abaixo:

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

H<sub>2</sub> – O controle motor de ambos os grupos será similar ao longo da fase de Pré-exposição.

H<sub>3</sub> – Na fase de Exposição, o grupo prática constante-aleatória (CONS-ALEA) apresentará o melhor desempenho quando comparado ao grupo prática aleatória-constante (ALEA-CONS).

H<sub>4</sub> – Na fase de Exposição, ambos os grupos utilizarão predominantemente o mecanismo de controle via *feedback*.

### **9.3 MATERIAIS E MÉTODO**

Os procedimentos experimentais descritos a seguir são os mesmos descritos para o Experimento I. Contudo, durante a fase de Pré-exposição foi utilizado somente o nível de especialização do desempenho, e foi manipulada a prática combinada: aleatória-constante (ALEA-CONS) e constante-aleatória (CONS-ALEA).

### **9.3.1 Participantes**

A amostra que participou da análise dos dados deste experimento foi composta por 20 universitários de ambos os sexos (10 homens e 10 mulheres), com idades entre 18 e 40 (idade média e desvio padrão =  $28,06 \pm 2,08$  anos), destros (valores do inventário de Edinburg =  $78,5 \pm 2,33$ ) e inexperientes na tarefa. A amostra inicial foi composta por 22 voluntários (12 homens e 10 mulheres), entretanto houve uma perda amostral de dois sujeitos devido a problemas relacionados ao funcionamento do equipamento de coleta da EMG.

Foram excluídos aqueles que tinham histórico de problemas músculo esquelético no membro superior direito ou deficiência visual que impossibilitasse a realização do protocolo experimental. Além disso, os participantes não deveriam ter realizado treinamento de força pelo menos 72 horas antes da realização dos procedimentos experimentais.

### **9.3.2 Instrumento e tarefa**

Todos os instrumentos, assim como a tarefa utilizada neste experimento, foram os mesmos utilizados no Experimento I e estão descritos no tópico 5.2.

### **9.3.3 Procedimentos**

Todos os procedimentos utilizados neste experimento foram os mesmos utilizados no Experimento I e estão descritos no tópico 5.3, exceto a divisão dos sujeitos que, no presente experimento se deu em dois grupos.

### **9.3.4 Delineamento**

Assim como no Experimento I, o presente Experimento foi conduzido por duas fases: Pré-exposição e Exposição. Na fase de Pré-exposição foi fixado o nível de Especialização do Desempenho e a estruturação da prática foi manipulada de forma combinada da forma, sendo formados os seguintes grupos: aleatória-constante (ALEA-CONS) e constante-aleatória (CONS-ALEA).

A fase de Pré-exposição teve fim quando o critério de desempenho foi alcançado de acordo com o nível especialização do desempenho. Abaixo segue a descrição deste nível:

- Consistiu em realizar seis blocos compostos cada um deles por quatro intercepções consecutivas com erro espacial entre -5 e +5 centímetros em relação à distância exata para se atingir o centro do alvo com o centro do efetor. Foi permitida a realização de no máximo 500 tentativas para se alcançar o desempenho critério.

Em relação à estruturação da prática, o grupo ALEA-CONS interceptou alvos que deslocavam a 90 cm/s; 145 cm/s e 200 cm/s, de forma aleatória, até completar o primeiro bloco de seis intercepções consecutivas (alcance da estabilização do desempenho). Em seguida, este grupo interceptou alvos que deslocavam apenas a 145 cm/s até completar os outros cinco blocos de quatro intercepções consecutivas. Por outro lado, o grupo CONS-ALEA interceptavam alvos que deslocavam a 145 cm/s até completar o primeiro bloco de seis intercepções consecutivas (alcance da estabilização do desempenho). Em seguida, este grupo interceptou alvos que deslocavam a 90 cm/s; 145 cm/s e 200 cm/s, de forma aleatória até completar os outros cinco blocos de quatro intercepções consecutivas.

As demais especificações referentes ao delineamento deste experimento foram as mesmas do Experimento I e estão descritas no tópico 5.4.

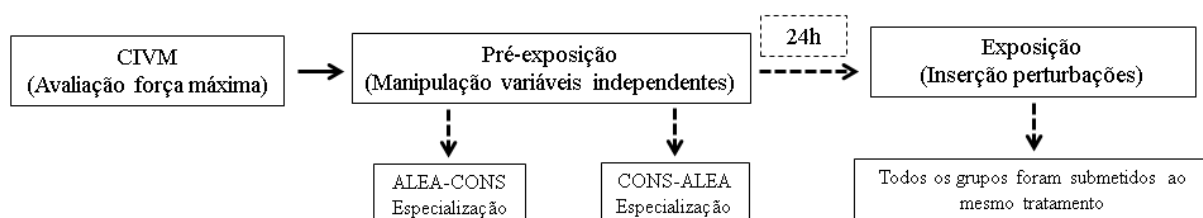


Figura 10 - Síntese do delineamento do experimento II.

### 9.3.5 Variáveis

#### 9.3.5.1 Variáveis independentes

- Nível de estabilização do desempenho estabelecido na fase de Pré-exposição, sendo: o alcance especialização consistiu na realização de seis blocos de quatro intercepções consecutivas tendo o participante um limite máximo de 500 tentativas para alcançar este critério.

- Estruturação da prática manipulada na fase de Pré-exposição, sendo: a prática foi manipulada de forma combinada aleatória-constante (velocidades de deslocamento do alvo até o alcance da estabilização do desempenho: 90; 145 e 200 cm/s. Velocidade de deslocamento do alvo após o alcance da estabilização do desempenho: 145 cm/s) e constante-aleatória (velocidade de deslocamento do alvo até o alcance da estabilização do desempenho: 145 cm/s. Velocidades de deslocamento do alvo após o alcance da estabilização do desempenho: 90; 145 e 200 cm/s).

#### **9.3.5.2 Variáveis dependentes**

Todas as variáveis dependentes analisadas neste experimento foram as mesmas analisadas no Experimento I e estão descritas no tópico 5.5.2.

#### **9.3.5.3 Variáveis de desfecho primário**

Todas as variáveis de desfecho primário utilizados neste experimento foram as mesmas do Experimento I e estão descritas no tópico 5.5.3.

#### **9.3.5.4 Variáveis de controle**

Todas as variáveis de controle deste experimento foram as mesmas do Experimento I e estão descritas no tópico 5.5.4.

#### **9.3.6 Análises estatísticas**

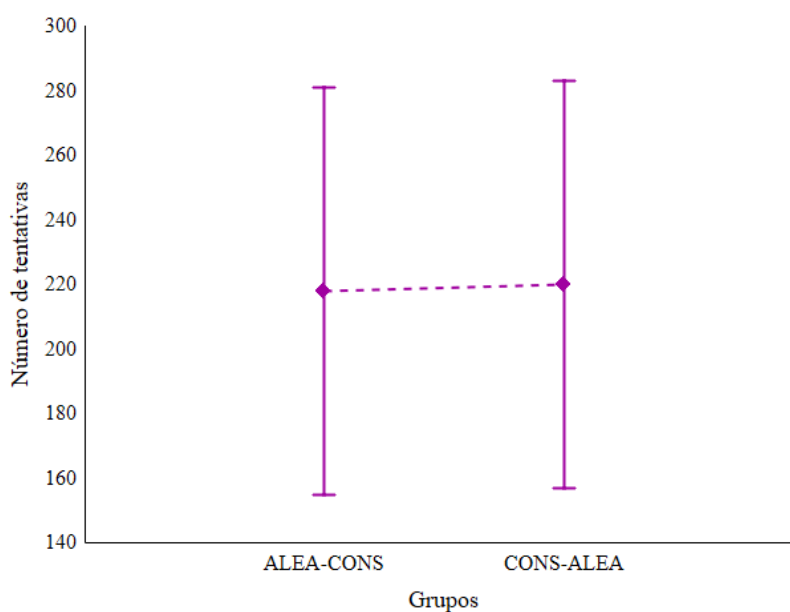
Todos os procedimentos estatísticos conduzidos neste experimento foram conduzidos no Experimento I e estão descritos no tópico 10.5.

## 10 Resultados do experimento II

### 10.1 Fase de Pré-exposição

#### 10.1.1 Número de tentativas

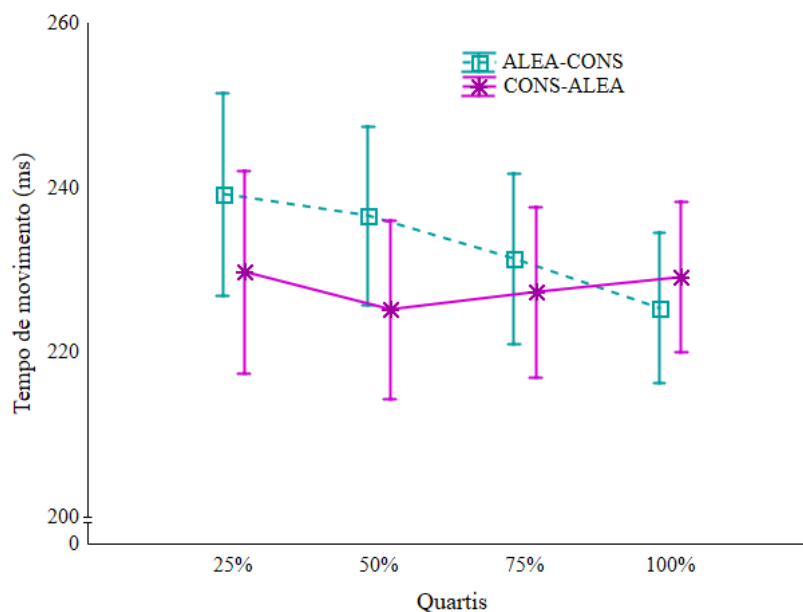
O Gráfico 24 apresenta os valores da variável de controle número de tentativas necessário para alcançar o desempenho critério específico para cada um dos dois grupos. A ANOVA não identificou diferenças entre os grupos  $F(1, 18)=0,002$ ;  $p=0,95$ ;  $\eta^2=0,01$ .



**Gráfico 24** - Média do número de tentativas realizado pelos grupos ALEA-CONS e CONS-ALEA ao longo da fase de Pré-exposição. As barras verticais indicam o intervalo de confiança em 95%.

#### 10.1.2 Tempo de movimento (ms)

O Gráfico 25 apresenta os dados da variável de controle tempo de movimento (TM) ao longo da fase de Pré-exposição para os dois grupos. A ANOVA não identificou diferença significativa entre os grupos  $F(1, 18)=0,86$ ;  $p=0,36$ ;  $\eta^2=0,04$ ; entre os quartis  $F(3, 54)=1,43$ ;  $p=0,24$ ;  $\eta^2=0,07$  ou interação significativa entre grupos e quartis  $F(3, 54)=1,78$ ;  $p=0,16$ ;  $\eta^2=0,09$ .

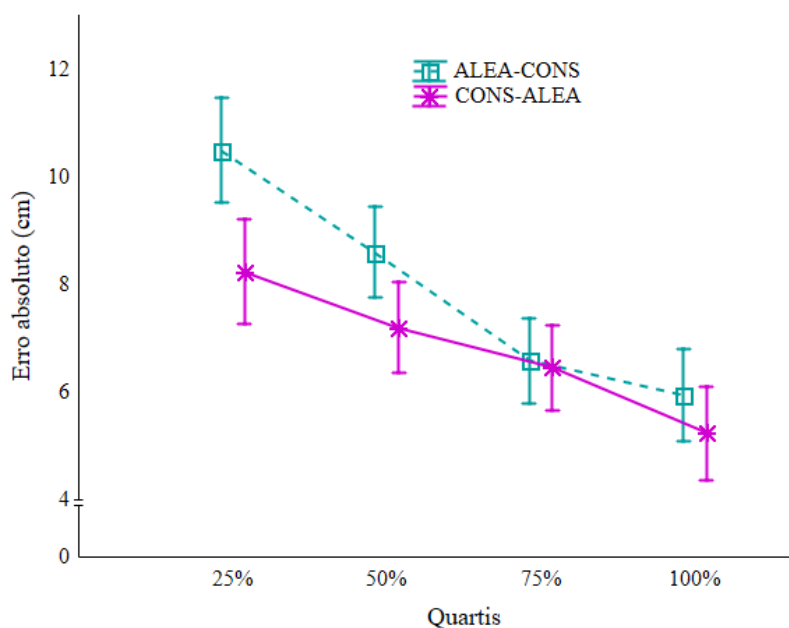


**Gráfico 25** - Média do tempo de movimento dos grupos ALEA-CONS e CONS-ALEA ao longo da fase de Pré-exposição. As barras verticais indicam o intervalo de confiança em 95%.

### 10.1.3 Erro Absoluto (cm)

O Gráfico 26 apresenta os dados da variável dependente erro absoluto dos dois grupos ao longo da fase de Pré-exposição. A ANOVA identificou interação significativa entre grupos e quartis  $F(3, 54)=5,19$ ;  $p=0,003$ ;  $\eta^2=0,02$ . O *post hoc* de Tukey detectou que no primeiro quartil, o grupo CONS-ALEA foi mais preciso do que o grupo ALEA-CONS ( $p=0,009$ ). Além disso, o grupo ALEA-CONS foi mais preciso nos quartis 50, 75 e 100%, quando comparados ao quartil 25% ( $p<0,0001$ ) e mais preciso no quartil 75%, quando comparado ao quartil 50% ( $p=0,002$ ). Já o grupo CONS-ALEA foi mais preciso nos quartis 75 e 100%, quando comparado ao quartil 25% ( $p<0,001$ ) e mais preciso no quartil 100%, quando comparado ao quartil 50% ( $p=0,0003$ ).



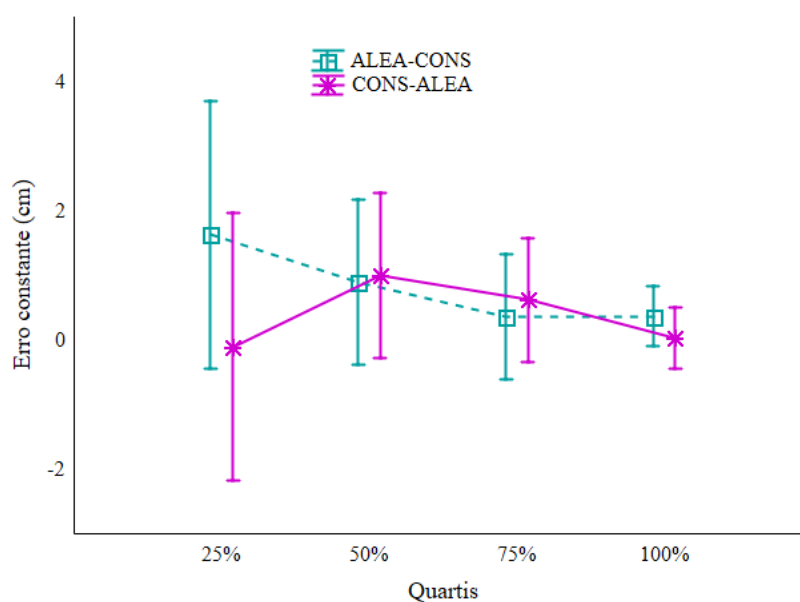


**Gráfico 26** - Média do erro absoluto dos grupos ALEA-CONS e CONS-ALEA ao longo da fase de Pré-exposição. As barras verticais indicam o intervalo de confiança em 95%.

No que diz respeito às análises entre fatores isoladamente, a ANOVA identificou diferenças entre os grupos  $F(1, 18)=5,72$ ;  $p=0,02$ ;  $\eta^2=0,02$  e entre os quartis  $F(3, 54)=66,57$ ;  $p=0,0001$ ;  $\eta^2=0,07$ . O *post hoc* detectou que o grupo CONS-ALEA foi mais preciso que o grupo ALEA-CONS ( $p=0,02$ ). Na análise do fator quartis, o *post hoc* detectou maior precisão nos quartis 50, 75 e 100% quando comparados ao quartil 25% ( $p<0,0001$ ); maior precisão nos quartis 75 e 100% quando comparado ao quartil 50% ( $p<0,0002$ ) e maior precisão no quartil 100% quando comparado ao quartil 75% ( $p=0,01$ ).

#### 10.1.4 Erro Constante (cm)

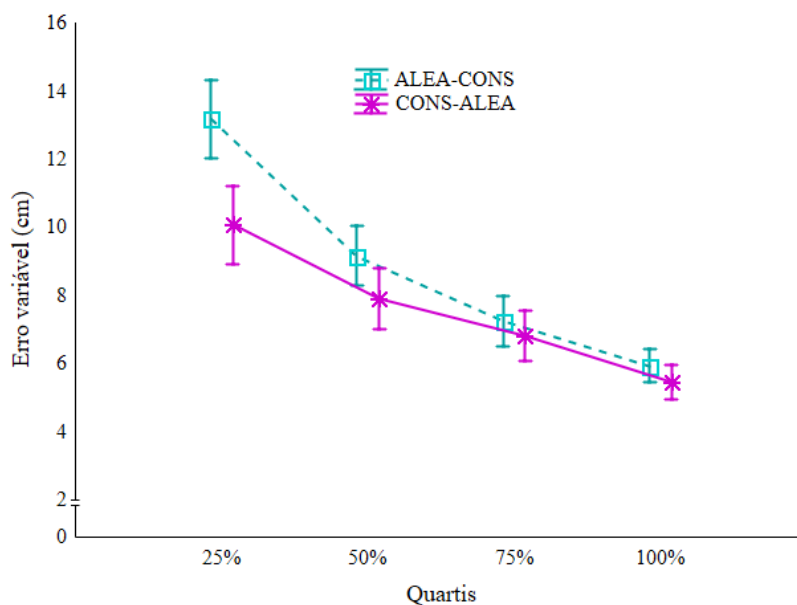
O Gráfico 27 apresenta os dados da variável dependente erro constante dos dois grupos ao longo da fase de Pré-exposição. A ANOVA não identificou qualquer diferença significativa entre os grupos  $F(1, 18)=0,39$ ;  $p=0,53$ ;  $\eta^2=0,02$ , entre os quartis  $F(3, 54)=0,94$ ;  $p=0,42$ ;  $\eta^2=0,04$  ou interação significativa entre grupos e quartis  $F(3, 54)=1,83$ ;  $p=0,15$ ;  $\eta^2=0,09$ .



**Gráfico 27** - Média do erro constante dos grupos ALEA-CONS e CONS-ALEA ao longo da fase de Pré-exposição. As barras verticais indicam o intervalo de confiança em 95%.

### 10.1.5 Erro Variável (cm)

O Gráfico 28 apresenta os dados da variável dependente erro variável dos dois grupos ao longo da fase de Pré-exposição. A ANOVA identificou interação significativa entre grupos e quartis  $F(3, 54)=6,25$ ;  $p=0,001$ ;  $\eta^2=0,001$ . O *post hoc* de Tukey detectou que no quartil 25%, o grupo CONS-ALEA foi mais consistente que o grupo ALEA-CONS ( $p=0,0001$ ). Além disso, ambos os grupos, ALEA-CONS e CONS-ALEA, foram mais consistentes nos quartis 50, 75 e 100%, quando comparados ao quartil 25% ( $p<0,001$ ). Ainda, o grupo ALEA-CONS apresentou foi mais consistente no quartil 75%, quando comparado ao quartil 50% ( $p=0,007$ ) e o grupo CONS-ALEA foi mais consistente no quartil 100%, quando comparado ao quartil 50%.

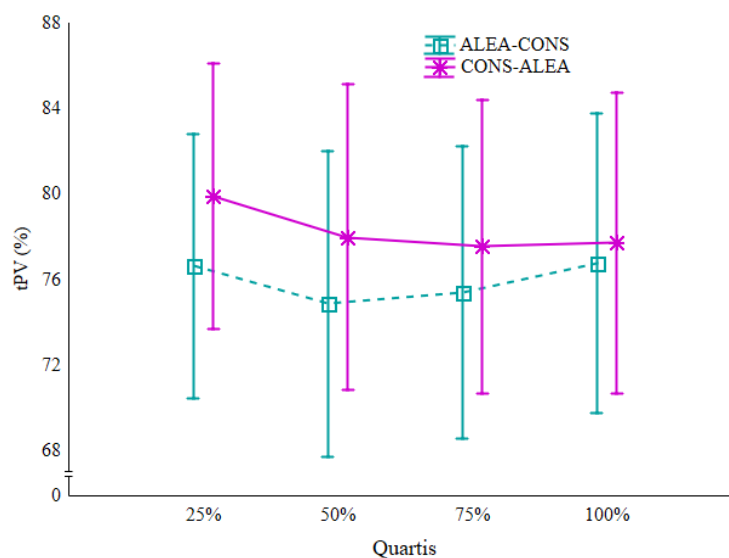


**Gráfico 28** - Média do erro variável dos grupos ALEA-CONS e CONS-ALEA ao longo da fase de Pré-exposição. As barras verticais indicam o intervalo de confiança em 95%.

No que diz respeito à análise entre fatores isoladamente, foi identificada diferença significativa entre grupos  $F(1, 18)=12,89$ ;  $p=0,002$ ;  $\eta^2=0,04$  e entre quartis  $F(3, 54)=102,98$ ;  $p=0,0001$ ;  $\eta^2=0,08$ . O *post-hoc* detectou que o grupo CONS-ALEA foi mais consistente que o grupo ALEA-CONS ( $p=0,002$ ). Em relação à análise do fator quartil, foi detectada maior consistência do desempenho nos quartis 50, 75 e 100%, quando comparados ao quartil 25% ( $p<0,0001$ ); maior consistência no quartil 75%, quando comparado ao quartil 50% ( $p=0,0005$ ) e, por fim, maior consistência no quartil 100%, quando comparado ao quartil 75% ( $p=0,002$ ).

### 10.1.6 Tempo relativo para o pico de velocidade (tPV%)

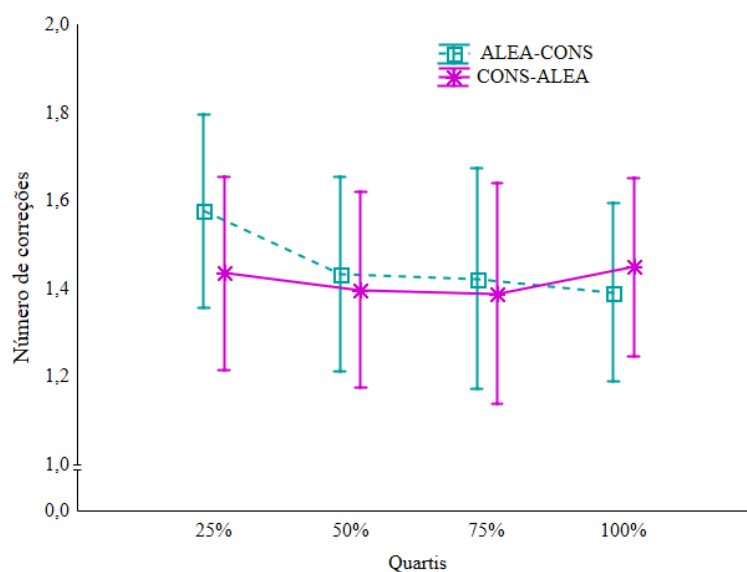
O Gráfico 29 apresenta os dados da variável dependente tempo relativo para o pico de velocidade dos dois grupos ao longo da fase de Pré-exposição. A ANOVA não identificou diferença significativa entre grupos  $F(1, 18)=0,29$ ;  $p=0,59$ ;  $\eta^2=0,01$  e quartis  $F(3, 54)=1,13$ ;  $p=0,34$ ;  $\eta^2=0,05$ . Também não foi identificada interação significativa entre grupos e quartis  $F(3, 54)=0,43$ ;  $p=0,72$ ;  $\eta^2=0,02$ .



**Gráfico 29** - Média do tPV% dos grupos ALEA-CONS e CONS-ALEA ao longo da fase de Pré-exposição. As barras verticais indicam o intervalo de confiança em 95%.

### 10.1.7 Número de correções

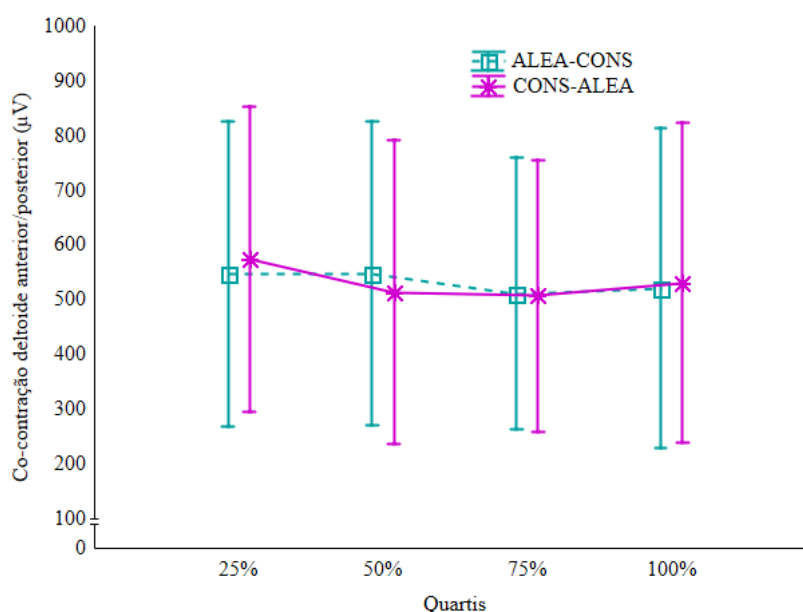
O Gráfico 30 apresenta os dados da variável dependente número de correções dos dois grupos ao longo da fase de Pré-exposição. A ANOVA não identificou qualquer diferença significativa entre os grupos  $F(1, 18)=0,09$ ;  $p=0,76$ ;  $\eta^2=0,004$ , entre os quartis  $F(3, 54)=1,03$ ;  $p=0,38$ ;  $\eta^2=0,05$  ou interação significativa entre grupos e quartis  $F(3, 54)=0,80$ ;  $p=0,49$ ;  $\eta^2=0,04$ .



**Gráfico 30** - Média do número de correções realizadas pelos grupos ALEA-CONS e CONS-ALEA ao longo da fase de Pré-exposição. As barras verticais indicam o intervalo de confiança em 95%.

### 10.1.8 Co-contração de deltoide anterior/posterior ( $\mu\text{V}$ )

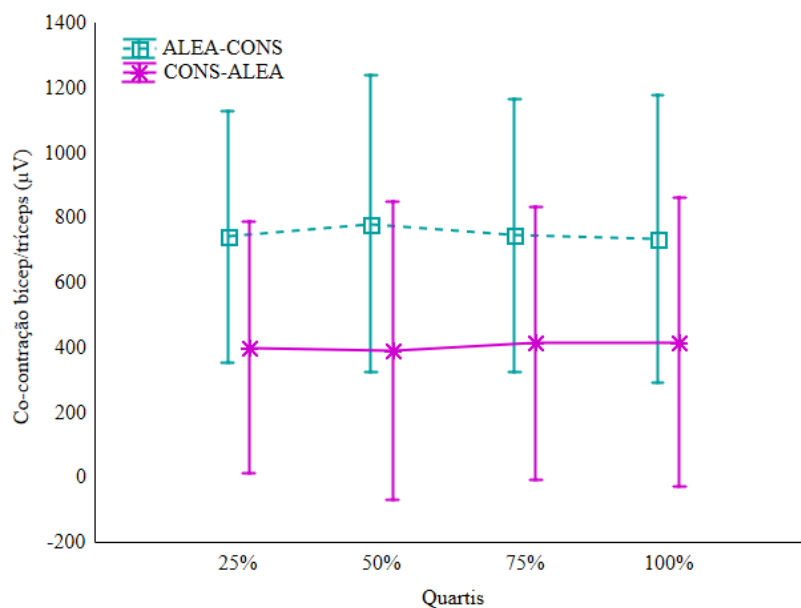
O Gráfico 31 apresenta os dados da variável dependente co-contração entre deltoídes anterior e posterior dos dois grupos ao longo da fase de Pré-exposição. A ANOVA não identificou qualquer diferença significativa entre os grupos  $F(1, 10)=0,0001$ ;  $p=0,99$ ;  $\eta^2=0,001$ , entre os quartis  $F(3, 30)=1,40$ ;  $p=0,25$ ;  $\eta^2=0,01$  ou interação significativa entre grupos e quartis  $F(3, 30)=0,53$ ;  $p=0,66$ ;  $\eta^2=0,05$ .



**Gráfico 31** - Média da co-contração de deltoídes anterior/posterior apresentada pelos grupos ALEA-CONS e CONS-ALEA ao longo da fase de Pré-exposição. As barras verticais indicam o intervalo de confiança em 95%.

### 10.1.9 Co-contração bíceps/tríceps ( $\mu\text{V}$ )

O Gráfico 32 apresenta os dados da variável dependente co-contração entre bíceps e tríceps dos dois grupos ao longo da fase de Pré-exposição. A ANOVA não identificou qualquer diferença significativa entre os grupos  $F(1, 10)=1,63$ ;  $p=0,23$ ;  $\eta^2=0,01$ , entre os quartis  $F(3, 30)=0,16$ ;  $p=0,91$ ;  $\eta^2=0,01$  ou interação significativa entre grupos e quartis  $F(3, 30)=1,05$ ;  $p=0,38$ ;  $\eta^2=0,09$ .



**Gráfico 32** - Média da co-contração de bíceps/tríceps apresentada pelos grupos ALEA-CONS e CONS-ALEA ao longo da fase de Pré-exposição. As barras verticais indicam o intervalo de confiança em 95%.

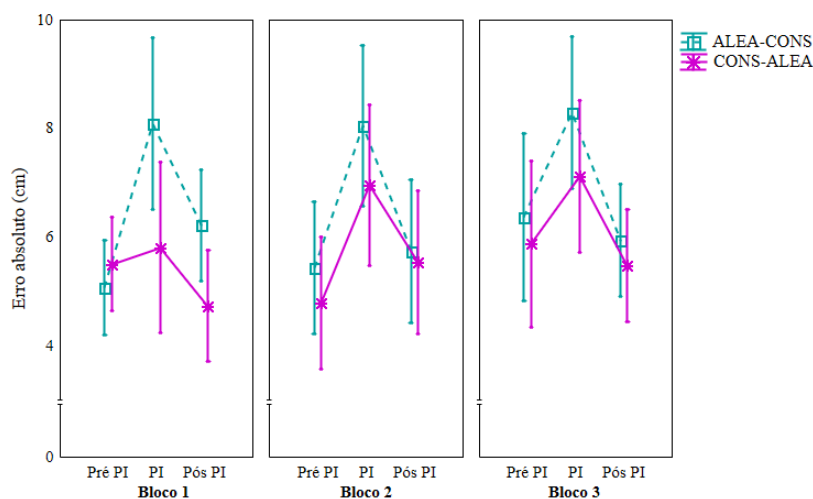
## 10.2 Fase de Exposição

Os objetivos e a organização da fase de Exposição seguiram os mesmos princípios e delineamento do Experimento I.

### 10.2.1 Perturbação I

#### 10.2.1.1 Erro Absoluto (cm)

O Gráfico 33 apresenta os dados da variável dependente erro absoluto, dos dois grupos nos três momentos, Pré PI, PI e Pós PI dos três blocos analisados. A ANOVA identificou diferença significativa entre os momentos  $F(2, 36)=15,11$ ;  $p=0,00002$ ;  $\eta^2=0,04$ . O *post hoc* de Duncan detectou menor precisão do desempenho no momento PI (frente à perturbação), quando comparado aos momentos Pré PI (pré-perturbação) e Pós PI (pós-perturbação) ( $p<0,001$ ).

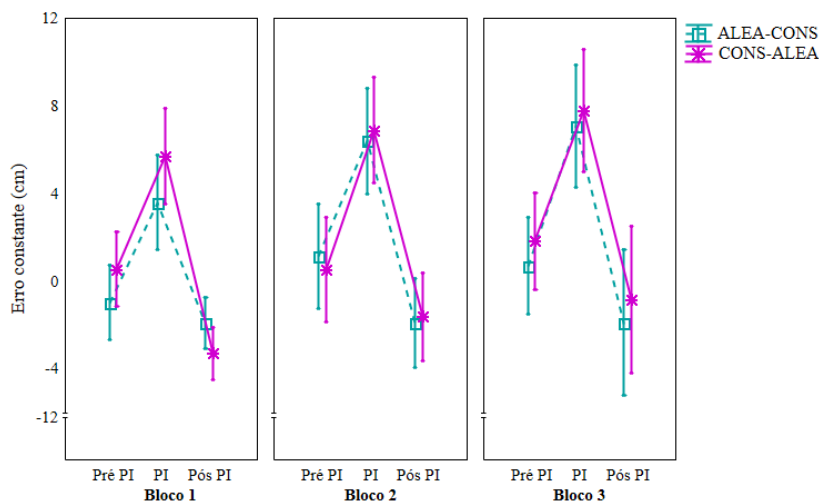


**Gráfico 33** - Média do erro absoluto dos grupos ALEA-CONS e CONS-ALEA diante de Pré PI, PI e Pós PI. As barras verticais indicam o intervalo de confiança em 95%.

Ainda no que diz respeito à análise dos fatores isoladamente, não foi identificada diferença significativa entre grupos  $F(1, 18)=4,14$ ;  $p=0,56$ ;  $\eta^2=0,01$  nem entre blocos  $F(2, 36)=1,69$ ;  $p=0,19$ ;  $\eta^2=0,08$ . Por fim, também não foi identificada interação significativa entre grupos e blocos  $F(2, 36)=0,27$ ;  $p=0,76$ ;  $\eta^2=0,01$ ; grupos e momentos  $F(2, 36)=1,14$ ;  $p=0,25$ ;  $\eta^2=0,07$ ; blocos e momentos  $F(4, 72)=0,61$ ;  $p=0,65$ ;  $\eta^2=0,03$  nem entre grupos, blocos e momentos  $F(4, 72)=0,97$ ;  $p=0,42$ ;  $\eta^2=0,05$ .

### 10.2.1.2 Erro Constante (cm)

O Gráfico 34 apresenta os dados da variável dependente erro constante, dos dois grupos nos três momentos, Pré PI, PI e Pós PI dos três blocos analisados. A ANOVA identificou diferença significativa entre os blocos  $F(2, 36)=4,37$ ;  $p=0,01$ ;  $\eta^2=0,19$  e entre os momentos  $F(2, 36)=91,03$ ;  $p=0,0001$ ;  $\eta^2=0,08$ . Na análise do fator blocos, o *post hoc* de Duncan detectou atraso no bloco três, quando comparado ao bloco um ( $p<0,009$ ). Na análise do fator momento, o *post hoc* detectou atraso no momento no momento PI (frente à perturbação), quando comparado aos momentos Pré PI (pré-perturbação) e Pós PI (pós-perturbação) ( $p<0,0003$ ).



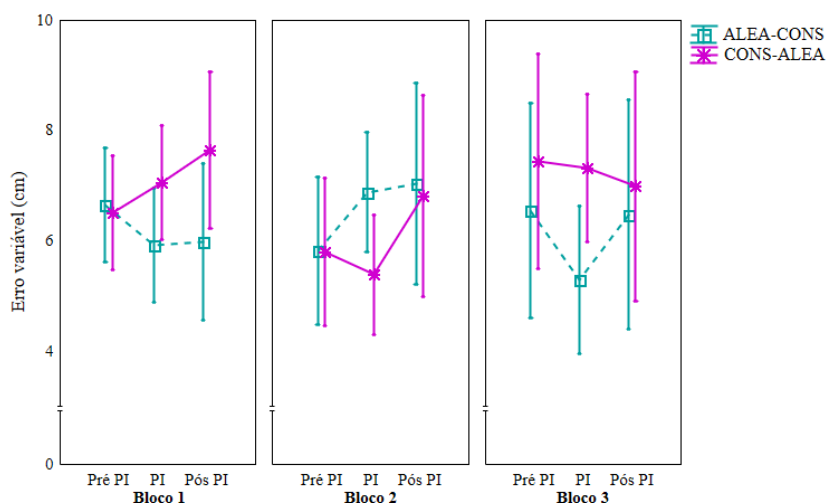
**Gráfico 34** - Média do erro constante dos grupos ALEA-CONS e CONS-ALEA diante de Pré PI, PI e Pós PI. As barras verticais indicam o intervalo de confiança em 95%.

Ainda no que diz respeito à análise dos fatores isoladamente, não foi identificada diferença significativa entre grupos  $F(1, 18)=1,03$ ;  $p=0,32$ ;  $\eta^2=0,05$ . Por fim, também não foi identificada interação significativa entre grupos e blocos  $F(2, 36)=0,27$ ;  $p=0,76$ ;  $\eta^2=0,01$ ; grupos e momentos  $F(2, 36)=0,41$ ;  $p=0,66$ ;  $\eta^2=0,02$ ; blocos e momentos  $F(4, 72)=0,31$ ;  $p=0,86$ ;  $\eta^2=0,01$  nem entre grupos, blocos e momentos  $F(4, 72)=0,62$ ;  $p=0,64$ ;  $\eta^2=0,03$ .

### 10.2.1.3 Erro Variável (cm)

O Gráfico 35 apresenta os dados da variável dependente erro variável dos dois grupos nos três momentos, Pré PI, PI e Pós PI dos três blocos analisados. A ANOVA não identificou diferença significativa entre grupos  $F(1, 18)=2,37$ ;  $p=0,14$ ;  $\eta^2=0,11$ ; entre blocos  $F(2, 36)=0,53$ ;  $p=0,58$ ;  $\eta^2=0,02$  e entre os momentos  $F(2, 36)=0,59$ ;  $p=0,55$ ;  $\eta^2=0,12$ . Também não foi identificada interação significativa entre grupos e blocos  $F(2, 36)=2,60$ ;  $p=0,08$ ;  $\eta^2=0,03$ ; entre grupos e momentos  $F(2, 36)=0,09$ ;  $p=0,90$ ;  $\eta^2=0,005$ ; entre blocos e momentos  $F(4, 72)=0,61$ ;  $p=0,65$ ;  $\eta^2=0,03$  e entre grupos, blocos e momentos  $F(4, 72)=1,13$ ;  $p=0,34$ ;  $\eta^2=0,05$ .

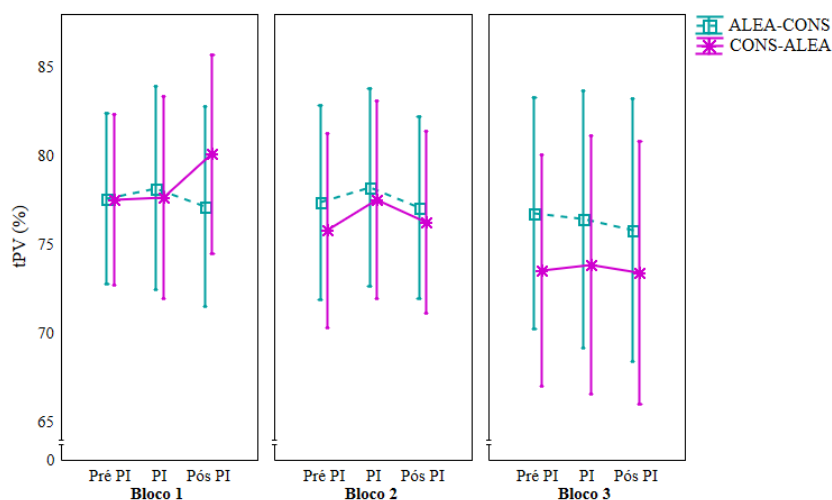




**Gráfico 35** - Média do erro variável dos grupos ALEA-CONS e CONS-ALEA diante de Pré PI, PI e Pós PI. As barras verticais indicam o intervalo de confiança em 95%.

#### 10.2.1.4 Tempo relativo para o pico de velocidade (tPV%)

O Gráfico 36 apresenta os dados da variável dependente tempo para o pico de velocidade, dos dois grupos nos três momentos, Pré PI, PI e Pós PI dos três blocos analisados. A ANOVA identificou diferença entre os blocos  $F(2, 36)=3,60$ ;  $p=0,03$ ;  $\eta^2=0,16$ . O *post hoc* de Tukey detectou menor tPV% no bloco três, quando comparado ao bloco um ( $p<0,03$ ).



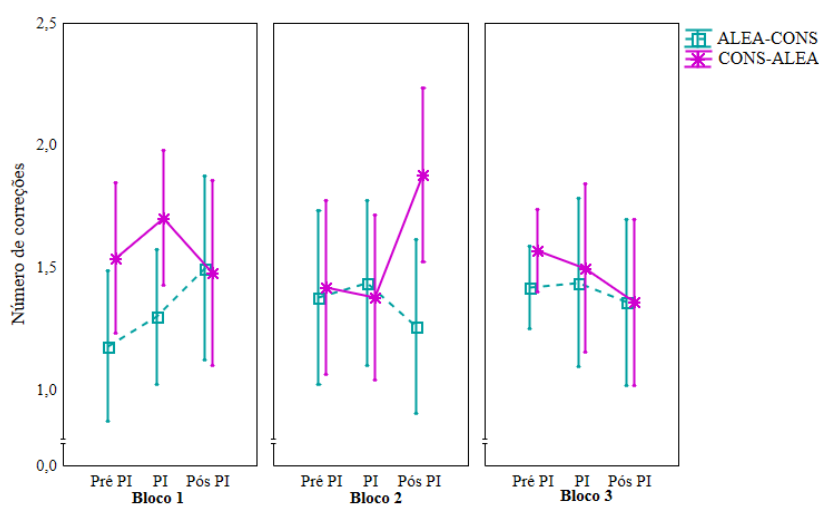
**Gráfico 36** - Média do tPV% dos grupos ALEA-CONS e CONS-ALEA diante de Pré PI, PI e Pós PI. As barras verticais indicam o intervalo de confiança em 95%.

Ainda no que diz respeito à análise entre fatores isoladamente, não foi identificada diferença significativa entre grupos  $F(1, 18)=0,07$ ;  $p=0,79$ ;  $\eta^2=0,03$  nem entre momentos  $F(2, 36)=0,61$ ;  $p=0,54$ ;  $\eta^2=0,03$ . Por fim, também não foi identificada interação significativa entre grupos e

blocos  $F(2, 36)=1,13$ ;  $p=0,33$ ;  $\eta^2=0,05$ ; grupos e momentos  $F(2, 36)=1,28$ ;  $p=0,28$ ;  $\eta^2=0,06$ ; blocos e momentos  $F(4, 72)=1,03$ ;  $p=0,39$ ;  $\eta^2=0,05$  nem entre grupos, blocos e momentos  $F(2, 72)=0,80$ ;  $p=0,52$ ;  $\eta^2=0,04$ .

### 10.2.1.5 Número de correções

O Gráfico 37 apresenta os dados da variável dependente número de correções dos dois grupos nos três momentos, Pré PI, PI e Pós PI dos três blocos analisados. A ANOVA identificou efeito significativo da interação entre grupos, blocos e momentos  $F(4, 72)=3,02$ ;  $p=0,02$ ;  $\eta^2=0,14$ . O *post hoc* de Duncan detectou que no bloco dois, o grupo CONS-ALEA apresentou menos correções nos momentos Pré PI e PI, quando comparados ao momento Pós PI ( $P<0,01$ ). Ainda no bloco dois, no momento Pós PI, o grupo ALEA-CONS apresentou menor número de correções, quando comparado ao grupo CONS-ALEA. Ainda, o grupo CONS-ALEA apresentou menos correções no momento Pós PI do bloco três quando comparado ao mesmo momento do bloco dois ( $p=0,01$ ).



**Gráfico 37** - Média do número de correções dos grupos ALEA-CONS e CONS-ALEA diante de Pré PI, PI e Pós PI. As barras verticais indicam o intervalo de confiança em 95%.

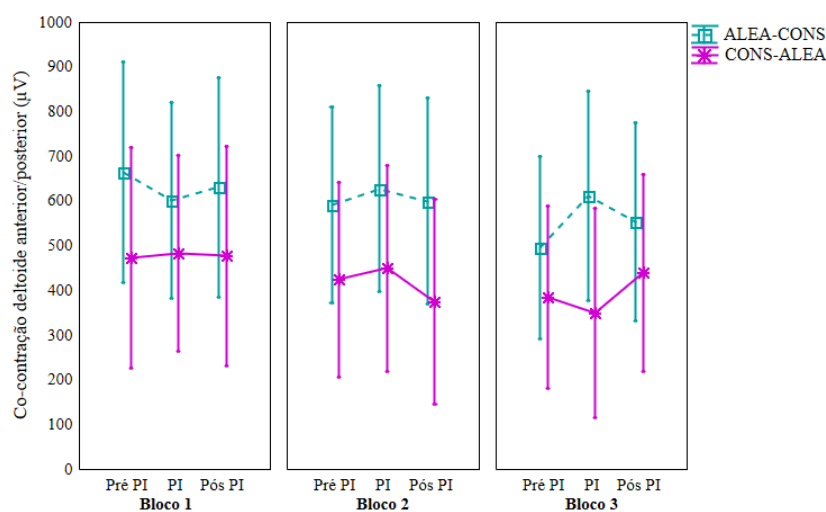
Não foi identificada interação significativa entre grupos e blocos  $F(2, 36)=0,54$ ;  $p=0,58$ ;  $\eta^2=0,02$ ; grupos e momentos  $F(2, 36)=0,10$ ;  $p=0,90$ ;  $\eta^2=0,05$  nem entre blocos e momentos  $F(4, 72)=1,13$ ;  $p=0,34$ ;  $\eta^2=0,05$ .

Por fim, no que diz respeito à análise dos fatores isoladamente, não foi identificada diferença significativa entre os grupos  $F(1, 18)=1,91$ ;  $p=0,18$ ;  $\eta^2=0,09$ ; entre os blocos  $F(2, 36)=0,02$ ;  $p=0,97$ ;  $\eta^2=0,01$  nem entre os momentos  $F(2, 36)=0,29$ ;  $p=0,74$ ;  $\eta^2=0,01$ .

### 10.2.1.6 Co-contração deltoídes anterior/posterior ( $\mu\text{V}$ )

O Gráfico 38 apresenta os dados da variável dependente co-contração de deltoídes anterior/posterior dos dois grupos nos três momentos, Pré PI, PI e Pós PI dos três blocos analisados. A ANOVA identificou efeito significativo da interação entre grupos, blocos e momentos  $F(4, 72)=4,74$ ;  $p=0,001$ ;  $\eta^2=0,20$  e entre blocos e momentos  $F(4, 72)=3,21$ ;  $p=0,01$ ;  $\eta^2=0,15$ . Na primeira interação, o *post hoc* de Duncan detectou que no bloco dois, o grupo CONS-ALEA apresentou menor co-contração no momento Pós PI, quando comparado ao momento PI ( $p=0,02$ ). Já no bloco três, este mesmo grupo (CONS-ALEA) apresentou menor co-contração no momento PI, quando comparado ao momento Pós PI ( $p=0,003$ ). Ainda neste mesmo bloco, o grupo ALEA-CONS apresentou menor co-contração no momento Pré PI, quando comparado ao momento PI ( $p=0,0008$ ).

Ainda em relação à interação entre grupos, blocos e momentos, o *post hoc* detectou que nos blocos dois e três, o grupo ALEA-CONS apresentou menor co-contração no momento Pré PI, quando comparado ao mesmo momento do bloco um ( $p<0,04$ ). Ainda, no bloco três, este mesmo grupo (ALEA-CONS) apresentou menor co-contração no momento Pré PI, quando comparado ao mesmo momento do bloco dois ( $p=0,003$ ) e menor co-contração no momento Pós PI, quando comparado ao mesmo momento do bloco um ( $p=0,03$ ). No bloco três, este mesmo grupo (CONS-ALEA) apresentou menor co-contração no momento Pré PI, quando comparado ao mesmo momento do bloco um ( $p=0,01$ ). Ainda no bloco três, este mesmo grupo (CONS-ALEA) apresentou menor co-contração no momento PI, quando comparado ao mesmo momento dos blocos um e dois ( $p<0,03$ ).



**Gráfico 38** - Média da co-contração de deltoídes anterior/posterior dos grupos ALEA-CONS e CONS-ALEA diante de Pré PI, PI e Pós PI. As barras verticais indicam o intervalo de confiança em 95%.

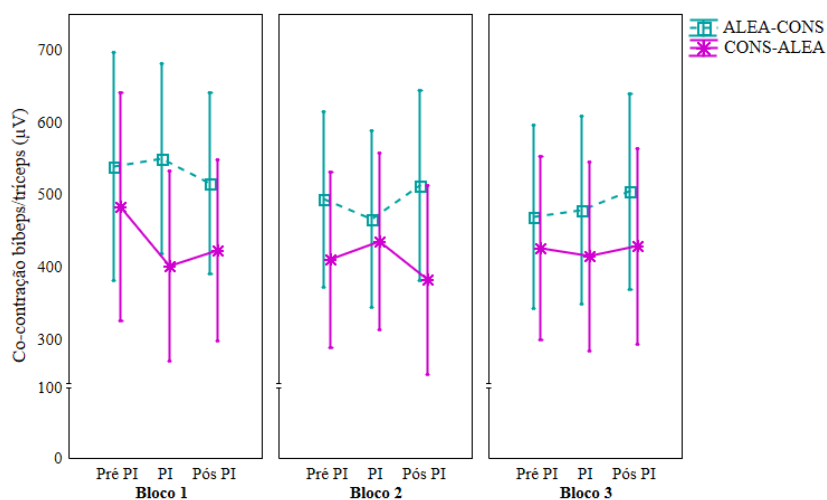
Em relação à interação entre blocos e momentos, o *post hoc* detectou que nos blocos dois e três, os momentos Pré e Pós PI apresentaram menor co-contracção, quando comparados aos mesmos momentos do bloco um ( $p < 0,01$ ). No bloco três, o momento PI apresentou menor co-contracção, quando comparado ao mesmo momento dos blocos um e dois ( $p < 0,01$ ).

No que diz respeito à análise entre fatores isoladamente, a ANOVA identificou diferenças significativas entre os blocos  $F(2, 36) = 9,28$ ;  $p = 0,0005$ ;  $\eta^2 = 0,34$ . O *post hoc* detectou menor co-contracção nos blocos dois e três, quando comparados ao bloco um ( $p < 0,02$ ). Por fim, a ANOVA não identificou qualquer diferença entre grupos  $F(1, 18) = 1,27$ ;  $p = 0,27$ ;  $\eta^2 = 0,06$  nem entre momentos  $F(2, 36) = 0,72$ ;  $p = 0,48$ ;  $\eta^2 = 0,03$ .

#### 10.2.1.7 Co-contracção bíceps/tríceps ( $\mu V$ )

O Gráfico 39 apresenta os dados da variável dependente co-contracção de bíceps/tríceps dos dois grupos nos três momentos, Pré PI, PI e Pós PI dos três blocos analisados. A ANOVA identificou efeito significativo da interação entre grupos, blocos e momentos  $F(4, 72) = 5,22$ ;  $p = 0,0009$ ;  $\eta^2 = 0,22$  e entre blocos e momentos  $F(4, 72) = 2,83$ ;  $p = 0,03$ ;  $\eta^2 = 0,13$ . Na primeira interação, o *post hoc* de Duncan detectou que no bloco um, o grupo CONS-ALEA apresentou menor co-contracção no momento PI, quando comparado ao momento Pré PI ( $p = 0,0002$ ). No bloco dois, este mesmo grupo (CONS-ALEA) apresentou menor co-contracção no momento Pós PI, quando comparado ao PI ( $p = 0,01$ ). Ainda no bloco dois, o grupo ALEA-CONS apresentou menor co-contracção no momento PI, quando comparado ao momento Pós PI ( $p = 0,03$ ).

Ainda em relação à interação entre grupos, blocos e momentos, o *post hoc* detectou que nos blocos dois e três, o grupo ALEA-CONS apresentou menor co-contracção nos momentos Pré e PI, quando comparados aos mesmos momentos do bloco um ( $p < 0,03$ ). Já o grupo CONS-ALEA apresentou menor co-contracção no momento Pré PI dos blocos dois e três, quando comparados aos mesmos momentos do bloco um ( $p < 0,001$ ).



**Gráfico 39** - Média da co-contração de bíceps/tríceps dos grupos ALEA-CONS e CONS-ALEA diante de Pré PI, PI e Pós PI. As barras verticais indicam o intervalo de confiança em 95%.

Em relação à interação entre blocos e momentos, o *post hoc* detectou que no bloco um, os momentos PI e Pós PI apresentaram menor co-contração, quando comparados ao momento Pré PI do mesmo bloco ( $p < 0,004$ ). Nos blocos dois e três, o momento Pré PI apresentou menor co-contração, quando comparado ao mesmo momento do bloco um ( $p < 0,0001$ ).

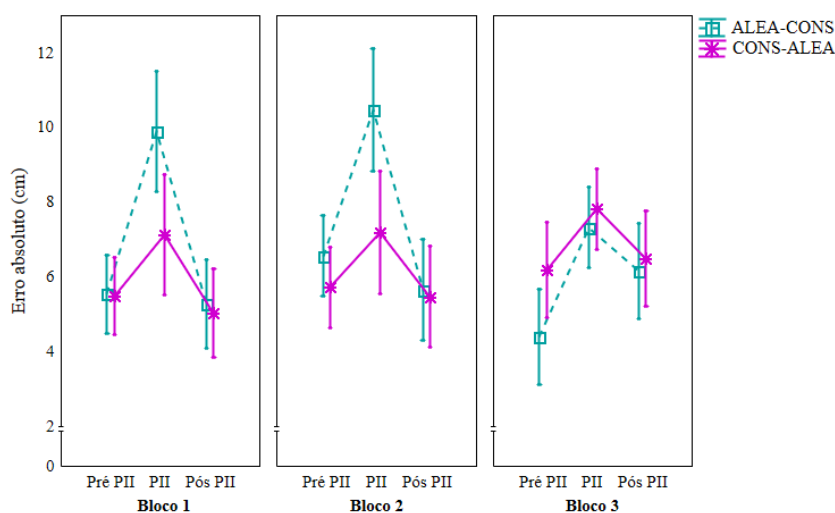
No que diz respeito à análise entre fatores isoladamente, a ANOVA identificou diferenças significativas entre os blocos  $F(2, 36) = 3,68$ ;  $p = 0,03$ ;  $\eta^2 = 0,16$ . O *post hoc* detectou menor co-contração nos blocos dois e três, quando comparados ao bloco um ( $p < 0,03$ ). Por fim, a ANOVA não identificou qualquer diferença entre grupos  $F(1, 18) = 0,88$ ;  $p = 0,35$ ;  $\eta^2 = 0,04$  nem entre momentos  $F(2, 36) = 1,19$ ;  $p = 0,31$ ;  $\eta^2 = 0,06$ .

## 10.2.2 Perturbação II

### 10.2.2.1 Erro Absoluto (cm)

O Gráfico 40 apresenta os dados da variável dependente erro absoluto dos dois grupos nos três momentos, Pré PII, PII e Pós PII dos três blocos analisados. A ANOVA identificou efeito significativo da interação entre grupos e blocos  $F(2, 36)=5,83$ ;  $p=0,006$ ;  $\eta^2=0,24$  e entre grupos e momentos  $F(2, 36)=5,26$ ;  $p=0,009$ ;  $\eta^2=0,22$ . Na primeira interação, o *post hoc* de Duncan detectou que no bloco dois, o grupo ALEA-CONS apresentou desempenho menos preciso quando comparado ao grupo CONS-ALEA ( $p=0,01$ ). No bloco três, o grupo ALEA-CONS apresentou desempenho menos preciso, quando comparado ao bloco dois ( $p=0,006$ ).

Em relação à interação entre grupos e momentos, o *post hoc* detectou que no momento PII, ambos os grupos apresentaram desempenho menos preciso, quando comparado aos momentos Pré e Pós PII ( $p<0,002$ ). Ainda, no momento PII, o grupo ALEA-CONS apresentou desempenho menos preciso quando comparado ao grupo CONS-ALEA ( $p=0,0007$ ).

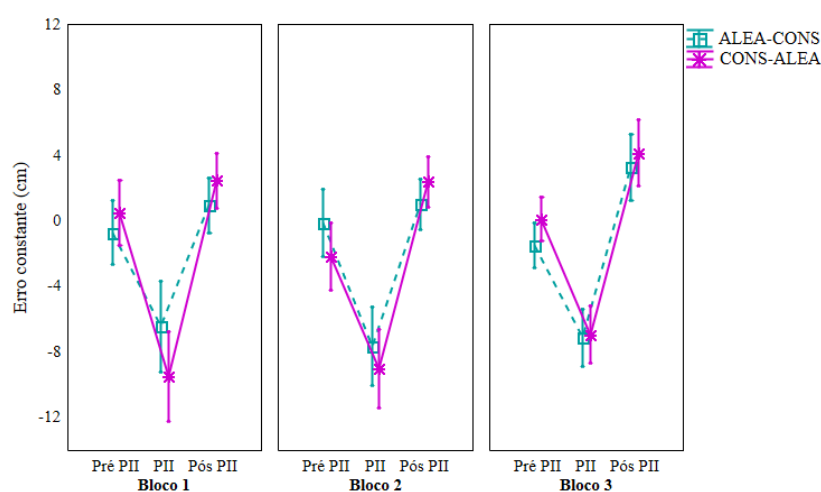


**Gráfico 40** - Média do erro absoluto dos grupos ALEA-CONS e CONS-ALEA diante de Pré PI, PI e Pós PI. As barras verticais indicam o intervalo de confiança em 95%.

No que diz respeito à análise entre fatores isoladamente, a ANOVA identificou diferenças significativas entre os momentos  $F(2, 36)=36,43$ ;  $p=0,0001$ ;  $\eta^2=0,06$ . O *post hoc* detectou menor precisão do desempenho no momento PII, quando comparado aos momentos Pré e Pós ( $p<0,0001$ ). Por fim, a ANOVA não identificou qualquer diferença entre grupos  $F(1, 18)=2,97$ ;  $p=0,10$ ;  $\eta^2=0,01$  nem entre blocos  $F(2, 36)=4,40$ ;  $p=0,01$ ;  $\eta^2=0,05$ .

### 10.2.2.2 Erro Constante (cm)

O Gráfico 41 apresenta os dados da variável dependente erro constante dos dois grupos nos três momentos, Pré PII, PII e Pós PII dos três blocos analisados. A ANOVA identificou diferença significativa entre momentos  $F(2, 36)=188,95$ ;  $p=0,0001$ ;  $\eta^2=0,09$  e entre blocos  $F(2, 36)=36,43$ ;  $p=0,0001$ ;  $\eta^2=0,19$ . Na análise do fator momentos, o *post hoc* de Duncan detectou antecipação no momento PII, quando comparado aos momentos Pré e Pós PII ( $p<0,0001$ ). Na análise do fator blocos, o *post hoc* antecipação nos blocos um e dois, quando comparados ao bloco três ( $p<0,007$ ).

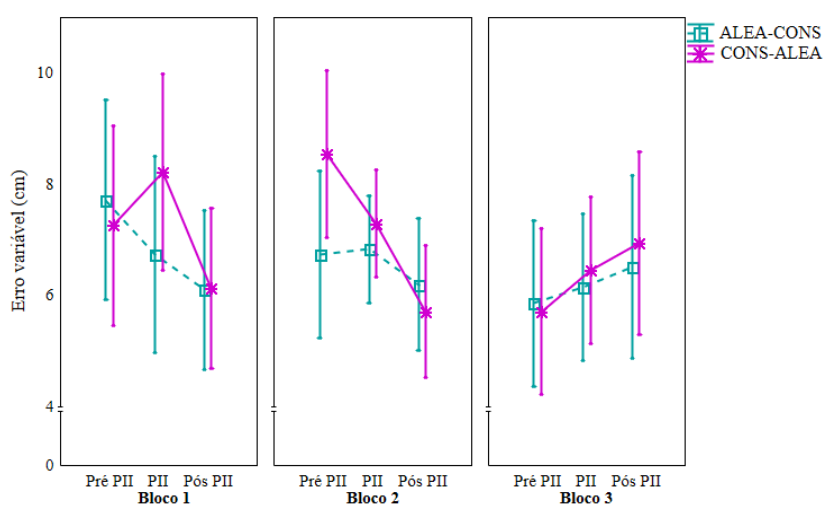


**Gráfico 41** - Média do erro constante dos grupos ALEA-CONS e CONS-ALEA diante de Pré PI, PI e Pós PI. As barras verticais indicam o intervalo de confiança em 95%.

Ainda em relação à análise dos fatores isoladamente, a ANOVA não identificou diferença significativa entre os grupos  $F(1, 18)=0,005$ ;  $p=0,94$ ;  $\eta^2=0,01$ . Por fim, não foi identificada interação significativa entre grupos e blocos  $F(2, 36)=1,67$ ;  $p=0,20$ ;  $\eta^2=0,09$ ; grupos e momentos  $F(2, 36)=3,14$ ;  $p=0,054$ ;  $\eta^2=0,14$ ; blocos e momentos  $F(4, 72)=0,80$ ;  $p=0,52$ ;  $\eta^2=0,04$  nem entre grupos, blocos e momentos  $F(4, 72)=1,12$ ;  $p=0,35$ ;  $\eta^2=0,05$ .

### 10.2.2.3 Erro Variável (cm)

O Gráfico 42 apresenta os dados da variável dependente erro variável dos dois grupos nos três momentos, Pré PII, PII e Pós PII dos três blocos analisados. A ANOVA não identificou diferença significativa entre grupos  $F(1, 18)=1,01$ ;  $p=0,32$ ;  $\eta^2=0,05$ ; blocos  $F(2, 36)=1,91$ ;  $p=0,16$ ;  $\eta^2=0,09$  nem entre momentos  $F(2, 36)=2,35$ ;  $p=0,10$ ;  $\eta^2=0,11$ . Também não foi identificada interação significativa entre grupos e blocos  $F(2, 36)=0,11$ ;  $p=0,01$ ;  $\eta^2=0,11$ ; grupos e momentos  $F(2, 36)=0,52$ ;  $p=0,59$ ;  $\eta^2=0,02$ ; blocos e momentos  $F(4, 72)=2,23$ ;  $p=0,07$ ;  $\eta^2=0,11$  nem entre grupos, blocos e momentos  $F(4, 72)=1,01$ ;  $p=0,40$ ;  $\eta^2=0,05$ .

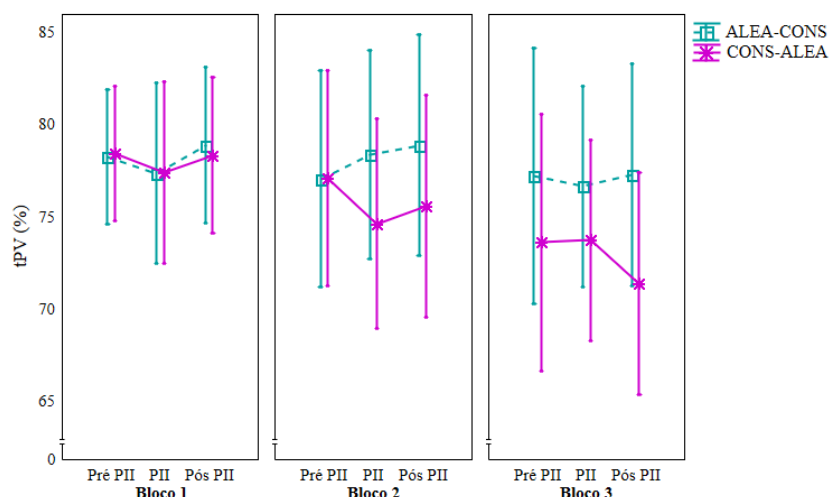


**Gráfico 42** - Média do erro variável dos grupos ALEA-CONS e CONS-ALEA diante de Pré PI, PI e Pós PI. As barras verticais indicam o intervalo de confiança em 95%.

### 10.2.2.4 Tempo relativo para o pico de velocidade (tPV%)

O Gráfico 43 apresenta os dados da variável dependente tempo relativo para o pico de velocidade dos dois grupos nos três momentos, Pré PII, PII e Pós PII dos três blocos analisados. A ANOVA identificou diferença significativa entre blocos  $F(2, 36)=4,45$ ;  $p=0,01$   $\eta^2=0,19$ . O *post hoc* de Tukey detectou menor tPV% no bloco três, quando comparado ao bloco um ( $p=0,01$ ).



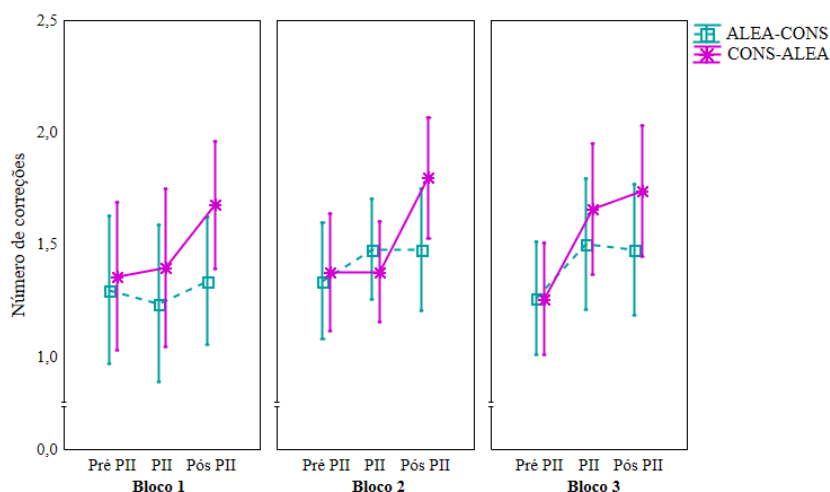


**Gráfico 43** - Média do tPV% dos grupos ALEA-CONS e CONS-ALEA diante de Pré PI, PI e Pós PI. As barras verticais indicam o intervalo de confiança em 95%.

Ainda no que diz respeito à análise entre fatores isoladamente, não foi identificada diferença significativa entre grupos  $F(1, 18)=0,42$ ;  $p=0,52$   $\eta^2=0,02$  nem entre momentos  $F(2, 36)=0,64$ ;  $p=0,53$   $\eta^2=0,03$ . Por fim, também não foi identificada interação significativa entre grupos e blocos  $F(2, 36)=1,83$ ;  $p=0,17$ ;  $\eta^2=0,09$ ; grupos e momentos  $F(2, 36)=2,08$ ;  $p=0,13$ ;  $\eta^2=0,10$ ; blocos e momentos  $F(4, 72)=1,04$ ;  $p=0,39$ ;  $\eta^2=0,05$  nem entre grupos, blocos e momentos  $F(4, 72)=1,48$ ;  $p=0,21$ ;  $\eta^2=0,07$ .

#### 10.2.2.5 Número de correções

O Gráfico 44 apresenta os dados da variável dependente número de correções dos dois grupos nos três momentos, Pré PII, PII e Pós PII dos três blocos analisados. A ANOVA identificou diferença significativa entre momentos  $F(2, 36)=6,52$ ;  $p=0,003$   $\eta^2=0,26$ . O *post hoc* de Tukey detectou menor número de correções no momento Pré PII, quando comparado ao momento Pós PII ( $p=0,001$ ).

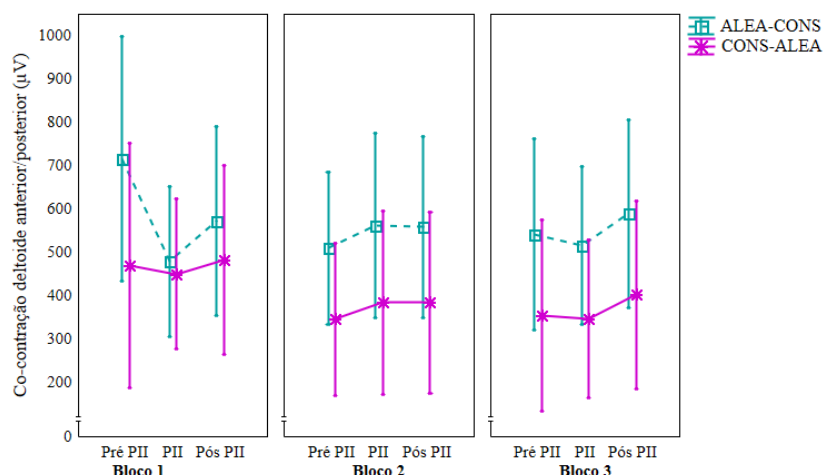


**Gráfico 44** - Média do número de correções dos grupos ALEA-CONS e CONS-ALEA diante de Pré PI, PI e Pós PI. As barras verticais indicam o intervalo de confiança em 95%.

Ainda no que diz respeito à análise entre fatores isoladamente, não foi identificada diferença significativa entre grupos  $F(1, 18)=1,50$ ;  $p=0,23$   $\eta^2=0,07$  nem entre blocos  $F(2, 36)=1,42$ ;  $p=0,25$   $\eta^2=0,07$ . Por fim, também não foi identificada interação significativa entre grupos e blocos  $F(2, 36)=0,29$ ;  $p=0,74$ ;  $\eta^2=0,01$ ; grupos e momentos  $F(2, 36)=1,98$ ;  $p=0,15$ ;  $\eta^2=0,09$ ; blocos e momentos  $F(4, 72)=1,18$ ;  $p=0,32$ ;  $\eta^2=0,06$  nem entre grupos, blocos e momentos  $F(4, 72)=0,33$ ;  $p=0,85$ ;  $\eta^2=0,01$ .

#### 10.2.2.6 Co-contração deltoides anterior/posterior ( $\mu V$ )

O Gráfico 45 apresenta os dados da variável dependente co-contração dos deltoides anterior/posterior dos dois grupos nos três momentos, Pré PII, PII e Pós PII dos três blocos analisados. A ANOVA identificou efeito significativo da interação entre blocos e momentos  $F(4, 72)=2,78$ ;  $p=0,03$ ;  $\eta^2=0,13$ . O *post hoc* de Duncan detectou menor co-contração no momento PII do bloco um, quando comparado ao momento Pré PII do mesmo bloco ( $p=0,004$ ). Ainda, foi detectada menor co-contração no momento Pré PII dos blocos dois e três, quando comparado ao mesmo momento do bloco um ( $p<0,001$ ).

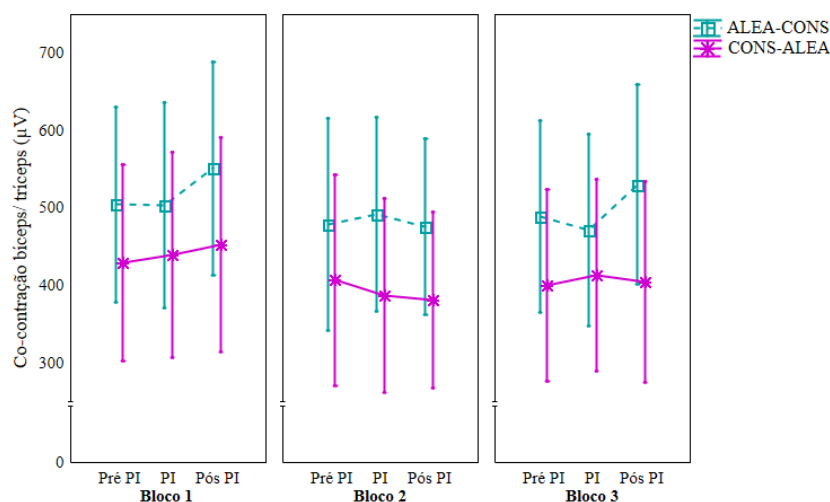


**Gráfico 45** - Média da co-contração de deltoides anterior/posterior dos grupos ALEA-CONS e CONS-ALEA diante de Pré PI, PI e Pós PI. As barras verticais indicam o intervalo de confiança em 95%.

Ainda no que diz respeito à análise das interações, não foi identificada interação significativa entre grupos e blocos  $F(2, 36)=0,35$ ;  $p=0,70$ ;  $\eta^2=0,01$ ; grupos e momentos  $F(2, 36)=2,13$ ;  $p=0,13$ ;  $\eta^2=0,10$  nem entre blocos, grupos e momentos  $F(4, 72)=1,30$ ;  $p=0,27$ ;  $\eta^2=0,06$ . Por fim, no que diz respeito à análise dos fatores isoladamente, não foi identificada diferença entre grupos  $F(1, 18)=1,51$ ;  $p=0,23$ ;  $\eta^2=0,07$ ; entre blocos  $F(2, 36)=2,20$ ;  $p=0,12$ ;  $\eta^2=0,10$  nem entre momentos  $F(2, 36)=2,93$ ;  $p=0,06$ ;  $\eta^2=0,14$ .

### 10.2.1.2 Co-contração bíceps/tríceps (µV)

O Gráfico 46 apresenta os dados da variável dependente co-contração de bíceps/tríceps dos dois grupos nos três momentos, Pré PI, PI e Pós PI dos três blocos analisados. A ANOVA identificou efeito significativo da interação entre grupos, blocos e momentos  $F(4, 72)=2,52$ ;  $p=0,04$ ;  $\eta^2=0,12$  e entre blocos e momentos  $F(4, 72)=4,33$ ;  $p=0,003$ ;  $\eta^2=0,19$ . Na análise da primeira interação, o *post hoc* de Duncan detectou que nos blocos um e três, o grupo ALEA-CONS apresentou menor co-contração no momento PII, quando comparado ao momento Pós PII dos mesmos blocos ( $p<0,001$ ). No bloco dois, o grupo ALEA-CONS apresentou menor co-contração no momento Pós PII, quando comparado ao mesmo momento dos blocos um e três ( $p<0,0003$ ). No bloco três, o mesmo grupo (ALEA-CONS) apresentou menor co-contração no momento PII, quando comparado ao mesmo momento do bloco um ( $p=0,03$ ).



**Gráfico 46** - Média da co-contração de bíceps/tríceps dos grupos ALEA-CONS e CONS-ALEA diante de Pré PI, PI e Pós PI. As barras verticais indicam o intervalo de confiança em 95%.

Na análise da interação entre blocos e momentos, o *post hoc* detectou menor co-contração nos momentos PII e Pós PII dos blocos um e três, quando comparados ao momento Pré PII dos mesmos blocos ( $p < 0,002$ ). Ainda no que diz respeito à análise das interações, não foi identificada interação significativa entre grupos e blocos  $F(2, 36) = 0,16$ ;  $p = 0,85$ ;  $\eta^2 = 0,01$  nem entre grupos e momentos  $F(2, 36) = 1,75$ ;  $p = 0,18$ ;  $\eta^2 = 0,08$ .

No que diz respeito à análise entre fatores isoladamente, foi identificada diferença entre blocos  $F(2, 36) = 6,74$ ;  $p = 0,003$ ;  $\eta^2 = 0,27$ . O *post hoc* detectou menor co-contração nos blocos dois e três, quando comparados ao bloco um ( $p < 0,02$ ). Por fim, não foi identificada diferença significativa entre grupos  $F(1, 18) = 1,07$ ;  $p = 0,31$ ;  $\eta^2 = 0,05$  nem entre momentos  $F(2, 36) = 1,74$ ;  $p = 0,18$ ;  $\eta^2 = 0,08$ .

## 11 DISCUSSÃO DO EXPERIMENTO II

O presente experimento investigou os efeitos da manipulação do nível especialização do desempenho e da estruturação prática combinada na adaptação motora a perturbações visuais imprevisíveis. Para testar os efeitos das variáveis independentes, quatro hipóteses foram propostas, sendo duas correspondentes à fase de Pré-exposição e outras duas à Exposição. Duas variáveis de controle foram analisadas, são elas: número de tentativas para alcançar o desempenho critério e tempo de movimento (TM). Não foi encontrada qualquer diferença significativa referente à análise de ambas as variáveis de controle. Em relação à variável número de tentativas, era esperado que realmente não houvesse diferença entre os grupos, uma vez que ambos alcançaram o mesmo nível de estabilização do desempenho. Estes resultados demonstram a efetividade desta variável de controle. Em relação à variável TM, também não era esperado haver diferença entre os grupos. Entretanto, poderia haver diferenças entre os quartis, uma vez que a execução de TMs corretos durante ações rápidas em tarefas de interceptação a alvos móveis demanda prática (ex., COUTO, 2012; SANTOS, 2015; CAMPOS, 2017). Apesar dessa expectativa, tal diferença não foi encontrada e se deve ao fato de a maior parte dos participantes de ambos os grupos ter alcançado a estabilização do desempenho no quartil 25%. O alcance da estabilização do desempenho permite inferir a formação de estruturas de controle (TANI, 1995; BURDET *et al.*, 2006), também observadas na aprendizagem do TM correto.

Em relação às hipóteses propostas para a Pré-exposição, a primeira sugeria que, ao longo da fase, o desempenho de ambos os grupos melhoraria, independente da combinação de prática adotada. Esta hipótese foi confirmada. A precisão e a consistência do desempenho de ambos os grupos aumentou do quartil 25% para o quartil 100%. A melhora do desempenho ao longo da prática está associada à maior eficiência na seleção de motores primitivos (CHURCHLAND *et al.*, 2012) até o alcance da estabilização do desempenho, e após o alcance da estabilização aos ganhos de competência dos MIs (JORDAN; WOLPERT, 1999). Além destes resultados, foi encontrado que no quartil 25%, o grupo CONS-ALEA apresentou desempenho mais preciso e mais consistente do que o grupo ALEA-CONS. Estes resultados podem ser explicados pela configuração da prática combinada a qual cada grupo foi exposto. A maioria dos sujeitos (80%) do grupo CONS-ALEA alcançou a estabilização do desempenho no quartil 25%, sem variação da velocidade de deslocamento do alvo, o que pode ter facilitado o desempenho consistente. Então além da eficiência dos motores primitivos

(CHURCHLAND *et al.*, 2012; OVERDUIN *et al.*, 2012), durante a prática constante o grupo CONS-ALEA pode ter adquirido maior competência do modelo inverso para enviar comandos motores precisos, sem necessidade de correções (JORDAN; WOLPERT, 1999). A partir do segundo quartil, nos quais ambos os grupos já tinham alcançado a estabilização do desempenho, estas diferenças não aconteceram novamente. Isso pode ser explicado pela competência dos módulos *experts* de ambos os grupos emitirem comandos motores precisos (WOLPERT; FLANAGAN, 2001).

De acordo com a segunda hipótese deste experimento, o controle de ambos os grupos seria similar ao longo da Pré-exposição. Esta hipótese foi confirmada. Não foram encontradas quaisquer diferenças para todas as medidas de controle motor analisadas (tPV%, número de correções, co-contrações). A análise do tPV% e do número de correções, aponta para a atuação do mecanismo de controle via *feedback* por ambos os grupos ao longo de toda fase de Pré-exposição. A análise da co-contração entre deltoides anterior e posterior assim como entre bíceps e tríceps, não apontou qualquer diferença significativa. Durante esta fase, era esperada a modificação da utilização predominante do mecanismo de controle via *feedback* no início da prática, para o mecanismo via pré-programação após a formação dos módulos *experts* (WEBSTER, 2012). Esta alteração não foi encontrada. Como já explicado na discussão do experimento I, a discrepância entre os nossos resultados e os apresentados na literatura (ex., COUTO, 2012; MARINOVIC; PLOOY; TRESILIAN, 2008; GRAY, 2000) pode ser explicada pela restrição imposta a partir do controle do TM, pelas diferentes características das tarefas de interceptação no que diz respeito à amplitude de movimento e pela forma de organização dos dados para a análise da nossa fase de Pré-exposição.

A não diferença no controle motor dos dois grupos mostra que o alcance da especialização do desempenho leva à formação de módulos *experts* com competências similares para lidar com contextos previsíveis, apesar da combinação da prática ser diferente. Estes resultados reforçam mais uma vez que, o que predomina, pelo menos sob condição previsível, é o nível de estabilização do desempenho e não a estruturação da prática. Apesar de não haver diferença no controle motor dos grupos até o alcance da estabilização do desempenho, quando são selecionados os motores primitivos (CHURCHLAND *et al.*, 2012), a prática constante auxiliou o desempenho. Por outro lado, a prática aleatória até o alcance da estabilização, resultou em menor precisão e consistência do desempenho. Este comportamento antes da formação dos módulos *experts* pode ser explicado pela dificuldade do grupo ALEA-CONS

selecionar os motores primitivos mais adequados para cada uma das três velocidades, que ainda eram apresentadas aleatoriamente.

A capacidade de adaptação dos módulos *experts* formados ao longo da fase de Pré-exposição foi testada na fase de Exposição. Para isso, foram inseridas em ordem aleatória perturbações de duas magnitudes similares, mas de direções opostas, entre as tentativas-controle. As tentativas-controle tiveram a mesma velocidade 2 da prática aleatória na fase de Pré-exposição, também utilizada durante a prática constante, de 145 cm/s. As tentativas com perturbação foram caracterizadas pela mudança na velocidade de deslocamento do alvo após a ação ter iniciado, o que requer competências para estimar as mudanças (BERNIKER; KORDING, 2008) e utilizar do mecanismo de controle via *feedback*, da forma mais rápida possível, durante a própria execução (SALVESGERGH *et al.*, 1993). Para enfrentar as perturbações, foi especulado que o grupo CONS-ALEA apresentaria desempenho superior, quando comparado ao ALEA-CONS. Esta hipótese foi parcialmente confirmada, pois apesar de ambos os grupos diminuírem a precisão nos blocos com perturbação (PI e PII), no bloco dois da PII o grupo CONS-ALEA foi mais preciso do que o ALEA-CONS. Tais resultados apontam que frente à PII, o CONS-ALEA foi mais preciso do que o ALEA-CONS. Nenhuma diferença significativa em termos de consistência do desempenho foi encontrada.

Apesar da possibilidade de ambos os grupos em combinarem módulos *experts* para se adaptar às perturbações (JORDAN e WOLPERT, 1999; WOLPERT; KAWATO, 1998), o grupo CONS-ALEA apresentou parcial superioridade na precisão do desempenho, quando comparado ao ALEA-CONS. Este comportamento pode ser explicado pela relação entre configuração da prática combinada e armazenamento de cópias eferentes (WOLPERT; DIETRICHSEN; FLANAGAN, 2011). A prática constante inserida após a estabilização do desempenho pode ter promovido o armazenamento de quantidade limitada de variadas cópias eferentes, quando comparada à organização contrária (prática aleatória após a estabilização). O grupo CONS-ALEA, realizou cinco blocos de prática aleatória a mais do que o grupo ALEA-CONS, já que, para o primeiro grupo a prática aleatória foi inserida após a estabilização do desempenho. Essa quantidade superior de variadas cópias eferentes favorece a precisão das predições do *forward* e do preditor de responsabilidades (WOLPERT; FLANAGAN, 2001) e, conseqüentemente, a precisão do desempenho. Além disso, a quantidade superior de cópias variadas somada à possibilidade de combinação entre módulos *experts* favorece a utilização rápida e precisa do mecanismo de controle via *feedback*

(WOLPERT; DIEDRICHSEN; FLANAGAN, 2011). Este controle diferenciado pode explicar a superioridade do grupo CONS-ALEA.

Em relação ao controle motor, a quarta hipótese deste experimento sugeria que na fase de Exposição, ambos os grupos utilizariam predominantemente o mecanismo de controle via *feedback*. Esta hipótese foi confirmada. A análise da cinemática para ambas as perturbações indica a utilização predominante do mecanismo via *feedback* ao longo de toda a Exposição, e por ambos os grupos. Além disso, a predominância na utilização deste mecanismo tornou-se maior do início para o fim da fase, uma vez que, para ambas as perturbações, foram encontradas reduções no tPV% no bloco três, quando comparado ao bloco um. Redução no tempo para alcance do pico de velocidade representa uma estratégia de controle que permite mais tempo na parte final da ação para realizar correções (ELLIOTT; BINSTED; HEATH, 1999). Apesar do maior tempo para realizar correções ao longo da fase, o número de correções não se modificou. O aumento no número de correções representa uma possibilidade de manutenção do desempenho preciso quando o *feedforward* não contém todas as especificações da ação atual (MIALL; WOLPERT, 1996; WOLPERT *et al.*, 1995) em virtude, por exemplo, da presença de perturbações. Como o desempenho dos grupos não foi preciso diante das perturbações, podemos dizer que a utilização da estratégia de aumentar o tPV% ao longo da Exposição e a utilização do mecanismo de controle via *feedback* não foram tão eficientes, como era esperado. Neste caso, parece que o grupo CONS-ALEA sofreu um pouco mais, pois no bloco 2 da PI apresentou mais correções que o grupo ALEA-CONS para manter desempenho similar a este grupo.

Mudança na atividade elétrica em virtude de perturbações reflete adaptações no controle do comando motor descendente e são atribuídas a adaptações dos MIs (MIALL; WOLPERT, 1996; WADA; KAWATO, 1993). A análise da co-contração entre deltoides anterior e posterior e entre bíceps e tríceps permite inferir sobre tais adaptações e, mais especificamente, sobre a eficiência em termos de coordenação entre estes músculos em virtude das características dos módulos *experts* formados ao longo da fase de Pré-exposição. De forma geral, a análise da co-contração de ambos os grupos diante dos dois tipos de perturbações (PI e PII), mostra redução da co-contração ao longo da fase de Exposição. Consequentemente, é possível inferir que os módulos adquiridos pelos dois grupos tentaram se adaptar às mudanças impostas pelas perturbações, como proposto por Miall e Wolpert (1996) e Wada e Kawato (1993). Por último, a análise em conjunto dos resultados da cinemática e da co-contração



permitem propor que o controle para adaptar foi similar entre os dois grupos, independente da combinação da prática utilizada para a formação destas estruturas de controle.

## 12 CONCLUSÃO DO EXPERIMENTO II

De forma geral, os resultados do experimento II apontam que o desempenho de ambos os grupos melhorou ao longo da fase de Pré-exposição, sendo o mecanismo de controle via *feedback* foi predominantemente utilizado. Já na fase de Exposição, o grupo ALEA-CONS apresentou maior dificuldades para lidar com as perturbações, quando comparado ao grupo CONS-ALEA.

### 13 DISCUSSÃO GERAL

A presente tese foi composta por dois experimentos que objetivaram investigar os efeitos da interação entre nível de estabilização do desempenho e estruturação da prática. Mais especificamente, o experimento I investigou os efeitos da interação entre os níveis estabilização e especialização do desempenho e as estruturações da prática constante e aleatória na adaptação. O experimento II investigou os efeitos da manipulação do nível especialização do desempenho e da prática combinada na adaptação. Para cada experimento foram propostas quatro hipóteses. Em relação à fase de Pré-exposição, para os experimentos I e II, as hipóteses foram que o desempenho dos grupos melhoraria ao longo da fase e que o controle motor seria similar, independente do nível de estabilização e estruturação da prática. Ambas as hipóteses foram confirmadas para os dois experimentos. Em relação à fase de Exposição, a hipótese três do experimento I sugeria que o grupo ESP-ALEA apresentaria melhor desempenho e o grupo EST-CONS pior. Esta hipótese foi parcialmente confirmada. O mesmo aconteceu com hipótese três do experimento II, que sugeria que o grupo CONS-ALEA apresentaria melhor desempenho do que o grupo ALEA-CONS. A hipótese quatro de ambos os experimentos sugeria que na fase de Exposição, todos os grupos utilizariam predominantemente o mecanismo de controle via *feedback*. O experimento I confirmou parcialmente esta hipótese e o experimento II a confirmou.

A prática possibilita a formação de MIs (THOROUGHMAN; SHADMER, 1999), ou seja, formação de módulos *experts* responsáveis pelo controle das ações (WOLPERT; KAWATO, 1998). Esta formação pode ser inferida a partir da observação da reprodutibilidade dos movimentos e alcance da estabilização do desempenho (BURDET *et al.*, 2006; COUTO, 2012). A partir da formação dos módulos *experts*, sob condições previsíveis, a interceptação precisa de ações rápidas (inferiores a 200 ms) direcionadas à aos alvos móveis acontece graças a utilização predominante do mecanismo de controle via pré-programação (TRESILIAN; PLOOY, 2006). Os resultados de ambos os experimentos em nossa fase de Pré-exposição demonstraram que a execução de ações precisas durante a interceptação de alvos móveis, com TMs entre 200 e 250 ms, se dá graças à utilização predominante do mecanismo de controle via *feedback*. Este resultado se difere do proposto por outros estudos que utilizaram tarefa similar (ex., MARINOVIC; PLOOY; TRESILIAN, 2008; MARINOVIC; PLOOY; TRESILIAN, 2009a). No tópico “discussão” dos experimentos I e II foram apresentadas as explicações para a divergência destes resultados e, de forma geral, elas

estão associadas às restrições impostas pela tarefa. Então, os resultados da fase de Pré-exposição dos experimentos I e II, permitem concluir que independente do nível de estabilização do desempenho e da estruturação da prática, a formação de módulos *experts* durante a execução de tarefas de interceptação a alvos móveis com TMs superiores a 200 ms e curta amplitude de movimento, se dá a partir da utilização predominante do mecanismo de controle via *feedback*, que favorece a melhora do desempenho ao longo da prática.

Em relação às hipóteses propostas para a fase de Exposição, era esperado diante de imprevisibilidade, que os grupos utilizassem o mecanismo de controle via *feedback* (BRAUN, *et al.*, 2009b) a fim de manter o desempenho preciso. Especificamente em relação ao experimento I, maior competência na utilização deste mecanismo era esperada para o grupo ESP-ALEA e menor para o grupo EST-CONS. Isso porque, dentro da proposta dos Múltiplos Pares de Modelos Internos (WOLPERT; KAWATO, 1998), a prática aleatória além da estabilização do desempenho proporcionaria maior competência preditiva do *forward*, quando comparado aos demais grupos, além da possibilidade de combinação dos módulos *experts* formados durante a prática aleatória. Estas suposições foram parcialmente confirmadas, sendo que os nossos resultados apontaram para a inferioridade do grupo EST-ALEA ao longo de toda a fase e na maior parte das medidas e, de forma geral, para similaridade entre os demais grupos. No que diz respeito ao experimento II, a maior competência na utilização do mecanismo via *feedback* e consequente manutenção do desempenho preciso, era esperada para o grupo CONS-ALEA, quando comparado ao ALEA-CONS. Isso porque o grupo CONS-ALEA, como explicado na discussão do experimento II, armazenaria maior quantidade de variadas cópias eferentes do que o grupo ALEA-CONS, o que se refletiria na maior competência preditiva do *forward*. O CONS-ALEA pode ter especializado mais pares de módulos *experts* que o ALEA-CONS, que praticou durante cinco blocos de forma constante. Estes módulos puderam ser combinados para enfrentar as perturbações, que resultou no melhor desempenho do CONS-ALEA. Nossos resultados confirmaram parcialmente as suposições da hipótese três.

Brenner e Smeets (2015) demonstraram que a forma mais adequada para a manutenção do desempenho durante a realização de tarefas de interceptação a alvos móveis, consiste em estimar o tempo necessário para realizar a interceptação (TTC) e, em seguida realizar ajustes durante todo o movimento. A realização de tais ajustes depende inicialmente da competência do *forward* em estimar as consequências do comando motor que já está em curso, identificar

as modificações na velocidade de deslocamento do alvo e por fim realizar as correções durante a execução (WOLPERT, 1997). As características das cópias eferentes são determinantes para a estimativa eficiente das consequências do comando motor e a combinação dos módulos para a realização das correções e consequente adaptação (JORDAN; WOLPERT, 1999), o que é influenciado pelo tipo de prática manipulada durante a formação dos módulos. Por fim, em conjunto os nossos resultados apontam que o nível de estabilização do desempenho e a estruturação da prática que mais beneficiam a adaptação motora são a especialização e a prática combinada constante-aleatória. Por outro lado, a adaptação é dificultada quando a prática leva ao alcance da estabilização do desempenho sob condição aleatória.

## 14 CONCLUSÃO GERAL

Por fim, nossos resultados apontam que diante de perturbações, o alcance da Especialização do desempenho possibilita maiores competências para lidar com mudanças imprevisíveis, quando comparado ao alcance da Estabilização. Além disso, neste tipo de contexto é essencial a utilização predominante do mecanismo de controle via *feedback*.

## REFERÊNCIAS

- ABEELE, S.; BOCK, O. Mechanisms for sensorimotor adaptation to rotated visual input. **Experimental Brain Research**, v.139, p.248-253, 2001.
- ADELSON, G.J.K.; SULLY, D.J.; SULLY, H.G. An operational analysis of a one-handed catching task using high speed photography. **Journal Motor Behavior**, v.6, p.217-226, 1974.
- ARJUNAN, S.P.; KUMAR, D.K.; NAIK, G. Computation and Evaluation of Features of Surface Electromyogram to Identify the Force of Muscle Contraction and Muscle Fatigue. **BioMed Research International**, v.2014, p.1-6, 2014.
- BENDA, R.N. **Variabilidade de prática e processo adaptativo na aquisição de habilidades motoras**. 2001. 314f. Tese (Doutorado em Educação Física) – Escola de Educação Física e Esporte, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.
- 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.
- BRAUN, D.A.; AERTSEN, A.; WOLPERT, D.M.; MEHRING, C. Motor task variation induces structural learning. **Current Biology**, v.19, p.352-357, 2009a.
- BRAUN, D.A.; AERTSEN, A.; WOLPERT, D.M.; MEHRING, C. Learning optimal adaptation strategies in unpredictable motor task. **Journal of Neuroscience**, v.20, p.6472-6478, 2009b.
- BRAUN, D.A.; MEHRING, C.; WOLPERT, D. Structure learning in action. **Behavior Brain Research**, v.206, p.157-165, 2010.
- BREEN, J.L. What makes a good hitter? **Journal of Health, Physical Education and Recreation**, v.38, p.36-39, 1967.
- BRENNER, E.; SMEETS, J.B.J.; LUSSANET, M.H.E. Hitting moving targets: continuous control of the acceleration of the hand on the basis of the target's velocity. **Experimental Brain Research**, v.122, p.467-474, 1998.
- BRENNER, E.; SMEETS, J.B.J. Perceptual requirements for fast manual responses. **Experimental Brain Research**, v.153, p.246-252, 2003.
- BRENNER, E.; SMEETS, J.B.J. Continuous visual control of interception. **Human Movement Science**, v.30, p.475-494, 2011a.
- BRENNER, E.; SMEETS, J.B.J. Quickly 'learning' to move optimally. **Experimental Brain Research**, v.213, p.153-161, 2011b.
- BRENNER, E.; van DAM, M.; BERKHOUT, S.; SMEETS, J.B.J. **Timing the moment of impact is fast human movements**, v.141, p.104-111, 2012.

BRENNER, E.; SMEETS, J.B.J. How people achieve their amazing temporal precision in interception. **Journal of Vision**, v.15, p.1-21, 2015.

BURDET, E.; TEE, K.P.; MAREELS, I.; MILNER, T.E.; CHEW, C.M.; FRANKLIN D.W.; OSU, R.; KAWATO, M. Stability and motor adaptation in human arm movements. **Biological Cybernetics**, v.94, p.20-32, 2006.

BUTTON, C.; SUMMERS, J. Co-ordination dynamics of interceptative task. In: DAVIS, K.; SAVELSBERGH, G.; BENNET, S.J.; VAN der KAMP, J. (Ed.). **Interceptive Actions in Sports: Information and Movement**. London: Routledge, 2002. p.225-258, 2002.

CALJOUW, S.R.; van DER KAMP, J.; SALVESBERGH, G.J.P. Catching optical information for the regulation of timing. **Experimental Brain Research**, v.155, p.427-438, 2004a.

CALJOUW, S.R.; van DER KAMP, J.; SALVESBERGH, G.J.P. Timing of goal-directed hitting: impact requirements change the information-movement coupling. **Experimental Brain Research**, v.155, p.135-144, 2004b.

CALJOUW, S.R.; van der KAMP, J.; SAVELSBERGH, G.J.P. The impact of task-constraints on the planning and control of interceptive hitting movements. **Neuroscience Letters**, v.392, p.84-89, 2006.

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.

CHURCHLAND, M.M.; CUNNINGHAM, J.P.; KAUFMAN, M.T.; FOSTER, J.D.; NUYUJUKIAN, P.; RYU, S.I.; SHENOY, K.V. Neural population dynamics during reaching. **Nature**, v.487, p.51-56, 2012.

CIZEK P. Internal Models. In **Encyclopedia of Neuroscience**, Springer, p.2009-2012, 2004.

CORRÊA, U.C.; MASSIGLI, M.; BARROS, J.A.; GONÇALVES, L.A.; TANI, G.; OLIVEIRA, J.A. Constant-random practice and the adaptive process in motor learning with varying amounts of constant practice. **Perceptual and Motor Skills**, v.110, p.442-452, 2010.

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.

CRAIK, K.J.W. **The nature of explanation**. Cambridge: Cambridge University Press, p. 126, 1943.

DAVIS, K.; SAVELSBERGH, G.; BENNET, S.J.; VAN der KAMP, J. (Ed.). **Interceptive Actions in Sports: Information and Movement**. London: Routledge, 2002. p.225-258, 2002.



De LUCA, C.I. The Use of Surface Electromyography in Biomechanics. **Journal of Applied Biomechanics**, v.13, p.135-163, 1997.

DELLA-MAGGIORE, V.; LANDI, S.M.; VILLATA, J.I. Sensorimotor adaptation: multiple forms of plasticity in motor circuits. **Neuroscientist**, v.21, p.109-125, 2015.

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.

DORRIS, M.C.; MUNOZ, D.P. A neural correlate for the gap effect on saccadic reaction times in monkey. **Journal of Neurophysiology**, v.73, p.2558-2562, 1995.

ELLIOTT, D.B.; YANG, K.C.; WHITAKER, D. Visual acuity changes throughout adulthood in normal, healthy eyes: seeing beyond 6/6. **Optometry and Vision Science**, v.72, p.186-191, 1995.

ELLIOTT, D.B.; BINSTED, G.; HEATH, M. The control of goal-directed limb movements: Correcting errors in the trajectory. **Human Movement Science**, v.18, p.121–136, 1999.

ELLIOT, D.B.; HANSEN, S.; GRIERSON, L.E.M.; LYONS, J. Goal-directed aiming: two components but multiple processes. **Psychological Bulletin**, v.139, p. 1023-1044, 2010.

FIALHO, J.V.A.P.; TRESILIAN, J.R. Intercepting accelerated moving targets: effects of practice on movement performance. **Experimental Brain Research**, v.235, p.1257-1268, 2017.

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

GEERT, J.P.; SALVESBERGH; van DER KAMP J. Adaptation in the timing of catching under changing environmental constraints. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, v.71, p.195-200, 2000.

GHAHRAMANI, Z.; WOLPERT, D.M. Modular decomposition in visuomotor learning. **Nature**, v.386, p.392-395, 1997.

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

GROMEIER, M.; KOESTER, D.; SCHACK, T. Gender differences in motor skills of the overarm throw. **Frontiers in Psychology**, v.8, p.01-12, 2017.

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.

HARRIS, C.M.; WOLPERT, D.M. Signal-dependent noise determines motor planning. **Nature**, v.394, p.780-784, 1998.

HEALD, J.B.; INGRAM, J.N.; FLANAGAN, J.R.; WOLPERT, D.M. Multiple motor memories are learned to control different points on a tool. **Nature Human Behaviour**, v.2, p. 300-311, 2018.

HEIN, H.S. **On the nature and origin of life**. McGraw-Hill, New York, 1971.

HERZFELD, D.J.; VASWANI, P.A.; MARKO, M.K.; SHADMEHR, R. A memory of errors in sensorimotor learning. **Science** v.345 p.1349-1353, 2014.

HERNÁNDEZ-DAVO, H.; URBÁN, T.; SARABIA, J.M.; JUAN-RECIO, C.; MORENO, F.J. **Variable training: effects on velocity and accuracy in the tennis serve**, v.32, p.1383-1388, 2014.

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

HUBBARD, A.W.; SENG, C.N. Visual movements of batters. **Research Quarterly**, v.25, p.42-57, 1954.

IKUDOME, S.; NAKAMOTO, H.; ISHII, Y.; KANEHISA, H.; MORI, S. Influence of practice with within-trials and inter-trials changes of target velocity in improving movement correction. **Perceptual & Motor Skills**, v.115, p.903-917, 2012.

IRIJI, T.; SHINYA, M.; NAKAZAWA, K. Interpersonal variability in timing strategy and temporal accuracy in rapid interception task with variable time-to-contact. **Journal of Sports Sciences**, v.33, p.381-390, 2014.

IZAWA, J.; RANE, T.; DONCHIN, O.; SHADMEHR, R. Motor adaptation as a process of reoptimization. **Journal of Neuroscience**, v.28, p.2883-2891, 2008.

JORDAN, M.I.; WOLPERT, D.M. Computational motor control. **The Cognitive Neurosciences**, 1999.

KARNIEL, A.; MUSSA-IVALDI, F.A. Does the motor control system use multiple models and context switching to cope with a variable environment? **Experimental Brain Research**, v.143, p.520-524, 2002.

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

KHAN, M.A.; FRANKS, I.M.; ELLIOTT, D.; GAVIN, P.; LAWRENCE, CHUA, R.; BERNIER, P.M.; HANSEN, S.; WEEKS, D.J. Inferring online on offline processing of visual feedback in target-directed movements from kinematic data. **Neuroscience and Biobehavioral Reviews**, v.30, p.1106-1121, 2006.

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.

LAND, M.F.; McLEOD, P. From eye movements to actions: how batsmen hit the ball. **Nature Neuroscience**, v.3, p.1340-1345, 2000.

LAND, S.M.; BAGUEAR, F.; DELLA-MAGGIORE, V. One week of motor adaptation induces structural changes in primary motor cortex that predict long-term memory one year later. **Journal of Neuroscience**, v.31, p.11808-11813, 2011.

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.

LIM, J. Effects spatial and temporal constraints on interceptative aiming task performance and gaze control. **Perceptual & Motor Skills**, v.121, p.509-527, 2015.

LINDENAU, J.D.R.; GUIMARÃES, L.S.P. Calculando o tamanho do efeito no SPSS. **Revista HCPA**, v.32, p.363-381, 2012.

MAGILL R. A.. **Aprendizagem motora: conceitos e aplicações**. 5.ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2000.

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.

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

MARINOVIC, W.; PLOOY, A.M.; TRESILIAN, J.R. The utilization of visual information in the control of rapid interceptive actions. **Experimental Psychology**, v.56, p.265-273, 2009b.

MARINOVIC, W.; PLOOY, A.M.; TRESILIAN, J.R. The effect of priming on interceptive actions. **Acta Psychologica**, v.135, p.30-37, 2010.

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

MEYER, D.E.; ABRAMS, R.A.; KORNBLUM, S.; WRIGHT, C.E.; SMITH, J.E.K. Optimality in human motor performance: Ideal control of rapid aimed movements. **Psychological Review**, v.95, p.340–370, 1988.

MILNER T.E.; CLOUTIER C. Compensation for mechanically unstable loading in voluntary wrist movement. **Experimental Brain Research**, v.94, p.522–532, 1993.

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

MUGGE, W.; KULING, I.A.; BRENNER, E.; SMEETS, J.B.J. Haptic guidance needs to be intuitive not just informative to improve human motor accuracy. **Plos One**, v.11, p.1-12, 2016.

NAKAMOTO H.; MORI, S. Sport-specific decision-making in a Go/NoGo reaction task: difference among non-athletes and baseball and basketball players. **Perceptual Motor Skills**, v.106, p.163-170, 2008.

NAKAMOTO, H.; ISHII, Y.; IKUDOME, S.; OHTA, Y. Kinesthetic aftereffects induced by a weighted tool on movement correction in baseball batting. **Human Movement Science**, v.31, p.1529-1540, 2012.

NAKAMOTO, R.C.; IKUDOME, S.; YOTANI, K.; MARUYAMA, A.; MORI, S. Fast-ball sports experts depend on an inhibitory strategy to reprogram their movement timing. **Experimental Brain Research**, v.228, p.193-203, 2013.

NETO, R.M.A.; TEIXEIRA, L.A. Intercepting moving targets: does memory from practice in a specific condition of target displacement affect movement timing? **Experimental Brain Research**, v.211, p.109-117, 2011.

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

OVERDUIN, S.A.; d'AVELLA, A.; CARMENA, J.M.; BIZZI, E. Microstimulation activates a handful of muscle synergies. **Neuron**, v.76, p.1071-1077, 2012.

PETERS, M. Gender differences in intercepting a moving target by using throw or button press. **Journal of Motor Behavior**, v.29, p.290-296, 1997.

POON, C.S.; MERFELD, D.M. Internal models: the state of the art. **Journal of Neural Engineering**, v.2, p. 2005.

PROFETA, V.L.S. **Nível de estabilização na resposta a perturbações imprevisíveis: efeitos sobre o *feedback* corrente e o *feedforward***. 2009. 67 f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Esporte). Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional, Universidade Federal de Minas Gerais, 2009.

RICHTER, S.; JANSEN-OSMANN, P.; KONCZAK, J.; KALVERAM, K. Motor adaptation to different dynamic environments is facilitated by indicative context stimuli. **Psychological Research**, v.68, p.245-251, 2004.

RIEGER, M.; KNOBLICH, G.; PRINZ, W. Compensations for and adaptation to changes in the environment. **Experimental Brain Research**, v.163, p.487-502, 2005.

RODRÍGUEZ-HERREROS, B.; GRAVE, D.D.J.; LÓPEZ-MOLINER, J.; BRENNER, E.; SMEETS, J.B.J. Shifted visual feedback of the hand affects reachability judgments in interception. **Vision Research**, v.88, p.30-37. 2013.

RUGY, A.; MARINOVIC, W.; WALLIS G. Neural prediction of complex acceleration for objects interception. **Journal Neurophysiology**, v.107, p.766-721, 2012.

SALVESBERGH, G.J.P.; WHITING, H.T.A.; PIJPERS, R.J. Van SANTVOORD, A.M.; The visual guidance of catching. **Experimental Brain Research**, v.93, p.146-456, 1993.

SANTOS, S.P. **Efeito do nível de estabilização do desempenho na adaptação frente a perturbações imprevisíveis em duas tarefas motoras com demandas distintas**. 2015. 139 f. Tese de Doutorado (Doutorado em Ciências do Esporte) Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da UFMG, 2015.

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.

SAMPAIO, I.B.M. **Estatística aplicada à experimentação animal**. 3.ed. Belo Horizonte, FEPMVZ- Editora, 2007.

SHADMEHR, R.; MUSSA-IVALDI, F.A. Adaptive Representation of Dynamics during learning of a motor task. **The Journal of Neuroscience**, v.14, p.3208-3224, 1994.

SHADMEHR, R.; SMITH, M.A.; KRAKAUER J.W. Error correction, sensory prediction, and adaptation in motor control. **Annual Review of Neuroscience**, v.33, p.89-108, 2010.

SINGER, R.N.; CAURAUGH, J.H.; CHEN, D.; STEINBERG, G.M; FREHLICH, S.G. Visual search, anticipation and reactive comparisons between highly skilled and beginning tennis player. **Journal of Applied Sport Psychology**, v.8, p.9-26, 1996.

SMEETS, J.B.J.; BRENNER, E. Perception and action are based on the same visual information: Distinction between position and velocity. **Journal of Experimental Psychology: Human perception and performance**, v.21, p.19-31, 1995.

STAHL, A.E.; FEIGENSON, L. Cognitive development. Observing the unexpected enhances infants' learning and exploration. **Science**, v.348, p.91-94, 2015.

STRATTON, G.M. Vision without inversion of retinal image. **Psychological Review**, v.4, p.341-360, 1887.

TANI, G. **Processo de adaptação na aprendizagem de habilidades perceptivo-motoras**. 1982. 16 f. Resumo Tese (Doutorado) - Universidade de Hiroshima, Hiroshima, 1982 (Resumo).

TANI, G. **Processo Adaptativo na aprendizagem motora e suas implicações na organização do processo ensino-aprendizagem em Educação Física**. Escola de Educação Física da Universidade de São Paulo, 1984. (Relatório técnico final).

TANI, G. **Organização hierárquica do comportamento motor humano**. Sheffield: Department of Psychology/University of Sheffield, 1995. (Technical report).

TANI, G. Processo adaptativo: uma concepção de aprendizagem motora além da estabilização. In: TANI, G. (Ed.). **Comportamento motor: aprendizagem e desenvolvimento**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, p. 60-67, 2005.

TANI, G.; CORRÊA, C. C.; BENDA, R. N.; UGRINOWITSCH, H.; CHOSHI, K. An Adaptive Process Model of Motor Learning: Insights for the Teaching of Motor Skills. **Nonlinear Dynamics Psychology Life Science**, v.18, p.47-65, 2014.

THOMAS, J.R.; YAN, J.H.; STELMAN, G.E. Movement substructures change as a function of practice in children and adults. **Journal of Experimental Child Psychology**, v.75, p.228-244, 2000.

TEIXEIRA, L.A.; CHUA, R.; NAGELKERKE, P.; FRANKS, I.M. Reprogramming of interceptive actions: time course of temporal corrections for unexpected target velocity change. **Journal of Motor Behavior**, v.38, p.467-477, 2006.

TEIXEIRA, L.A.; PAROLI, R. Assimetrias laterais em ações motoras: preferência versus desempenho. **Motriz**, v.6, p.1-8, 2000.

THOROUGHMAN, K.A.; SHADMEHR, R. Electromyographic correlates of learning an internal model of reaching movements. **Journal of Neuroscience**, v.19, p.8573-8588, 1999.

THOROUGHMAN, K.A.; SHADMEHR, R. Learning of action through adaptive combination of motor primitives. **Nature**, v.407, p.742-747, 2000.

TRESILIAN, J.R.; LONERGAN, A. Intercepting a moving target: effects of temporal precision constraints and movement amplitude. **Experimental Brain Research**, v.142, p.193-207, 2002.

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, p.425-438, 2003.

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, 2006a.

TRESILIAN, J.R.; PLOOY, A. Effects of acoustic startle stimuli on interceptive action. **Neuroscience**, v.142, p.579-594, 2006b.

TRESILIAN, J.R.; PLOOY, A.; MARINOVIC, W. Manual interception of moving targets in two dimensions: Performance and space-time accuracy. **Experimental Brain Research**, v.1250, p.202-217, 2009.

UGRINOWITSCH, H. **Efeito do nível de estabilização do desempenho e do tipo de perturbação no processo adaptativo em aprendizagem motora**. 2003. 319 f. Tese

(Doutorado em Educação Física) - Escola de Educação Física e Esporte, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

UGRINOWITSCH, H.; CORRÊA, U.C.; TANI, G. Perturbação perceptiva e processo adaptativo em aprendizagem motora. **Brazilian Journal of Physical Education and Sport**, v.19, p.277-284, 2005.

UGRINOWITSCH, H.; SANTOS-NAVES, S.P.; CARBINATTO, M.V.; BENDA, R. N.; TANI, G. Motor Skill adaptation depends of the level of learning. **International Journal of Human and Social Sciences**, v.6, p.117-181, 2011.

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

Van BRAECKEL, K.; BUTCHER, P.R.; GEUZE, R.H.; STREMMELAAR, E.F.; BOUMA, A. Movement adaptations in 7- to 10-year-old typically developing children: evidence for a transition in feedback-based motor control. **Human Movement Science**, v.26, p.927-942, 2007.

van DONKELLAR, P.; LEE, R.G.; GELLMAN, R.S. Control strategies in directing the hand to moving targets. **Experimental Brain Research**, v 91, p. 151-161, 1992.

von HOLST, E.; MITTELSTAEDT, H. The principle of reafference: interactions between the central nervous system and peripheral organs. **Die Naturwissenschaften**, v.37, p.464-476, 1950.

von HOLST. Relations Between the Central Nervous and the Peripheral Organs. **The British of Journal of Animal Behaviour**, v.2, p.89-94, 1953.

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

WADA, Y.; KAWATO, M. A Neural network model for arm trajectory formation using forward and inverse dynamics models. **Neural Networks**, v.6, p.919-932, 1993.

WEBSTER, A.M. Evolving concepts of sensory adaptation. **F1000 Biology Reports**, v.4, p.1-7, 2012.

WIJDENES, L.O.; BRENNER, E.; SMEETS, J.B.J. Analysis of methods to determine the latency of online movement adjustments. **Behavior Research**, v.46, p.131-139, 2014a.

WIJDENES, L.O.; BRENNER, E.; SMEETS, J.B.J. Online manual movement adjustments in response to target position changes and apparent target motion. **Motor Control**, v.18, p.44-54, 2014b.

WILLIAMS, AM.; DAVIDS, K.; WILLIAMS J.G. **Visual Perceptions and Action in Sport**. London, Routledge, 1999.

WOLPERT, D.M.; GHAHRAMANI, Z.; JORDAN, M.L. An internal model for sensorimotor integration. **Science**, v.269, p.1880-1882. 1995.

WOLPERT, D.M. Modular decomposition in visuomotor learning. **Nature**, v.386, p.392-395, 1997.

WOLPERT, D.M.; MIALL, R.C.; KAWATO, M. Internal models in the cerebellum. **Trends in Cognitive Science**, v.2, p.338-347, 1998.

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.

WOLPERT, D.M.; FLANAGAN, J.R. Motor prediction. **Current Biology**, v.11, p.729-732, 2001.

WOLPERT, D.M.; DIEDRICHSEN, J.; FLANAGAN, J.R. Principles of sensorimotor learning. **Neuroscience**, v.12, p.739-751, 2011.

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



**APÊNDICES**  
**APÊNDICE I: Termo de Consentimento Livre e Esclarecido**

Pesquisa: “EFEITOS DO NÍVEL DE ESTABILIZAÇÃO DO DESEMPENHO E ESTRUTURAÇÃO DA PRÁTICA NA ADAPTAÇÃO A PERTURBAÇÕES VISUAIS IMPREVISÍVEIS”

**Via do Voluntário**

**INFORMAÇÕES SOBRE A PESQUISA**

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 a coordenação do Prof. HERBERT UGRINOWITSCH e pela doutoranda CRISLAINE RANGEL COUTO. O objetivo deste estudo é investigar os efeitos da manipulação de níveis de estabilização do desempenho e estrutura da prática na adaptação a perturbação imprevisíveis. Como participante voluntário, você tem todo 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 penalização alguma e sem prejuízo à sua pessoa.

**A coleta de dados será realizada EM UMA SALA DA ESCOLA DE FISIOTERAPIA DA UFMG. O experimento será conduzido em dois dias consecutivos. No primeiro dia a duração será de aproximadamente duas horas. No segundo dia (24 horas) a duração será de aproximadamente 40 minutos. Durante toda a coleta de dados você será sempre acompanhado por um dos responsáveis pela pesquisa. No período da coleta, você deverá MOVIMENTAR UM OBJETO SOBRE UMA GUIA LINEAR TENTANDO INTERCEPTAR UM ALVO VIRTUAL QUE SE DESLOCARÁ EM UMA TELA À SUA FRENTE.** Todos os seus dados pessoais serão confidenciais, sua identidade não será revelada publicamente em hipótese alguma e somente os pesquisadores envolvidos neste estudo terão acesso aos seus dados, sendo que estas informações só serão utilizadas para fins de pesquisa.

Você não terá qualquer forma de remuneração financeira nem despesas relacionadas ao estudo e apenas estará exposto a riscos inerentes a uma atividade do seu cotidiano.

Além disso, em qualquer momento da pesquisa, você terá total liberdade para esclarecer qualquer dúvida com o professor Dr. HERBERT UGRINOWITSCH, pelo telefone (0xx31) 3409-2394, ou com o Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais (COEP-UFMG), pelo telefone (0xx31) 3409-4592 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 2016.

Assinatura do voluntário

Assinatura do pesquisador

## APÊNDICE I: Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Pesquisa: “EFEITOS DO NÍVEL DE ESTABILIZAÇÃO DO DESEMPENHO E ESTRUTURAÇÃO DA PRÁTICA NA ADAPTAÇÃO A PERTURBAÇÕES VISUAIS IMPREVISÍVEIS”

### Via do Pesquisador

#### INFORMAÇÕES SOBRE A PESQUISA

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 a coordenação do Prof. HERBERT UGRINOWITSCH e pela doutoranda CRISLAINE RANGEL COUTO. O objetivo deste estudo é investigar os efeitos da manipulação de níveis de estabilização do desempenho e estrutura da prática na adaptação a perturbação imprevisíveis. Como participante voluntário, você tem todo 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 penalização alguma e sem prejuízo à sua pessoa.

**A coleta de dados será realizada EM UMA SALA DA ESCOLA DE FISIOTERAPIA DA UFMG. O experimento será conduzido em dois dias consecutivos. No primeiro dia a duração será de aproximadamente duas horas. No segundo dia (24 horas) a duração será de aproximadamente 40 minutos. Durante toda a coleta de dados você será sempre acompanhado por um dos responsáveis pela pesquisa. No período da coleta, você deverá MOVIMENTAR UM OBJETO SOBRE UMA GUIA LINEAR TENTANDO INTERCEPTAR UM ALVO VIRTUAL QUE SE DESLOCARÁ EM UMA TELA À SUA FRENTE.** Todos os seus dados pessoais serão confidenciais, sua identidade não será revelada publicamente em hipótese alguma e somente os pesquisadores envolvidos neste estudo terão acesso aos seus dados, sendo que estas informações só serão utilizadas para fins de pesquisa.

Você não terá qualquer forma de remuneração financeira nem despesas relacionadas ao estudo e apenas estará exposto a riscos inerentes a uma atividade do seu cotidiano.

Além disso, em qualquer momento da pesquisa, você terá total liberdade para esclarecer qualquer dúvida com o professor Dr. HERBERT UGRINOWITSCH, pelo telefone (0xx31) 3409-2394, ou com o Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais (COEP-UFMG), pelo telefone (0xx31) 3409-4592 ou pelo endereço Av. Presidente Antônio Carlos, 6627, Unidade Administrativa II – 2º andar, sala: 2005 31270-901 – BH – MG.

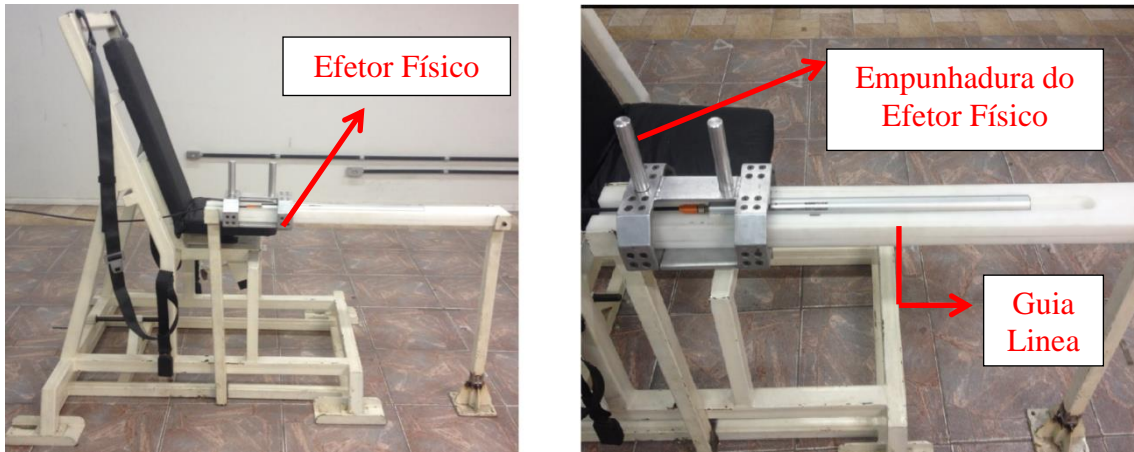
Eu \_\_\_\_\_, voluntário, tive minhas dúvidas respondidas e aceito participar desta pesquisa. Portanto, concordo com tudo que foi acima citado e livremente dou o meu consentimento.

Belo Horizonte, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2016.

Assinatura do voluntário

Assinatura do pesquisador

**APÊNDICE II:** Parte física da tarefa de interceptação a alvo móvel e virtual (TIAM).



**Figura 11** – Parte física da tarefa de interceptação a alvos móveis.

**APÊNDICE III:** Instrução verbal fornecida para aplicação do teste CIVM

**Atenção: a instrução verbal deverá ser sempre lida pelo (a) pesquisador (a). Faça sempre a leitura desta instrução, ou seja, não replique entre os participantes a fala memorizada.**

Você realizará agora um teste de contração voluntária máxima.

Nós mediremos a sua capacidade de produzir força máxima a partir da contração de quatro músculos: o deltoide posterior (mostrar), o deltoide anterior (mostrar), o bíceps (mostrar) e o tríceps (mostrar).

Você deverá sentar-se naquela cadeira que será colocada em posições específicas de acordo com cada grupo muscular a ser avaliado.

Para que você não tenha dúvida a respeito do teste em si e também para que possa se preparar melhor, antes de iniciarmos a medição você fará uma tentativa de “aquecimento” com duração de 5” para cada músculo avaliado (imediatamente antes do respectivo músculo). Peço por favor que não faça a sua força máxima nesta tentativa “aquecimento”.

Após a tentativa “aquecimento” daremos uma pausa de 3 minutos. Após a pausa daremos início ao teste. Alguma dúvida até aqui?

*CIVM Deltoide posterior:* Ok, então para darmos início ao teste eu peço que você se mantenha sentado (a) com ambos os pés apoiados no solo e coluna apoiada no encosto da cadeira. Estenda/estique o seu cotovelo empurrando o seu braço para trás mantendo o cotovelo estendido/esticado. Quando eu disser “VAI” você deverá fazer a maior força possível mantendo o cotovelo em extensão.

*CIVM Deltoide anterior:* se mantenha sentado (a) com ambos os pés apoiados no solo e coluna apoiada no encosto da cadeira. Estenda/estique o seu cotovelo empurrando o seu braço para frente mantendo o cotovelo estendido/esticado. Quando eu disser “VAI” você deverá fazer a maior força possível mantendo o cotovelo em extensão.

*CIVM bíceps braquial:* se mantenha sentado (a) com ambos os pés apoiados no solo e coluna apoiada no encosto da cadeira. Mantenha o seu cotovelo flexionado neste ângulo (o ângulo é ajustado em 90° pelo pesquisador). Quando eu disser “VAI” você deverá fazer a maior força possível puxando esta empunhadura (mostrar) para cima mantendo o cotovelo em flexão.

*CIVM tríceps braquial:* se mantenha sentado (a) com ambos os pés apoiados no solo e coluna apoiada no encosto da cadeira. Mantenha o seu cotovelo flexionado neste ângulo (o ângulo é ajustado em 90° pelo pesquisador). Quando eu disser “VAI” você deverá fazer a maior força possível empurrando esta empunhadura (mostrar) para baixo tentando estender/esticar o seu cotovelo.

#### APÊNDICE IV: Instrução verbal fornecida para a fase de Pré-exposição

Você irá realizar uma tarefa de interceptação a um alvo móvel e virtual. O alvo será representado pelo retângulo azul e o objeto interceptador pelo retângulo vermelho, como você pôde observar durante as demonstrações.

O alvo deslocará da direita para a esquerda ao longo deste trilho (usar o *laser point* e mostrar a linha branca que representa o trilho do alvo).

A interceptação será feita a partir da movimentação deste efector físico (mostrar o efector físico na guia linear no ambiente físico) que será virtualmente representado por este retângulo vermelho (usar o *laser pointer* e mostrar o retângulo vermelho no ambiente virtual). Dessa forma, quando você mover o efector físico ao longo deste trilho (mostrar o trilho físico) seu movimento será representado na **MESMA** proporção ao longo deste trilho virtual (usar o *laser pointer* para mostrar o trilho virtual no ambiente virtual). Ou seja, o trilho virtual representa o trilho físico e, o efector virtual representa o efector físico (Dê uma pausa de três segundos para o participante processar a informação referente à correspondência virtual).

A meta da tarefa consiste em interceptar o centro do alvo nesta região (usar o *laser pointer* para mostrar). Para isso você deverá realizar um movimento rápido.

Após cada tentativa de interceptação nós te forneceremos uma informação dizendo se a duração do seu movimento estava correta. Então nós te forneceremos uma das seguintes informações: você foi muito rápido (a), você foi rápido (a), você foi pouco rápido (a), bom tempo de movimento, você foi pouco lento (a), você foi lento (a), você foi muito lento (a). A partir desta informação você deverá ajustar o seu tempo de movimento a fim de realiza-lo sempre corretamente, ou seja, com “**bom tempo de movimento**”.

O *feedback* dizendo se você interceptou ou não o alvo lhe será fornecido virtualmente. Dessa forma, ao final de cada tentativa lhe será apresentada uma imagem congelada do alvo e do efector. Você poderá então analisar onde o alvo estava quando o seu efector chegou à zona de interceptação vendo se acertou ou não.

Quantas vezes você praticará a tarefa? Quantas forem necessárias para realizar um bloco de quatro interceptações consecutivas (informação dada aos grupos estabilização) ou quantas tentativas for necessário até você conseguir realizar seis blocos, cada um deles composto por quatro interceptações consecutivas (informação dada aos grupos especialização). A interceptação consiste em colidir o retângulo vermelho contra um alvo azul.

Por fim, para o grupo prática constante: o alvo sempre se deslocará com a mesma velocidade. Para o grupo prática aleatória: a velocidade de deslocamento do alvo irá variar a cada tentativa. Esta variação se dará desde o início do deslocamento e será contínua.

Se você sentir qualquer desconforto ao longo da coleta você pode interromper a qualquer momento e nos relatar.

Você tem alguma dúvida?

## APÊNDICE V: Instrução verbal fornecida para a fase de Exposição

Hoje você realizará a mesma tarefa de ontem, ou seja, você deverá interceptar o alvo azul que se moverá ao longo deste trilho (mostrar trilho com o *laser pointer*) a partir da realização de um movimento rápido, empurrando este efector (mostrar efector físico) para frente. As metas da tarefa continuam as mesmas: interceptar o centro do alvo com o TM correto. Poucas coisas mudarão e estas lhe serão informadas ao longo desta instrução, por favor, fique atento (a)!

Ontem após cada tentativa nós te fornecíamos um *feedback* verbal referente ao seu TM, você se lembra? (aguardar resposta do participante – se responder “**não**”, esclareça a dúvida com o mínimo de informação possível. Se responder “**sim**”, continue a leitura da instrução verbal). Hoje você só receberá este *feedback* naquelas tentativas que você realizar o movimento fora da faixa considerada adequada, ou seja, com “bom TM”. Então nós te diremos: “você foi muito rápido (a)” ou, “você foi rápido (a)” ou, “você foi pouco rápido (a)” ou, “você foi pouco lento (a)” ou, “você foi lento (a)” ou, “você foi muito lento (a)”. Se não te dissermos coisa alguma após a tentativa é porque o seu tempo de movimento estava correto.

Em relação ao *feedback* que te diz se você interceptou ou não o alvo, ou seja, aquela imagem congelada que aparece na tela após o fim do seu movimento, está será mantida exatamente como ontem. Logo, após o fim de cada tentativa aparecerá uma imagem congelada do alvo exatamente no local onde ele estava quando o efector chegou à zona de interceptação.

Em relação à ontem, o que será modificado hoje? Duas variáveis! São elas:

- 1) Hoje você realizará um número fixo de tentativas. Ontem você deveria praticar a tarefa até alcançar um desempenho critério, hoje independente do número de tentativas corretas você realizará 129 tentativas. Porém, mesmo que o número de tentativas seja fixo, É MUITO IMPORTANTE (fortaleça o tom de voz) que você se comprometa em interceptar o número máximo possível de alvos! Isso é realmente muito importante para nós!
- 2) Para os grupos ESP-CONS e EST-CONS: você se recorda que ontem a velocidade de deslocamento do alvo nunca mudava? Você se lembra de que a velocidade era sempre a mesma durante o todo o percurso do alvo e também em todas as tentativas? [Espere pela resposta do (a) participante. Se a resposta for “**não**” descreva, com o mínimo de informações, como se deu o deslocamento do alvo]. Se a resposta for “**sim**”, prossiga com a leitura da instrução: hoje, ao longo das 129 tentativas serão inseridas algumas



modificações. Estas modificações correspondem a mudanças na velocidade de deslocamento do alvo. Na maioria das tentativas a velocidade será uma só, aquela que você praticou ontem, entretanto, em algumas o alvo começará seu deslocamento com a velocidade praticada, mas esta poderá aumentar ou diminuir. Atenção: mesmo diante destas modificações é **MUITO IMPORTANTE** que você se comprometa em interceptar o alvo! Atenção: para esta pesquisa é muito importante que você se comprometa em interceptar o alvo mesmo naquelas tentativas com mudanças de velocidade, certo? Informação importante, atenção novamente: você só poderá perceber a mudança após o início do seu movimento, pois esta será inserida imediatamente após o início do seu movimento, logo, fique atento (a)!

- 3) Para os grupos ESP-ALEA e EST-ALEA: você se recorda que ontem a velocidade de deslocamento do alvo variava em três diferentes magnitudes a cada tentativa? Você se lembra de que a velocidade era sempre a mesma durante o todo o percurso do alvo, mas que havia variação entre as tentativas? [Espere pela resposta do (a) participante. Se a resposta for “**não**” descreva, com o mínimo de informações, como se deu o deslocamento do alvo e variações de velocidade ao longo da fase]. Se a resposta for “**sim**”, prossiga com a leitura da instrução: hoje, ao longo das 129 tentativas serão inseridas algumas modificações. Estas modificações correspondem a mudanças na velocidade de deslocamento do alvo. Na maioria das tentativas a velocidade será uma só, aquela velocidade média que você praticou ontem, lembre-se, havia uma velocidade rápida, uma lenta e uma média. Hoje na maioria das tentativas a velocidade de deslocamento do alvo será aquela média ao longo de todo o percurso. Entretanto, em algumas tentativas o alvo aparecerá se deslocando na velocidade média, mas está poderá aumentar ou diminuir. Atenção: mesmo diante destas modificações é **MUITO IMPORTANTE** que você se comprometa em interceptar o alvo! Atenção: para esta pesquisa é muito importante que você se comprometa em interceptar o alvo mesmo naquelas tentativas com mudanças de velocidade, certo? Informação importante, atenção novamente: você só poderá perceber a mudança após o início do seu movimento, pois esta será inserida imediatamente após o início do seu movimento, logo, fique atento (a)!

## APÊNDICE VI

**Quadro 1-** Organização da prática aleatória na Pré-exposição  
(tentativa 1-150) Legenda: tts = tentativas

tts	Velocidade	tts	Velocidade	tts	Velocidade	tts	Velocidade	tts	Velocidade	tts	Velocidade	tts	Velocidade	tts	Velocidade	tts	Velocidade	tts	Velocidade
1	145 cm/s	26	145 cm/s	51	145 cm/s	76	145 cm/s	101	200 cm/s	126	200 cm/s	101	200 cm/s	126	200 cm/s	101	200 cm/s	126	200 cm/s
2	90 cm/s	27	200 cm/s	52	145 cm/s	77	200 cm/s	102	90 cm/s	127	145 cm/s	102	90 cm/s	127	145 cm/s	102	90 cm/s	127	145 cm/s
3	200 cm/s	28	90 cm/s	53	90 cm/s	78	90 cm/s	103	145 cm/s	128	90 cm/s	103	145 cm/s	128	90 cm/s	103	145 cm/s	128	90 cm/s
4	90 cm/s	29	145 cm/s	54	200 cm/s	79	200 cm/s	104	200 cm/s	129	90 cm/s	104	200 cm/s	129	90 cm/s	104	200 cm/s	129	90 cm/s
5	145 cm/s	30	200 cm/s	55	200 cm/s	80	200 cm/s	105	200 cm/s	130	145 cm/s	105	200 cm/s	130	145 cm/s	105	200 cm/s	130	145 cm/s
6	200 cm/s	31	200 cm/s	56	145 cm/s	81	145 cm/s	106	90 cm/s	131	90 cm/s	106	90 cm/s	131	90 cm/s	106	90 cm/s	131	90 cm/s
7	200 cm/s	32	145 cm/s	57	200 cm/s	82	200 cm/s	107	200 cm/s	132	200 cm/s	107	200 cm/s	132	200 cm/s	107	200 cm/s	132	200 cm/s
8	90 cm/s	33	145 cm/s	58	90 cm/s	83	90 cm/s	108	145 cm/s	133	90 cm/s	108	145 cm/s	133	90 cm/s	108	145 cm/s	133	90 cm/s
9	145 cm/s	34	90 cm/s	59	145 cm/s	84	145 cm/s	109	145 cm/s	134	90 cm/s	109	145 cm/s	134	90 cm/s	109	145 cm/s	134	90 cm/s
10	145 cm/s	35	90 cm/s	60	200 cm/s	85	200 cm/s	110	200 cm/s	135	90 cm/s	110	200 cm/s	135	90 cm/s	110	200 cm/s	135	90 cm/s
11	90 cm/s	36	145 cm/s	61	200 cm/s	86	200 cm/s	111	90 cm/s	136	200 cm/s	111	90 cm/s	136	200 cm/s	111	90 cm/s	136	200 cm/s
12	200 cm/s	37	200 cm/s	62	145 cm/s	87	145 cm/s	112	145 cm/s	137	145 cm/s	112	145 cm/s	137	145 cm/s	112	145 cm/s	137	145 cm/s
13	90 cm/s	38	90 cm/s	63	145 cm/s	88	145 cm/s	113	200 cm/s	138	90 cm/s	113	200 cm/s	138	90 cm/s	113	200 cm/s	138	90 cm/s
14	90 cm/s	39	90 cm/s	64	90 cm/s	89	90 cm/s	114	200 cm/s	139	200 cm/s	114	200 cm/s	139	200 cm/s	114	200 cm/s	139	200 cm/s
15	145 cm/s	40	200 cm/s	65	90 cm/s	90	90 cm/s	115	200 cm/s	140	90 cm/s	115	200 cm/s	140	90 cm/s	115	200 cm/s	140	90 cm/s
16	200 cm/s	41	145 cm/s	66	145 cm/s	91	145 cm/s	116	145 cm/s	141	145 cm/s	116	145 cm/s	141	145 cm/s	116	145 cm/s	141	145 cm/s
17	90 cm/s	42	200 cm/s	67	200 cm/s	92	200 cm/s	117	90 cm/s	142	200 cm/s	117	90 cm/s	142	200 cm/s	117	90 cm/s	142	200 cm/s
18	200 cm/s	43	90 cm/s	68	90 cm/s	93	90 cm/s	118	145 cm/s	143	145 cm/s	118	145 cm/s	143	145 cm/s	118	145 cm/s	143	145 cm/s
19	90 cm/s	44	145 cm/s	69	200 cm/s	94	200 cm/s	119	90 cm/s	144	200 cm/s	119	90 cm/s	144	200 cm/s	119	90 cm/s	144	200 cm/s
20	145 cm/s	45	90 cm/s	70	145 cm/s	95	145 cm/s	120	200 cm/s	145	90 cm/s	120	200 cm/s	145	90 cm/s	120	200 cm/s	145	90 cm/s
21	145 cm/s	46	200 cm/s	71	200 cm/s	96	200 cm/s	121	145 cm/s	146	200 cm/s	121	145 cm/s	146	200 cm/s	121	145 cm/s	146	200 cm/s
22	200 cm/s	47	145 cm/s	72	200 cm/s	97	200 cm/s	122	200 cm/s	147	200 cm/s	122	200 cm/s	147	200 cm/s	122	200 cm/s	147	200 cm/s
23	145 cm/s	48	200 cm/s	73	90 cm/s	98	90 cm/s	123	145 cm/s	148	90 cm/s	123	145 cm/s	148	90 cm/s	123	145 cm/s	148	90 cm/s
24	90 cm/s	49	90 cm/s	74	90 cm/s	99	90 cm/s	124	200 cm/s	149	145 cm/s	124	200 cm/s	149	145 cm/s	124	200 cm/s	149	145 cm/s
25	200 cm/s	50	90 cm/s	75	90 cm/s	100	90 cm/s	125	90 cm/s	150	200 cm/s	125	90 cm/s	150	200 cm/s	125	90 cm/s	150	200 cm/s

## APÊNDICE VI

Organização da prática aleatória na Pré-exposição  
(tentativa 151-300) Legenda: tts = tentativas

tts	Velocidade	tts	Velocidade	tts	Velocidade	tts	Velocidade	tts	Velocidade	tts	Velocidade	tts	Velocidade	tts	Velocidade	tts	Velocidade	tts	Velocidade
151	145 cm/s	176	200 cm/s	201	145 cm/s	226	90 cm/s	251	200 cm/s	276	90 cm/s								
152	90 cm/s	177	145 cm/s	202	90 cm/s	227	145 cm/s	252	200 cm/s	277	200 cm/s								
153	145 cm/s	178	90 cm/s	203	200 cm/s	228	90 cm/s	253	145 cm/s	278	90 cm/s								
154	90 cm/s	179	200 cm/s	204	90 cm/s	229	145 cm/s	254	90 cm/s	279	145 cm/s								
155	200 cm/s	180	90 cm/s	205	145 cm/s	230	145 cm/s	255	90 cm/s	280	145 cm/s								
156	200 cm/s	181	145 cm/s	206	90 cm/s	231	90 cm/s	256	200 cm/s	281	200 cm/s								
157	145 cm/s	182	145 cm/s	207	200 cm/s	232	90 cm/s	257	145 cm/s	282	200 cm/s								
158	90 cm/s	183	200 cm/s	208	200 cm/s	233	145 cm/s	258	90 cm/s	283	90 cm/s								
159	90 cm/s	184	200 cm/s	209	145 cm/s	234	145 cm/s	259	200 cm/s	284	90 cm/s								
160	145 cm/s	185	90 cm/s	210	200 cm/s	235	145 cm/s	260	200 cm/s	285	145 cm/s								
161	145 cm/s	186	145 cm/s	211	145 cm/s	236	90 cm/s	261	90 cm/s	286	145 cm/s								
162	200 cm/s	187	200 cm/s	212	90 cm/s	237	200 cm/s	262	90 cm/s	287	200 cm/s								
163	90 cm/s	188	200 cm/s	213	145 cm/s	238	145 cm/s	263	145 cm/s	288	90 cm/s								
164	200 cm/s	189	90 cm/s	214	90 cm/s	239	200 cm/s	264	145 cm/s	289	90 cm/s								
165	200 cm/s	190	145 cm/s	215	200 cm/s	240	90 cm/s	265	200 cm/s	290	145 cm/s								
166	145 cm/s	191	90 cm/s	216	145 cm/s	241	90 cm/s	266	145 cm/s	291	90 cm/s								
167	90 cm/s	192	90 cm/s	217	90 cm/s	242	145 cm/s	267	200 cm/s	292	145 cm/s								
168	90 cm/s	193	200 cm/s	218	90 cm/s	243	90 cm/s	268	90 cm/s	293	200 cm/s								
169	145 cm/s	194	145 cm/s	219	90 cm/s	244	90 cm/s	269	145 cm/s	294	145 cm/s								
170	145 cm/s	195	145 cm/s	220	145 cm/s	245	200 cm/s	270	200 cm/s	295	145 cm/s								
171	200 cm/s	196	200 cm/s	221	90 cm/s	246	200 cm/s	271	90 cm/s	296	90 cm/s								
172	145 cm/s	197	200 cm/s	222	145 cm/s	247	90 cm/s	272	90 cm/s	297	200 cm/s								
173	200 cm/s	198	90 cm/s	223	145 cm/s	248	200 cm/s	273	145 cm/s	298	200 cm/s								
174	200 cm/s	199	145 cm/s	224	145 cm/s	249	90 cm/s	274	90 cm/s	299	200 cm/s								
175	90 cm/s	200	90 cm/s	225	200 cm/s	250	145 cm/s	275	200 cm/s	300	90 cm/s								

APÊNDICE VI



Organização da prática aleatória na Pré-exposição (tentativa 301-438) Legenda: tts = tentativas

tts	Velocidade	tts	Velocidade	tts	Velocidade	tts	Velocidade	tts	Velocidade	tts	Velocidade	tts	Velocidade
301	145 cm/s	324	90 cm/s	347	200 cm/s	370	90 cm/s	393	200 cm/s	416	90 cm/s		
302	200 cm/s	325	200 cm/s	348	200 cm/s	371	200 cm/s	394	200 cm/s	417	145 cm/s		
303	200 cm/s	326	145 cm/s	349	145 cm/s	372	90 cm/s	395	145 cm/s	418	200 cm/s		
304	90 cm/s	327	145 cm/s	350	145 cm/s	373	145 cm/s	396	145 cm/s	419	90 cm/s		
305	200 cm/s	328	90 cm/s	351	90 cm/s	374	200 cm/s	397	90 cm/s	420	200 cm/s		
306	145 cm/s	329	200 cm/s	352	200 cm/s	375	90 cm/s	398	145 cm/s	421	90 cm/s		
307	145 cm/s	330	90 cm/s	353	90 cm/s	376	90 cm/s	399	200 cm/s	422	145 cm/s		
308	90 cm/s	331	145 cm/s	354	145 cm/s	377	145 cm/s	400	200 cm/s	423	145 cm/s		
309	90 cm/s	332	90 cm/s	355	145 cm/s	378	200 cm/s	401	145 cm/s	424	200 cm/s		
310	145 cm/s	333	145 cm/s	356	90 cm/s	379	90 cm/s	402	200 cm/s	425	145 cm/s		
311	145 cm/s	334	90 cm/s	357	145 cm/s	380	90 cm/s	403	145 cm/s	426	90 cm/s		
312	200 cm/s	335	200 cm/s	358	200 cm/s	381	200 cm/s	404	90 cm/s	427	200 cm/s		
313	145 cm/s	336	90 cm/s	359	90 cm/s	382	145 cm/s	405	200 cm/s	428	145 cm/s		
314	90 cm/s	337	200 cm/s	360	200 cm/s	383	90 cm/s	406	90 cm/s	429	200 cm/s		
315	90 cm/s	338	145 cm/s	361	145 cm/s	384	200 cm/s	407	145 cm/s	430	90 cm/s		
316	145 cm/s	339	200 cm/s	362	90 cm/s	385	200 cm/s	408	200 cm/s	431	145 cm/s		
317	200 cm/s	340	145 cm/s	363	90 cm/s	386	145 cm/s	409	200 cm/s	432	200 cm/s		
318	90 cm/s	341	90 cm/s	364	145 cm/s	387	90 cm/s	410	90 cm/s	433	200 cm/s		
319	200 cm/s	342	145 cm/s	365	200 cm/s	388	145 cm/s	411	145 cm/s	434	145 cm/s		
320	145 cm/s	343	200 cm/s	366	145 cm/s	389	90 cm/s	412	145 cm/s	435	145 cm/s		
321	200 cm/s	344	145 cm/s	367	145 cm/s	390	200 cm/s	413	90 cm/s	436	90 cm/s		
322	200 cm/s	345	90 cm/s	368	200 cm/s	391	90 cm/s	414	200 cm/s	437	90 cm/s		
323	145 cm/s	346	90 cm/s	369	200 cm/s	392	145 cm/s	415	90 cm/s	438	145 cm/s		

## APÊNDICE VI

Organização da prática aleatória na Pré-exposição (entativa 439-500) Legenda: tts = tentativas

tts	Velocidade	tts	Velocidade	tts	Velocidade	tts	Velocidade	tts	Velocidade	tts	Velocidade
439	200 cm/s	451	90 cm/s	463	200 cm/s	475	90 cm/s	487	200 cm/s	499	200 cm/s
440	90 cm/s	452	90 cm/s	464	145 cm/s	476	90 cm/s	488	90 cm/s	500	90 cm/s
441	90 cm/s	453	145 cm/s	465	145 cm/s	477	90 cm/s	489	145 cm/s		
442	200 cm/s	454	145 cm/s	466	90 cm/s	478	145 cm/s	490	200 cm/s		
443	145 cm/s	455	90 cm/s	467	90 cm/s	479	200 cm/s	491	200 cm/s		
444	200 cm/s	456	200 cm/s	468	145 cm/s	480	145 cm/s	492	200 cm/s		
445	90 cm/s	457	200 cm/s	469	200 cm/s	481	200 cm/s	493	145 cm/s		
446	145 cm/s	458	145 cm/s	470	90 cm/s	482	200 cm/s	494	90 cm/s		
447	90 cm/s	459	200 cm/s	471	200 cm/s	483	90 cm/s	495	145 cm/s		
448	200 cm/s	460	90 cm/s	472	145 cm/s	484	200 cm/s	496	90 cm/s		
449	145 cm/s	461	145 cm/s	473	200 cm/s	485	145 cm/s	497	200 cm/s		
450	200 cm/s	462	200 cm/s	474	200 cm/s	486	145 cm/s	498	145 cm/s		

## APÊNDICE VII

**Quadro 2** – Organização tentativas-controle e com perturbação Exposição

<u>tts</u>		<u>tts</u>		<u>tts</u>		<u>tts</u>	
1-4	↔	30	PII	61-63	↔	94	PI
5	PII	31-32	↔	64	PII	95-100	↔
6-8	↔	33	PII	65-68	↔	101	PII
9	PI	34-36	↔	69	PI	102-106	↔
10-11	↔	37	PII	70-72	↔	107	PI
12	PI	38-40	↔	73	PI	108-110	↔
13-14	↔	41	PII	74-78	↔	111	PII
15	PI	42-45	↔	79	PII	112-113	↔
16-18	↔	46	PI	80-81	↔	114	PII
19	PII	47-50	↔	82	PI	115-117	↔
20-22	↔	51	PI	83-85	↔	118	PI
23	PI	52-53	↔	86	PII	119-121	↔
24-26	↔	54	PII	87-89	↔	122	PII
27	PI	55-59	↔	90	PII	123-126	↔
28-29	↔	60	PI	91-93	↔	127	PI
						128-129	↔

**Legenda:** tts = tentativas; ↔ = tts controle; PI = perturbação I (aumento velocidade) e PII – perturbação II (redução velocidade).

## APÊNDICE VIII: Estudo piloto I

**Objetivo 1:** testar o funcionamento dos instrumentos.

**Objetivo 2:** familiarizar os pesquisadores com os instrumentos utilizados na coleta de dados.

**Objetivo 3:** testar a instrução verbal a ser fornecida na fase de Pré-exposição.

### Método

**Amostra:** três participantes compuseram a amostra para a realização deste piloto, sendo duas mulheres (participantes número um e número três) e um homem (participante número dois), com média de idade de 28,7 anos.

**Procedimentos:** Inicialmente os participantes assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). Após esclarecimento de todas as dúvidas e explicações necessárias referentes à participação no estudo piloto, os participantes receberam cinco demonstrações e uma instrução verbal (adaptação do estudo de Couto, 2012) contendo informações referentes à execução da TIMV.

**Tarefa:** interceptar o centro do alvo o máximo de vezes possível a partir da realização de um movimento rápido (200 a 250 ms) de flexão de ombro e extensão do cotovelo. Após cada tentativa havia fornecimento de *feedback* verbal e qualitativo referente ao tempo de movimento (TM) e referente à interceptação ou não do alvo (ver descrição do método dos experimentos I e II da tese). Cada participante realizou 77 tentativas<sup>3</sup>. A velocidade de deslocamento do alvo na fase de Pré-exposição foi de 145 cm/s (COUTO, 2012; SANTOS, 2015).

Após o fornecimento da instrução verbal foi solicitado aos participantes que informassem à pesquisadora a ocorrência de qualquer desconforto físico no membro superior direito em virtude da execução da tarefa.

### Informações referentes à tarefa:

Velocidade de deslocamento do alvo: 145 cm/s.

Distância entre o encosto da cadeira e a zona de interceptação: 328 cm.

---

<sup>3</sup> Número médio de tentativas realizado pelo grupo Estabilização para alcançar o desempenho critério no estudo de Santos (2015)

Comprimento do trilho de deslocamento do alvo: 253 cm

Distância percorrida pelo alvo até a zona de interceptação: 210 cm

Distância entre o centro da zona de interceptação e o final do trilho: 43 cm

Altura da zona de interceptação (centro) em relação ao chão: 125 cm

Largura do trilho do alvo: 4 cm (igual a altura do alvo)

Comprimento do alvo: 6 cm

Largura do trilho virtual do efetor: 4 cm (igual a largura do efetor virtual)

Comprimento do trilho do efetor virtual (entre a posição inicial e a zona de interceptação): 30 centímetros.

Massa do efetor físico: 2720 gramas

Todas as medições necessárias foram realizadas com trena digital a *laser* da marca BOSH®, DLE70, profissional. As especificações acima descritas se basearam em valores utilizados no estudo de Couto (2012) e foram testadas no presente piloto.

**Resultados:** participante número um: na 32ª tentativa, a participante número um queixou-se de desconforto no ombro em virtude do peso do efetor. Em virtude do desconforto que persistiu, a coleta de dados foi interrompida na 45ª tentativa.

Participante número dois: Ao ser questionado, ao final do experimento, o participante número dois relatou ter sentido um pequeno desconforto no “braço”. Além disso, ele destacou que para ele aquele representou “um desconforto suportável”.

Participante número três: na 47ª tentativa, a participante número três queixou-se de desconforto no “braço”. Em virtude do desconforto que persistiu, a coleta de dados foi interrompida na 58ª tentativa.

Alguns ajustes na cadeira precisaram ser realizados durante a coleta, uma vez que os pesquisadores observaram que os participantes apresentavam dificuldades em manter a postura solicitada no início do experimento.

Em relação à instrução verbal algumas observações foram feitas por um dos pesquisadores presente durante a realização do piloto. Após discussões entre os dois pesquisadores alguns



ajustes foram realizados na instrução verbal inicial. A descrição da instrução verbal atualizada encontra-se no apêndice IV.

**Conclusões:** o equipamento funcionou bem. Não houve qualquer problema operacional durante a coleta, apenas foram necessários ajustes na posição da cadeira. Em virtude das movimentações indesejadas durante a coleta decidimos criar uma ficha individual para anotação do ajuste de cada participante no dia da Pré-exposição. Os ajustes individuais foram utilizados no segundo dia da coleta (dia da fase de Exposição). Além disso, em virtude das queixas referentes ao desconforto no membro superior solicitamos a fabricação de outro efector com massa mais leve do que a utilizada no presente piloto. Este efector foi testado no estudo piloto II.

Em relação à instrução verbal, esta foi atualizada e encontra-se descrita no apêndice IV.

## APÊNDICE IX: Estudo piloto II

**Objetivo:** testar a massa do efetor.

**Amostra:** a amostra foi composta por três participantes do sexo feminino com média de idade de 25,8 anos.

**Procedimentos:** inicialmente as participantes assinaram um TCLE. Após esclarecimento de todas as dúvidas e explicações necessárias referentes à participação no estudo piloto, as participantes receberam cinco demonstrações e uma instrução verbal contendo informações referentes à execução da TIMV.

**Tarefa:** interceptar o centro alvo o máximo de vezes possível a partir da realização de um movimento rápido (200 a 250 ms) de flexão de ombro e extensão do cotovelo. Após cada tentativa havia fornecimento de *feedback* verbal e qualitativo referente ao tempo de movimento e referente à interceptação ou não do alvo (ver descrição do método dos experimentos I e II da tese). Foram realizadas 77 tentativas (SANTOS, 2015) e, a cada sete tentativas a pesquisadora perguntava às voluntárias se sentiam qualquer desconforto no membro superior direito em virtude da massa do efetor. A velocidade de deslocamento do alvo na fase de Pré-exposição foi de 145 cm/s.

Após o fornecimento da instrução verbal foi solicitado às participantes que informassem à pesquisadora sobre a ocorrência de qualquer desconforto físico no membro superior direito em virtude da execução da tarefa.

### **Informações referentes à tarefa:**

Velocidade de deslocamento do alvo: 145 cm/s.

Distância entre o encosto da cadeira e a zona de interceptação: 328 cm.

Comprimento do trilho de deslocamento do alvo: 253 cm

Distância percorrida pelo alvo até a zona de interceptação: 210 cm

Distância entre o centro da zona de interceptação e o final do trilho: 43 cm

Altura da zona de interceptação (centro) em relação ao chão: 125 cm

Largura do trilho do alvo: 4 cm (igual a altura do alvo)

Comprimento do alvo: 6 cm

Largura do trilho virtual do efetor: 4 cm (igual a largura do efetor virtual)

Comprimento do trilho do efetor virtual (entre a posição inicial e a zona de interceptação): 30 centímetros.

Massa do efetor físico: 2020 gramas

Todas as medições necessárias foram realizadas com trena digital a *laser* da marca BOSH®, DLE70, profissional. As especificações acima descritas se basearam em valores utilizados no estudo de Couto (2012) e foram testadas no estudo piloto I.

**Resultados:** nenhuma voluntária interrompeu o experimento para queixar-se de desconforto no membro superior em virtude da execução da tarefa. Nenhuma voluntária respondeu sim quando foi questionada a respeito de desconforto, nem durante nem no final da tarefa. Ao final do experimento quando foram questionadas a respeito de desconforto, de uma forma geral duas delas relataram apenas que consideravam que o alvo de cor verde era muito claro. Após recebimento deste *feedback* resolvemos testar entre nós (três pesquisadores) e optamos por trocar a cor do alvo de verde para azul (como apresentado na figura 5 do tópico método do experimento I).

**Conclusão:** a massa do efetor de 2020 gramas foi mantida para a execução dos demais pilotos e experimentos realizados nesta tese, assim como as demais demarcações e ajustes apresentados acima no tópico intitulado “informações referentes à tarefa”.

## APÊNDICE X: Estudo piloto III

**Objetivo:** testar a instrução verbal a ser fornecida na fase de Exposição.

### Método

**Amostra:** quatro participantes compuseram a amostra para a realização deste piloto, sendo duas mulheres (participantes número dois e número três) e dois homens (participantes número um e número quatro), com média de idade de 24,8 anos.

**Tarefa:** interceptar o centro do alvo o máximo de vezes possível a partir da realização de um movimento rápido (200 a 250 ms) de flexão de ombro e extensão do cotovelo. Após cada tentativa havia fornecimento de *feedback* verbal e qualitativo referente ao tempo de movimento (TM) e referente à interceptação ou não do alvo (ver descrição do método dos experimentos I e II da tese).

**Procedimentos:** inicialmente os participantes assinaram um TCLE. Após esclarecimento de todas as dúvidas e explicações necessárias referentes à participação no estudo piloto deu-se início à fase de Pré-exposição. Foi fornecido aos participantes cinco demonstrações e uma instrução verbal (testada no estudo piloto II) contendo informações referentes à execução da TIMV e detalhes referentes àquela fase. Após a primeira fase foi dado um intervalo de dez minutos antes do início da segunda (fase de Exposição). Antes de iniciar a segunda fase os participantes receberam uma instrução verbal contendo informações referentes à execução da tarefa e detalhes referentes àquela fase (ver apêndice V).

**Delineamento:** este estudo piloto foi composto por duas fases: Pré-exposição e Exposição. Na Pré-exposição os participantes realizaram 77 tentativas (SANTOS, 2015). A velocidade de deslocamento do alvo na fase de Pré-exposição foi de 145 cm/s. A fase de Exposição aconteceu dez minutos após a Pré-exposição. Nesta fase foram realizadas 129 tentativas sendo 30 delas com perturbações visuais imprevisíveis. As perturbações consistiram em modificações na velocidade de deslocamento do alvo imediatamente após o participante iniciar o movimento. As modificações aconteceram em duas magnitudes.

**Resultados:** para inferirmos se a instrução verbal foi compreendida ou não, nós avaliamos as seguintes variáveis:

- Relatos dos participantes.
- Observação dos pesquisadores em relação ao comprometimento do participante com as metas de interceptar o alvo e ao mesmo tempo realizar o TM correto. Observamos se o participante estava comprometido em alcançar as metas da tarefa, já que, a má compreensão da instrução fornecida poderia resultar em não comprometimento com uma ou outra meta ou até mesmo com ambas.
- Execução do TM correto.

Em relação ao relato dos participantes temos os seguintes resultados:

Ao serem questionados, os participantes relataram ter compreendido as instruções fornecidas.

Em relação às observações feitas pelos pesquisadores:

Foi observado que a participante número três não compreendeu corretamente a relação entre a meta relacionada ao TM e a meta relacionada à interceptação. Ela preocupou-se apenas em realizar o movimento “rápido”, independente da posição do alvo em relação à zona de interceptação. Nós realmente esperávamos que isso pudesse acontecer, uma vez que este também foi um comportamento comum observado nos estudos de Couto (2012) e de Santos (2015).

Em relação à execução do TM correto, os participantes foram orientados a executarem a tarefa com TMs entre 200 e 250 milissegundos. Estes TMs foram praticados na fase de Pré-exposição e deveriam ser executados durante a fase de Exposição. Para que isso acontecesse, a instrução verbal fornecida nesta fase destacou a importância de se manter o TM praticado na fase anterior. Para verificarmos se esta informação foi compreendida realizamos uma análise descritiva com a média do TM dos quatro participantes em cada uma das dez primeiras tentativas sem perturbação da fase de Exposição. A tabela 1 apresenta a média do TM dos quatro sujeitos em cada uma das dez tentativas analisadas, podemos observar que os TMs apresentados encontram-se dentro dos valores requeridos para a tarefa utilizada nesta tese.

**Tabela 1** – Média do TM dos quatro sujeitos nas dez primeiras tentativas da Exposição

Tentativa	TM (ms)
1	228
2	226
3	224
4	216
5	226
6	248
7	238
8	243
9	228
10	230
<b>Média</b>	<b>231</b>

**Conclusão:** A análise em conjunto das três variáveis consideradas neste estudo piloto (relato dos participantes, observações dos pesquisadores e execução correta do TM) resultou na realização de alguns ajustes na instrução verbal utilizada na fase de Exposição. Esta instrução foi utilizada nos demais pilotos e estudos desta tese e encontra-se descrita no apêndice V.

## APÊNDICE XI: Estudo piloto (IV)

**Objetivo:** Testar as velocidades a serem inseridas como perturbações.

### Método

**Amostra:** quatro participantes compuseram a amostra para a realização deste piloto, sendo uma mulher (participante número um) e três homens (participantes número dois, três e quatro), com média de idade de 28,6 anos.

**Tarefa:** interceptar o centro do alvo o máximo de vezes possível a partir da realização de um movimento rápido (200 a 250 ms) de flexão de ombro e extensão do cotovelo. Após cada tentativa havia fornecimento de *feedback* verbal e qualitativo referente ao tempo de movimento (TM) e referente à interceptação ou não do alvo (ver descrição do método dos experimentos I e II da tese).

**Procedimentos:** inicialmente os participantes assinaram um TCLE. Após esclarecimento de todas as dúvidas e explicações necessárias referentes à participação no estudo piloto deu-se início à fase de Pré-exposição. Foi fornecido aos participantes cinco demonstrações e uma instrução verbal (testada no estudo piloto I) contendo informações referentes à execução da TIMV. Após a primeira fase foi dado um intervalo de dez minutos antes do início da segunda (fase de Exposição). Antes do início da fase de Exposição também foi fornecida a instrução verbal (APÊNDICE V) testada no estudo piloto III (descrição do estudo piloto no apêndice X). Após o fornecimento da instrução verbal foi solicitado ao (a) participante que avisasse à pesquisadora sempre que notasse qualquer modificação na velocidade de deslocamento do alvo.

**Delineamento:** este estudo piloto foi composto por duas fases: Pré-exposição e Exposição. Na Pré-exposição os participantes realizaram 77 tentativas (SANTOS, 2015). A velocidade de deslocamento do alvo na fase de Pré-exposição foi de 145 cm/s. A fase de Exposição aconteceu vinte quatro horas após a Pré-exposição. Nesta fase foram realizadas 129 tentativas sendo 30 delas com perturbações visuais imprevisíveis. As perturbações consistiram em modificações na velocidade de deslocamento do alvo imediatamente após o participante iniciar o movimento.

**Descrição da fase de exposição:** das 129 tentativas, 99 eram tentativas-controle (velocidade de deslocamento do alvo = 145 cm/s). Em outras 15 tentativas o alvo iniciava o deslocamento a 145 cm/s, entretanto, imediatamente após o (a) participante iniciar o movimento a velocidade do alvo aumentava para 162,5 (Perturbação I). Em outras 15 tentativas o alvo iniciava o deslocamento a 145 cm/s, entretanto, imediatamente após o participante iniciar seu movimento a velocidade do alvo diminuía para 135,5 (Perturbação II).

**Variáveis analisadas:**

- Relatos dos participantes.
- Erro constante (cm).

**Resultados**

**Relatos**

**Participante número um nas perturbações I:** Das 15 perturbações I este participante só apontou corretamente para as de número 82 e 118. Além disso, na perturbação 82 este participante respondeu: *“eu acho que aumentou”*.

**Participante número um nas perturbações II:** Das 15 perturbações II este participante apontou corretamente para as de número 19, 30 e 54.

**Participante número dois nas perturbações I e II:** Relatou não ter percebido modificação alguma.

**Participante número três nas perturbações I:** Das 15 perturbações I este participante só apontou corretamente para as de número 23, 69 e 94.

**Participante número três nas perturbações II:** Das 15 perturbações II este participante apontou corretamente para as de número 5 (questionou: *“diminui?”*), 30 e 122.

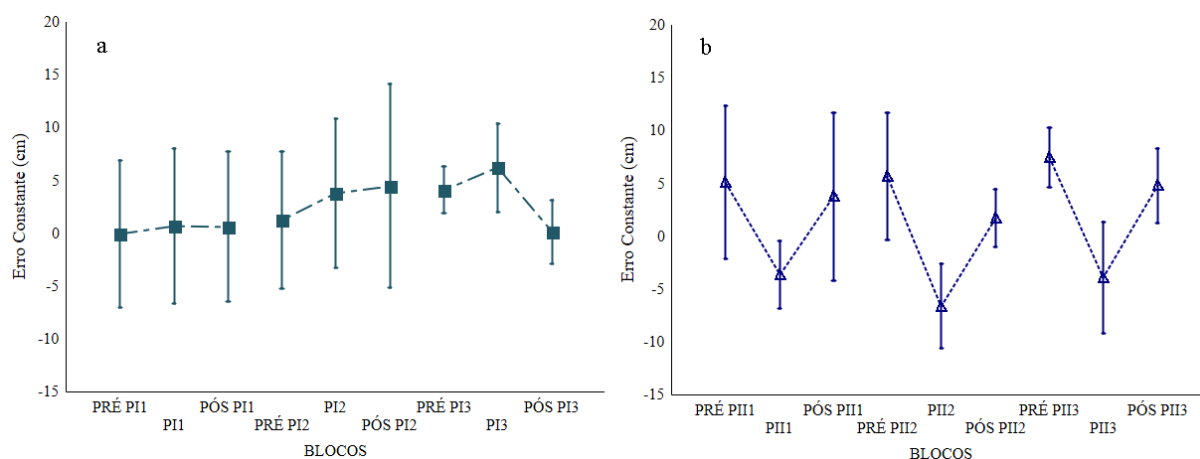
**Participante número quatro nas perturbações I:** Das 15 perturbações I este participante só apontou corretamente para a de número 46.

**Participante número quatro nas perturbações II:** Das 15 perturbações II este participante apontou corretamente para as de número 19, 30, 90 e 122.

O gráfico 47a apresenta os valores médios e intervalo de confiança da variável dependente EC (cm) dos quatro participantes que compuseram a amostra deste estudo nos blocos Pré PII,



PI1, Pós PI1; Pré PI2, PI2, Pós PI2; Pré PI3, PI3, Pós PI3. A ANOVA *one way* com medidas repetidas no fator blocos não identificou diferenças entre os blocos  $F(8, 24)=1,17$ ;  $p=0,35$ ;  $\eta=0,28$ . Em relação à perturbação II o gráfico 47b apresenta os valores médios e intervalo de confiança da variável dependente EC (cm) dos quatro participantes que compuseram a amostra deste estudo nos blocos Pré PII1, PII1, Pós PII1; Pré PII2, PII2, Pós PII2; Pré PII3, PII3, Pós PII3. A ANOVA *one way* com medidas repetidas no fator blocos identificou diferenças entre os blocos  $F(8, 24)=10,16$ ;  $p=0,01$   $\eta=0,77$ . O *post hoc* de Tukey detectou que diante de PII1, PII2 e PII3 houve antecipação da chegada do efetor à zona de interceptação em relação ao alvo ( $p<0,01$ ). Após a retirada da perturbação o desempenho prévio foi retomado em todos os blocos ( $p>0,70$ ).



**Gráfico 47 - a)** Média do erro constante espacial (cm) dos quatro participantes diante de Pré PI1, PI1, PósPI1; Pré PI2, PI2, Pós PI2; Pré PI3, PI3 e Pós PI3. **b)** Média do erro constante espacial (cm) dos quatro participantes diante de ESP-ALEA em Pré PII1, PII1, Pós PII1; Pré PII2, PII2, Pós PII2; Pré PII3, PII3 e Pós PII3. As barras verticais indicam o intervalo de confiança em 95%.

**Conclusão:** nossos resultados indicam que, apenas a velocidade inserida para a perturbação II realmente representou uma perturbação. Em virtude destes achados uma nova velocidade foi proposta para representar a perturbação II e conseqüentemente uma nova velocidade também foi proposta para a perturbação I. Cabe destacar que, apesar de a velocidade inserida para a perturbação II no presente estudo piloto ter representado uma perturbação, diferentemente da perturbação I, esta foi modificada e testada no estudo piloto descrito no apêndice XII. A lógica respeitada para tal modificação foi a de manter a mesma magnitude de mudança para o aumento e para a redução da velocidade nas perturbações em relação à velocidade das tentativas-controle.

## APÊNDICE XII: Estudo piloto (V)

**Objetivo:** Testar as velocidades 172,5 e 125,5 cm/s a serem inseridas como perturbações.

### Método

**Amostra:** cinco participantes compuseram a amostra para a realização deste piloto, sendo três mulheres (participantes número um, três e quatro) e dois homens (participantes número dois e cinco), com média de idade de 30,2 anos.

**Tarefa:** interceptar o centro do alvo o máximo de vezes possível a partir da realização de um movimento rápido (200 a 250 ms) de flexão de ombro e extensão do cotovelo. Após cada tentativa havia fornecimento de *feedback* verbal e qualitativo referente ao tempo de movimento (TM) e referente à interceptação ou não do alvo (ver descrição do método dos experimentos I e II da tese).

**Procedimentos:** inicialmente os participantes assinaram um TCLE. Após esclarecimento de todas as dúvidas e explicações necessárias referentes à participação no estudo piloto deu-se início à fase de Pré-exposição. Foi fornecido aos participantes cinco demonstrações e uma instrução verbal (testada no estudo piloto I) contendo informações referentes à execução da TIMV. Após a primeira fase foi dado um intervalo de dez minutos antes do início da segunda (fase de Exposição). Antes do início da fase de Exposição também foi fornecida a instrução verbal testada no estudo piloto III (APÊNDICE V). Após o fornecimento da instrução verbal foi solicitado ao (a) participante que avisasse à pesquisadora sempre que notasse qualquer modificação na velocidade de deslocamento do alvo.

**Delineamento:** este estudo piloto foi composto por duas fases: Pré-exposição e Exposição. Na Pré-exposição os participantes realizaram 77 tentativas (SANTOS, 2015). A velocidade de deslocamento do alvo na fase de Pré-exposição foi de 145 cm/s. A fase de Exposição aconteceu vinte quatro horas após a Pré-exposição. Nesta fase foram realizadas 129 tentativas sendo 30 delas com perturbações visuais imprevisíveis. As perturbações consistiram em modificações na velocidade de deslocamento do alvo imediatamente após o participante iniciar o movimento.

**Descrição da fase de exposição:** das 129 tentativas, 99 eram tentativas-controle (velocidade de deslocamento do alvo = 145 cm/s). Em outras 15 tentativas o alvo iniciava o deslocamento a 145 cm/s, entretanto, imediatamente após o (a) participante iniciar o movimento a velocidade do alvo aumentava para 172,5 (Perturbação I). Em outras 15 tentativas o alvo iniciava o deslocamento a 145 cm/s, entretanto, imediatamente após o participante iniciar seu movimento a velocidade do alvo diminuía para 125,5 (Perturbação II).

**Variáveis analisadas:**

- Relatos dos participantes.
- Erro constante (cm).

**Resultados**

**Relatos**

**Participante número um nas perturbações I:** Das 15 perturbações I esta participante só apontou corretamente para as de número 82 e 118. Além disso, na perturbação 82 esta participante respondeu: *“eu acho que aumentou”*.

**Participante número um na perturbação II:** Das 15 perturbações II esta participante apontou corretamente para as de número 19, 30 e 54.

**Participante número dois:** Relatou não ter percebido modificação em várias tentativas aleatórias nas quais não havia inserção de perturbação.

**Participante número dois nas perturbações I:** Das 15 perturbações I este participante só apontou corretamente para as de número 15, 46, 94 e 107.

**Participante número dois nas perturbações II:** Das 15 perturbações II este participante apontou corretamente para as de número 19, 30, 37, 64, 86, 90 e 122.

**Participante número três nas perturbações I:** Relatou ter percebido modificações nas perturbações 46, 51, 69, 82, 94 e 118.

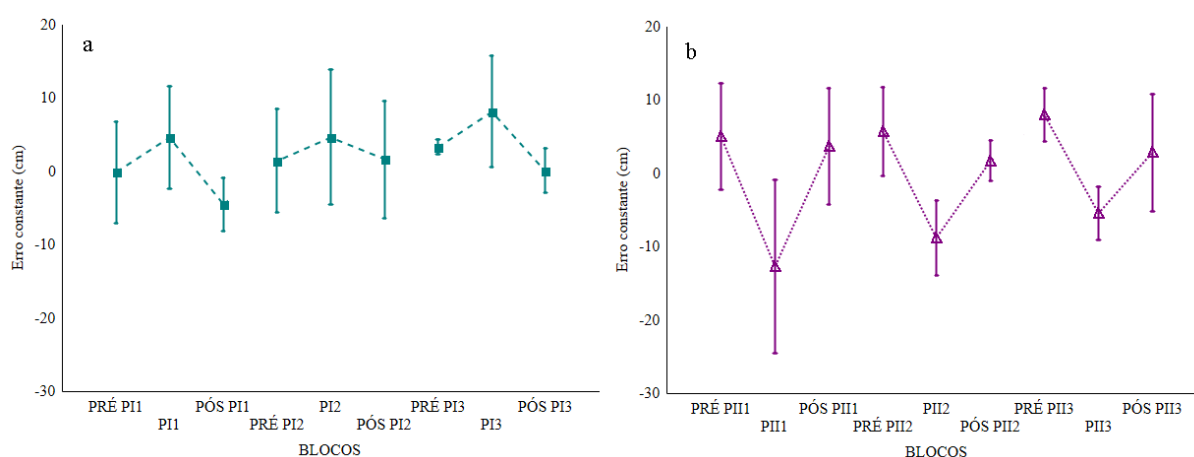
**Participante número três nas perturbações II:** Relatou ter percebido modificações nas perturbações 05 (disse: *“eu acho que diminuiu”*), 41 e 90.

No meio da fase esta participante interrompeu o experimento para perguntar em quantas tentativas haveria inserção de perturbação. Foi-lhe respondido que não poderíamos esclarecer esta dúvida antes do final da fase.

**Participante número quatro nas perturbações I:** Em três tentativas aleatórias (3, 82 e 90) a participante questionou: “*aumentou?*”. Nós a respondemos que não poderíamos esclarecer a dúvida antes do fim do experimento.

**Participante número quatro nas perturbações II:** Relatou ter percebido modificações nas perturbações 19, 30, 37, 54, 86, 90 e 114.

O gráfico 48a apresenta os valores médios e intervalo de confiança da variável dependente EC (cm) dos cinco participantes que compuseram a amostra deste estudo nos blocos Pré PI1, PI1, Pós PI1; Pré PI2, PI2, Pós PI2; Pré PI3, PI3, Pós PI3. A ANOVA *one way* com medidas repetidas no fator blocos não identificou diferenças entre os blocos  $F(8, 24)=2,89$ ;  $p=0,02$ ;  $\eta=0,49$ . O *post hoc* de Duncan apontou que no bloco Pós PI1 e Pós PI3 o efetor chegou adiantado à zona de interceptação quando comparado ao bloco com perturbação, PI1 e PI3 ( $p<0,01$ ). Este comportamento que reflete o efeito da perturbação inserida nas tentativas prévias. Em relação à perturbação II o gráfico 48b apresenta os valores médios e intervalo de confiança da variável dependente EC (cm) dos quatro participantes que compuseram a amostra deste estudo nos blocos Pré PII1, PII1, Pós PII1; Pré PII2, PII2, Pós PII2; Pré PII3, PII3, Pós PII3. A ANOVA *one way* com medidas repetidas no fator blocos identificou diferenças entre os blocos  $F(8, 24)=10,64$ ;  $p=0,01$   $\eta=0,78$ . O *post hoc* de Duncan detectou que diante de PII1, PII2 e PII3 houve antecipação da chegada do efetor à zona de interceptação em relação ao alvo ( $p<0,01$ ). Após a retirada da perturbação o desempenho prévio foi retomado em todos os blocos ( $p>0,14$ ).



**Gráfico 48 - a)** Média do erro constante espacial (cm) dos quatro participantes diante de Pré PI1, PI1, PósPI1; Pré PI2, PI2, Pós PI2; Pré PI3, PI3 e Pós PI3. **b)** Média do erro constante espacial (cm) dos quatro participantes

diante de ESP-ALEA em Pré PII1, PII1, Pós PII1; Pré PII2, PII2, Pós PII2; Pré PII3, PII3 e Pós PII3. As barras verticais indicam o intervalo de confiança em 95%.

**Conclusão:** diante dos resultados acima descritos, decidimos adotar as velocidades testadas no presente estudo piloto como perturbações I (172,5) e II (125,5) nos demais estudos piloto experimentos conduzidos na presente tese.

### APÊNDICE XIII: Estudo piloto (VI)

**Objetivo 1:** definir o desempenho critério para os grupos Estabilização-aleatória e Estabilização-constante.

**Objetivo 2:** definir o desempenho critério para os grupos Especialização-aleatória e Especialização-constante.

**Amostra:** oito participantes (quatro homens e quatro mulheres). A média de idade dos participantes foi de 26,6 anos. Todos os participantes eram estudantes do curso de Educação Física do Centro Universitário Metodista Izabela Hendrix.

**Procedimentos:** Inicialmente os participantes assinaram um TCLE. Após esclarecimento de todas as dúvidas e explicações necessárias referentes à participação no estudo piloto, os participantes receberam cinco demonstrações e uma instrução verbal (ver APÊNDICE IV) contendo informações referentes à execução da TIMV. Em seguida sentaram na cadeira posicionada ao lado do trilho físico, neste momento foram realizados os ajustes necessários e fixação dos cintos a fim de impedir a realização de movimentos acessórios do tronco durante a execução da tarefa.

**Delineamento:** este estudo piloto foi composto por duas fases: Pré-exposição e Exposição. Na Pré-exposição os participantes foram divididos em dois grupos de prática: Estabilização-aleatória (EST-ALEA) e Estabilização-constante (EST-CONS). Destaco que apenas foi testado o desempenho critério para os grupos EST-ALEA e EST-CONS porque assumimos que, uma vez que a adaptação acontece para este nível esta também deve acontecer para o nível Especialização. Logo, apenas o critério referente ao número de tentativas por blocos foi definido para o grupo Especialização neste piloto. Este critério foi definido como sendo o mesmo número de tentativas realizado pelo grupo Estabilização. A quantidade de blocos (seis blocos) para o grupo Especialização foi mantido de acordo com Couto (2012), Fonseca *et al.*, (2012) e Santos (2015). Ainda em relação à fase de Pré Exposição, ambos os grupos (EST-ALEA e EST-CONS) foram orientados a praticar a tarefa até interceptar o alvo por quatro vezes consecutivas. Este critério inicial foi estabelecido com base no estudo de Santos (2015) e está sendo testado porque, apesar de a autora também ter utilizado uma tarefa de interceptação a alvo móvel e virtual o equipamento utilizado para a movimentação do efector foi um *tablete* e o efector físico foi uma caneta com dispositivo *wireless*. No estudo atual o

deslocamento do efetor se deu sobre uma guia linear de *nylon* e o efetor físico foi construído por material de alumínio com tamanho e formato totalmente diferentes do utilizado no estudo anterior. Em relação à estruturação da prática, o grupo EST-ALEA praticou a tarefa até interceptar o alvo por quatro vezes consecutivas sendo que, a velocidade de deslocamento do alvo variava em três magnitudes de forma aleatória (ver quadro I no apêndice VI). As velocidades de deslocamento manipuladas foram: 90 cm/s, 145 cm/s e 200 cm/s. Todas estas velocidades foram utilizadas no estudo de Couto (2012). Por outro lado, o grupo EST-CONS praticou a tarefa até interceptar o alvo por quatro vezes consecutivas sendo que, a velocidade de deslocamento do alvo não modificava, ou seja, a prática deste grupo foi estruturada de forma constante. A velocidade de deslocamento foi de 145 cm/s.

A fase de Exposição aconteceu 24 horas após a Pré-exposição. Na Exposição ambos os grupos realizaram 129 tentativas sendo 30 delas com perturbações visuais imprevisíveis. As perturbações consistiram em modificações na velocidade de deslocamento do alvo imediatamente após o participante iniciar o movimento. As modificações aconteceram em duas magnitudes e foram testadas em estudo piloto (APÊNDICE XII). A perturbação I (PI) consistiu no aumento da velocidade de deslocamento do alvo e a perturbação II (PII) na redução. Foram inseridas quinze PI e quinze PII aleatoriamente. Importante ressaltar que este número de perturbações está sendo adaptado do estudo de Couto (2012) (Ver descrição do método do Experimento I).

**Pressuposto considerado:** a ocorrência de adaptação frente à PI e à PII nos permitiu assumir que o critério de desempenho testado foi adequado para a tarefa utilizada, independente do número de blocos.

**Análises:** para analisar se o desempenho critério estabelecido permitiria a ocorrência da adaptação frente a perturbações visuais imprevisíveis, as tentativas da fase de Exposição foram organizadas em três blocos de perturbação I (PI) e três blocos de perturbação II (PII) compostos por três tentativas. Cada um dos blocos foi definido da seguinte forma:

- Bloco Pré PII (bloco Pré-perturbação) = média das cinco tentativas que antecederiam a primeira, a segunda, a terceira, a quarta e a quinta perturbação I. Bloco PI1 (bloco com perturbação) = média das cinco primeiras tentativas com perturbação I. Bloco pós PII (bloco Pós-perturbação) = média das cinco tentativas que sucediam a primeira, a segunda, a terceira, a quarta e a quinta perturbação I. Para analisar se houve adaptação

e também a competência do grupo em retomar o desempenho no bloco pós-perturbação foi utilizada uma ANOVA *one way* com medidas repetidas no fator blocos. O comportamento do grupo no bloco Pós PI1 permitiu fazer inferências a respeito da competência em retomar ou não o desempenho prévio à perturbação, caso a precisão tenha reduzido no bloco PI1.

- Bloco Pré PI2 (bloco Pré-perturbação) = média das cinco tentativas que antecederiam a sexta, a sétima, a oitava, a nona e a décima perturbação I. Bloco PI2 (bloco com perturbação) = média da sexta, da sétima, da oitava, da nona e da décima tentativa com perturbação I. Bloco pós PI2 (bloco Pós-perturbação) = média das cinco tentativas que sucediam a quarta, a quinta e a sexta perturbação I. Para analisar se houve adaptação e também a competência do grupo em retomar o desempenho no bloco pós-perturbação foi utilizada uma ANOVA *one way* com medidas repetidas no fator blocos. A manutenção do desempenho apresentado em Pré PI2 no bloco PI2 permitiu assumir adaptação. O comportamento do grupo no bloco Pós PI2 permitiu fazer inferências a respeito da competência em retomar ou não o desempenho prévio à perturbação, caso a precisão tenha reduzido no bloco PI2.
- Bloco Pré PI3 (bloco Pré-perturbação) = média das cinco tentativas que antecederiam a 11<sup>a</sup>, a 12<sup>a</sup>, a 13<sup>a</sup>, a 14<sup>a</sup> e a 15<sup>a</sup> perturbação I. Bloco PI3 (bloco com perturbação) = média da 11<sup>a</sup>, 12<sup>a</sup>, 13<sup>a</sup>, 14<sup>a</sup> e 15<sup>a</sup> tentativas com perturbação I. Bloco pós PI3 (bloco Pós-perturbação) = média das cinco tentativas que sucediam 11<sup>a</sup>, 12<sup>a</sup>, 13<sup>a</sup>, 14<sup>a</sup> e 15<sup>a</sup> perturbação I. Para analisar se houve adaptação e também a competência do grupo em retomar o desempenho no bloco pós-perturbação, foi utilizada uma ANOVA *one way* com medidas repetidas no fator blocos. A manutenção do desempenho apresentado em Pré PI3 no bloco PI3 permitiu assumir adaptação. O comportamento do grupo no bloco Pós PI3 permitiu fazer inferências a respeito da competência em retomar ou não o desempenho prévio à perturbação, caso a precisão tenha reduzido no bloco PI3.
- Bloco Pré PII1 (bloco Pré-perturbação) = média das cinco tentativas que antecederiam a primeira, a segunda, a terceira, a quarta e a quinta perturbação II. Bloco PII1 (bloco com perturbação) = média das cinco primeiras tentativas com perturbação II. Bloco pós PII1 (bloco Pós-perturbação) = média das cinco tentativas que sucediam a primeira, a segunda, a terceira, a quarta e a quinta tentativa com perturbação II. Para analisar se houve adaptação e também a competência do grupo em retomar o desempenho no bloco pós-perturbação foi utilizada uma ANOVA *one way* com medidas repetidas no fator blocos. O comportamento do grupo no bloco Pós PII2



permitiu fazer inferências a respeito da competência em retomar ou não o desempenho prévio à perturbação, caso a precisão tenha reduzido no bloco PII1.

- Bloco Pré PII2 (bloco Pré-perturbação) = média das cinco tentativas que antecederiam a sexta, a sétima, a oitava, a nona e a décima tentativa com perturbação II. Bloco PII2 (bloco com perturbação) = média da sexta, sétima, oitava, nona e décima tentativa com perturbação II. Bloco pós PII2 (bloco Pós-perturbação) = média das cinco tentativas que sucediam a sexta, sétima, oitava, nona e décima tentativa com perturbação II. Para analisar se houve adaptação e também a competência do grupo em retomar o desempenho no bloco pós-perturbação foi utilizada uma ANOVA *one way* com medidas repetidas no fator blocos. A manutenção do desempenho apresentado em Pré PII2 no bloco PII2 permitiu assumir adaptação. O comportamento do grupo no bloco Pós PII2 permitiu fazer inferências a respeito da competência em retomar ou não o desempenho prévio à perturbação, caso a precisão tenha reduzido no bloco PII2.
- Bloco Pré PII3 (bloco Pré-perturbação) = média das cinco tentativas que antecederiam a 11<sup>a</sup>, a 12<sup>a</sup>, a 13<sup>a</sup>, a 14<sup>a</sup> e a 15<sup>a</sup> tentativa com perturbação II. Bloco PII3 (bloco com perturbação) = média da 11<sup>a</sup>, 12<sup>a</sup>, 13<sup>a</sup>, 14<sup>a</sup> e 15<sup>a</sup> tentativa com perturbação II. Bloco pós PII3 (bloco Pós-perturbação) = média das cinco tentativas que sucediam a média da 11<sup>a</sup>, 12<sup>a</sup>, 13<sup>a</sup>, 14<sup>a</sup> e 15<sup>a</sup> tentativa com perturbação II. Para analisar se houve adaptação e também a competência do grupo em retomar o desempenho no bloco pós-perturbação foi utilizada uma ANOVA *one way* com medidas repetidas no fator blocos. A manutenção do desempenho apresentado em Pré PII3 no bloco PII3 permitiu assumir adaptação. O comportamento do grupo no bloco Pós PII3 permitiu fazer inferências a respeito da competência em retomar ou não o desempenho prévio à perturbação, caso a precisão tenha reduzido no bloco PII3.

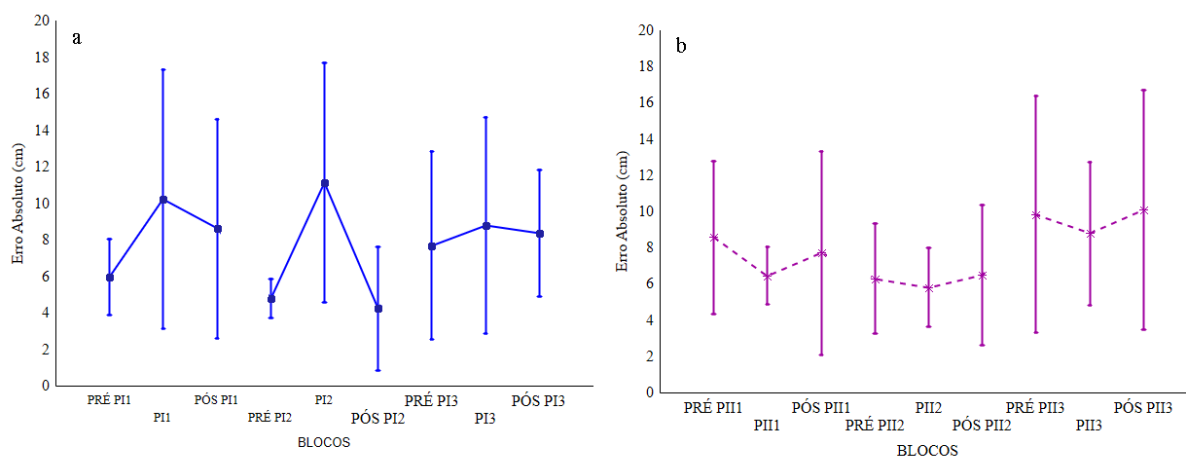
## Resultados

### Grupo Estabilização-Aleatória (EST-ALEA)

#### Perturbações I e II

O gráfico 49a apresenta os valores médios e intervalo de confiança da variável dependente Erro Absoluto (EA) em centímetros (cm) do grupo EST-ALEA nos blocos Pré PI1, PI1, Pós PI1; Pré PI2, PI2, Pós PI2; Pré PI3, PI3, Pós PI3. A ANOVA *one way* com medidas repetidas no fator blocos identificou diferenças entre os blocos  $F(8, 24)=2,87$ ;  $p=0,02$ ;  $\eta=0,48$ . O *post hoc* de Duncan detectou que a precisão do desempenho diminuiu diante de PI2 quando comparado a Pré PI2 ( $p<0,03$ ), entretanto, após a retirada da perturbação, no bloco Pós PI2, a

precisão do desempenho foi retomada ( $p=0,78$ ). Em relação à perturbação II o gráfico 49b apresenta os valores médios e intervalo de confiança da variável dependente EA (cm) do grupo EST-ALEA nos blocos Pré PII1, PII1, Pós PII1; Pré PII2, PII2, Pós PII2; Pré PII3, PII3, Pós PII3. A ANOVA *one way* com medidas repetidas no fator blocos não identificou qualquer diferenças entre os blocos  $F(8, 24)=1,30$ ;  $p=0,28$ ;  $\eta=0,30$ .

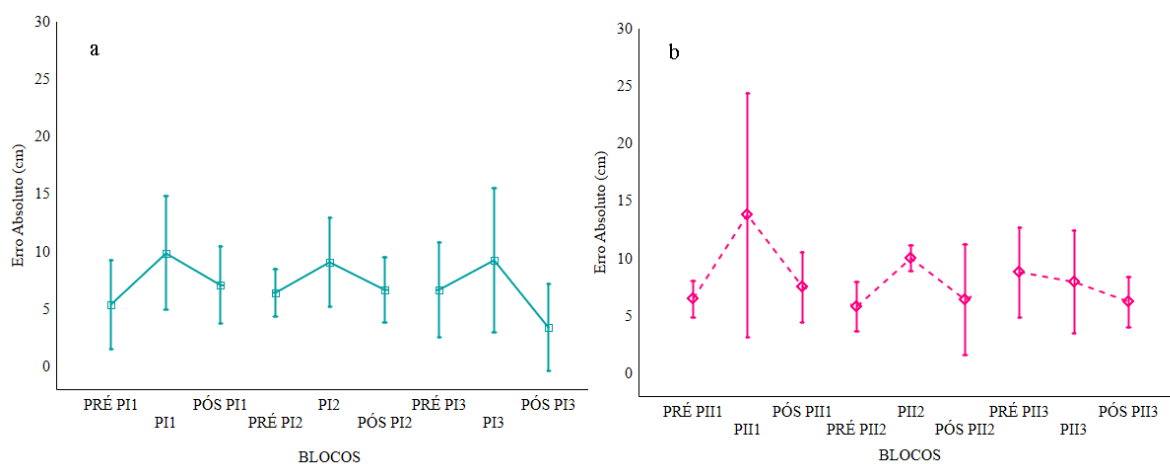


**Gráfico 49** - a) Média do erro absoluto espacial (cm) do grupo ESP-ALEA em Pré PI1, PI1, PósPI1; Pré PI2, PI2, Pós PI2; Pré PI3, PI3 e Pós PI3. b) Média do erro absoluto espacial (cm) do grupo ESP-ALEA em Pré PII1, PII1, Pós PII1; Pré PII2, PII2, Pós PII2; Pré PII3, PII3 e Pós PII3. As barras verticais indicam o intervalo de confiança em 95%.

## Grupo Estabilização-Constante (EST-CONS)

### Perturbações I e II

O gráfico 50a apresenta os valores médios e intervalo de confiança da variável dependente EA (cm) do grupo EST-CONS nos blocos Pré PI1, PI1, Pós PI1; Pré PI2, PI2, Pós PI2; Pré PI3, PI3, Pós PI3. A ANOVA *one way* com medidas repetidas no fator blocos identificou diferenças entre os blocos  $F(8, 24)=2,40$ ;  $p=0,04$ ;  $\eta=0,44$ . O *post hoc* de Duncan detectou que a precisão do desempenho diminuiu diante de PI1 quando comparado a Pré PI1 ( $p<0,04$ ), entretanto, após a retirada da perturbação, no bloco Pós PI2, a precisão do desempenho foi retomada ( $p=0,43$ ). Em relação à perturbação II o gráfico 50b apresenta os valores médios e intervalo de confiança da variável dependente EA (cm) do grupo EST-CONS nos blocos Pré PII1, PII1, Pós PII1; Pré PII2, PII2, Pós PII2; Pré PII3, PII3, Pós PII3. A ANOVA *one way* com medidas repetidas no fator blocos identificou diferenças entre os blocos  $F(8, 24)=2,98$ ;  $p=0,01$   $\eta=0,49$ . O *post hoc* de Duncan detectou que a precisão do desempenho diminuiu diante de PII1 quando comparado a Pré PII1 ( $p<0,03$ ), entretanto, após a retirada da perturbação, no bloco Pós PII1, a precisão do desempenho foi retomada ( $p=0,10$ ).



**Gráfico 50** - a) Média do erro absoluto espacial (cm) do grupo ESP-CONS em Pré PI1, PI1, PósPI1; Pré PI2, PI2, Pós PI2; Pré PI3, PI3 e Pós PI3. b) Média do erro absoluto espacial (cm) do grupo ESP-CONS em Pré PII1, PII1, Pós PII1; Pré PII2, PII2, Pós PII2; Pré PII3, PII3 e Pós PII3. As barras verticais indicam o intervalo de confiança em 95%.

**Conclusão:** diante dos resultados apresentados por ambos os grupos frente à PI e à PII e também do pressuposto estabelecido para este estudo piloto, decidimos assumir o desempenho critério de um bloco de quatro tentativas consecutivas corretas para os grupos Estabilização e, seis blocos (COUTO, 2012; FONSECA *et al.*, 2012) com quatro tentativas consecutivas corretas, como testado no presente estudo piloto, na fase de Pré-exposição para a realização do experimento I e do experimento II desta tese.

## APÊNDICE XIV: Estudo Piloto (VII)

**Objetivo:** definir o número máximo de tentativas para o alcance dos critérios de desempenho Estabilização e Especialização.

### Método

**Amostra:** participaram deste piloto quatro participantes (dois homens e duas mulheres) destros e com média de idade de 30 anos. Dois dos quatro participantes são os pesquisadores envolvidos na construção da tarefa. Outros dois participantes não conheciam a tarefa, mas faziam parte do grupo de pesquisa.

### Tarefa

Realizar a interceptação de alvos móveis e virtuais o máximo de vezes possível até o alcance do nível Especialização (seis blocos de quatro interceptações consecutivas).

A velocidade de deslocamento do alvo e espaço (cm) percorrido tanto pelo alvo quanto pelo efetor foram definidos com base no estudo de Couto (2012).

Os participantes foram orientados a realizar o máximo de prática possível. Além disso, foram orientados a interromper a prática somente se sentissem desconforto físico, visual, psicológico ou de outra natureza.

### Resultados

A tabela 2 apresenta a quantidade de tentativas realizada por cada participante nos grupos Estabilização e Especialização e também a média calculada por grupo para se alcançar os desempenhos critério estabelecidos no estudo piloto III.

**Tabela 2** - Número de tentativas necessário para alcance dos critérios de estabilização do desempenho

Suj	Nº tts Estabilização	Nº tts Especialização
1	82	332
2	98	272
3	186	502
4	289	408
<b>Média</b>	<b>163,75</b>	<b>378,5</b>

**Conclusão**

Considerando ambos, os valores individuais e também o resultado da média encontrado neste estudo piloto, decidimos adotar os valores 300 e 500 como os números máximos de tentativas permitidos para se alcançar os desempenhos critérios nos grupos Estabilização e Especialização, respectivamente na fase de Pré-exposição.

## ANEXOS

### ANEXO I: Parecer consubstanciado do Comitê de Ética e Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais

UNIVERSIDADE FEDERAL DE  
MINAS GERAIS



#### PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

##### DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Titulo da Pesquisa: Efeitos da prática aleatória após a estabilização do desempenho na adaptação a perturbações imprevisíveis

Pesquisador: Herbert Ugrinowitsch

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 30544714.7.0000.5149

Instituição Proponente: PRO REITORIA DE PESQUISA

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

##### DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 687.912

Data da Relatoria: 24/06/2014

##### Apresentação do Projeto:

O projeto em pauta consiste em pesquisa de doutoramento em Ciências do Esporte junto à Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais de Crislaine Rangel Couto sob orientação do Prof. Herbert Ugrinowitsch.

A pesquisa pretende analisar o efeito de prática com estímulos constantes e aleatórios na adaptação a perturbações imprevisíveis inseridas após o início do movimento. Os participantes serão abordados na Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da UFMG. Serão recrutados 120 voluntários de ambos os sexos, inexperientes à tarefa e com idade entre 18 e 35 anos sendo 40 para o experimento I e, 80, para o experimento II.

Os dois experimentos serão compostos de duas fases: préexposição e exposição, respectivamente, nas quais os participantes deverão lançar a parte efetora do equipamento com o membro dominante (direito), a fim de acertar um alvo virtual que se moverá perpendicularmente em relação ao efetor.

\*No experimento I os sujeitos serão divididos em dois grupos: grupo superestabilização constante-aleatória (GSCA) e grupo superestabilização constante (GSC). Na préexposição, o GSC praticará sem modificações na velocidade de deslocamento do alvo até realizar seis blocos de três interceptações consecutivas corretas, o que experimentalmente significa atingir a

Endereço: Av. Presidente Antônio Carlos, 6627 2ª Ad SI 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 II: Inventário de Dominância Lateral de Edinburg (OLDFIELD, 1971)**

Nome completo:

Idade:

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

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