

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**  
**Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional**  
**Programa e Pós-graduação em Ciências do esporte**

Madson Pereira Cruz

**EFEITOS DA FAIXA DE AMPLITUDE E DO AUTOCONTROLE DE  
CONHECIMENTO DE RESULTADOS NO CONTROLE E NA APRENDIZAGEM  
MOTORA**

Belo Horizonte  
2023

Madson Pereira Cruz

**EFEITOS DA FAIXA DE AMPLITUDE E DO AUTOCONTROLE DE  
CONHECIMENTO DE RESULTADOS NO CONTROLE E NA APRENDIZAGEM  
MOTORA**

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 doutor em Ciências do Esporte.

**Área de concentração:** Treinamento Esportivo

**Orientador:** Prof. Dr. Herbert Ugrinowitsch

Belo Horizonte  
2023

C957e Cruz, Madson Pereira  
2023 Efeitos da faixa de amplitude e do autocontrole de conhecimento de resultados no controle e na aprendizagem motora. [manuscrito] / Madson Pereira Cruz – 2023.  
104 f.: il.

Orientador: Herbert Ugrinowitsch

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

Bibliografia: f. 83-88

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

CDU: 796.012

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



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

ATA DE DEFESA DA TESE

MADSON PEREIRA CRUZ

Às **13:00 horas** do dia **27 de Outubro de 2023**, reuniu-se por videoconferência a Comissão Examinadora de Dissertação, indicada pelo Colegiado do Programa para julgar, em exame final, o trabalho intitulado “**Efeitos da faixa de amplitude e do autocontrole de conhecimento de resultados no controle e na aprendizagem motora**”. Abrindo a sessão, o Presidente da Comissão, Prof. Dr. Herbert Ugrinowitsch (UFMG), orientador, após dar a conhecer aos presentes o teor das Normas Regulamentares do Trabalho Final, passou a palavra para o candidato, para apresentação de seu trabalho. Seguiu-se a arguição pelos examinadores, com a respectiva defesa do candidato. Logo após, a Comissão se reuniu, sem a presença do candidato e do público, para julgamento e expedição do resultado.

MEMBROS DA BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Herbert Ugrinowitsch (Orientador) – EEEFTO/UFMG  
Prof. Dr. André Gustavo Pereira de Andrade – EEEFTO/UFMG  
Prof. Dr. Rodolfo Novellino Benda – UFPEl  
Prof.ª Dr.ª Cinthya Walter – UFMA  
Prof. Dr. Victor Hugo Alves Okazaki – UEL

Após as indicações o candidato foi considerado: **Aprovado**

O resultado foi comunicado publicamente para o candidato pelo Presidente da Comissão. Nada mais havendo a tratar o Presidente encerrou a reunião e lavrou a presente ATA, que será assinada por todos os membros participantes da Comissão Examinadora.



Belo Horizonte, 27 de outubro de 2023.

Documento assinado eletronicamente por **Rodolfo Novellino Benda, Usuário Externo**, em 20/11/2023, às 10:25, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Victor Hugo Alves Okazaki, Usuário Externo**, em 21/11/2023, às 14:50, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Cinthya Walter, Usuária Externa**, em 06/03/2024, às 12:01, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

[https://sei.ufmg.br/sei/controlador.php?acao=documento\\_imprimir\\_web&acao\\_origem=arvore\\_visualizar&id\\_documento=3001161&infra\\_sistema...](https://sei.ufmg.br/sei/controlador.php?acao=documento_imprimir_web&acao_origem=arvore_visualizar&id_documento=3001161&infra_sistema...) 1/2 19/03/2024 18:36 SEI/UFMG - 2779736 - Ata de defesa de Dissertação/Tese



Documento assinado eletronicamente por **Herbert Ugrinowitsch, Professor do Magistério Superior**, em 07/03/2024, às 13:00, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Andre Gustavo Pereira de Andrade, Membro**, em 18/03/2024, às 21:18, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://sei.ufmg.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **2779736** e o código CRC **9C408D61**.

Referência: Processo nº 23072.216134/2022-16

SEI nº

2779736

## AGRADECIMENTOS

A **Deus**, por me guiar nessa escolha, me dando forças, sabedoria e confiança para correr atrás de tudo que planejei, todos os dias e por fazer com que tudo desse certo.

À Minha família matriarca, **Mãe, Madna, meus sobrinhos**, pelo apoio, pelo carinho, atenção, pela certeza que sempre tenho pra onde voltar no final do dia e quando a coisa pega pro meu lado. Mãe não tenho palavras para dizer o quanto eu devo tudo para você.

Ao meu amor, minha esposa, **Kamilla de Avila**, por estar ao meu lado me apoiando, pelo seu amor, amizade, desabafos, acreditando e confiando em mim, pessoa maravilhosa. Eu te amo muito!

Ao meu amigo ou será irmão **Rodney Soares** obrigado por ser meu parceiro até hoje.

Ao meu amigo **João Roberto**, grande amigo, valeu cada minuto de conversa, no almoço, café da tarde, exemplo de pessoa.

Ao **Rodolfo**, muito obrigado por me oferecer a escolha entre as pílulas, vermelha ou azul. Pela qualidade da sua aula, você implantou a semente da curiosidade, e eu escolhi abraçar a verdade por mais dolorosa que fosse, e hoje consegui chegar até aqui, buscando aprender cada vez mais. Penso que essa foi a última vez que meu taxímetro rodou... Kkkkkkkkk. Muito obrigado professor.

Ao **GEDAM**, o laboratório de ciência, mais família que existe.

Todos os membros do GEDAM vocês me mostraram a importância de um grupo na realização da ciência e amizade acima de tudo.

À **Crislaine**, muito obrigado pela amizade, pelas dicas, conselhos para vida pessoal e acadêmica, pela grande ajuda nessa reta final, muito obrigado.

Ao professor **Guilherme Lage** (Guilhermão), que exemplo de pessoa é sempre um prazer qualquer minutinho de conversa com você.

Ao meu orientador, **Herbert Ugrinowitsch**, pai acadêmico, obrigado pelo incentivo e por se preocupar comigo, pelos conselhos, por acreditar na minha capacidade de desenvolver trabalhos profissionais e acadêmicos sob sua orientação, por buscar sempre o melhor de mim, por todas as boas oportunidades que você fez com que chegassem até a minha pessoa.

Aos voluntários que participaram de todas as fases de coleta.

Ao terminar essa tese não encerro apenas um doutorado, encerro primeiramente um ciclo de 13 anos como membro do GEDAM e também um ciclo de 15 anos como discente da UFMG. Muitos anos, mas agora chegou o momento de trilhar outros cominhos, não mais como discente, mas agora 100% profissional. Muito obrigado UFMG.

## RESUMO

Durante a aprendizagem do controle de força isométrica existe a necessidade do recebimento do conhecimento de resultados (CR). Uma das formas de manipular o momento para fornecer o CR é com a faixa de amplitude (FA), que é a estipulação de uma margem de tolerância ao erro e o fornecimento de CR acontece somente se o erro extrapolar a margem pré-estabelecida. A principal característica da FA é que o fornecimento do CR é baseado no desempenho do participante. O CR fornecido quando o desempenho extrapola a faixa estipulada (tentativas ruins) é interpretado como o melhor momento para fornecer CR. A outra forma de fornecimento de CR é o autocontrolado (AC), que é deixar que o participante decida quando quer receber o CR, sendo contrário à FA. Os estudos que investigaram estas formas de fornecimento de CR não analisaram como estas duas formas de fornecimento de CR influenciam o predomínio de mecanismos de CM. O objetivo dessa tese foi investigar os efeitos da FA e do AC no controle e na aprendizagem motora. Participaram do estudo 36 participantes destros, inexperientes na tarefa. A tarefa em todos os experimentos consistiu em alcançar e manter o controle de 40% da força isométrica máxima dos músculos flexores do cotovelo em um intervalo de 500ms. O estudo foi organizado em três experimentos. Os experimentos I e II investigaram a FA e o CR AC respectivamente e foram compostos por uma fase de estabilização, caracterizada por atingir o desempenho critério de 3 tentativas consecutivas o erro correspondente há 10% de RMSE e o CR foi fornecido com frequência de 33% e uma fase de condição experimental, com 10 tentativas em cada condição com a ordem de início contrabalançadas entre os participantes. As condições experimentais foram: a) FA10% e b) FA0% no experimento I, e a) CR AC e b) yoked no experimento II. No experimento III foi investigado as duas formas de fornecimento de CR, a FA e o AC, em uma fase de aquisição com 2 grupos: FA10% e autocontrolado pareado com o respectivo grupo de FA (ACP), que realizaram 300 tentativas. Após 24h houve um teste de retenção com 15 tentativas sem CR e após 5 minutos um teste de transferência, com a nova meta de atingir 20% com 15 tentativas e sem CR. Os dados foram organizados em blocos de 10 tentativas exp. I e II, e blocos de 15 tentativas exp III e foram calculados a média e o desvio padrão do RMSE como medida de desempenho e do tempo para o pico de força e número de correções (NC) como medidas de mecanismos de controle. Os resultados mostraram no experimento I, que para o desempenho apresentar maior precisão e consistência, a FA levou os participantes a priorizarem o mecanismo via *feedback online*. No experimento II, para o desempenho apresentar maior precisão, o AC levou os participantes a priorizarem o mecanismo via pré-programação, pois não houve necessidade de mudança do planejamento da tentativa anterior. No experimento III, que a FA é melhor que o AC tanto no ganho de consistência quanto de precisão do desempenho com a mudança para o mecanismo via *feedback online*. No conjunto os resultados confirmam que a FA leva ao desempenho mais consistente e preciso com uso predominante do mecanismo via *feedback online* e o AC não se aproxima do desempenho da FA com o uso predominante do mecanismo de pré-programação.

**Palavras-Chave:** *Feedback online*; Habilidade motora; Mecanismo de controle motor; Pré-programação.



## ABSTRACT

During learning isometric force control there is a need to receive knowledge of results (KR). One of the ways to manipulate the moment to provide the KR is with the bandwidth (BW), which is the stipulation of a margin of tolerance for error and the provision of KR only happens if the error goes beyond the pre-established margin. The main feature of BW is that the provision of KR is based on the participant's performance. The KR provided when performance goes beyond the stipulated range (bad attempts) is interpreted as the best time to provide KR. The other way of providing KR is self-controlled (SC), which lets the participant decide when they want to receive the KR, which is contrary to BW. Studies that investigated these forms of KR provision did not analyze how these two forms of KR provision influence the predominance of motor control (MC) mechanisms. The objective of this thesis was to investigate the effects of BW and SC on motor control and learning. 36 right-handed participants, inexperienced in the task, participated in the study. The task in all experiments consisted of achieving and maintaining control of 40% of the maximum isometric force of the elbow flexor muscles in an interval of 500 ms. The study was organized into three experiments. Experiments I and II investigated BW and KR SC respectively and were composed of a stabilization phase, characterized by reaching the criterion performance of 3 consecutive attempts, the corresponding error was 10% of RMSE and the KR was provided with a frequency of 33% and an experimental condition phase, with 10 trials in each condition with the start order counterbalanced across participants. The experimental conditions were: a) BW10% and b) BW0% in experiment I, and a) KR SC and b) yoked in experiment II. In experiment III, the two forms of KR supply, BW and SC, were investigated in an acquisition phase with 2 groups: BW10% and self-controlled paired with the respective BW group (SCP), which performed 300 attempts. After 24 hours there was a retention test with 15 attempts without KR and after 5 minutes a transfer test, with the new goal of reaching 20% with 15 attempts and without KR. Data were organized into blocks of 10 exp trials. I and II, and blocks of 15 attempts exp III and the mean and standard deviation of the RMSE were calculated as a measure of performance and the time to peak force and number of corrections (NC) as measures of control mechanisms. The results showed in experiment I, that for performance to present greater precision and consistency, BW led participants to prioritize the mechanism via feedback. In experiment II, for performance to be more accurate, the SC led participants to prioritize the mechanism via pre-programming, as there was no need to change the planning of the previous attempt. In experiment III, BW is better than SC in both the gain in consistency and accuracy of performance with the change to the mechanism via feedback. Altogether, the results confirm that BW leads to more consistent and accurate performance with the predominant use of the mechanism via feedback and the SC does not come close to the performance of BW with the predominant use of the pre-programming mechanism.

**Keywords:** Feedback; Motor skill; Motor control mechanism; Pre-programming.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Representação da Faixa de amplitude de CR.....	22
Figura 2 - (a) Computador, (b) Célula de tração e compressão e (c) Placa de ferro..	37
Figura 3 - Imagem ilustrativa do delineamento do experimento I. ....	38
Figura 4 - Tela inicial e final do gráfico força x tempo.....	40
Figura 5 - Tempo para o pico de força (TPF) das duas condições experimentais.....	43
Figura 6 - Número de correções (NC) das duas condições experimentais.....	44
Figura 7 - Média do RMSE das duas condições experimentais..	45
Figura 8 - Desvio padrão do RMSE das duas condições experimentais. ....	46
Figura 9 - Índice de predomínio de mecanismo das duas condições experimentais. ....	46
Figura 10 - Imagem ilustrativa do delineamento do experimento II. ....	51
Figura 11 - Tempo para o pico de força (TPF) das duas condições experimentais.....	53
Figura 12 - Número de correções (NC) das duas condições experimentais.....	54
Figura 13 - Média do RMSE das duas condições experimentais. ....	54
Figura 14 - Desvio padrão do RMSE das duas condições experimentais..	55
Figura 15 - Índice de predomínio de mecanismo das duas condições experimentais. ....	55
Figura 16 - Imagem ilustrativa do delineamento do experimento III.....	61
Figura 17 - Tempo para o pico de força (TPF) fase de aquisição..	64
Figura 18 - Tempo para o pico de força (TPF) teste de transferência.....	65
Figura 19 - Número de correções (NC) fase de aquisição .....	66
Figura 20 - Número de correções (NC) teste de transferência. ....	67
Figura 21 - Média do RMSE fase de aquisição .....	68
Figura 22 - Média do RMSE teste de transferência .....	68
Figura 23 - Desvio padrão do RMSE fase de aquisição .....	69
Figura 24 - Desvio padrão do RMSE teste de transferência .....	70
Figura 25 - Questionário - Por que você solicitou feedback?.....	71
Figura 26 - Correções dentro e fora da FA dos dois grupos.....	72
Figura 27 - Índice de predomínio de mecanismo dos dois grupos. ....	73
Figura 28 - Tela do gráfico força x tempo.....	90
Figura 29 - Dez tentativas de controle de um participante com tempo de 400ms.....	92
Figura 30 - Dez tentativas de controle de um participante com tempo de 500ms.....	92
Figura 31 - Dez tentativas de controle de um participante com tempo de 600ms.....	92
Figura 32 - Desempenho critério frequência 50%. ....	94

Figura 33 - Desempenho critério frequência 33% . . . . .	95
Figura 34 - Precisão da faixa de amplitude de 10% . . . . .	96
Figura 35 - Consistência da faixa de amplitude de 10% . . . . .	97

## LISTA DE ABREVIACOES E SIGLAS

AC	autocontrolado
CM	controle motor
CP	conhecimento de <i>performance</i>
CR	conhecimento de resultados
CRAC	conhecimento de resultados autocontrolado
CV	coeficiente de variação
CIVM	contração isométrica voluntária máxima
DP	desvio padrão
EEFFTO	Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional
f	frequência
FA	faixa de amplitude
FI	força isométrica
GEDAM	Grupo de Estudos em Desenvolvimento e Aprendizagem Motora
GFA	grupo faixa de amplitude
GACP	grupo autocontrolado pareado
IPM	ndice de predomínio de mecanismo
NC	número de correções
RMSE	raiz quadrada do erro médio
TPF	tempo para o pico de força
TCLE	termo de Consentimento Livre e Esclarecido
ts	tentativas
UFMG	Universidade Federal de Minas Gerais

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>15</b>
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>17</b>
2.1 Controle motor e tarefas de controle híbrido .....	17
2.2 <i>Feedback</i> .....	20
2.3 Faixa de amplitude .....	21
2.4 CR autocontrolado .....	27
2.5 Faixa de amplitude, autocontrole de CR, mecanismos de controle e aprendizagem motora. ....	31
<b>3 OBJETIVOS.....</b>	<b>35</b>
3.1 Objetivo geral.....	35
3.2 Objetivos específicos e hipóteses.....	35
<b>4 EXPERIMENTO I: .....</b>	<b>36</b>
4.1 Objetivo específico e hipóteses.....	36
4.2 Método .....	36
4.2.1 Amostra .....	36
4.2.2 Cuidados éticos.....	36
4.2.3 Tarefa e instrumentos .....	36
4.2.4 Delineamento experimento I .....	38
4.2.5 Procedimento experimento I.....	38
4.3 Medidas e análise .....	40
4.3.1 Variável independente .....	40
4.3.2 Variáveis dependentes .....	41
4.3.3 Análise estatística experimento I.....	41
<b>5 RESULTADOS .....</b>	<b>43</b>
5.1 Tempo para o pico de força (TPF) .....	43
5.2 Número de correções (NC) .....	44
5.3 Média do RMSE.....	44
5.4 Desvio padrão do RMSE.....	46
5.5 Mecanismo de controle .....	46
<b>6 DISCUSSÃO DO EXPERIMENTO I.....</b>	<b>47</b>
<b>7 EXPERIMENTO II .....</b>	<b>51</b>

7.1	Objetivos específicos e hipóteses .....	51
7.2	Método .....	51
7.2.1	Amostra .....	51
7.2.2	Cuidados éticos.....	51
7.2.3	Tarefa e instrumentos .....	51
7.2.4	Delineamento experimento II .....	51
7.2.5	Procedimento experimento II .....	52
7.3	Medidas e análise .....	52
7.3.1	Variável independente .....	52
7.3.2	Variáveis dependentes .....	52
7.3.3	Análise estatística experimento II .....	52
<b>8</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>53</b>
8.1	Tempo para o pico de força (TPF) .....	53
8.2	Número de correções (NC) .....	54
8.3	Média do RMSE.....	54
8.4	Desvio padrão do RMSE.....	55
8.5	Mecanismo de controle .....	55
<b>9</b>	<b>DISCUSSÃO DO EXPERIMENTO II .....</b>	<b>56</b>
<b>10</b>	<b>EXPERIMENTO III.....</b>	<b>60</b>
10.1	Objetivo específico e hipóteses .....	60
10.2	Método .....	60
10.2.1	Amostra .....	60
10.2.2	Cuidados éticos.....	60
10.2.3	Tarefa e instrumentos .....	60
10.2.4	Delineamento experimento III.....	61
10.2.5	Procedimento experimento III.....	61
10.3	Medidas e análise .....	62
10.3.1	Variáveis independentes .....	62
10.3.2	Variáveis dependentes .....	62
10.3.3	Análise estatística experimento III .....	62
<b>11</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>64</b>
11.1	Tempo para o pico de força (TPF) na fase de aquisição e retenção.....	64
11.1.1	Tempo para o pico de força (TPF) no teste de transferência.....	65
11.2	Número de correções (NC) na fase de aquisição e retenção .....	66

11.2.1 Número de correções (NC) no teste de transferência.....	67
11.3 Média do RMSE na fase de aquisição e retenção .....	67
11.3.1 Média do RMSE no teste de transferência .....	68
11.4 Desvio padrão do RMSE na fase de aquisição e retenção .....	69
11.4.1 Desvio padrão do RMSE no teste de transferência .....	70
11.5 Análise da frequência de solicitação de CR.....	71
11.6 Análise descritiva das correções na FA .....	72
11.7 Mecanismo de controle .....	73
<b>12 DISCUSSÃO DO EXPERIMENTO III.....</b>	<b>74</b>
<b>13 DISCUSSÃO GERAL .....</b>	<b>79</b>
<b>14 CONCLUSÕES, LIMITAÇÕES E PROJEÇÕES PARA FUTURO ESTUDOS.....</b>	<b>82</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>83</b>
<b>APÊNDICE A.....</b>	<b>89</b>
<b>APÊNDICE B.....</b>	<b>100</b>
<b>APÊNDICE C.....</b>	<b>102</b>
<b>ANEXO A .....</b>	<b>103</b>
<b>ANEXO B .....</b>	<b>104</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A força muscular está presente em diversos cenários do dia a dia e também no esporte, como na execução do crucifixo da ginástica artística. Nesta modalidade, é necessário que o atleta aplique uma força para sustentar o peso do seu corpo formando um ângulo de 90 graus entre os ombros e o tronco sem perder o equilíbrio por alguns segundos, o que requer pequenos ajustes (ex. *feedback online*). Para aprender a execução dessa habilidade com êxito, é necessário que aconteçam mudanças no controle motor (CM). Uma das formas de explicar o CM é pela descrição dos mecanismos de pré-programação ou *feedback online* (Desmurget; Grafton, 2000). Estes mecanismos tem sido investigados em tarefas de controle híbrido (ex. tarefa de controle de força isométrica) por meio da medida cinética força x tempo (Desmurget; Grafton, 2000). No controle de força isométrica, quando deve atingir uma porcentagem específica o mais rápido e preciso possível, as características do início da ação de força até o pico máximo de força estão relacionadas ao planejamento da ação, caracterizando o comando motor pré-programado. Já as inflexões na curva de produção de força após o pico máximo de força estão relacionadas às correções da ação, caracterizando o uso do *feedback online* (Gordon; Ghez, 1987a e b; Santos, 2015; Santos *et al.*, 2017).

Os estudos têm mostrado o uso dos dois mecanismos de controle motor na tarefa de força isométrica, o *feedback online* (Gordon; Ghez, 1987a e b; Desmurget; Grafton, 2000; Santos, 2015) e o *feedback terminal*, ao final de cada tentativa (Tani, 1989; Ugrinowitsch *et al.*, 2010; Tsai; Jwo, 2015; Schmidt *et al.*, 2019). O *feedback* pode ser utilizado pelo participante durante a execução da tentativa, o que favoreceria o mecanismo de controle *feedback online* (Desmurget; Grafton, 2000; Elliott *et al.*, 2010). O *feedback* também pode ser utilizado após a execução da tentativa, o que favoreceria o mecanismo de pré-programação (Desmurget; Grafton, 2000; Schmidt *et al.*, 2019). Este último é o *feedback* manipulado na maioria dos experimentos de aprendizagem motora, e possui duas particularidades na referência do seu fornecimento: a primeira é que o *feedback* pode ser fornecido de acordo com o erro do desempenho do participante, e a segunda é que o ele pode ser fornecido com base na estratégia elaborada pelo próprio participante.

O *feedback* é comumente manipulado na forma de Conhecimento de Resultados (CR), o que será seguido no presente estudo. Quando o CR é fornecido tendo como referência o erro do desempenho, ele pode ser controlado pela faixa de amplitude (FA) (Sherwood, 1988). Na tentativa que o desempenho fica fora da FA o participante recebe o CR, ele utiliza a informação quantitativa do CR para corrigir o planejamento da ação. Contudo, quando o



desempenho fica dentro da FA ele não recebe o CR, mas o participante sabe que o desempenho foi correto e utiliza esta informação qualitativa do CR para manter o planejamento da ação na tentativa subsequente (Lee; Carnahan, 1990; Ugrinowitsch *et al.*, 2010). A outra forma é baseada em uma estratégia de solicitação do CR elaborada pelo próprio participante e não na vontade do experimentador. Esta forma de fornecimento de CR é denominada autocontrolado (AC) (Janelle; Kim; Singer, 1995). O AC faz com que o participante solicite o CR em um momento que ele considera necessário, e usa a informação do CR para confirmar o bom desempenho (caso a tentativa seja realmente boa) e manter o planejamento da ação executada na tentativa subsequente (Chiviacowsky; Wulf, 2002; 2005; Tsai; Jwo, 2015).

A partir dos resultados observados nos estudos de FA e de AC, algumas hipóteses explanativas foram elaboradas para explicar o desempenho. A hipótese da orientação (Salmoni; Schmidt; Walter, 1984), da consistência (Winstein; Schmidt, 1990) e da especificidade (Winstein; Schmidt, 1990) para explicar o efeito da FA de CR no desempenho. Para os estudos de CR AC foram utilizadas as hipóteses do processamento mais profundo (Zimmerman, 1989), e do aumento da motivação (Boekaerts, 1996), para explicar o efeito da estratégia de solicitação do CR. Para explicar o aumento da precisão do desempenho foi utilizada a hipótese da orientação (Salmoni; Schmidt; Walter, 1984). Uma característica destas hipóteses é que elas foram utilizadas para explicar o efeito da FA e do AC na aprendizagem de habilidades motoras baseadas somente nas medidas de desempenho. Apesar dessas medidas explicarem os efeitos da FA e do AC no desempenho, não foram encontrados estudos que explicassem as mudanças no controle da ação motora resultantes das duas formas de fornecimento de CR, que podem ser observadas nas medidas de mecanismos de CM. Entender as mudanças nos mecanismos de controle permite um avanço para o entendimento dos efeitos destas duas variáveis no CM e na aprendizagem motora. Com base no acima exposto, o objetivo dessa tese foi investigar os efeitos da FA e do AC de CR no CM e na aprendizagem motora.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Controle motor e tarefas de controle híbrido

O trabalho de Woodworth (1899) sobre precisão dos movimentos voluntários rápidos direcionados ao alvo conseguiu identificar dois componentes presentes durante a execução do movimento de apontamento. Nesse trabalho, o primeiro componente era pré-programado e levava o membro para próximo do alvo. Quando havia tempo suficiente após o primeiro componente, foi observada uma porção corretiva do movimento controlado via *feedback online*, entendido como o segundo componente, que era realizado para tentar reduzir a discrepância espacial entre a posição final do membro e o alvo. Após estas observações no estudo de Woodworth (1899), estes dois componentes do movimento permitiram entender os diferentes mecanismos de CM envolvidos nas ações rápidas (Desmurget; Grafton, 2000). Os mecanismos de controle envolvidos nas execuções desses dois componentes são conhecidos como mecanismo de pré-programação e mecanismo de *feedback online* (Desmurget; Grafton, 2000).

Para falarmos sobre os mecanismos de CM, o conceito adotado foi que o CM é a capacidade de regular, planejar ou organizar os mecanismos essenciais para a execução da ação (Shumway-Cook, 2010). Uma das formas de explicar o CM na execução de habilidades motoras é utilizar os mecanismos de pré-programação ou *feedback online* (Desmurget; Grafton, 2000) citados anteriormente, sendo estes o primeiro e o segundo componentes das ações rápidas identificados primeiramente no estudo de Woodworth (1899), respectivamente. O termo pré-programação refere-se ao planejamento da ação antes do início da sua execução e este mecanismo de controle é utilizado para iniciar a execução. Em ações de curta duração, este componente apresenta o pico de velocidade ou pico de força da execução, o que inviabiliza realizar correções (primeiro componente), mesmo quando necessário (Desmurget; Grafton, 2000). Ações com tempo de execução inferior à 150ms por exemplo, são consideradas como de curta duração, pois não há tempo suficiente para processar o *feedback* sensorial e enviar comandos para a musculatura realizar qualquer correção com base nesse *feedback* (Elliott *et al.*, 2001; Teixeira, 2006). Quando o pré-planejamento não é eficiente para alcançar a meta da tarefa, é necessário um outro comando para corrigir o comando motor inicial.

Quando há tempo suficiente para fazer as correções (ações com tempo de execução acima de 150ms) um novo comando motor é disparado para corrigir o comando motor anterior e tentar aproximar o desempenho em relação à meta. Se existe tempo

suficiente, o *feedback* sensorial pode ser processado, e as correções com base nesse *feedback* podem ser planejadas e enviadas para a musculatura efetora (Teixeira, 2006). Quando isso acontece, o mecanismo que age no controle da ação é denominado *feedback online* (Desmurget; Grafton, 2000). Em resumo, quando a habilidade requer precisão e existe tempo suficiente, ela pode inicialmente ser controlada pelo mecanismo de pré-programação, mas também pode utilizar o mecanismo de controle via *feedback online*.

As investigações sobre o uso dos mecanismos de controle têm sido realizadas em tarefas que possibilitam o uso de ambos os mecanismos, ou seja, tarefas de controle híbrido (Desmurget; Grafton, 2000), tais como: tarefas de apontamento, em que os mecanismos de controle foram investigados por meio de medidas cinemáticas, por intermédio das curvas de velocidade e de aceleração em função do tempo (Meyer *et al.*, 1988; Elliot *et al.*, 2001; Khan *et al.*, 2006; Elliot *et al.*, 2010), tarefas de interceptação, em que os mecanismos de controle também têm sido investigados por meio de medidas cinemáticas velocidade e de aceleração em função do tempo (Elliot; Binsted; Heath, 1999; Tresilian; Plooy, 2006a; Santos, 2015; Campos, 2017; Couto, 2018; Matos, 2022) e por fim, tarefas de controle de força isométrica, em que os mecanismos de controle têm sido investigados por meio da medida cinética força x tempo (Gordon; Ghez, 1987a e b; Santos, 2015; Santos *et al.*, 2017). O presente trabalho restringiu-se à manipulação dos mecanismos em tarefa de controle de força.

Na tarefa de controle de força isométrica, quando deve atingir uma porcentagem específica o mais rápido e preciso possível, as características do início da ação de força isométrica até o pico máximo de força isométrica estão relacionadas ao planejamento da ação, caracterizando o comando motor pré-programado (Gordon; Ghez, 1987a e b; Santos, 2015; Santos *et al.*, 2017). As inflexões na curva de produção de força isométrica após o pico máximo de força isométrica estão relacionadas às correções da ação, caracterizando o uso do *feedback online* (Gordon; Ghez, 1987a e b; Santos, 2015).

Estas características dos mecanismos foram observadas no estudo de Gordon e Ghez (1987a), em que um grupo deveria realizar a ação de força isométrica para atingir a meta o mais rápido possível, e outro grupo deveria atingir o mais preciso possível. Ao observar os resultados do grupo que deveria atingir o mais rápido possível, foi encontrado um único pulso de força para atingir a força isométrica estabelecida (meta da tarefa). Este comportamento não apresentou inflexões na curva de produção de força isométrica, caracterizando o planejamento da ação controlado via pré-programação. No grupo em que os participantes deveriam realizar a ação de força isométrica o mais preciso possível, foi

observado que o pulso de força apresentou inflexões na curva de produção de força isométrica após o primeiro pico. Estas inflexões na curva de produção de força isométrica foram denominadas de ajustes compensatórios (Gordon; Ghez, 1987b). Estes ajustes compensatórios foram entendidos como uma tentativa de minimizar a discrepância do erro entre a ação realizada e a meta da tarefa (Gordon; GHEZ, 1987b). Para considerar o ajuste compensatório como uma tentativa de correção, foi realizado um cálculo sobre a derivada da força em que foi considerado uma correção toda vez que a inflexão representava 2,5% do valor do pico da força isométrica anterior, caracterizando o controle da ação via mecanismo *feedback online*. Esta medida possibilita identificar o número de correções (NC) durante a execução da tarefa (Gordon; Ghez, 1987b).

Continuando com o uso dessas medidas os estudos de Santos (2015) e Santos *et al.* (2017), os participantes tinham como objetivo atingir e manter 40% da força isométrica máxima dos músculos flexores do cotovelo durante três segundos em cada tentativa. Nestes estudos, o período do início da ação de força até o alcance do pico de força em milissegundos caracterizou o planejamento da ação, pois não foram observadas inflexões na curva de produção de força pela análise cinética. Esta ausência de inflexões na curva de produção de força do início da ação até o final do primeiro pico de força isométrica, caracteriza o mecanismo via pré-programação (Gordon; Ghez, 1987a; Desmurget; Grafton, 2000). Após o alcance do pico máximo de força isométrica para manter o controle de força na meta de 40% pelo restante do tempo da tentativa, foram observadas inflexões na curva de produção de força. Esta característica de presença de inflexões na curva de produção de força isométrica caracterizou o uso do mecanismo via *feedback online* (Gordon; Ghez, 1987b; Desmurget; Grafton, 2000). Estas inflexões foram observadas através da análise do número de correções pelo cálculo da derivada da força (Gordon; Ghez, 1987b; Santos, 2015). O presente estudo também utilizou como referência de correção a inflexão 2,5% do valor do pico da força isométrica anterior, assim como utilizados nos estudos de (Gordon; Ghez, 1987b; Santos, 2015).

No geral, estes estudos que utilizaram a tarefa de força isométrica mostraram que a utilização da medida cinética força x tempo viabilizaram visualizar os mecanismos de CM no controle da ação motora durante a execução de cada tentativa (Gordon; Ghez, 1987a e b; Santos, 2015; Magill, 2016). Estas medidas permitiram identificar o uso dos dois mecanismos de CM na tarefa de força isométrica, mas os estudos não explicaram as mudanças nos

mecanismos de CM ao longo do processo de aprendizagem sobre a influência do *feedback* fornecido ao final de cada tentativa.

Especificamente na aprendizagem, o *feedback* é uma informação sensorial de retorno da ação realizada (Tani, 1989; Schmidt *et al.*, 2019). Durante a prática de uma tarefa de controle de força isométrica, o *feedback intrínseco* pode ser utilizado pelo participante durante a execução da tentativa, e por isso favorecer o mecanismo de controle via *feedback online* (Desmurget; Grafton, 2000; Elliott *et al.*, 2010). O *feedback* também pode ser fornecido após a execução, e por isso favorecer o mecanismo de controle via pré-programação (Desmurget; Grafton, 2000; Schmidt *et al.*, 2019). Este é o *feedback* manipulado nos experimentos, e possui duas particularidades na referência do seu fornecimento: a primeira é que o *feedback* pode ser fornecido de acordo com o erro do desempenho do participante, e a segunda é que ele pode ser fornecido com base na estratégia elaborada pelo próprio participante. Este assunto será abordado no próximo tópico.

## 2.2 Feedback

O *feedback* é um dos fatores que influencia a aprendizagem de habilidades motoras, e é definido como uma informação sensorial de retorno da ação realizada e esta informação permite ao participante comparar o que aconteceu (ação realizada) com o que era esperado (planejado), após cada execução (Salmoni; Schmidt; Walter, 1984; Tani, 1989; Magill, 2016). Quando existem diferenças entre o desempenho esperado e o realizado, a informação do *feedback* pode ser utilizada para corrigir os erros e modificar a ação futura, com a diminuição gradativa dos erros. A diminuição da diferença entre o planejado e o realizado é característica do processo de aquisição de habilidades motoras (Salmoni; Schmidt; Walter, 1984; Tani, 1989; Schmidt *et al.*, 2019).

O *feedback* pode ser dividido em *feedback* intrínseco e *feedback* extrínseco. O *feedback* intrínseco, também chamado de *feedback* inerente, é entendido como informação recebida pelos órgãos sensoriais exteroceptivos ou proprioceptivos, sendo que essas informações são captadas e analisadas pelo próprio participante (Salmoni; Schmidt; Walter, 1984; Schmidt *et al.*, 2019). O *feedback* extrínseco, também chamado de *feedback* aprimorado ou *feedback* aumentado, é entendido como informação que é fornecida ao participante por alguma fonte artificial ou externa, como vídeo, professor ou até pelo som resultante da ação. Estas formas de *feedback* são informações que podem ser fornecidas em momentos diferentes, de formas diferentes ou simplesmente não serem fornecidas, pois são dependentes de alguma

fonte externa ao participante (Salmoni; Schmidt; Walter, 1984; Schmidt *et al.*, 2019). Por exemplo, o vídeo da execução do próprio participante pode ser demonstrado para o participante após cada tentativa ou ainda o professor pode fornecer a informação de forma verbal também após cada tentativa.

Em relação à informação do *feedback* extrínseco, ela pode ser classificada em Conhecimento de Resultados (CR) e Conhecimento de *Performance* (CP) (Salmoni; Schmidt; Walter, 1984; Schmidt *et al.*, 2019). O CP é a informação sobre o padrão de movimento realizado (Salmoni; Schmidt; Walter, 1984; Schmidt *et al.*, 2019). Ele também é chamado de *feedback* cinemático, que é o *feedback* sobre o deslocamento, velocidade, aceleração ou outros aspectos relacionados ao padrão de movimento (Salmoni; Schmidt; Walter, 1984; Schmidt *et al.*, 2019). O CP também pode conter informação sobre a qualidade do padrão de movimento, e é mais utilizado em situações de ensino e treinamento. Contudo, a maior parte das habilidades motoras são avaliadas em relação a uma meta ambiental, e a informação sobre o resultado da ação no ambiente é denominada Conhecimento de Resultados (CR) (Salmoni; Schmidt; Walter, 1984; Schmidt *et al.*, 2019). O CR normalmente é uma informação sobre a magnitude do erro em relação à meta ambiental, mas dependendo da tarefa ele pode ser redundante a informação já existente no *feedback* intrínseco (Schmidt *et al.*, 2019). Ele também pode ser informativo de distância ou tempo, dependendo da modalidade esportiva. Estas funções do CR fazem com que ele seja mais utilizado em situação de laboratório pela fácil manipulação e controle (Corrêa *et al.*, 2005).

Como a literatura nos dá indícios de que os efeitos da manipulação do CR e CP na aprendizagem motora são similares (Corrêa; Benda; Ugrinowitsch, 2006), o presente trabalho restringiu-se à manipulação do CR. Existem diferentes formas de manipular o momento que o participante recebe o CR (Ugrinowitsch *et al.*, 2011), por exemplo por meio da faixa de amplitude (FA) de CR e do CR autocontrolado (AC). Estas duas serão apresentadas e discutidas em sequência.

### **2.3 Faixa de amplitude**

A FA de CR é a adoção de uma faixa de tolerância ao erro em relação a meta da tarefa (Sherwood, 1988). Conforme ilustrado na Figura 1, assumindo-se como meta de uma habilidade motora hipotética o alcance de um erro equivalente a 0 (eixo y), uma margem de tolerância (2 linhas vermelhas) é estabelecida em função da meta proposta (Lucas, 2019).

**Figura 1-** Representação da Faixa de amplitude de CR.



Fonte: Lucas (2019).

Na FA de CR, a informação quantitativa do desempenho relacionada à magnitude e direção do erro é fornecida somente se o erro na tentativa extrapolar a faixa de tolerância pré-estabelecida (Sherwood, 1988). Se o erro estiver dentro da faixa, nenhuma informação quantitativa (CR) é fornecida. Neste caso, o participante deve considerar que a ausência da informação quantitativa significa que a tentativa foi correta, sendo assim caracterizada como uma informação qualitativa (Ugrinowitsch *et al.*, 2010; Coca-Ugrinowitsch *et al.*, 2018). Essa informação por sua vez, direciona os participantes a manterem o planejamento da tentativa anterior que resultou em bom desempenho, pois não indica a necessidade de mudança do planejamento da ação executada para atingir a meta da tarefa na tentativa subsequente (LEE; Carnahan, 1990; Lee; Maraj, 1994; Ugrinowitsch *et al.*, 2010). Uma particularidade observada com o uso da FA é que a decisão de fornecimento do CR é fundamentalmente baseada no erro do desempenho, e não na vontade do experimentador ou participante (Sherwood, 1988; Ugrinowitsch *et al.*, 2010).

O primeiro estudo a manipular FA de CR foi de Sherwood (1988), que comparou uma faixa estreita de tolerância ao erro 5% e uma ampla de 10% (*i.e.*, FA de CR de 5% e 10%, respectivamente), e uma condição com o fornecimento de CR em todas as tentativas, o que pode ser entendido com uma faixa com 0% de tolerância ao erro (*i.e.*, FA de CR de 0%). O resultado encontrado foi que a FA de CR ampla de 10% apresentou maior consistência do tempo de movimento quando comparada com a FA de CR estreita de 5% e FA de CR de 0%, ou seja, a FA de CR ampla foi a que mais auxiliou na aprendizagem da habilidade motora. Contudo, tais resultados foram questionados com a especulação de que os efeitos da FA de CR poderiam ser resultantes da redução de frequência de CR fornecido, e não da FA manipulada.

Para investigar esta questão, estudos como o de Lee e Carnahan (1990) e Badets e Blandin (2005) manipularam FA de CR e compararam com grupo *yoked* (grupo pareado). Nesses estudos, cada sujeito do grupo FA tinha um sujeito espelho, que recebia CR exatamente nas mesmas tentativas que seu correspondente FA, mas os sujeitos dos grupos *yoked* não foram informados do motivo de receberem o CR naquelas tentativas. Os resultados mostraram que a FA de CR levou a melhor aprendizagem da habilidade praticada que a redução da frequência de CR, inferida pelo grupo *yoked* (Lee; Carnahan, 1990; Badets; Blandin, 2005). Tais resultados permitem concluir que o significado da ausência de informação quantitativa (i.e., informação qualitativa) é o que a diferencia a FA da manipulação da frequência de CR.

Apesar do efeito da FA de CR ser observado em diferentes estudos e com diferentes tarefas, outras perguntas emergiram a partir dos seus resultados. Os estudos de Ugrinowitsch *et al.* (2010), Coca-Ugrinowitsch *et al.* (2014, 2018), Cruz *et al.* (2018), Lucas *et al.* (2019) e Yabuki; Akizuki; Yamamoto; Yamaguchi e Ohashi (2022), mostraram que a FA melhora a aprendizagem das habilidades motoras, e que esta melhora foi observada no aumento da consistência do desempenho. Isso aconteceria porque a FA fornece informações qualitativas que proporcionam um aumento da estabilidade e manutenção do planejamento da ação e, conseqüentemente, aumenta a consistência do desempenho (Goodwin; Meeuwsen, 1995). Entretanto, estudos como os de Lee e Maraj (1994), Goodwin e Meeuwsen (1995), Butler e Fischman (1996) e Shimony *et al.* (2020), mostraram que a FA favorece o aumento da precisão do desempenho.

Como não há uma unanimidade sobre os efeitos observados da FA, parece que estes diferentes resultados podem ser devido à utilização da FA em diferentes tipos de tarefas motoras. Os estudos em sua maioria não levaram em consideração a particularidade da exigência das tarefas motoras utilizadas. Por exemplo, nas tarefas de controle de força isométrica (Goodwin; Meeuwsen, 1995; Ugrinowitsch *et al.*, 2010; Santos *et al.*, 2020; Yabuki *et al.*, 2022) sobressaindo a FA de 10% (FA ampla), e de sequenciamento com demanda temporal (Coca-Ugrinowitsch *et al.*, 2018) (FA ampla), a FA levou a melhor consistência do desempenho. Já nas tarefas de timing (Butler; Fischman, 1996) e habilidades esportivas complexas (Shimony *et al.*, 2020) a FA (ampla) levou a melhor precisão. Estes diferentes tipos de tarefas requerem demandas motoras distintas que podem ter levado à esta divergência de resultados encontrados para a FA. Contudo, foi observado que os resultados com efeito no aumento da consistência do desempenho foram mais presentes quando se utiliza



a FA10% (amplas) em tarefas com demanda de força (Goodwin; Meeuwsen, 1995; Ugrinowitsch *et al.*, 2010; Santos *et al.*, 2020; Yabuki *et al.*, 2022).

De modo geral, a característica da FA de CR é fornecer o CR baseado no erro do desempenho (Sherwood, 1988; Ugrinowitsch *et al.*, 2010). Na tentativa que o desempenho fica fora da FA o participante recebe o CR, ele utiliza a informação quantitativa do CR para corrigir o planejamento da ação na tentativa subsequente. Contudo, quando o desempenho fica dentro da FA o participante não recebe o CR, e ele utiliza esta informação qualitativa do CR para manter o planejamento da ação na tentativa subsequente (Lee; Carnahan, 1990; Lee; Maraj, 1994; Ugrinowitsch *et al.*, 2010). A partir dos resultados observados nestes estudos, algumas hipóteses explanativas elaboradas para explicar os diferentes efeitos do *feedback*, também foram utilizadas para explicar os efeitos da FA no desempenho, como as hipóteses da orientação (Salmoni; Schmidt; Walter, 1984), da consistência (Winstein; Schmidt, 1990) e da especificidade (Winstein; Schmidt, 1990).

A hipótese de orientação proposta por Salmoni *et al.* (1984) explica que o CR ajuda o participante a melhorar o desempenho, pois fornece informações sobre a ação realizada, as quais são utilizadas para corrigir e gerar uma nova resposta para a tentativa seguinte, tornando o desempenho mais preciso a cada tentativa (Salmoni *et al.*, 1984). A aprendizagem acontece com a diminuição da quantidade de informação quantitativa, o que leva ao uso da informação intrínseca e minimiza a dependência do CR. Contudo, esse benefício ocorre até certo ponto porque quando a quantidade de informação fornecida (CR) é alta, o participante pode se tornar dependente da informação externa e não utilizar o *feedback* intrínseco para detecção e correções de erros. Consequentemente, quando a orientação é removida, o desempenho do participante piora (Salmoni *et al.*, 1984).

A hipótese da consistência proposta por Winstein e Schmidt, (1990) explica que o fornecimento de CR induz a constantes correções no planejamento após cada tentativa que o CR é fornecido. Consequentemente, a busca constante de ajustes para diminuição do erro torna o desempenho mais variável. Quando o CR não é fornecido como no uso da FA, a consistência aumenta, pois a ausência de informação externa é uma informação de que o planejamento não precisa ser alterado em relação à última tentativa, já que ela estava correta.

A hipótese da especificidade da prática proposta por Winstein e Schmidt, (1990) explica que a similaridade entre a condição da fase de aprendizagem e o teste de aprendizagem pode influenciar a aprendizagem da tarefa praticada. A retirada do CR durante os testes torna essa condição mais semelhante àquelas de menores quantidades de *feedback*

extrínseco na fase de aquisição, quando existia somente a informação qualitativa em função do desempenho estar dentro da faixa de amplitude estipulada.

Estas hipóteses utilizadas, da orientação (Salmoni *et al.*, 1984), da consistência (Winstein; Schmidt, 1990) e da especificidade (Winstein; Schmidt, 1990), foram utilizadas para explicar os efeitos da FA de CR na aprendizagem de habilidades motoras baseadas somente nas medidas de desempenho. Um estudo encontrado de Lucas (2019) mostrou o efeito da FA de CR no esforço cognitivo por meio de medidas corticais. Especificamente, o estudo de Lucas (2019) mostrou que quando o desempenho estava dentro da FA, os participantes apresentaram maior índice de *workload*, o que significa utilizar mais memória de trabalho para manter o mesmo desempenho da tentativa anterior. Quando o desempenho estava fora da FA, os participantes apresentaram maior índice de engajamento, pois neste momento eles direcionaram a atenção para o CR recebido durante o processo de aprendizagem. Apesar dessas medidas explicarem os efeitos da FA, não foram encontrados estudos de FA para explicar as mudanças no controle da ação motora que pode ser observada nas medidas de mecanismos de CM, o que permite o avanço no entendimento dos efeitos da FA limitadas ao desempenho. Como não foram encontrados estudos relacionando a FA e os mecanismos de controle, as hipóteses foram levantadas com base no raciocínio dedutivo (Cury, 1996).

Nos estudos de FA, na tentativa que o desempenho está dentro da FA, o CR não é fornecido e prevalecendo a informação qualitativa, é esperado que o planejamento seja mantido, e assim o desempenho se repita na tentativa subsequente (Lee; Carnahan, 1990; Lee; Maraj, 1994; Ugrinowitsch *et al.*, 2010). Quando é utilizada a informação qualitativa, o participante mantém o planejamento da tentativa anterior, o que torna o desempenho mais consistente e resulta na não dependência do CR sobre a sua execução (Winstein; Schmidt, 1990; Coca-Ugrinowitsch *et al.*, 2018). Além disso, com o desempenho dentro da FA é esperado que o participante busque outras informações disponíveis durante a execução. Neste caso, o participante deve usar as informações intrínsecas contidas na propriocepção. Como as informações proprioceptivas podem ser utilizadas durante a execução, espera-se observar inflexões nas curvas de forças produzidas como tentativa de corrigir o comando durante a execução da tentativa, e não na tentativa subsequente. Estas inflexões nas curvas de forças podem caracterizar o predomínio do mecanismo via *feedback online* (Gordon; Ghez, 1987a e b; Desmurget; Grafton, 2000; Santos, 2015) durante a execução da tentativa, com o objetivo de corrigir o comando motor, e manter o desempenho próximo a meta da tarefa.

Na tentativa que o desempenho está fora da FA, prevalece o fornecimento de CR (FA0%), é esperado que o planejamento seja modificado para tentar atingir a meta da tarefa na tentativa subsequente (Lee; Carnahan, 1990; Lee; Maraj, 1994; Ugrinowitsch *et al.*, 2010). O recebimento do CR em todas as tentativas torna o participante dependente do CR sobre a sua execução (Salmoni *et al.*, 1984). Com o desempenho fora da FA, o participante depende do CR para detecção e correções de erros, por isso é esperado que o participante não priorize o uso de informações intrínsecas contidas na propriocepção. Como as informações proprioceptivas podem ser menos utilizadas durante a execução, espera-se não observar inflexões nas curvas de forças produzidas para corrigir o comando motor durante a execução da tentativa. Neste caso, a informação ao final de uma tentativa seria utilizada para modificar a tentativa subsequente. As ausências de inflexões nas curvas de forças podem caracterizar o domínio do mecanismo via pré-programação (Gordon; Ghez, 1987a e b; Desmurget; Grafton, 2000; Santos, 2015), e cada execução, já contém informação da tentativa anterior, para o participante diminuir o erro e aproximar o desempenho à meta estabelecida.

Nenhuma hipótese explicativa sobre os efeitos da FA apontam as mudanças nos mecanismos de controle motor que levariam a melhorias no desempenho. Além disso, não foram encontrados estudos de FA que utilizaram medidas de controle motor para explicar o efeito da FA de CR e o que muda no controle da ação motora, em nível de mecanismos de CM. Neste contexto, a FA poderia induzir o participante a utilizar o mecanismo de controle via *feedback online* devido ao fornecimento do CR baseado no erro do desempenho do participante.

Um grupo de pesquisadores (Janelle; Kim; Singer, 1995; Janelle *et al.*, 1997) parece ter sido o primeiro a testar o fornecimento de CR quando o participante tem algum controle de aspectos associados à sua prática conforme suas necessidades individuais. Os resultados indicaram que a participação ativa do participante durante a fase de prática leva a presença de estratégias dos participantes na solicitação de CR. Até o presente momento não está claro na literatura a diferença do efeito do CR fornecido com base no erro do desempenho ou com base na estratégia de solicitação do participante no desempenho e nos mecanismos de controle motor. Assim, como seria o controle da ação motora em uma forma de fornecimento de CR em que o participante tem o controle sobre o recebimento do CR após as tentativas? Este assunto será abordado no próximo tópico.

## 2.4 CR autocontrolado

Outra forma de fornecimento de CR é denominada autocontrolado (AC). Nesta forma de fornecimento, o participante controla o momento que quer receber a informação sobre o seu desempenho, ou seja, o CR (Janelle; Kim; Singer, 1995). O CR AC leva em consideração a vontade do participante e individualiza o contexto de prática, pois possibilita ao participante decidir o melhor momento para solicitar o CR sobre o seu desempenho conforme suas necessidades individuais (Janelle ; Kim; Singer, 1995). O AC faz com que o participante solicite o CR em um momento que ele considera necessário, e usa a informação do CR para confirmar o bom desempenho (caso a tentativa seja realmente boa) e manter o planejamento da ação executada na tentativa subsequente (Chiviakowsky; Wulf, 2002; 2005). Uma particularidade observada com o uso do CR AC é que a solicitação do CR é baseada em uma estratégia elaborada pelo próprio participante e não controlada pelo experimentador (Janelle; Kim; Singer, 1995; Janelle *et al.*, 1997; Chiviakowsky; Wulf, 2002).

O primeiro estudo a manipular o CR AC foi de Janelle, Kim e Singer (1995), que comparou o CR AC ao CR controlado pelo experimentador e foram manipuladas 5 formas de recebimento de CR na tarefa do putting do golfe: 1 - controle 0% de CR; 2 - com 50% de frequência relativa de CR; 3 - CR sumário; 4 - CR AC e 5 - *yoked*. O resultado encontrado foi que o CR AC teve melhor precisão quando comparado às demais formas manipuladas. Pela primeira vez foi indicado que o AC pode ser mais efetivo na aprendizagem da habilidade motora do que condições externamente controladas. Posteriormente, com intuito de verificar se outro tipo de tarefa e de informação poderiam confirmar os achados de Janelle, Kim e Singer (1995). Janelle *et al.* (1997) realizaram um estudo para verificar se os participantes seriam beneficiados novamente pelo AC com uma tarefa de arremesso, sendo manipulado o CP AC. Os resultados confirmaram os achados do estudo anterior. O CP AC apresentou também melhor precisão do arremesso quando comparada com as demais formas controladas pelo experimentador. Janelle, Kim e Singer (1995) e Janelle *et al.* (1997) encontraram superioridade do *feedback* AC em relação as demais formas de fornecimento de *feedback* controlado pelo experimentador. Contudo, foi observado que a solicitação do CR ou do CP pareciam variar ao longo da prática com alguma associação com o desempenho obtido.

Para investigar como ocorria essa variação, o estudo de Chiviakowsky e Wulf (2002) deu importante passo na direção da compreensão de quando os participantes solicitam o CR. Para tanto, investigaram se as solicitações de CR tinham relação com o desempenho ou aprendizagem. Após a prática de uma tarefa seriada de pressionamento de teclas de

computador com meta de tempo, foi aplicado um questionário para os participantes. Os participantes na condição AC responderam sobre quando solicitaram ou não o CR e os participantes na condição pareada (*yoked*) responderam se eles receberam ou não as informações após as tentativas desejadas e caso não tivessem recebido, apontavam quando eles prefeririam tê-las recebido.

O resultado encontrado foi que os participantes escolhiam solicitar o CR, após o que julgavam ter sido uma boa tentativa para confirmar seus bons desempenhos. De fato, a análise do desempenho das tentativas que receberam CR foi superior ao das demais tentativas, o que demonstrou bastante eficácia dos participantes em estimar seus erros e discriminar entre tentativas boas e ruins. Os participantes na condição pareada (*yoked*) responderam que não receberam CR após boas tentativas e que gostariam de tê-lo recebido após estas tentativas. O estudo ressaltou que não ficou claro o motivo pelo qual os participantes solicitavam o CR preferencialmente após boas tentativas. Contudo, foi especulado que os participantes consideravam mais fácil a repetição de um planejamento da ação confirmada como boa do que alterar o planejamento, após a confirmação de uma tentativa avaliada como ruim. Entretanto, não foi reportada a distribuição das solicitações de CR ao longo da fase de aquisição, o que poderia contribuir para maior compreensão das necessidades dos participantes ao longo do processo de aprendizagem.

Os estudos de Chiviacowsky e Wulf (2005), Patterson e Carter (2010), Patterson *et al.* (2011), Chiviacowsky *et al.* (2012), Carter *et al.* (2016b), Chiviacowsky (2014), Figueiredo *et al.* (2018), Januário *et al.* (2019), Batista *et al.* (2022), continuaram tentando compreender as estratégias dos participantes ao solicitar o CR ao longo do processo de aprendizagem e mostraram que o CR AC melhora a precisão do desempenho. Isso aconteceria porque o CR AC permite o participante mudar de estratégias de solicitação de CR ao longo do processo de aprendizagem. A mudança de estratégia ocorre porque o participante passa a solicitar o CR em um momento considerado necessário, que ao longo da prática é para confirmar o bom desempenho (após tentativas entendidas como boas) e manter o planejamento da ação executada da tentativa anterior na tentativa subsequente (Janelle; KIM; Singer, 1995; Chiviacowsky; Wulf, 2002; 2005; Carter *et al.*, 2016b).

De modo geral, a característica do CR AC de fornecer o CR baseado em uma estratégia de solicitação do CR elaborada pelo próprio participante (Janelle; Kim; Singer, 1995; Chiviacowsky; Wulf, 2002), permitiu que o participante utilizasse esse recurso para solicitar o CR com base na sua própria avaliação do desempenho. A partir dos resultados

observados nestes estudos (Chiviawsky; Wulf, 2005; Patterson; Carter, 2010; Patterson *et al.*, 2011; Chiviawsky *et al.*, 2012; Carter *et al.*, 2016b; Chiviawsky, 2014; Figueiredo *et al.*, 2018; Januário *et al.*, 2019; Batista *et al.*, 2022), para explicar a estratégia de solicitação do CR elaborada pelo próprio participante, também foram elaboradas hipóteses explanativas. A hipótese do processamento mais profundo (Zimmerman, 1989) que teve origem nas pesquisas de aprendizagem social sobre os processos de auto regulação, e hipótese do aumento da motivação (Boekaerts, 1996), que teve origem nas pesquisas de aprendizagem auto regulada e promoveu benefícios para a interação entre componentes cognitivos e motivacionais. Para explicar a precisão do desempenho alcançado nos estudos de AC, foi utilizada a hipótese da orientação (Salmoni; Schmidt; Walter, 1984).

A hipótese do processamento mais profundo proposta por Zimmerman (1989) explica que o AC conduz a um processamento mais profundo das informações ao longo do processo de aprendizagem, devido à maior exigência de estimativa de erro (Zimmerman, 1989). Ao longo do processo de aprendizagem, a auto regulação é derivada de vários processos inter-relacionados, sendo eles: auto reforço, atraso de gratificações, estabelecimento de metas, autoinstrução, percepção de auto eficácia e auto avaliação (Zimmerman, 1989). Esses processos permitem que o participante tenha autonomia para avaliar sozinho informações durante a prática. Na aprendizagem motora, oportunizar ao participante a decisão sobre um ou mais fatores durante a prática poderia demandar dos participantes maior engajamento em diversos processos que compõem a auto regulação. Consequentemente, os benefícios do AC para a aprendizagem motora poderiam ser explicados pelo maior engajamento dos participantes em poder mudar de estratégias de solicitação de CR ao longo do processo de aprendizagem.

A hipótese do aumento da motivação proposta por Boekaerts (1996) explica que os benefícios do AC estariam relacionados à interação entre componentes cognitivos e motivacionais. Existem seis componentes, sendo três cognitivos (domínio do conteúdo, estratégias cognitivas e estratégias regulatórias cognitivas) e três motivacionais (conhecimento metacognitivo e benefícios motivacionais, estratégias de motivação e estratégias regulatórias motivacionais). A prática AC poderia fazer com que os participantes atingissem os estágios mais avançados dos componentes cognitivos e motivacionais (estratégias regulatórias cognitivas e motivacionais), que podem ser benéficas para a aprendizagem (Boekaerts, 1996). A influência da motivação durante a prática com o CR AC se daria por meio de aspectos do comportamento como predisposição e tempo de

envolvimento com a tarefa. O controle do próprio participante sobre um ou mais aspectos torna-se relevante para o participante avaliar o seu desempenho e solicitar o CR no momento que ele considere necessário, para melhorar a aprendizagem (Boekaerts, 1996).

A hipótese de orientação proposta por Salmoni *et al.* (1984) sugere que o CR ajuda o participante a melhorar o desempenho, pois fornece informações sobre o resultado da ação realizada em magnitude e direção, as quais são utilizadas para corrigir e gerar uma nova resposta para a tentativa seguinte, tornando o desempenho mais preciso a cada tentativa (Salmoni *et al.*, 1984). No uso do CR AC, a aprendizagem acontece devido ao significado do momento de recebimento da informação (CR), pois é o participante quem determina quando quer receber informações durante a prática, o que pode levar ao uso da informação intrínseca e minimiza a dependência do CR.

Estas hipóteses, a do processamento mais profundo (Zimmerman, 1989), do aumento da motivação (Boekaerts, 1996), e da orientação (Salmoni *et al.*, 1984) foram utilizadas para explicar os efeitos do CR AC na aprendizagem de habilidades motoras baseadas somente nas medidas de desempenho. Apesar dessas medidas explicarem os efeitos do CR AC, não foram encontrados estudos de AC para explicar as mudanças no controle da ação motora que pode ser observada nas medidas de mecanismos de CM, o que permite o avanço no entendimento dos efeitos do CR AC, que são limitados ao desempenho.

Nos estudos de AC, o CR é fornecido de forma AC que é o fornecimento de CR sobre o desempenho em função da vontade de solicitação do participante e na forma *yoked* o CR é fornecido nas mesmas tentativas do seu pareado AC (Janelle; Kim; Singer, 1995). No CR AC, quando o participante solicita o CR e confirma a tentativa como boa, o planejamento da tentativa anterior à solicitação do CR é mantido na tentativa subsequente (Chiviakowsky; Wulf, 2002). Quando a solicitação do CR ocorre após as tentativas confirmadas como corretas, o participante direciona a atenção para o CR recebido, o que aumenta o engajamento em manter o planejamento da tentativa anterior. Consequentemente, é esperado que o participante não priorize o uso de informações intrínsecas contidas na propriocepção. Como as informações proprioceptivas podem ser menos utilizadas durante a execução, espera-se não observar inflexões nas curvas de forças produzidas para corrigir o comando motor durante a execução da tentativa. A ausência de inflexões nas curvas de forças podem caracterizar o predomínio do mecanismo de pré-programação (Gordon; Ghez, 1987a e b; Desmurget; Grafton, 2000; Santos, 2015) em cada execução da tentativa, já que ela contém informação da tentativa anterior, para o participante manter o desempenho próximo à meta.

Na forma *yoked*, em que o fornecimento de CR sobre o desempenho acontece nas mesmas tentativas do seu pareado AC, se o desempenho for ruim é esperado que o planejamento da tentativa anterior se modifique em função do CR, e assim tentar atingir a meta na tentativa subsequente (Chiviakowsky; Wulf, 2002). Com o *yoked*, o recebimento do CR pode não ser no momento desejado pelo participante, por isso é esperado que o participante busque outras informações disponíveis durante a execução. Neste caso, o participante deve usar as informações intrínsecas contidas na propriocepção. Como as informações proprioceptivas podem ser mais utilizadas durante a execução, espera-se observar inflexões nas curvas de forças produzidas como tentativa de corrigir o comando durante a execução da tentativa. Estas inflexões nas curvas de forças podem caracterizar o predomínio do mecanismo via *feedback online* (Gordon; Ghez, 1987a e b; Desmurget; Grafton, 2000; Santos, 2015) durante a execução para corrigir o comando motor e aproximar da meta da tarefa.

Nesta forma de fornecimento de CR nenhuma hipótese explicativa sobre os efeitos do AC aponta as mudanças nos mecanismos de controle motor que levariam a melhorias no desempenho. Além disso, também não foram encontrados estudos de AC que utilizaram medidas de controle motor para explicar o efeito do CR AC e o que muda no controle da ação motora, em nível de mecanismos de CM, ao solicitar ou não o CR.

Neste contexto, tanto os estudos de FA quanto de AC não apresentaram explicações sobre as mudanças nos mecanismos de controle da ação motora ao longo do processo de aprendizagem. Este assunto será abordado no próximo tópico.

## **2.5 Faixa de amplitude, autocontrole de CR, mecanismos de controle e aprendizagem motora.**

No início do processo de aprendizagem é esperado que o participante tenha altos valores de erros, pois ele não sabe como atingir a meta da tarefa (Magill, 2016). O CR nesta fase da aprendizagem servirá para ajudar a formar uma referência do que deve ser feito, e este CR pode ser fornecido de diferentes formas durante a prática. Uma forma é a FA, cujo o CR é fornecido tendo como referência a discrepância entre o desempenho esperado e o real (Sherwood, 1988). Na tentativa que o desempenho fica fora da FA o participante recebe o CR, e ele utiliza a informação quantitativa do CR para corrigir o planejamento da ação. Contudo, quando o desempenho fica dentro da FA o participante não recebe o CR, e ele utiliza a informação qualitativa do CR para manter o planejamento da ação na tentativa subsequente



(Lee; Carnahan, 1990; Ugrinowitsch *et al.*, 2010). A outra forma é o AC, cuja solicitação do CR é baseada na estratégia elaborada pelo próprio participante (Janelle; Kim; Singer, 1995). O AC faz com que a solicitação ocorra em um momento que o participante considera necessário, sendo o mais comum usar a informação do CR para confirmar um bom desempenho (após tentativas que o participante entende como corretas) e manter o planejamento da ação executada na tentativa subsequente (Chiviawowsky; Wulf, 2002; 2005).

Com a FA no início do processo de aprendizagem, um número maior de tentativas deverá estar com o desempenho fora da FA estabelecida, pois o participante não sabe como atingir a meta da tarefa e depende do CR para detecção e correções de erros e muda o planejamento para as tentativas subsequentes (Salmoni *et al.*, 1984). Quando isso acontece, é esperado que o participante não priorize o uso de informações intrínsecas contidas na propriocepção. Como as informações proprioceptivas podem ser menos utilizadas durante a execução, espera-se não observar inflexões nas curvas de forças produzidas para corrigir o comando motor durante a execução da tentativa. A ausência de inflexões nas curvas de forças podem indicar o possível predomínio do mecanismo pré-programação (Gordon; Ghez, 1987a e b; Desmurget; Grafton, 2000; Santos, 2015).

Prosseguindo a prática e quando a habilidade é aprendida, espera-se que o participante consiga diminuir a discrepância entre a meta da tarefa e o desempenho realizado, e conseqüentemente apresentar menores valores de erros (Magill, 2016). Nesta fase da aprendizagem, espera-se que um número maior de tentativas esteja com o desempenho dentro da FA do que no início da prática e prevaleça a informação qualitativa (Lee; Carnahan, 1990; Lee; Maraj, 1994; Ugrinowitsch *et al.*, 2010). Quando é utilizada a informação qualitativa, o participante mantém o planejamento da tentativa anterior, o que torna o desempenho mais consistente e resulta na não dependência do CR sobre a sua execução (Winstein; Schmidt, 1990; Coca-Ugrinowitsch *et al.*, 2018). Além disso, com o desempenho dentro da FA é esperado que o participante busque outras informações disponíveis durante a execução. Neste caso, o participante deve usar as informações intrínsecas contidas na propriocepção. Como as informações proprioceptivas podem ser mais utilizadas durante a execução, espera-se observar inflexões nas curvas de forças produzidas como tentativa de corrigir o comando durante a execução da tentativa. Estas inflexões nas curvas de forças podem indicar o predomínio do mecanismo via *feedback online* (Gordon; Ghez, 1987a e b; Desmurget; Grafton, 2000; Santos, 2015) durante a execução da tentativa para corrigir o comando motor, e manter o desempenho próximo a meta da tarefa.

Com o CR AC, no início do processo de aprendizagem o participante também não sabe como atingir a meta da tarefa. Nesta fase da aprendizagem, espera-se que o participante solicite o CR após as tentativas que eles julgam como ruins, para auxiliar na detecção de erros e mudar o planejamento para as tentativas subsequentes (Salmoni *et al.*, 1984). Quando isso acontece, é esperado que o participante não priorize o uso de informações intrínsecas contidas na propriocepção. Como as informações proprioceptivas podem ser menos utilizadas durante a execução, espera-se observar poucas inflexões nas curvas de forças produzidas para corrigir o comando motor durante a execução da tentativa. A ausência de inflexões nas curvas de forças podem indicar o predomínio do mecanismo via pré-programação (Gordon; Ghez, 1987a e b; Desmurget; Grafton, 2000; Santos, 2015).

Prosseguindo a prática e quando habilidade é aprendida, espera-se que o participante consiga aproximar o desempenho da meta da tarefa, e por isso apresente menores valores de erros (Magill, 2016). Nesta fase da aprendizagem, espera-se que estrategicamente o participante passa a solicitar o CR após as tentativas que eles achem que são corretas e, caso confirmem o bom desempenho (Janelle; Kim; Singer, 1995; Chiviakowsky; Wulf, 2002). O CR solicitado gera uma resposta correta para a tentativa seguinte, tornando o desempenho mais preciso a cada tentativa (Salmoni *et al.*, 1984). Quando a solicitação do CR ocorre após as tentativas confirmadas como corretas, o participante direciona a atenção para o CR recebido, o que aumenta o engajamento em manter o planejamento da tentativa anterior. Por isso é esperado que, o participante não priorize o uso de informações intrínsecas contidas na propriocepção. Como as informações proprioceptivas podem ser menos utilizadas durante a execução, espera-se observar poucas inflexões nas curvas de forças produzidas para não corrigir o comando motor durante a execução da tentativa. A ausência de inflexões nas curvas de forças podem indicar o possível predomínio do mecanismo via pré-programação (Gordon; Ghez, 1987a e b; Desmurget; Grafton, 2000; Santos, 2015), pois o participante deve repetir o planejamento da tentativa anterior e manter o desempenho próximo à meta na tentativa subsequente.

Até o presente momento, não foram encontrados estudos das duas formas de fornecimento de CR que avaliaram as mudanças no mecanismo de controle e nem apresentaram medidas de CM que permitissem fazer inferências sobre manutenção ou mudança no planejamento. Estas medidas são associadas ao predomínio de mecanismos de controle, e como o comportamento modifica ao longo do processo da aprendizagem (Fitts; Posner, 1967), é esperado que os mecanismos de controle também modifiquem.

Com base nas informações das duas formas de fornecimento descritas anteriormente, é esperado que a FA de CR leve ao desempenho mais consistente com predomínio do mecanismo *feedback online* e o CR AC leve ao desempenho mais preciso com predomínio do mecanismo pré-programação.

Neste contexto algumas perguntas surgem: Qual mecanismo de controle predomina com o uso da FA de CR? Qual mecanismo de controle predomina com o uso do CR AC? Qual a diferença entre as duas formas de fornecimento de CR nos mecanismos de controle e na aprendizagem de uma habilidade motora?

### **3 OBJETIVOS**

#### **3.1 Objetivo geral**

Investigar os efeitos da FA e do AC de CR no controle e na aprendizagem motora.

#### **3.2 Objetivos específicos e hipóteses**

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

## **4 EXPERIMENTO I: Foram investigados a FA e os mecanismos de controle motor.**

### **4.1 Objetivo específico e hipóteses**

Investigar os efeitos da FA de CR no desempenho e nos mecanismos de controle motor.

H<sub>1</sub> - A FA10% levará ao menor tempo para o pico de força que a FA0%.

H<sub>2</sub> - A FA10% levará a mais correções que a FA0%.

H<sub>3</sub> - A FA10% levará ao menor valor de RMSE que a FA0%.

H<sub>4</sub> - A FA10% levará a menor variação do RMSE que a FA0%.

### **4.2 Método**

#### **4.2.1 Amostra**

Participaram deste estudo participante do sexo masculino, com idade de 27 ( $\pm$  6,7) anos, com visão normal ou corrigida, destros exp. I e II, inexperientes na tarefa e sem histórico de lesão no membro dominante, que podia comprometer os resultados experimentais.

Foi realizado um estudo piloto (APÊNDICE A) com 37 participantes para determinar o tamanho da amostra e formas de controle de possíveis variáveis intervenientes. O número da amostra foi determinado por cálculo amostral com o software G\*Power (versão 3.1.9.2) e foram utilizados 10 participantes em cada experimento I e II e 16 participantes no experimento III, definido no estudo piloto (APÊNDICE A).

#### **4.2.2 Cuidados éticos**

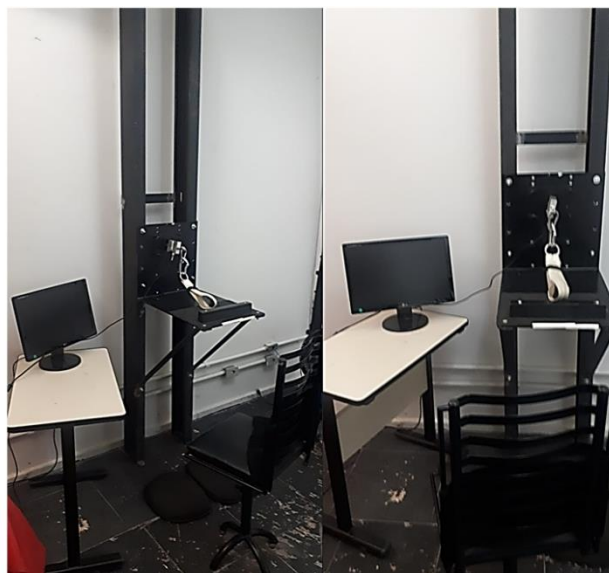
Todos os participantes assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (APÊNDICE B). O trabalho foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) e todos os procedimentos utilizados no projeto foram aprovados, com o número de protocolo CAAE 58644922.5.0000.5149 (ANEXO A).

#### **4.2.3 Tarefa e instrumentos**

A tarefa consistiu no alcance e manutenção de 40% da força isométrica máxima dos músculos flexores do cotovelo o mais rápido e preciso possível. Foi realizada a tração contra uma célula de carga durante um intervalo de tempo específico de 500ms. A célula de carga estava conectada à uma alça de *nylon*, na qual os participantes envolveram o punho permitindo a ação de tração (Figura 2).

O instrumento utilizado foi composto por uma célula de carga de tração e compressão (modelo CSA/ZL-200) (tipo S, TEDEA-HUNTLEIGH EUROPE LIMITED LOAD CELL TEST DATA SHEET) fixada a uma placa de ferro e ligada a um conversor analógico-digital A/D (NI-DAQMX 16.0), com faixa de entrada de -5 a +5 Volts. Esse conversor, com entrada para 16 canais, estava conectado a um computador marca HP com *software Labview* (versão 10.0) utilizado para a construção do programa de aquisição e armazenamento dos dados. A frequência de aquisição de dados foi de 200Hz. A placa de ferro foi afixada em duas hastes de ferro afixado no teto e no chão do laboratório de coletas do GEDAM. A placa de ferro, além de afixar a célula de tração e compressão, também possuía uma superfície que serviu para que os participantes apoiassem o braço direito. Nessa superfície havia um aparador, cuja função foi restringir a extensão do cotovelo dos participantes (Figura 2).

**Figura 2** - (a) Computador, (b) Célula de tração e compressão e (c) Placa de ferro. Utilizados por Carvalho (2011 e 2017) e Santos *et al.* (2017).

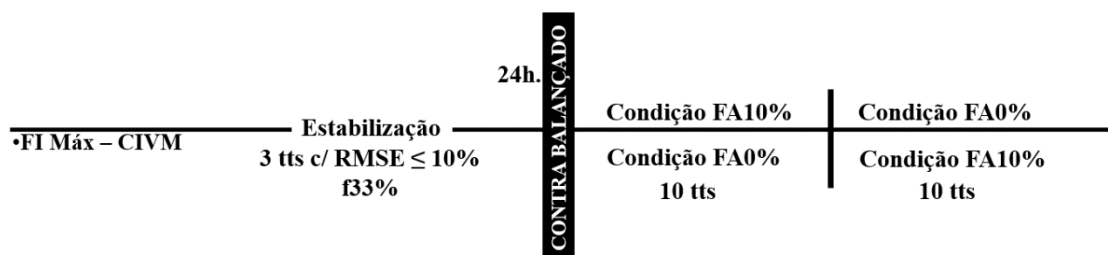


Fonte: Proprio autor.

Para verificar o índice de lateralidade dos participantes foi aplicado o Inventário de Dominância Lateral de Edimburgo (Oldfield, 1971) (ANEXO B).

#### 4.2.4 Delineamento experimento I

**Figura 3** - Imagem ilustrativa do delineamento do experimento I.



O delineamento contou com uma fase de estabilização e uma fase de manipulação das condições experimentais (Figura 3). Na estabilização, todos os participantes tiveram como objetivo alcançar e manter 40% da sua força isométrica máxima o mais rápido e preciso possível dentro de tempo de 500ms (definido no estudo piloto, apêndice A) e tiveram que atingir o desempenho critério (DC) de 3 tentativas consecutivas o valor de RMSE menor ou igual a 10% (adaptado de Santos *et al.*, 2017) (definido no estudo piloto, apêndice A), durante essa fase o *feedback* foi fornecido com frequência de 33% (definido no estudo piloto, apêndice A). Após um intervalo de 24 horas teve início a fase de manipulação das condições experimentais, e a tarefa se manteve a mesma da estabilização, mas com a manipulação da variável independente. As condições experimentais foram: a) FA10% (definido no estudo piloto, apêndice A) e b) FA0%. Os participantes realizaram 10 tentativas em cada condição experimental, sendo a ordem de início das tentativas contrabalançada entre os participantes.

#### 4.2.5 Procedimento experimento I

O experimento foi realizado em uma sala específica para coleta de dados que pertence ao Grupo de Estudos em Desenvolvimento e Aprendizagem Motora (GEDAM), sediado na Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional (EEFFTO) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), utilizada somente para fins de pesquisa. Inicialmente, o participante fez a leitura e assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) e preenchimento do Inventário de Dominância Lateral de Edimburgo (Oldfield, 1971). O Inventário é constituído por 10 questões sobre preferência lateral na execução de 10 tarefas motoras realizadas usualmente pelas pessoas. Para cada “+” assinalado, é computado um ponto. O cálculo do índice é dado por [mão direita - mão esquerda/ mão direita + mão esquerda] \* 100. Será considerado destro quando atingir o valor acima de 80%.

Em seguida, após a confirmação da lateralidade do participante ocorreu a padronização da posição do participante durante a coleta, que envolveu a regulagem da altura da cadeira para acertar a posição do participante em relação à célula de tração e compressão. Para isso, o participante manteve-se sentado, de frente para a célula, com o braço direito apoiado na placa de ferro. O cotovelo estava em flexão de 90°, auxiliado por um aparador que impedia a sua extensão. Uma alça de *nylon* foi posicionada no punho do participante, para realizar a ação de tração. O tronco e os ombros do participante foram envoltos por cintas para estabilização da posição e restrição dos movimentos auxiliares. Finalmente, foi solicitado que o participante mantivesse o braço esquerdo apoiado na coxa esquerda.

Após a padronização, foi determinada a força isométrica máxima dos músculos flexores do cotovelo do membro dominante de cada participante pelo teste de contração isométrica voluntária máxima (CIVM) contra a célula de carga em 3 tentativas. Cada tentativa teve duração de 5 segundos com 5 minutos de intervalo entre elas. Um sinal sonoro informou o início e o término de cada tentativa do teste CIVM. O maior valor de força encontrado foi considerado a força isométrica máxima do participante, e sobre este valor foram calculados os 40%, que foi utilizado como a meta da tarefa durante os experimentos.

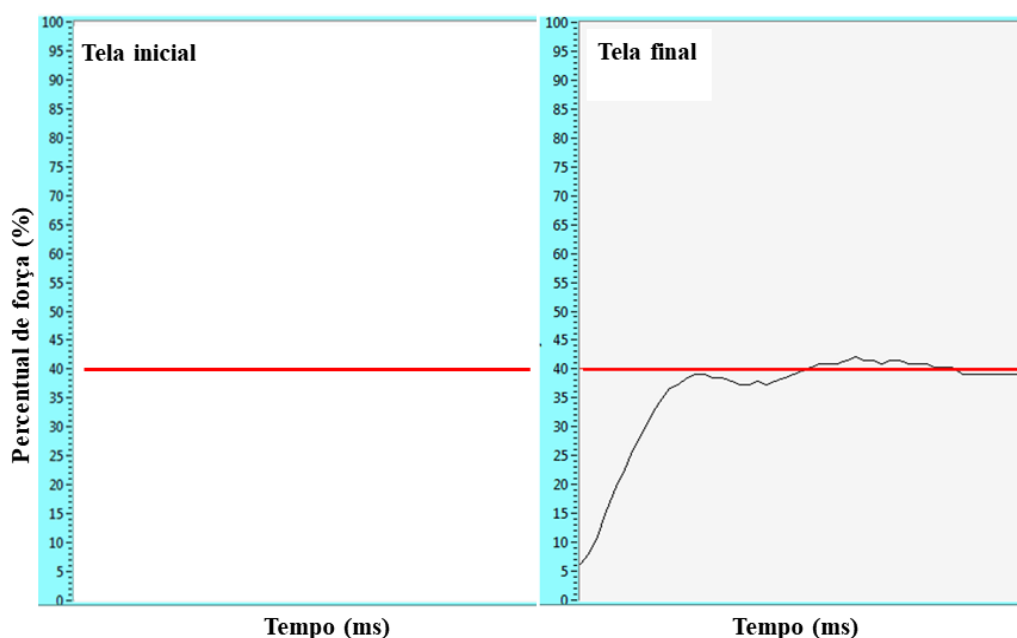
Após a determinação da força isométrica máxima teve início a fase de estabilização. Nesta fase, o objetivo foi alcançar e manter 40% da força isométrica máxima o mais rápido e preciso possível dentro de tempo de 500ms (definido no estudo piloto, apêndice A). Os participantes praticaram até atingirem o DC de 3 tentativas consecutivas o valor de RMSE menor ou igual a 10% (adaptado de Santos *et al.*, 2017), e foram orientados que ao seu lado esquerdo tinha uma tela do monitor que exibiu inicialmente um gráfico força x tempo (Figura 4). O eixo y apresentou os percentuais de força isométrica produzidos pelos participantes e no eixo x o tempo da tentativa. No nível de 40% havia uma linha vermelha de referência representando a meta a ser atingida. Os participantes foram informados que visualizarão a curva com a força isométrica produzida na tela do monitor (CR visual), ao final de algumas tentativas, de forma controlada pelo experimentador. Este fornecimento de CR foi na frequência de 33% (por exemplo, 1 tentativa com CR, 2 tentativas sem CR). Quando os participantes atingiram o DC, esta fase foi encerrada.

Vinte quatro horas após a fase de estabilização teve início a fase de manipulação das condições experimentais, e a meta da tarefa foi a mesma da fase de estabilização. As condições experimentais foram: a) FA10% e b) FA0%. Os participantes tiveram a ordem de início contrabalançadas entre as condições experimentais e realizaram 10 tentativas em cada



condição. Nesta fase, os participantes foram informados que visualizarão a curva com a força isométrica produzida na tela do monitor (CR visual), após a realização da tentativa, somente se o desempenho estiver errado, na condição FA10%, ou em todas as tentativas, na condição FA0%. Este CR foi fornecido 4s após a tentativa, e após mais 4s foi dado o sinal para a próxima tentativa (Vieira; Ugrinowitsch; Benda, 2013), para garantir o intervalo inter tentativa. Caso nenhuma informação sobre a sua força isométrica fosse disponibilizada no monitor (condição FA10%), significava que foi um acerto na tentativa (desempenho dentro da FA), e o participante não receberia CR visual (Figura 4).

**Figura 4** - Tela inicial e final do gráfico força x tempo.



Fonte: Carvalho (2011 e 2017).

### 4.3 Medidas e análise

#### 4.3.1 Variável independente

Tipo de fornecimento FA de CR.

### 4.3.2 Variáveis dependentes

a) Variáveis de desempenho:

I - RMSE (raiz quadrada do erro médio), a qual representa a diferença de força isométrica executada e a meta da tarefa, ponto a ponto. Esta medida indica a precisão do desempenho

II - Desvio padrão (DP) da RMSE. Esta medida indica a consistência do desempenho.

b) Variáveis de controle motor:

I - Tempo para o pico de força (TPF): tempo gasto entre o início da contração e o alcance do pico de força em milissegundos. Esta variável indica o controle predominante via pré-programação.

II - Número de correções (NC): número de vezes que houver correções na curva da derivada da força, foi considerado tentativa de correção toda vez que foi identificado uma inflexão na curva de força com valor mínimo de 2,5% do valor do pico da força isométrica anterior, assim como utilizados nos estudos de (Gordon; Ghez, 1987b; Santos, 2015). Esta variável indica o controle predominante via *feedback online*.

### 4.3.3 Análise estatística experimento I

Os dados foram organizados em 1 bloco de 10 tentativas para cada condição experimental. A análise foi feita com as médias e desvio padrão (DP) dos desempenhos em cada bloco para cada variável dependente. Antes das análises inferenciais, os pressupostos para análise paramétrica foram verificados e foram realizados o teste de normalidade de Shapiro Wilk e o teste de homogeneidade de Levene. O teste de Levene indicou homogeneidade entre as variâncias ( $p > 0,05$ ). O teste de Shapiro-wilk indicou normalidade em todas as variáveis ( $p > 0,05$ ). A análise inferencial foi realizada através do teste  $t$  dependente (2 condições x 1 variável) e foram comparadas as duas condições experimentais tanto para as variáveis de desempenho, quanto para as variáveis de controle motor.

Para análise do predomínio de mecanismo foi calculado Índice de Predomínio do Mecanismo (IPM) pela fórmula:

$$IPM = \frac{TPF_{pré} - TPF_{pós}}{TT_{tent}}$$

Na qual o  $TPF_{pré}$  é o tempo do início da tentativa até atingir o pico de força, o  $TPF_{pós}$  é o tempo do pico de força até o tempo para o final da tentativa, e o  $TT_t$  é o tempo total

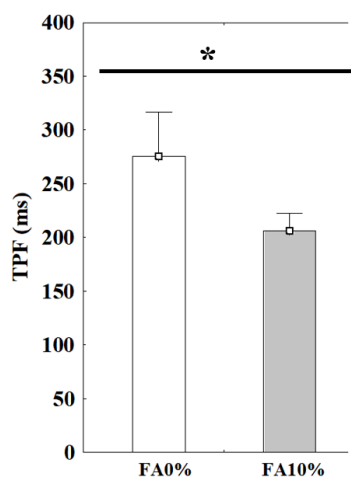
da tentativa (500ms). O resultado positivo indica o predomínio do mecanismo pré-programação e o resultado negativo predomínio do mecanismo de *feedback online*. A significância adotada foi de 5%.

## 5 RESULTADOS

### 5.1 Tempo para o pico de força (TPF)

A análise do TPF (Figura 5), mostrou que a condição FA10% apresentou menor TPF do que a condição FA0% ( $t(10) = -69.26, p = 0,01$ ).

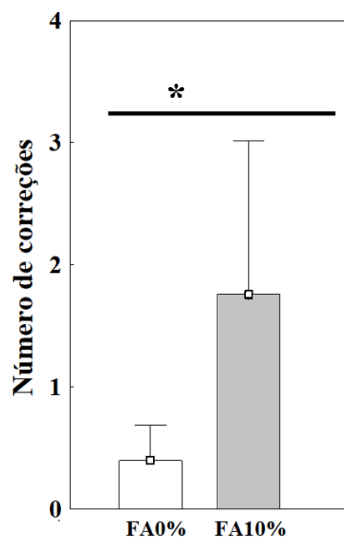
**Figura 5** - Tempo para o pico de força (TPF) das duas condições experimentais. As barras verticais representam o intervalo de confiança de 95%.



## 5.2 Número de correções (NC)

A análise do NC (Figura 6), mostrou que a condição FA10% realizou mais correções do que a condição FA0% ( $t(10) = 1.36, p = 0,01$ ).

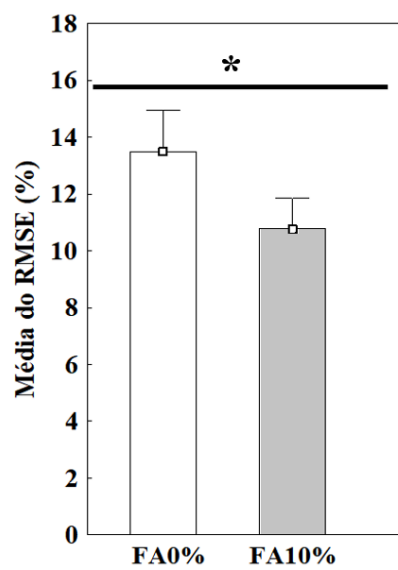
**Figura 6** - Número de correções (NC) das duas condições experimentais. As barras verticais representam o intervalo de confiança de 95%.



## 5.3 Média do RMSE

A análise da precisão do desempenho (Figura 7), mostrou que a condição FA10% foi mais precisa que a condição FA0% ( $t(10) = -2.73, p = 0,01$ ).

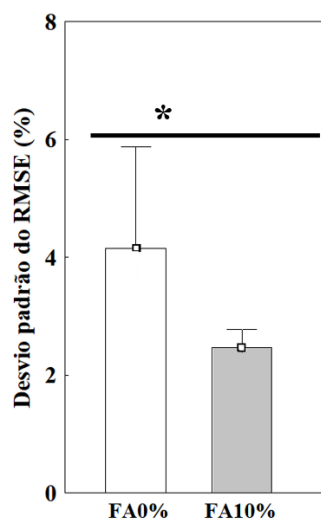
**Figura 7** - Média do RMSE das duas condições experimentais. As barras verticais representam o intervalo de confiança de 95%.



### 5.4 Desvio padrão do RMSE

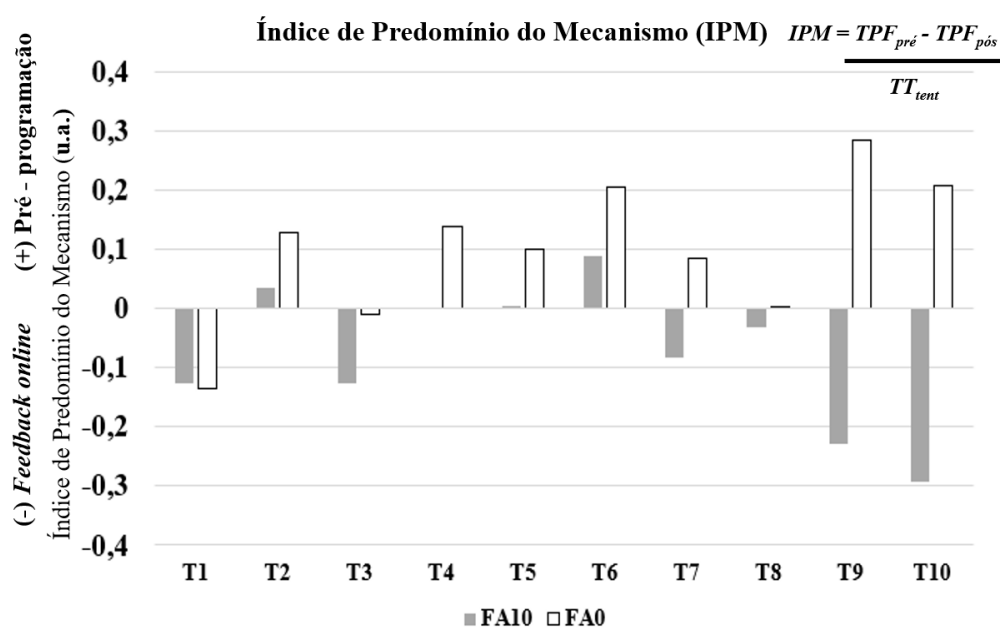
A análise da consistência do desempenho (Figura 8), mostrou que a condição FA10% foi mais consistente que a condição FA0% ( $t(10) = -1.68, p = 0,04$ ).

**Figura 8** - Desvio padrão do RMSE das duas condições experimentais. As barras verticais representam o intervalo de confiança de 95%.



### 5.5 Mecanismo de controle

**Figura 9** - Índice de predomínio de mecanismo das duas condições experimentais.



## 6 DISCUSSÃO DO EXPERIMENTO I

No presente experimento foram investigados os efeitos da FA de CR no desempenho e nos mecanismos de controle motor durante a realização de uma tarefa de controle de força isométrica. Inicialmente, todos os participantes foram submetidos a uma fase de estabilização, na qual praticaram o controle de 40% da força isométrica máxima em um intervalo de tempo de 500ms, até atingirem o DC do estudo. Após o alcance do DC, foram manipuladas as FA de CR de 10% (FA10%) e 0% (FA0%), com o controle da ordem de início das condições. Foram levantadas quatro hipóteses: A primeira que a FA10% apresentaria menor TPF. A segunda hipótese que a FA10% apresentaria mais correções. A terceira hipótese que a FA10% apresentaria o desempenho mais preciso. Por fim, a quarta hipótese que a FA10% apresentaria o desempenho mais consistente. Os resultados mostraram, que para o desempenho apresentar maior precisão e consistência, a FA levou os participantes a priorizarem o mecanismo via *feedback online*. A seguir as hipóteses propostas serão discutidas.

A primeira hipótese do estudo propunha que a condição FA10% levaria a menor TPF que a FA0%. Esta hipótese foi confirmada. O menor TPF indica o predomínio do mecanismo de controle via *feedback online*, e o maior TPF o mecanismo de controle via pré-programação (Desmurget; Grafton, 2000; Santos, 2015). Na condição FA10% houve predomínio do mecanismo via *feedback online* em comparação a FA0%. Esse resultado pode estar relacionado a ausência do recebimento de informação visual (CR) pelo participante por estar com o desempenho dentro da FA10%, o que leva à repetir o planejamento da tentativa anterior na tentativa subsequente (Sherwood, 1988; Winstein; Schmidt, 1990; Cruz *et al.*, 2018; Yabuki *et al.*, 2022). Mais especificamente, a condição FA10% que tinha o desempenho dentro da faixa e levava à ausência de CR. A hipótese foi baseada na lógica de que a ausência de informações visuais (CR) sobre a tentativa anterior, e que o participante sabendo que significava uma tentativa correta, levaria à estratégia de antecipar o TPF, e assim ter mais tempo para correções durante a execução. Com mais tempo para realizar correções durante a execução da tentativa, o participante utilizou predominantemente o mecanismo de controle via *feedback online*. Neste mecanismo, o participante utiliza as informações intrínsecas contidas na propriocepção durante a execução da própria tentativa (Campos, 2017), que é utilizada para fazer os ajustes necessários devido ao maior tempo disponível após o pico de velocidade



A segunda hipótese do estudo propunha que a condição FA10% levaria a mais correções que a FA0%. Esta hipótese foi confirmada. Realizar mais correções indica o predomínio do mecanismo de controle via *feedback online* e menos correções o mecanismo de controle via pré-programação (Desmurget; Grafton, 2000; Santos, 2015), as correções indicaram neste estudo o predomínio do mecanismo de controle via *feedback online* em comparação à FA0%. Esse resultado pode estar relacionado a manutenção do planejamento da tentativa anterior pelo participante por saber que realizou uma tentativa correta ao manter o desempenho dentro da FA10% (Sherwood, 1988; Winstein; Schmidt, 1990; Cruz *et al.*, 2018; Yabuki *et al.*, 2022). A hipótese foi baseada na lógica de que o participante manteria o planejamento da tentativa anterior, devido a ausência de informações visuais (CR) ao saber que realizou uma tentativa correta. Esta condição levaria a necessidade de buscar outras informações disponíveis para realizar correções necessárias durante a execução. Com a ausência de informações visuais, as correções no comando durante a execução da tentativa foram baseadas nas informações intrínsecas do contexto dessa tarefa, que foram as informações proprioceptivas da própria tentativa. Estas correções foram observadas nas inflexões das curvas de forças produzidas.

No conjunto, o comportamento de utilizar predominantemente o mecanismo via *feedback online* na condição FA10% se assemelha ao encontrado nos estudos de tarefas de apontamento (Khan *et al.*, 2006; Elliot *et al.*, 2010) e interceptação (Elliot; Binsted; Heath, 1999). Nestes estudos, foi explicado que os participantes conseguiram ficar em um estado de maior prontidão, o que possibilitou maior capacidade de predição para realizarem correções com base nas informações do contexto. Semelhante ao encontrado no presente estudo, que a FA10% permitiu que os participantes realizassem mais correções para manter o desempenho próximo à meta da tarefa durante a tentativa. No presente estudo, os participantes mostraram ser capazes de corrigir o comando motor da ação com base no contexto, e se tornaram mais competentes em utilizar o mecanismo via *feedback online* com base nas informações referentes à tentativa em questão, e não nas informações da tentativa anterior (Izawa *et al.*, 2008; Elliott; Hansen; Grieson; Lyons, 2010; Campos, 2017).

A terceira hipótese do estudo propunha que a condição FA10% levaria a maior precisão do desempenho que a condição FA0%. Esta hipótese foi confirmada. Esse resultado está de acordo com os achados dos estudos de Lee e Maraj (1994), Goodwin e Meeuwsen (1995), Butler e Fischman (1996) e Shimony *et al.* (2020), que mostraram que a FA favorece o aumento da precisão do desempenho. Nesses estudos, os resultados foram explicados a

partir dos pressupostos da hipótese da orientação de Salmoni *et al.* (1984), com a explicação que o CR ajuda o participante a melhorar o desempenho, pois fornece informações sobre a ação realizada, as quais são utilizadas para corrigir e gerar uma nova resposta para a tentativa seguinte, tornando o desempenho mais preciso a cada tentativa.

No presente estudo, na condição FA10%, na tentativa que o desempenho se encontrou fora da FA, o CR fornecido quando o desempenho estava fora da FA10% proporcionou aos participantes orientações sobre a ação realizada, o que permitiu os ajustes em direção à meta da tarefa e aumentou a precisão do desempenho a cada tentativa. Estes resultados dão suporte à hipótese da orientação (Salmoni *et al.*, 1984; Shimony *et al.*, 2020). Além disso, foi observado que a melhora da consistência do desempenho da condição FA10% se deve à, quando o participante apresentava o desempenho dentro da FA estipulada e não recebia informações visuais (CR), mas sabia que esta informação qualitativa significava uma tentativa correta. Consequentemente, estes resultados dão suporte à hipótese da consistência, resultado já encontrado em estudos anteriores (Sherwood, 1988; Winstein; Schmidt, 1990; Coca-Ugrinowitsch, Cruz, Ugrinowitsch, 2018; Cruz *et al.*, 2018; Yabuki *et al.*, 2022). Com base na informação qualitativa, o participante antecipou o TPF, para ter mais tempo para realizar as correções ao longo da tentativa, baseado nas informações do contexto (proprioceptivas). Consequentemente, a condição FA10% ficou caracterizada pelo predomínio do mecanismo via *feedback online*.

A quarta hipótese do estudo propunha que a condição FA10% apresentaria o desempenho mais consistente que a FA0%. Esta hipótese foi confirmada. Esse resultado está de acordo com os achados dos estudos de Ugrinowitsch *et al.* (2010), Coca-Ugrinowitsch *et al.* (2014, 2018), Cruz *et al.* (2018), Lucas *et al.* (2019) e Yabuki; Akizuki; Yamamoto; Yamaguchi e Ohashi (2022), que mostraram que a FA favorece o aumento da consistência do desempenho. Nesses estudos, os resultados foram explicados a partir dos pressupostos da hipótese da consistência de Winstein e Schmidt, (1990), com a explicação de que o não recebimento de CR é considerada uma tentativa certa. Neste caso, não é necessário mudar o planejamento para a tentativa subsequente, o que aumenta a consistência do desempenho.

Este estudo testou o efeito da FA de CR no desempenho e nos mecanismos de controle motor. Para isso, primeiro os participantes praticaram a tarefa com uma forma de fornecimento de *feedback* distinta da manipulada, a frequência relativa de 30%, e após o desempenho ficar estável, passaram pelas duas condições experimentais, a FA10% e a FA0%. Na condição FA10%, quando o desempenho ficou fora da FA estipulada o CR foi fornecido,

o que orientou a correção da tentativa subsequente, e direcionou o comportamento para diminuir a discrepância do erro e aumentou a precisão. Estes resultados são explicados pela hipótese da orientação (Salmoni et al., 1984). Quando o desempenho estava dentro da FA, o CR não foi fornecido, e indicou que a tentativa foi executada corretamente. Conseqüentemente, não havia necessidade de modificação do planejamento em relação à tentativa anterior, o que dá suporte à hipótese da consistência (Winstein; Schmidt, 1990). Isso provavelmente aconteceu porque o participante buscou outra fonte de informação sobre o seu desempenho, o *feedback* proprioceptivo, e que repetiu o planejamento da tentativa anterior. Conseqüentemente, este estudo não elucidou qual das hipóteses explica o efeito da FA. Além disso, por buscar mais informação relativa a tarefa (*feedback* proprioceptivo), a FA10% utilizou a estratégia de deixar mais tempo para usar estas informações durante a execução da tarefa, observado no menor TPF, o que caracterizou a menor ênfase no mecanismo via pré-programação. O maior tempo para o uso do *feedback* proprioceptivo permitiu um maior número de correções, o que caracteriza que a FA10% levou a utilizar predominantemente o mecanismo via *feedback online*. Esta posição foi confirmada pelo Índice de Predomínio dos Mecanismos (IPM) (Figura 9), que indicou que a FA0% leva ao predomínio de um mecanismo de controle distinto da FA10%.

Este estudo elaborou quatro hipóteses dedutivas, sendo todas elas confirmadas. Apesar de não deixar claro qual hipótese explanativa explica os efeitos da FA, ele trouxe uma nova luz na discussão dos efeitos da FA de CR. Até a presente data, os estudos discutiam os efeitos da FA baseados em hipóteses explanativas. O presente estudo indica que neste tipo de tarefa a ausência de informação quantitativa causada pela FA10% tem efeito no mecanismo de controle, e explica que os efeitos da FA leva ao controle da ação predominantemente com o uso do mecanismo via *feedback online*.

## 7 EXPERIMENTO II: Foram investigados o CR AC e os mecanismos de controle motor.

### 7.1 Objetivos específicos e hipóteses

Investigar os efeitos do CR AC no desempenho e nos mecanismos de controle motor.

H<sub>1</sub> - O CR AC levará ao maior tempo para o pico de força que o *yoked*.

H<sub>2</sub> - O CR AC levará a menos correções que o *yoked*.

H<sub>3</sub> - O CR AC levará ao menor valor de RMSE que o *yoked*.

H<sub>4</sub> - O CR AC levará a menor variação do RMSE que o *yoked*.

### 7.2 Método

#### 7.2.1 Amostra

As características da amostra foram as mesmas do experimento I que foram apresentadas no tópico 4.2.1.

#### 7.2.2 Cuidados éticos

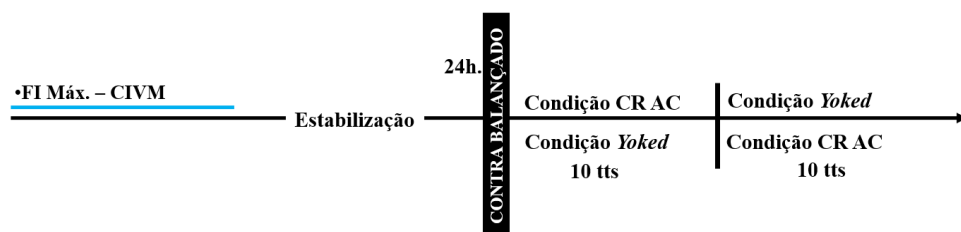
Todos os cuidados éticos foram tomados, assim como descrito no tópico 4.2.2.

#### 7.2.3 Tarefa e instrumentos

A tarefa e todos os instrumentos utilizados neste experimento foram os mesmos utilizados no Experimento I e estão descritos no tópico 4.2.3.

#### 7.2.4. Delineamento experimento II

**Figura 10** - Imagem ilustrativa do delineamento do experimento II.



O delineamento contou com uma fase de estabilização e uma fase de manipulação das condições experimentais (Figura 10). A estabilização foi igual à do experimento I. Após

um intervalo de 24 horas, teve início a fase de manipulação das condições experimentais, e a tarefa se manteve a mesma da estabilização, mas com a manipulação da variável independente. As condições experimentais foram: a) CR AC e b) *Yoked*. Os participantes realizaram 10 tentativas em cada condição experimental, sendo a ordem de início das tentativas contrabalançada entre os participantes.

### **7.2.5 Procedimento experimento II**

O procedimento até a fase de estabilização seguiu a mesma padronização do Experimento I, descritas no tópico 4.2.5.

Vinte quatro horas após a fase de estabilização teve início a fase de manipulação das condições experimentais, e a meta da tarefa foi a mesma da fase de estabilização. As condições experimentais foram: a) CR AC e b) *Yoked*. Os participantes tiveram a ordem de início contrabalançadas entre as condições experimentais e realizaram 10 tentativas em cada condição. Os participantes do CR AC, foram informados que tinham liberdade para escolher os momentos para visualizarem a curva com a força isométrica produzida na tela do monitor (CR visual), após a realização da tentativa, sem restrição de limite de número de CR solicitado. Já os participantes da condição *yoked* foram informados que receberiam o CR visual de forma controlada, não tendo a possibilidade de solicitar o CR quando tinham necessidade. Este CR foi fornecido 4s após a tentativa, e após mais 4s foi dado o sinal para a próxima tentativa (Vieira; Ugrinowitsch; Benda, 2013), para garantir também o intervalo inter tentativa (Figura 4).

## **7.3 Medidas e análise**

### **7.3.1 Variável independente**

Tipo de fornecimento CR AC.

### **7.3.2 Variáveis dependentes**

As variáveis dependentes foram as mesmas do Experimento I, descritas no tópico 4.3.2.

### **7.3.3 Análise estatística experimento II**

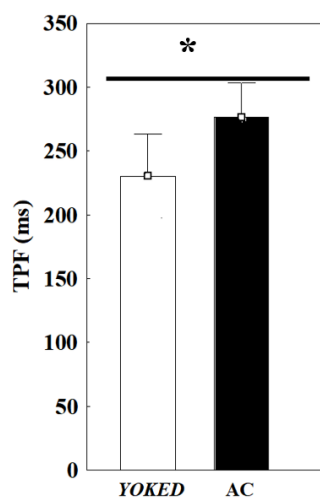
Os dados foram organizados da mesma forma do experimento I, descritos no tópico 4.3.3.

## 8 RESULTADOS

### 8.1 Tempo para o pico de força (TPF)

A análise do TPF (Figura 11), mostrou que a condição AC apresentou maior TPF do que a condição *yoked* ( $t(10) = 46.08, p = 0,03$ ).

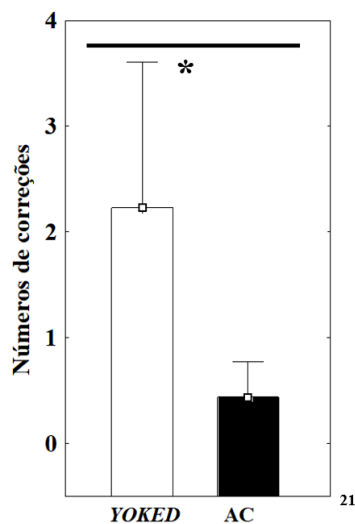
**Figura 11** - Tempo para o pico de força (TPF) das duas condições experimentais. As barras verticais representam o intervalo de confiança de 95%.



## 8.2 Número de correções (NC)

A análise do NC (Figura 12), mostrou que a condição AC realizou menos correções que a condição *yoked* ( $t(10) = -1.79, p = 0,01$ ).

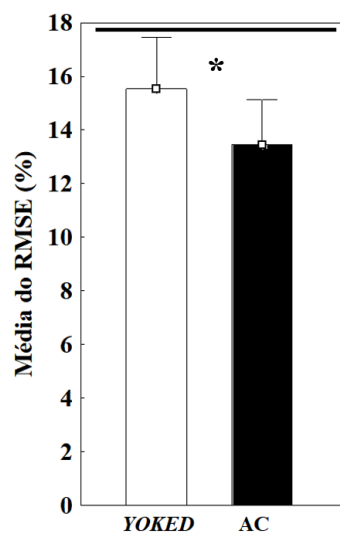
**Figura 12** - Número de correções (NC) das duas condições experimentais. As barras verticais representam o intervalo de confiança de 95%.



## 8.3 Média do RMSE

A análise da precisão do desempenho (Figura 13), mostrou que a condição AC foi mais precisa do que a condição *yoked* ( $t(10) = -2.07, p = 0,03$ ).

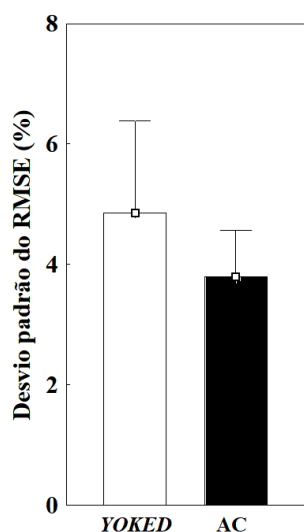
**Figura 13** - Média do RMSE das duas condições experimentais. As barras verticais representam o intervalo de confiança de 95%.



#### 8.4 Desvio padrão do RMSE

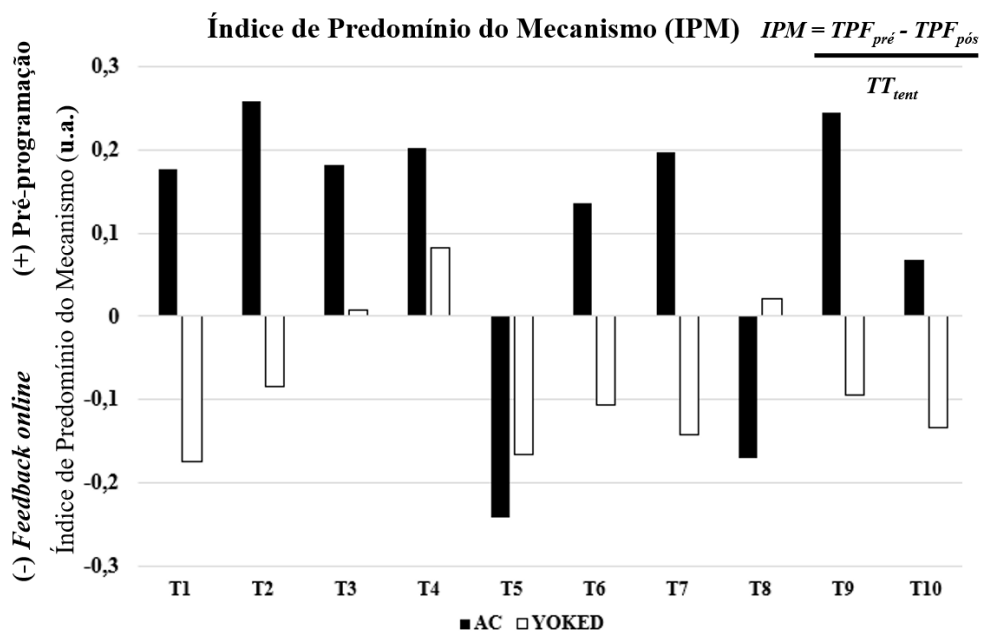
A análise da consistência do desempenho (Figura 14), mostrou que a condição AC não foi diferente da condição *yoked* ( $t(10) = -1.06, p = 0,08$ ).

**Figura 14** - Desvio padrão do RMSE das duas condições experimentais. As barras verticais representam o intervalo de confiança de 95%.



#### 8.5 Mecanismo de controle

**Figura 15** - Índice de predomínio de mecanismo das duas condições experimentais.





## 9 DISCUSSÃO DO EXPERIMENTO II

No presente experimento foram investigados os efeitos do CR AC no desempenho e nos mecanismos de controle motor durante a realização de uma tarefa de controle de força isométrica. Inicialmente todos os participantes foram submetidos a uma fase de estabilização, na qual praticaram o controle de 40% da força isométrica máxima em um intervalo de tempo de 500ms, até atingirem o DC do estudo. Após o alcance do DC foi manipulado o CR AC e comparado ao *yoked*, com o controle da ordem de início das condições. Foram levantadas quatro hipóteses: A primeira que o CR AC apresentaria maior TPF. A segunda hipótese que o CR AC apresentaria menos correções. A terceira hipóteses que o CR AC apresentaria o desempenho mais preciso. Por fim, a quarta hipótese que o CR AC apresentaria o desempenho mais consistente. Os resultados mostraram, que para o desempenho apresentar maior precisão, o AC levou os participantes a priorizarem o mecanismo via pré-programação, pois não houve necessidade de mudança do planejamento da tentativa anterior. A seguir as hipóteses propostas serão discutidas.

A primeira hipótese do estudo propunha que a condição CR AC levaria ao maior TPF que o *yoked*. Esta hipótese foi confirmada. O menor TPF indica o predomínio do mecanismo de controle via *feedback online*, e o maior TPF o mecanismo de controle via pré-programação (Desmurget; Grafton, 2000; Santos, 2015). Na condição CR AC houve predomínio do mecanismo de controle via pré-programação em comparação ao *yoked*. Esse resultado pode estar relacionado a estratégia de solicitação da informação de acordo com a necessidade do próprio participante (Zimmerman, 1989; Janelle; Kim; Singer, 1995; Boekaerts, 1996). A hipótese foi baseada na lógica de que a atenção dos participantes em comparar a ação realizada com o CR solicitado, o resultado dessa comparação resultou em informações prévias que puderam ser utilizadas para programar a próxima tentativa, o que impactou no TPF que foi atrasado. Consequentemente, os participantes não priorizaram o uso das informações intrínsecas contidas na propriocepção para corrigir o comando motor durante a execução da tentativa, caracterizando a utilização predominante do mecanismo de controle via pré-programação.

A segunda hipótese do estudo propunha que a condição CR AC levaria a menos correções que o *yoked*. Esta hipótese foi confirmada. Realizar mais correções indica o predomínio do mecanismo de controle via *feedback online* e menos correções o mecanismo de controle via pré-programação (Desmurget; Grafton, 2000; Santos, 2015), as correções indicaram neste estudo o predomínio do mecanismo de controle via pré-programação em

comparação ao *yoked*. Esse resultado pode estar relacionado a atenção para o CR solicitado, e ao confirmarem o bom desempenho os participantes não mudaram o planejamento da tentativa anterior na tentativa atual (Chiviawsky, 2014; Figueiredo *et al.*, 2018; Januário *et al.*, 2019; Batista *et al.*, 2022). A hipótese foi baseada na lógica de que quando a solicitação do CR ocorresse após as tentativas confirmadas como corretas, o participante direcionaria a atenção para o CR recebido, o que aumentaria o engajamento em manter o planejamento da tentativa anterior (Zimmerman, 1989). Com o engajamento em manter o planejamento correto da tentativa anterior, os participantes não precisaram realizar correções no comando durante a execução da tentativa baseando-se nas informações intrínsecas do contexto dessa tarefa. Estas informações intrínsecas foram as informações proprioceptivas da própria tentativa, caracterizando a utilização predominante do mecanismo de controle via pré-programação.

No conjunto, o comportamento de utilizar predominantemente o mecanismo via pré-programação na condição CR AC se assemelha ao encontrado nos estudos de interceptação (Smeets; Brenner, 1995; Tresilian; Plooy, Carroll, 2004; Tresilian; Ploy, 2006a; Couto, 2012; Couto, 2018). Nestes estudos, foi explicado que em contextos previsíveis, após os participantes aprenderem a tarefa, ou seja, maior certeza em como atingir a meta da tarefa. O movimento era pré-programado para atingirem o pico de velocidade na porção final do movimento, pois eles não precisavam de informações durante a tentativa. Semelhante ao encontrado no presente estudo, que no CR AC, com a estratégia de solicitação do CR de acordo com necessidade do participante o TPF atrasado, mais próximo ao final da ação motora. No presente estudo, os participantes ao comparar a ação realizada com o CR solicitado, utilizaram o resultado dessa comparação como informações prévias para pré-programar a ação futura, e como não houve necessidade de utilizar informações intrínsecas durante a execução, caracterizou a utilização predominante do mecanismo via pré-programação (Tresilian; Ploy, 2006a; Couto, 2012; Couto, 2018).

A terceira hipótese do estudo propunha que a condição AC levaria a maior precisão do desempenho que à condição *yoked*. Esta hipótese foi confirmada. Esse resultado está de acordo com os achados dos estudos de Chiviawsky e Wulf (2005), Patterson e Carter (2010), Patterson *et al.* (2011), Chiviawsky *et al.* (2012), Carter *et al.* (2016b), Chiviawsky (2014), Figueiredo *et al.* (2018), Januário *et al.* (2019), Batista *et al.* (2022), que mostraram que utilizar a estratégia de solicitação de CR (Zimmerman, 1989) e a motivação em confirmar o bom desempenho (Boekaerts, 1996) favorecem o aumento da precisão do desempenho. Nesses estudos, os resultados foram explicados a partir dos

pressupostos da hipótese da orientação de Salmoni *et al.* (1984), com a explicação que no AC, ocorre diminuição da frequência de fornecimento de informação (CR), pois é o participante quem determina quando quer receber informações durante a prática, o que pode levar ao uso da informação intrínseca e minimiza a dependência do CR.

No presente estudo, na condição CR AC houve diminuição da frequência de fornecimento de informação (CR), pois os participantes não solicitaram CR em todas as tentativas diminuindo a dependência do CR proporcionando a melhora da precisão do desempenho a cada tentativa. Estes resultados dão suporte à hipótese da orientação (Salmon *et al.*, 1984; Figueiredo *et al.*, 2018). Além disso, com os participantes apresentando maior engajamento (Zimmerman, 1989) em manter o planejamento correto da tentativa anterior (Boekaerts, 1996), os participantes não precisavam realizar correções no comando durante a execução da tentativa baseadas nas informações intrínsecas do contexto dessa tarefa. Com base nas informações prévias, os participantes foram mais eficientes em atrasar o TPF, e não se basearam nas informações do contexto (proprioceptivas). Consequentemente, a condição CR AC ficou caracterizada pelo predomínio do mecanismo via pré-programação.

A quarta hipótese do estudo propunha que a condição AC apresentaria o desempenho mais consistente que à condição *yoked*. Esta hipótese não foi confirmada. A explicação pode ser que todas as vezes que os participantes solicitaram o CR, o CR recebido induzia nos participantes a constantes correções no planejamento e de uma nova resposta para a tentativa seguinte. Essas constantes correções torna o desempenho mais variável, e para alcançar a consistência é necessário durante a prática da habilidade um período sem recebimento de CR para que o planejamento pudesse ser mantido e aumentar a estabilidade do desempenho (Lai; Shea, 1999). No presente estudo, os participantes solicitaram CR na maioria das tentativas, este comportamento causou instabilidade no desempenho, o que dificultou a melhora da consistência no desempenho, como foi encontrado no presente experimento cujo desempenho não se tornou mais consistente a cada tentativa (Winstein; Schmidt, 1990).

Este estudo testou o efeito do CR AC no desempenho e nos mecanismos de controle motor. Para isso, primeiro os participantes praticaram a tarefa com uma forma de fornecimento de *feedback* distinta da manipulada, a frequência relativa de 30%, e após o desempenho ficar estável, passaram pelas duas condições experimentais, a CR AC e a *yoked*. Na condição CR AC, houve diminuição da frequência de fornecimento de CR, pois os participantes não solicitaram CR em todas as tentativas o que diminuiu a dependência do CR

e proporcionou a diminuição da discrepância do erro e aumentou a precisão do desempenho em comparação ao *yoked*. Estes resultados são explicados pela hipótese da orientação (Salmoni et al., 1984). Isso provavelmente aconteceu porque o participante apresentou maior engajamento em manter o planejamento correto da tentativa anterior (Zimmerman, 1989; Boekaerts, 1996), e não precisavam realizar correções no comando durante a execução da tentativa baseadas nas informações proprioceptivas dessa tarefa.

Além disso, com base nas informações prévias, os participantes foram mais eficientes em atrasar o TPF, e não se basearam nas informações do contexto (proprioceptivas). O maior TPF não permitiu que correções fossem realizadas durante a execução da tentativa, o que caracteriza que o CR AC levou a utilizar predominantemente o mecanismo via pré-programação. Esta posição foi confirmada pelo IPM (Figura 15), que indicou que o CR AC leva ao predomínio de um mecanismo de controle distinto do *yoked*.

Este estudo elaborou quatro hipóteses dedutivas, sendo que 3 foram confirmadas. Até a presente data, os estudos discutiam os efeitos do CR AC baseados em hipóteses explanativas. Este estudo trouxe uma nova luz na discussão dos efeitos do CR AC. O presente estudo indica que neste tipo de tarefa o controle sobre o momento de recebimento de CR, tem efeito no mecanismo de controle, e explica que os efeitos do AC leva ao controle da ação predominantemente com o uso mecanismo via pré-programação.

## **10 EXPERIMENTO III: Foi investigado o efeito de diferentes fornecimentos de CR, a FA e o AC no desempenho e nos mecanismos de controle motor.**

### **10.1 Objetivo específico e hipóteses**

Investigar qual a diferença entre as duas formas de fornecimento de CR na aprendizagem de uma habilidade motora.

H<sub>1</sub> - O CR AC levará ao maior tempo para o pico de força que a FA10%.

H<sub>2</sub> - A FA10% levará a mais correções que o CR AC.

H<sub>3</sub> - O CR AC levará ao menor valor de RMSE que a FA10%.

H<sub>4</sub> - A FA10% levará a menor variação do RMSE que o CR AC.

### **10.2 Método**

#### **10.2.1 Amostra**

As características da amostra foram as mesmas do experimento I e II que foram apresentadas no tópico 4.2.1. Nesse experimento todos os participantes tinham o braço esquerdo como não dominante.

#### **10.2.2 Cuidados éticos**

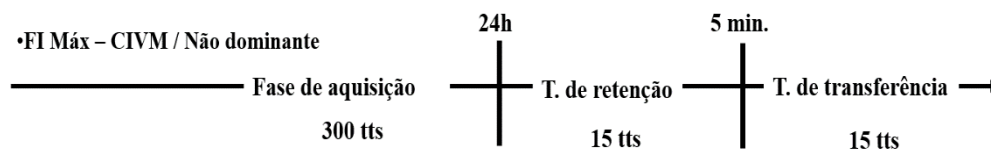
Todos os cuidados éticos foram tomados, assim como descrito no tópico 4.2.2.

#### **10.2.3 Tarefa e instrumentos**

A tarefa e todos os instrumentos utilizados neste experimento foram os mesmos utilizados no Experimento I e estão descritos no tópico 4.2.3.

### 10.2.4 Delineamento experimento III

**Figura 16** - Imagem ilustrativa do delineamento do experimento III.



Este experimento contou com uma fase de aquisição, um teste de retenção e um teste de transferência (Figura 16). Na fase de aquisição, todos os participantes tiveram como objetivo alcançar e manter 40% da sua força isométrica máxima o mais rápido e preciso possível, dentro de tempo de 500ms. Nessa fase, foram praticadas 300 tentativas (definido no estudo piloto, apêndice A). O CR foi fornecido de acordo com o grupo a qual o participante fez parte. Os grupos experimentais foram: FA10% (GFA), grupo AC pareado (GACP). Havia um intervalo de descanso para o GFA com o mesmo tempo gasto e entre os mesmos blocos (20 tentativas) que os participantes do AC responderam o questionário. Vinte e quatro horas após a fase de aquisição foi realizado o teste de retenção com 15 tentativas, e cinco minutos depois foi realizado o teste de transferência, com a nova meta de 20% e com 15 tentativas.

### 10.2.5 Procedimento experimento III

O procedimento até a determinação da força isométrica máxima seguiu a mesma padronização do Experimento I utilizando o membro não dominante, descritas no tópico 4.2.5.

Após a determinação da força isométrica máxima teve início a fase de aquisição, nesta fase o objetivo foi de alcançar e manter 40% da força isométrica máxima o mais rápido e preciso possível dentro de tempo de 500ms e os participantes tiveram que praticar 300 tentativas. Os participantes foram orientados que ao seu lado esquerdo havia um monitor que exibia inicialmente um gráfico força x tempo (Figura 4). O eixo y apresentava os percentuais de força isométrica produzidos pelos participantes e no eixo x o tempo da tentativa. No nível de 40% havia uma linha vermelha de referência representando a meta a ser atingida. Os participantes foram informados que visualizariam a curva com a força isométrica produzida na tela do monitor (CR visual), após a realização da tentativa

Nesta fase os grupos experimentais foram: FA10% (GFA) e grupo AC pareado (GACP). Para o GFA o fornecimento de CR foi igual a condição FA experimento I. Para o

GACP com a FA, os participantes foram informados que tinham que solicitar uma quantidade predeterminada de CR visual sobre o seu desempenho, e tinham liberdade para escolher os momentos em que solicitariam os CRs, após a realização da tentativa. A quantidade de CR predeterminado que o GACP deveria solicitar era a mesma quantidade de CR que foi fornecido para o seu correspondente pareado FA.

Durante a fase de aquisição, a cada bloco de 20 tentativas os participantes do GACP responderam a um questionário específico sobre as estratégias utilizadas ou preferidas para o recebimento do CR (Chiviacowsky; Wulf, 2002). Esse procedimento foi adaptado de Martins (2020) com o intuito de identificar os participantes que solicitaram CR após boas tentativas e a possível mudança de estratégia de solicitação do CR ao longo da prática da tarefa. Os participantes do GFA tinham um intervalo de descanso com o mesmo tempo gasto e entre os mesmos blocos (20 tentativas) que os participantes do GACP responderam o questionário.

Vinte e quatro horas após a fase de aquisição, foi realizado o teste de retenção com 15 tentativas, com a mesma meta da fase de aquisição e sem o fornecimento de CR. Cinco minutos após o teste de retenção foi realizado o teste de transferência, com a nova meta de 20% da força máxima e com 15 tentativas.

### **10.3 Medidas e análise**

#### **10.3.1 Variáveis independentes**

Tipos de fornecimentos FA de CR e CR AC.

#### **10.3.2 Variáveis dependentes**

As variáveis dependentes foram as mesmas do Experimento I, descritas no tópico 4.3.2.

Também foram analisados o número de correções dentro e fora da FA em ambos os grupos GFA e GACP e a frequência de respostas do questionário de estratégias.

#### **10.3.3 Análise estatística experimento III**

Na fase de aquisição, os dados foram organizados em blocos de 20 tentativas, foram calculados a média e o DP das variáveis dependentes: TPF (ms), NC, RMSE (%) e foram contabilizados a frequência de correções dentro e fora da FA e a frequência de resposta do questionário.

Antes das análises inferenciais os pressupostos para análise paramétrica foram verificados e foram realizados o teste de normalidade de *Shapiro Wilk* e o teste de homocedasticidade de *Levene*. O teste de Levene indicou homogeneidade entre as variâncias ( $p > 0,05$ ). O teste de Shapiro-wilk indicou normalidade em todas as variáveis ( $p > 0,05$ ).

Na fase de aquisição e retenção, a análise inferencial foi realizada através de uma ANOVA *two-way* (2 grupos x 15 blocos) com medidas repetidas no segundo fator, para as variáveis de desempenho e para as variáveis de controle motor. Também foi realizado uma análise descritiva de frequência de correções dentro ou fora da FA e das respostas do questionário em cada bloco de tentativas.

No teste de transferência foi realizado um teste t independente (2 grupos x 1 teste) para as variáveis de desempenho e variáveis de controle motor.

Para análise do predomínio de mecanismo foi calculado Índice de Predomínio do Mecanismo (IPM) pela fórmula:

$$IPM = \frac{TPF_{pré} - TPF_{pós}}{TT_{tent}}$$

Na qual o  $TPF_{pré}$  é o tempo do início da tentativa até atingir o pico de força, o  $TPF_{pós}$  é o tempo do pico de força até o tempo para o final da tentativa, e o  $TT_t$  é o tempo total da tentativa (500ms). O resultado positivo indica o predomínio do mecanismo pré-programação e o resultado negativo predomínio do mecanismo de *feedback online*.

As análises dos desdobramentos foram analisadas através do post-hoc de Tukey. O tamanho do efeito foi analisado através do eta parcial ao quadrado ( $\eta^2$ ) e os valores de referência qualitativos adotados foram 0,01 (pequeno), 0,06 (moderado) e 0,14 (grande) (Green; Salkind, 2008).

A significância adotada foi de 5% e os dados foram analisados utilizando o *statistic 8.0*.

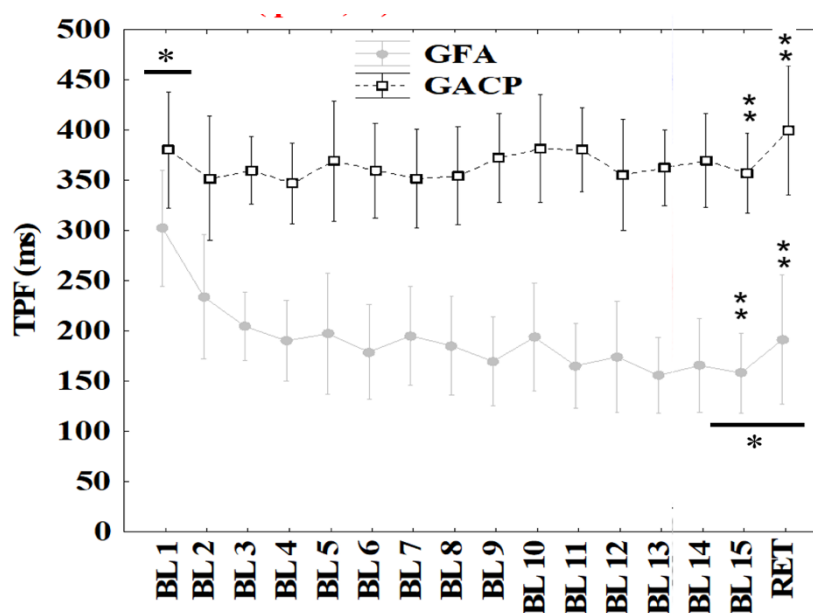


## 11 RESULTADOS

### 11.1 Tempo para o pico de força (TPF) na fase de aquisição e retenção

A análise do TPF (Figura 17), indicou interação entre grupos e blocos ( $F_{(15,210)} = 2,46$ ;  $p < 0,05$ ;  $\eta_p^2 = 0,37$ ). O teste post-hoc detectou que o GFA diminuiu o TPF no último bloco ( $p < 0,01$ ) e na retenção ( $p < 0,01$ ) quando comparado ao GACP. Também foram encontradas diferenças no fator blocos ( $F_{(15,210)} = 2,99$   $p < 0,01$ ;  $\eta_p^2 = 0,45$ ). O teste post-hoc detectou que o TPF foi maior no primeiro bloco que nos demais ( $p < 0,01$ ). Além disso também foi encontrado diferença no fator grupos ( $F_{(1,14)} = 53,42$ ;  $p < 0,01$ ;  $\eta_p^2 = 0,80$ ). O teste post-hoc detectou que o GFA teve menor TPF que o GACP ( $p < 0,01$ ).

**Figura 17** - Tempo para o pico de força (TPF) dos dois grupos. As barras verticais representam o intervalo de confiança de 95%.

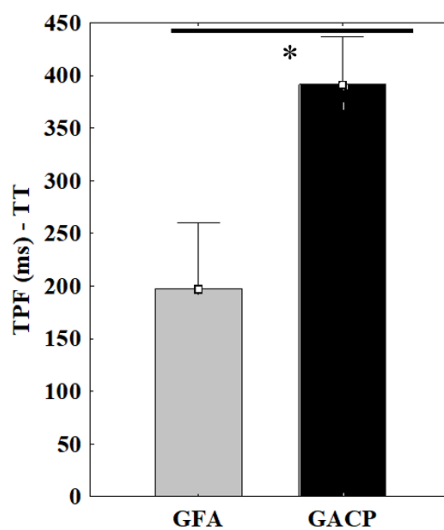


Legenda: \* interação e diferença entre blocos e grupos.

### 11.1.1 Tempo para o pico de força (TPF) no teste de transferência

A análise do TPF (Figura 18), mostrou que o GFA teve menor TPF que o GACP ( $t(14) = -5,91, p = 0,01$ ).

**Figura 18** - Tempo para o pico de força (TPF) dos dois grupos no teste de transferência. As barras verticais representam o intervalo de confiança de 95%.

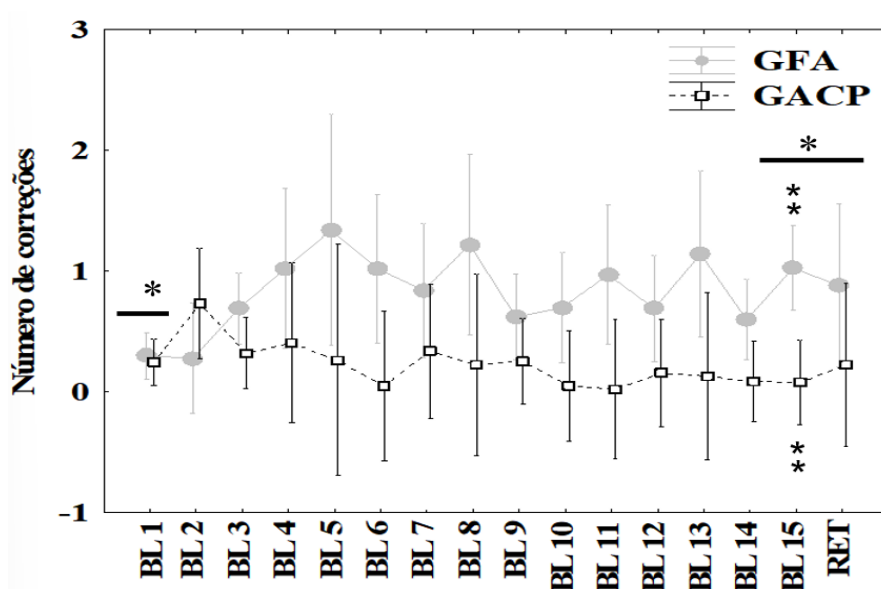


Legenda: \* diferença entre as médias dos grupos.

## 11.2 Número de correções (NC) na fase de aquisição e retenção

A análise do NC (Figura 19), indicou interação entre grupos e blocos ( $F_{(15,210)} = 2,96$ ;  $p < 0,01$ ;  $\eta_p^2 = 0,17$ ). O teste post-hoc detectou que o GFA aumentou o número de correções no último bloco ( $p < 0,01$ ) e na retenção ( $p < 0,01$ ). Também foi encontrado diferença no fator grupos ( $F_{(1,14)} = 4,48$ ;  $p < 0,05$ ;  $\eta_p^2 = 0,24$ ). O teste post-hoc detectou que o GFA corrigiu mais que o GACP ( $p < 0,01$ ). Não foram encontradas diferenças no fator blocos ( $F_{(15,210)} = 1,47$   $p = 0,11$ ;  $\eta_p^2 = 0,09$ ).

**Figura 19** - Número de correções (NC) dos dois grupos. As barras verticais representam o intervalo de confiança de 95%.

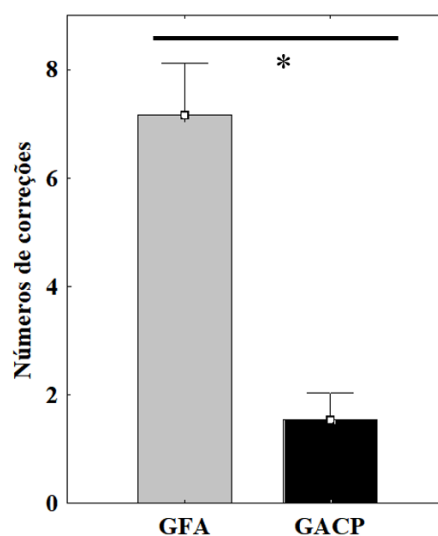


Legenda: \* interação e diferenças entre blocos e grupos.

### 11.2.1 Número de correções (NC) no teste de transferência

A análise do NC (Figura 20), mostrou que o GFA corrigiu mais que o GACP ( $t(14) = 12,44, p = 0,01$ ).

**Figura 20** - Número de correções (NC) dos dois grupos. As barras verticais representam o intervalo de confiança de 95%.

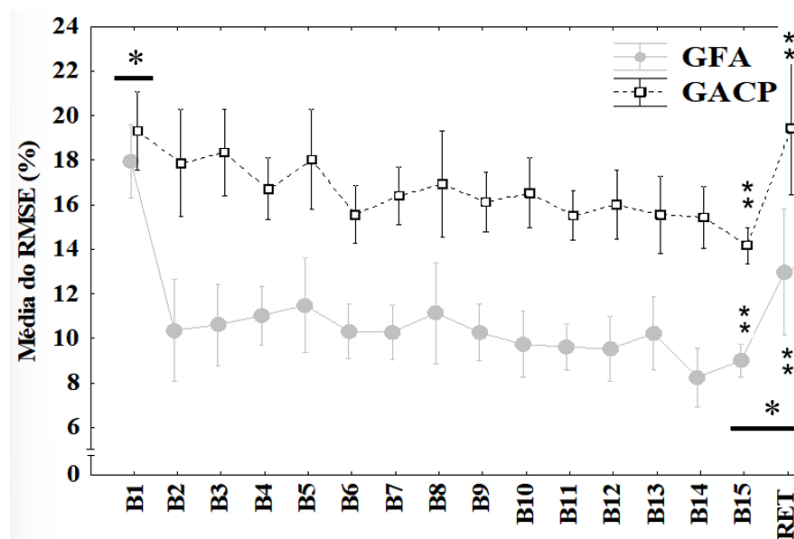


Legenda: \* diferença entre as médias dos grupos.

### 11.3 Média do RMSE na fase de aquisição e retenção

A análise da precisão do desempenho (Figura 21), indicou interação entre grupos e blocos ( $F_{(15,225)} = 2,16; p < 0,01; \eta_p^2 = 0,12$ ). O teste post-hoc detectou que o GFA foi mais preciso que o GACP no último bloco ( $p < 0,01$ ) e na retenção ( $p < 0,01$ ). Também foram encontradas diferenças no fator blocos ( $F_{(15,225)} = 12,33; p < 0,01; \eta_p^2 = 0,45$ ). O teste post-hoc detectou que o primeiro bloco foi menos preciso que os demais ( $p < 0,01$ ). Além disso também foi encontrado diferença no fator grupos ( $F_{(1,15)} = 83,11; p < 0,01; \eta_p^2 = 0,85$ ). O teste post-hoc detectou que o GFA foi mais precisa que o GACP ( $p < 0,01$ ).

Figura 21 - Média do RMSE dos dois grupos. As barras verticais representam o intervalo de confiança de 95%.

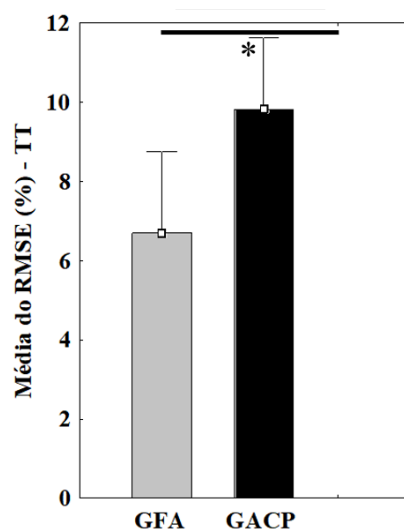


Legenda: \* interação e diferenças entre blocos e grupos.

### 11.3.1 Média do RMSE no teste de transferência

A análise da precisão do desempenho (Figura 22), mostrou que o GFA foi mais preciso que o GACP ( $t(15) = -2.62, p = 0,01$ ).

Figura 22 - Média do RMSE dos dois grupos. As barras verticais representam o intervalo de confiança de 95%.

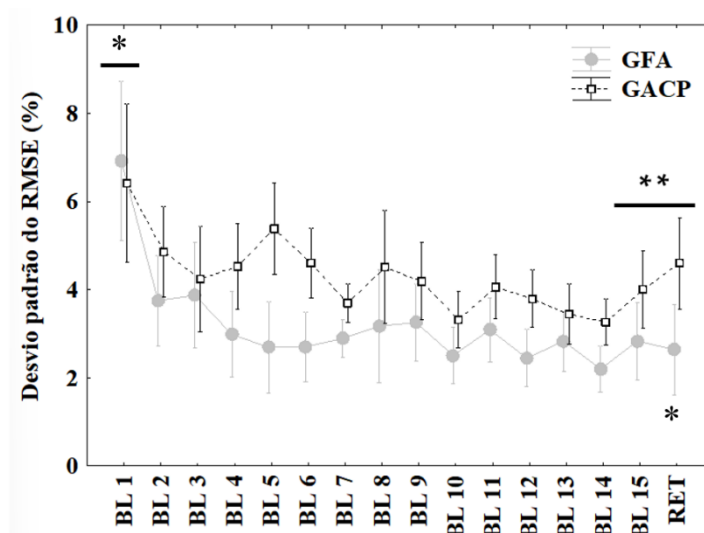


Legenda: \* diferença entre as médias dos grupos.

### 11.4 Desvio padrão do RMSE na fase de aquisição e retenção

A análise da consistência do desempenho (Figura 23), indicou interação entre grupos e blocos ( $F_{(15,210)} = 1,68$ ;  $p < 0,05$ ;  $\eta_p^2 = 0,11$ ). O teste post-hoc detectou que o GFA foi mais consistente que o GACP na retenção ( $p < 0,01$ ). Também foram encontradas diferenças no fator blocos ( $F_{(15,210)} = 10,32$ ;  $p < 0,01$ ;  $\eta_p^2 = 0,42$ ). O teste post-hoc detectou que o primeiro bloco foi menos consistente que os demais ( $p < 0,01$ ). Além disso também foi encontrado diferença no fator grupos ( $F_{(1,14)} = 10,92$ ;  $p < 0,01$ ;  $\eta_p^2 = 0,43$ ). O teste post-hoc detectou que o GFA foi mais consistente que o GACP ( $p < 0,01$ ).

**Figura 23** - Desvio padrão do RMSE dos dois grupos. As barras verticais representam o intervalo de confiança de 95%.

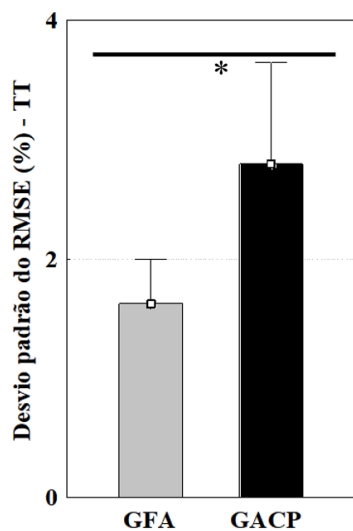


Legenda: \* interação e diferenças entre blocos e grupos.

### 11.4.1 Desvio padrão do RMSE no teste de transferência

A análise da consistência do desempenho (Figura 24), mostrou que o GFA foi mais consistente que o GACP ( $t(15) = -3,06, p = 0,01$ ).

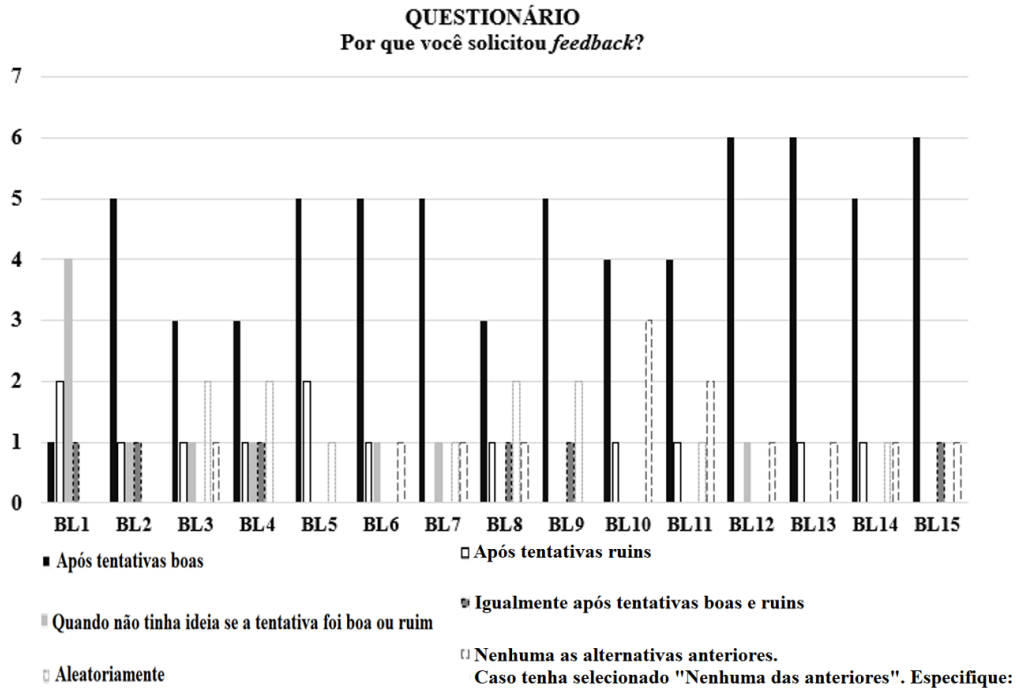
**Figura 24** - Desvio padrão do RMSE dos dois grupos. As barras verticais representam o intervalo de confiança de 95%.



Legenda: \* diferença entre as médias dos grupos.

### 11.5 Análise da frequência de solicitação de CR

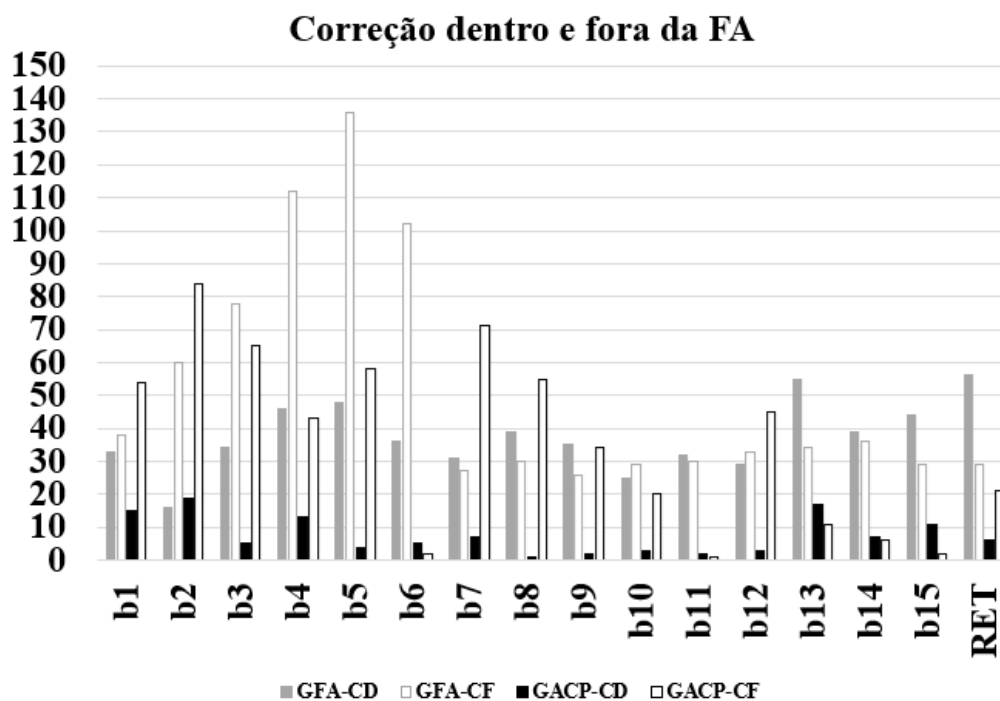
**Figura 25 -** Questionário – Por que você solicitou feedback?





### 11.6 Análise descritiva das correções na FA

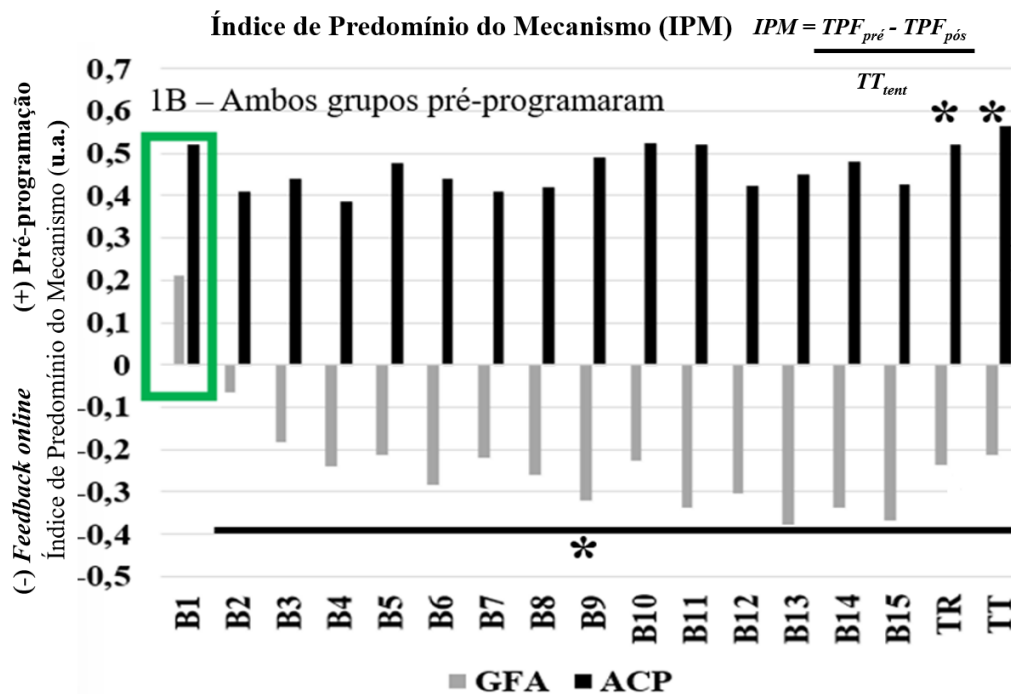
Figura 26 - Correções dentro e fora da FA dos dois grupos.



Legenda: CD = correção dentro da FA; CF = correção fora da FA.

## 11.7 Mecanismo de controle

Figura 27 - Índice de predomínio de mecanismo dos dois grupos.



## 12 DISCUSSÃO DO EXPERIMENTO III

No presente experimento foram investigados os efeitos de diferentes fornecimentos de CR: FA e AC no desempenho e nos mecanismos de controle motor. Para isso todos os participantes foram aleatoriamente distribuídos em dois grupos: 1) FA10% e 2) ACP. Ambos os grupos foram submetidos a uma fase de aquisição e praticaram uma tarefa de controle de 40% da força isométrica máxima em um intervalo de tempo de 500ms, 24h após a fase de aquisição, os grupos foram submetidos a um teste de retenção e após 5 minutos da retenção foram submetidos a um teste de transferência. Foram levantadas quatro hipóteses: A primeira que o ACP levaria ao maior TPF que a FA10%. A segunda hipótese que a FA10% levaria a mais correções que o ACP. A terceira hipótese que o ACP levaria ao desempenho mais preciso que a FA10%. Por fim, a quarta hipótese que a FA10% levaria ao desempenho mais consistente que o ACP. Os resultados mostraram que a FA10% apresentou maior precisão e consistência que o ACP e que a FA10% levou os participantes a priorizarem o mecanismo via *feedback online* quando comparados ao grupo ACP. A seguir as hipóteses propostas serão discutidas.

A primeira hipótese do estudo propunha que o ACP levaria ao maior TPF que a FA10%. Esta hipótese foi confirmada. A forma de fornecimento do CR influenciou a mudança na estratégia de controle em relação ao TPF, pois a estratégia de controle mudou ao longo da prática. No ACP, a estratégia de solicitação da informação de acordo com a necessidade do próprio participante (Zimmerman, 1989; Boekaerts, 1996; Chiviakowsky, 2014; Figueiredo *et al.*, 2018; Januário *et al.*, 2019; Batista *et al.*, 2022), levou à utilização da estratégia de controle de atrasar o TPF e consequente utilização predominante do mecanismo de controle via pré-programação (Desmurget; Grafton, 2000; Santos, 2015). Este comportamento foi observado durante toda a fase de aquisição e mantida nos testes de retenção e transferência confirmada pelo IPM (Figura 27). Ao comparar com a FA10%, quando os participantes mantinham o desempenho dentro da FA10%, eles não recebiam informações visuais (CR) sobre a tentativa anterior, e sabiam que significava uma tentativa correta, e consequentemente, repetiam o planejamento da tentativa anterior na tentativa atual (Sherwood, 1988; Winstein; Schmidt, 1990; Cruz *et al.*, 2018; Yabuki *et al.*, 2022). A ausência de CR, levou à estratégia de controle de antecipar o TPF, e assim ter mais tempo para realizar correções nas porções finais da execução e consequente utilização predominante do mecanismo de controle via *feedback online* (Desmurget; Grafton, 2000; Santos, 2015),

observado a partir do segundo bloco da fase de aquisição e mantido nos testes de retenção e transferência no IPM (Figura 27).

A explicação foi que o participante após a solicitação do CR, ao comparar a ação realizada com o CR solicitado, o participante utilizou o resultado dessa comparação para programar a próxima tentativa. A estratégia utilizada pelo participante resultou no envio do comando motor pré-programado para atingir o TPF mais próximo do final do tempo da tentativa, o que não permite tempo para correções. Este comportamento também foi observado em estudos de interceptação (Tresilian; Ploy, 2006a; Couto, 2012; Campos, 2017; Couto, 2018), nestes estudos diante de situações previsíveis os participantes se baseiam em tentativas prévias, para disparar o comando motor e alcançam o pico de velocidade mais próximo ao final do movimento.

A segunda hipótese do estudo propunha que a FA10% levaria a mais correções que o ACP. Esta hipótese foi confirmada. A ausência de CR influenciou na utilização do *feedback* proprioceptivo durante a execução da tentativa. Na FA10%, a manutenção do planejamento da tentativa anterior pelo participante, devido a ausência de informações visuais (CR) ao saber que realizou uma tentativa correta (Sherwood, 1988; Winstein; Schmidt, 1990; Cruz *et al.*, 2018; Yabuki *et al.*, 2022), levou a necessidade de buscar outras informações disponíveis para realizar correções necessárias durante a execução. Com a ausência de informações visuais, as correções no comando durante a execução da tentativa foram baseadas nas informações intrínsecas do contexto (Khan *et al.*, 2006; Elliot *et al.*, 2010), caracterizando na FA10% a mudança para o predomínio do mecanismo via *feedback online* (Desmurget; Grafton, 2000; Izawa *et al.*, 2008; Castro *et al.*, 2015; Santos, 2015; Campos, 2017). Este comportamento foi observado a partir do segundo bloco da fase de aquisição e mantido nos testes de retenção e transferência confirmado pelo IPM (Figura 27). Ao comparar com o ACP, a solicitação do CR de acordo com a necessidade do próprio participante (Janelle; Kim; Singer, 1995; Chiviacowsky, 2014; Figueiredo *et al.*, 2018; Januário *et al.*, 2019; Batista *et al.*, 2022), levou a estratégia de controle de atrasar o TPF o que não permite tempo para correções, caracterizando no ACP a manutenção do predomínio do mecanismo de controle via pré-programação (Desmurget; Grafton, 2000; Santos, 2015), observado durante toda a fase de aquisição e mantido nos testes de retenção e transferência confirmado pelo IPM (Figura 27).

A explicação foi que na FA10% a análise sugere que os participantes não mudaram o planejamento da tentativa anterior e, sem informações prévias, foi necessário a

antecipação do TPF para a realização de correções, quando necessárias, durante a execução (Izawa *et al.*, 2008; Campos, 2017). O que foi confirmado a partir da análise do NCs realizadas durante toda a fase de aquisição e nos testes de retenção e transferência (Figura 26). Este comportamento também foi observado nos estudos de (Elliott; Binsted; Heath, 1999; Couto, 2012; Santos, 2015; Campos, 2017; Santos *et al.*, 2017). Nestes estudos, diante de perturbações imprevisíveis os participantes demonstravam um estado de maior prontidão, possibilitando maior capacidade para realizarem os correções durante a execução da tentativa com base nas informações do contexto.

A terceira hipótese propunha que, o ACP levaria ao desempenho mais preciso que a FA10%. Esta hipótese não foi confirmada. Na FA10% utilizar a estratégia de controle de antecipar o TPF caracterizando o predomínio do mecanismo de controle via *feedback online* (Desmurget; Grafton, 2000; Santos, 2015) para atingir a meta da tarefa, foi melhor para tornar o desempenho mais preciso a cada tentativa quando comparado ao ACP que utilizou a estratégia de controle de atrasar o TPF caracterizando o predomínio do mecanismo de controle via pré-programação (Desmurget; Grafton, 2000; Santos, 2015), observado durante toda a fase de aquisição e mantido nos testes de retenção e transferência e confirmado pelo IPM (Figura 27).

A explicação foi que quando o participante apresentava o desempenho dentro da FA ele não recebia informações visuais (CR), mas sabia que significava uma tentativa correta, e conseqüentemente mantinha o planejamento para a tentativa seguinte (Salmoni *et al.*, 1984; Sherwood, 1988) e sem informações prévias foi necessário a antecipação do TPF para a realização de correções com base nas informações do contexto para tornar o desempenho mais preciso quando comparado ao ACP. Os participantes se basearem nas informações do contexto se mostrou mais eficiente para o ganho de precisão do desempenho do que no caso do ACP, mesmo os participantes apresentando maior engajamento em manter o planejamento correto da tentativa anterior (Salmoni *et al.*, 1984; Figueiredo *et al.*, 2018), utilizar as informações da tentativa anterior para atrasar o TPF e não utilizar informações do contexto dessa tarefa não levou a maior precisão do desempenho comparado a FA10%.

A quarta hipótese do estudo, propunha que a FA10% levaria ao desempenho mais consistente que o ACP. Essa hipótese foi confirmada. Na FA10% utilizar a estratégia de controle de antecipar o TPF caracterizando o predomínio do mecanismo de controle via *feedback online* (Desmurget; Grafton, 2000; Santos, 2015), quando o desempenho se encontra dentro da FA (Sherwood, 1988; Winstein; Schmidt, 1990; Cruz *et al.*, 2018; Yabuki *et al.*,

2022), foi melhor para diminuir a variabilidade do desempenho do que no ACP com a estratégia de controle de atrasar o TPF caracterizando o predomínio do mecanismo de controle via pré-programação (Desmurget; Grafton, 2000; Santos, 2015), mesmo confirmando o bom desempenho após a solicitação do CR (Chiviacowsky, 2014; Figueiredo *et al.*, 2018; Januário *et al.*, 2019; Batista *et al.*, 2022).

A explicação foi que na FA10% a informação qualitativa levou o participante a manter o planejamento para a tentativa anterior (Salmoni *et al.*, 1984; Sherwood, 1988). Conseqüentemente, o participante antecipou o TPF, para ter mais tempo para realizar as correções ao longo da tentativa (Desmurget; Grafton, 2000; Santos, 2015), baseado nas informações proprioceptivas. Manter o planejamento e utilizar as informações proprioceptivas da própria tentativa, resultou no ganho de estabilidade do desempenho (Lai; Shea, 1999), levando a maior consistência do desempenho pelo predomínio do mecanismo via *feedback online*.

No caso do ACP o CR recebido solicitado induzia o participante constante modificações no planejamento e de uma nova resposta para a tentativa seguinte (Salmoni *et al.*, 1984). Conseqüentemente, o participante atrasou o TPF, pois iniciava a tentativa baseado nas informações do CR recebido (Desmurget; Grafton, 2000; Santos, 2015) e não nas informações do contexto. Mudar o planejamento e não utilizar as informações proprioceptivas da própria tentativa, resultou em mais instabilidade no desempenho (Lai; Shea, 1999), levando a menor consistência do desempenho pelo predomínio do mecanismo via pré-programação, em comparação a FA10%. Comportamento que foi confirmado durante toda a fase de aquisição e nos testes de retenção e transferência (Figuras 23 e 24).

Este estudo testou os efeitos de diferentes fornecimentos de CR: FA e AC no desempenho e nos mecanismos de controle motor. Os participantes praticaram a tarefa com duas formas diferentes de fornecimento de CR: uma baseada no desempenho (FA) e a outra baseada em estratégia (AC). Em ambas as formas houve diminuição da frequência de fornecimento de CR, e diminuição da discrepância do erro, com aumento de precisão e consistência do desempenho. Mas a FA foi superior ao AC tanto na precisão quanto na consistência do desempenho.

Isso se deve ao fato que a FA ao levar o participante a buscar mais informação relativa a tarefa (*feedback* proprioceptivo), e deixar mais tempo para usar estas informações durante a execução da tarefa, observado no menor TPF, caracterizou maior tempo para o uso do *feedback* proprioceptivo, o que permitiu um maior número de correções, utilizando

predominantemente o mecanismo via *feedback online*. Conseqüentemente, este fato resultou nos ganhos superiores de precisão e consistência em comparação ao AC. Esta posição foi confirmada pelo IPM (Figura 27), que indicou que a FA leva ao predomínio de um mecanismo de controle distinto do AC

Este estudo elaborou quatro hipóteses dedutivas, sendo que 3 foram confirmadas. Até a presente data, os estudos discutiam os efeitos da FA e do AC separadamente. Este estudo ao comparar estas duas formas trouxe uma nova luz na discussão sobre os efeitos do CR fornecido de acordo com o erro do desempenho e fornecido com base na estratégia elaborada pelo próprio participante. O presente estudo indica que neste tipo de tarefa o momento que o CR é fornecido, tem efeito diferente nos mecanismos de controle, e explica que a FA leva ao controle da ação predominantemente com o uso mecanismo via *feedback online* e o AC leva ao controle da ação predominantemente com o uso mecanismo via pré-programação. Mas, a FA leva aos ganhos de precisão e consistência superiores ao AC.

### 13 DISCUSSÃO GERAL

O objetivo do nosso estudo foi investigar os efeitos da FA e do AC de CR no CM e na aprendizagem motora. Nos estudos de *feedback* a informação extrínseca conhecimento de resultados (CR) tem sido testada com o seu fornecimento em diferentes momentos, por exemplo, baseada no desempenho faixa de amplitude (FA) ou baseada na estratégia autocontrole (AC). De form geral, os resultados referentes ao desempenho têm sido consistentemente explicados a partir de hipóteses explicativas que se sustentam somente em medidas de desempenho. Até o presente momento nenhum estudo tinha sido realizado com o objetivo de investigar o quanto ou como a FA e o AC podem influenciar no controle motor e como esse controle muda ao longo de um processo de aprendizagem.

A presente tese foi composta por três experimentos que objetivaram investigar os os efeitos da manipulação da FA de CR e do CR AC no controle e na aprendizagem motora. No experimento I, foram investigados os efeitos da FA de CR no desempenho e nos mecanismos de controle motor. No experimento II, foram investigados os efeitos do CR AC no desempenho e nos mecanismos de controle motor. No experimento III, foram investigados os efeitos de diferentes fornecimentos de CR: FA e AC no desempenho e nos mecanismos de controle motor. De forma geral nossos resultados mostraram que, a FA leva a um desempenho mais preciso e consistente com a utilização predominante do mecanismo de controle via *feedback online*.

Nossos resultados permitiram identificar a utilização de mecanismos de controle motor pela utilização do TPF, sendo que o menor TPF indica o predomínio do mecanismo de controle via *feedback online*, e o maior TPF o mecanismo de controle via pré-programação (Desmurget; Grafton, 2000; Santos, 2015; Santos *et al.*, 2017). Com a utilização dessas medidas, foi possível explicar os efeitos da FA e do AC em nível de predomínio de mecanismo de controle, pois cada forma de fornecimento de CR influenciaram os mecanismos de forma diferentes. A FA levou os participantes a serem capazes de corrigir o comando motor da ação com base no contexto, se tornando mais competentes em utilizar o mecanismo via *feedback online* e o AC levou os participantes há não realizarem correções no comando durante a execução da tentativa baseadas nas informações intrínsecas do contexto dessa tarefa, por se basearem nas informações prévias da tentativa anterior utilizando predominantemente o mecanismo de controle via pré-programação.

No geral, no experimento I nossos resultados mostraram que a variável FA se comportou de forma similar a estudos anteriores que manipularam a mesma variável no que



diz respeito à precisão (Salmoni *et al.*, 1984; Shimony *et al.*, 2020) e consistência do desempenho (Winstein; Schmidt, 1990; Yabuki *et al.*, 2022). Além dos efeitos no desempenho, a manipulação da FA também afetou a estratégia de controle motor (Woodworth 1899; Desmurget; Grafton, 2000; Santos, 2015). Os resultados mostraram que, para manter o desempenho com maior precisão e consistência, a FA10% conduziu os participantes a anteciparem o TPF, para ter mais tempo para correções durante a execução da tentativa. E assim, realizarem mais correções para manter o desempenho próximo à meta da tarefa com base no contexto, pela utilização do mecanismo via *feedback online* com base nas informações proprioceptivas referentes à tentativa em questão (Woodworth 1899; Desmurget; Grafton, 2000; Santos, 2015). O uso do *feedback online* proporcionou que as correções fossem o suficiente para ficarem com o desempenho dentro da FA10% próximo a meta da tarefa (Figura 26).

No que diz respeito ao experimento II, quando o CR AC foi manipulado, nossos resultados mostraram que a precisão do desempenho se comportou de forma similar a estudos anteriores que manipularam a mesma variável (Chiviakowsky; Wulf, 2005; Patterson; Carter, 2010; Patterson *et al.*, 2011; Chiviakowsky *et al.*, 2012; Carter *et al.*, 2016b; Chiviakowsky, 2014; Figueiredo *et al.*, 2018; Januário *et al.*, 2019; Batista *et al.*, 2022). Além dos efeitos no desempenho, a manipulação do AC também afetou a estratégia de controle motor (Woodworth 1899; Desmurget; Grafton, 2000; Santos, 2015). Os resultados mostraram que, para manter o desempenho preciso, o AC permitiu que os participantes se engajassem em manter o planejamento da tentativa anterior, ou seja, a informação prévia para planejar a tentativa seguinte. Como o contexto de execução da tarefa era previsível, não foi necessário utilizar o mecanismo de controle via *feedback online*, uma vez que as informações prévias foram suficientes para manterem o desempenho preciso (Woodworth 1899; Desmurget; Grafton, 2000; Santos, 2015).

Estes dois efeitos foram encontrados quando manipulados a FA e o AC, tendo a estabilização do desempenho já sido alcançada. Ao pensarmos em um processo de aprendizagem, surgiu o seguinte questionamento: será que esse comportamento poderia sofrer alguma modificação ao longo de um tempo de prática? Para responder a essa questão conduzimos o experimento III.

No experimento III, observamos que a FA10% foi superior ao ACP tanto na precisão, quanto na consistência do desempenho. Além dos efeitos no desempenho, a manipulação da FA também afetou a mudança no controle motor. Os resultados do presente

experimento, mostraram que no início da fase de aquisição a FA levou a utilização da estratégia de controle de antecipar o TPF (Khan *et al.*, 2006; Elliot *et al.*, 2010; Santos, 2015). Com o passar da fase de aquisição os participantes passaram a basear-se nas informações proprioceptivas da própria tentativa o que resultou na utilização predominante do mecanismo de controle via *feedback online* e consequente desempenho mais preciso e consistente em comparação ao ACP. Observamos que esse comportamento sofreu modificação ao longo da fase de aquisição, pois no início da fase de aquisição, tanto a FA quanto o ACP, utilizaram predominantemente o mecanismo de controle via pré-programação. Ao longo da fase de aquisição, o ACP manteve o uso predominante do mecanismo de controle via pré-programação, enquanto que na FA houve a mudança para o uso predominante do mecanismo de controle via *feedback online* confirmado pelo IPM (Figura 27). O comportamento adquirido por ambos os grupos na fase de aquisição se manteve nos testes de retenção e transferência *online* confirmado pelo IPM (Figura 27).

## 14 CONCLUSÕES, LIMITAÇÕES E PROJEÇÕES PARA FUTURO ESTUDOS

Nossos resultados permitem concluir que a manipulação da FA de 10% de CR favorece a utilização do mecanismo de controle via *feedback online*. Por outro lado, a manipulação do CR AC favorece a utilização do mecanismo de controle via pré programação. Cada um desses mecanismos de controle implicam em desempenhos mais preciso e mais consistente. Quando comparamos os resultados apresentados pelo FA e AC, nossos resultados apontam que a FA utilizando predominantemente o mecanismo de controle via *feedback online* foi superior ao AC utilizando predominantemente o mecanismo de controle via pré-programação tanto no ganho de consistência quanto no ganho de precisão do desempenho. Por fim, nossos resultados dão um passo adiante no entendimento de como as duas formas de fornecimento de CR influenciam o desempenho quanto a mudança no controle motor.

Nessa tese nos observamos que *feedback* estrínseco influencia o controle da ação e o desempenho. Encontramos que a ausência de *feedback* estrínseco leva o participante a buscar outras informações intrínsecas durante a execução da tentativa, que no caso da nossa tarefa assumimos serem informações proprioceptivas. Se sendo esta uma limitação desta tese, uma vez que não temos medidas diretas de propriocepção. Para estudos futuros, sugerimos a utilização de ferramentas como a eletromiografia, que por meio da atividade elétrica dos músculos permiti explicar o controle motor a partir de um nível de análise mais micro do que o que fizemos no presente estudo. Além disso, diferentes estratégias de controle poderão ser observadas a partir da análise da atividade eletromiográfica, o que pode ajudar a explicar o desempenho em virtude da manipulação de diferentes tipos de *feedback*.

## REFERÊNCIAS

- BADETS, A.; BLANDIN, Y. Observational learning: effects of bandwidth knowledge of result. **Journal of Motor Behavior**, v. 37, p. 211-216, 2005. DOI: 10.3200/JMBR.37.3.211-216
- BATISTA, M. T. S.; FIGUEIREDO, L. S.; MARTINS, C. A.; MARINHO, N. G. H. N.; FERREIRA, B. P.; BENDA, R. N. Expectation of Teaching and Self-Controlled KR in Motor Skills Acquisition: Are There Additive Effects? **Research Quarterly for Exercise and Sport**, p. 1 - 10, 2022. DOI: 10.1080/02701367.2021.1999891
- BOEKAERTS, M. Self-regulated learning at the junction of cognition and motivation. **European Psychologist**, v. 1, n. 2, p. 100-112, 1996.
- BUTLER, M. S.; FISCHMAN, M. G. Effects of bandwidth feedback on delayed retention of a movement timing task. **Perceptual and Motor Skills**, v. 84, n. 2, p. 527-530, 1996. DOI: 10.2466/pms.1996.82.2.527
- CAMPOS, C. E. **Efeitos do nível de estabilização do desempenho e da estruturação da prática na adaptação a perturbações mecânicas imprevisíveis**. 2017. 102 f. Tese (Doutorado em Ciências do Esporte) – Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2017.
- CARTER, M.J.; RATHWELL, S.; STE-MARIE, D. Motor skill retention is modulated by strategy choice during self-controlled knowledge of results schedules. **Journal of Motor Learning and Development**, v. 4, n. 1, p. 100-115, jun. 2016b. DOI: 10.1123/jmld.2015-0023
- CARVALHO, M. F. S. **Efeitos da faixa de amplitude de conhecimento de resultados na adaptação às perturbações imprevisíveis em uma tarefa de força isométrica**. 2011. 76 f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Esporte) – Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.
- CARVALHO, M. F. S. **Efeitos do nível de estabilização do desempenho no aumento de complexidade no processo adaptativo em aprendizagem motora**. 2017. 81f. Tese (Doutorado em Ciências do Esporte) – Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2017.
- CHIVIAKOWSKY, S. Self-controlled practice: Autonomy protects perceptions of competence and enhances motor learning. **Psychology of Sport and Exercise**, v. 15, n. 5, p. 505-510, 2014. DOI: 10.1016/j.psychsport.2014.05.003
- CHIVIAKOWSKY, S.; WULF, G. Self-controlled feedback: Does it enhance learning because performers get feedback when they need it? **Research Quarterly for Exercise and Sport**, v. 73, n. 4, p. 408-415, 2002. DOI: 10.1080/02701367.2002.10609040

CHIVIACOWSKY, S.; WULF, G. Self-controlled feedback is effective if it is based on the learner's performance. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, v. 76, n. 1, p. 42-48, 2005.

CHIVIACOWSKY, S.; WULF, G.; LEWTHWAITE, R. Self-controlled learning: the importance of protecting perceptions of competence. **Frontiers in Psychology**, v. 3, Article 458(1), 2012. DOI: 10.3389/fpsyg.2012.00458.

COCA UGRINOWITSCH, A. A.; BENDA, R. N.; ABURACHID, L. M.; DE ANDRADE, A. G. P.; GRECO, P. J.; MENZEL, H. J. K.; UGRINOWITSCH, H. Bandwidth knowledge of results on the learning of the saloon dart throwing task. **Perceptual and Motor Skill**, v. 118, p. 1-13. 2014. DOI: 10.2466/25.23.PMS.118k17w9

COCA-UGRINOWITSCH, A. A.; CRUZ, M. P.; UGRINOWITSCH, H. Faixa de amplitude de *feedback* aumenta a consistência do desempenho de habilidades motoras. **ConScientiae Saúde**, v. 17, n. 2, p. 155-163, 2018. DOI: 10.5585/ConsSaude.v17n2.8029

CORRÊA, U. C.; BENDA, R. N.; UGRINOWITSCH, H. Processo Ensino-Aprendizagem no Desporto. In: TANI, G. (Ed.). **Pedagogia do Desporto**. p. 241-250, 2006.

CORRÊA, U. C.; MARTEL, V. S. A.; BARROS, J. A. C.; WALTER, C. Efeitos da frequência de conhecimento de performance na aprendizagem de habilidades motoras. **Revista Brasileira de Educação Física e Esporte**, v.19, p.127-141, 2005.

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

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

CURY, M. X. **Introdução à lógica**. São Paulo, Érica. (Ed). P.. 151, 1996.

CRUZ, M. P.; BENDA, R. N.; CARVALHO, M. F. S.; LAGE, G. M.; CATUZZO, M. T.; UGRINOWITSCH, H. Bandwidth knowledge of results persists on motor skills acquisition. **Motricidade**, v. 14, p. 107-114. 2018. DOI: 10.6063/motricidade.14294

DESMURGET, M.; GRAFTON, S. Forward modeling allows feedback control for fast reaching movements. **Trends in Cognitive Sciences**, v. 04, n. 11, 423-431, 2000. DOI: 10.1016/S1364-6613(00)01537-0

ELLIOTT, D.; BINSTED, G.; HEATH, M. The control of goal-directed limb movements: correcting errors in the trajectory. **Human Movement Science**, Amsterdam, v. 18, n. 2-3, p. 121-136, jun. 1999. DOI: 10.1016/S0167-9457(99)00004-4

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

ELLIOTT, D.; HELSEN, W. F.; CHUA, R. A century later: Woodworth's (1899) two component model of a goal-directed aiming. **Psychological Bulletin**, v. 127, n. 03, p. 342-357, 2001. DOI: 10.1037/0033-2909.127.3.342

FIGUEIREDO, L. S.; UGRINOWITSCH, H.; FREIRE, A. B.; SHEA, J. B.; BENDA, R. N. External Control of Knowledge of Results: Learner Involvement Enhances Motor Skill Transfer. **Perceptual and Motor Skills**, v. 125, n. 2, p. 400 - 416, 2018. DOI: 10.1177/0031512517753503

FITTS, P. M.; POSNER, M.I. **Human performance**. Belmont, CA: Brooks/Cole.  
Gentile, A.M. (1972). A working model of skill acquisition with application to teaching. *Quest*, 17, 3-23, 1967. DOI: 10.1080/00336297.1972.10519717

GREEN, S. B; SALKIND, N. J. **Using spss for windows and macintosh: analyzing and understanding data**. 6th ed., Upper saddle river, nj: pearson/prentice hall, 2008.

GOODWIN, J. E.; MEEUWSEN, H. J. Using bandwidth knowledge of results to alter relative frequencies during motor skill acquisition. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, v. 66, p. 99-104, 1995. DOI: 10.1080/02701367.1995.10762217

GORDON, J.; GHEZ, C. Trajectory control in targeted force impulses II. Pulse height control. **Experimental Brain Research**, v. 67, n. 2, p. 241-252, 1987a. DOI: 10.1007/BF00248546

GORDON J.; GHEZ C. Trajectory control in targeted force impulses III. Compensatory adjustments for initial errors. **Experimental Brain Research** v. 67, p. 253-269, 1987b. DOI: 10.1007/BF00248547

IZAWA, J.; RANE, T.; DONCHIN, O.; SHADMEHR, R. Motor adaptation as a process of reoptimization. **The Journal of Neuroscience**. v. 28, n.11, p. 2883-2891, 2008.

JANELLE, C. M.; BARBA, D. A.; FREHLICH, S. G.; TENNANT, L. K.; CAURAUGH, J. H. Maximizing performance feedback effectiveness through videotape replay and a self-controlled learning environment. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, v. 68, n. 4, p. 269-279, 1997. DOI: 10.1080/02701367.1997.10608008

JANELLE, C. M.; KIM, J.; SINGER, R. N. Subject-controlled performance feedback and learning of a closed motor skill. **Perceptual and Motor Skills**. v. 81, n. 1, p. 627-634, 1995. DOI: 10.1177/003151259508100253

JANUÁRIO, M. S.; FIGUEIREDO, L. S.; PORTES, L. L.; BENDA, R. N. Effects of self-controlled knowledge of results on learning a taekwondo serial skill. **Perceptual and Motor Skills**, v. 126, n. 6, p. 1178 -1194, 2019. DOI: 10.1177/0031512519869086

KHAN, M. A. *et al.* Inferring online and offline processing of visual feedback in target-directed movements from kinematic data. **Neuroscience and Biobehavioral Reviews**, New York, v. 30, n. 8, p. 1106-1121, may. 2006. DOI: 10.1016/j.neubiorev.2006.05.002

LAI, Q.; SHEA, C. H. Bandwidth knowledge of results enhances generalized motor program learning. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, v.70, p.79-84, 1999.

LEE, T. D.; CARNAHAN, H. Bandwidth knowledge of results and motor learning: more than just a relative frequency effect. **The Quarterly Journal of Experimental Psychology**, v. 42A, p. 777-789, 1990. DOI: 10.1080/14640749008401249

LEE, T. D; MARAJ, B. K. V. Effects of bandwidth goals and bandwidth knowledge of results on motor learning. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, v. 65, p. 244-249, 1994. DOI: 10.1080/02701367.1994.10607625

LUCAS, M. H. S. **Efeitos da faixa de amplitude de conhecimento de resultados (cr) no esforço cognitivo e na aprendizagem motora**. 2019. 59f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Esporte) – Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2019.

LUCAS, M. H. S.; CARVALHO, M. F. S. P.; UGRINOWITSCH H. Effects of bandwidth knowledge of results by components in learning a sequential motor task. **Journal of Physical Education and Sport**. v. 19, n. 4, p. 1435-1440, 2019. DOI: 10.7752/jpes. 2019.s4208

MAGILL, R. **Motor learning and control: concepts and applications**. / Richard A. Magill, New York University, David I. Anderson, San Francisco State University. Description: 11th ed., Dubuque: McGraw-Hill Education, 2016.

MARTINS, C. A. **Autocontrole de conhecimento de resultados na aquisição de habilidades motoras em idosos de diferentes faixas etárias**. 2020. 122 f. Tese (Doutorado em Ciências do Esporte) – Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2020.

MATOS, C. O. **Informação visual em tarefas de interceptação: efeitos do momento de visualização do alvo no controle motor e na adaptação**. 2022. 93f. Tese (Doutorado em Ciências do Esporte) – Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2022.

MEYER, D.E. *et al.* Optimality in human motor performance: Ideal control of rapid aimed movements. **Psychol. Rev.**, v. 95, n. 3, p. 340-70, jul.1988.

PATTERSON, J. T.; CARTER, M. J. Learner regulated knowledge of results during the acquisition of multiple timing goals. **Human Movement Science**, v. 29, n. 2, p. 214-227, 2010. DOI: 10.1016/j.humov.2009.12.003

PATTERSON, J. T.; CARTER, M. J.; SANLI, E. Decreasing the proportion of self-control trials during the acquisition period does not compromise the learning advantages in a self-controlled context. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, v. 82, p. 624-633, 2011. DOI: 10.1080/02701367.2011.10599799

SALMONI, A. W.; SCHMIDT, R. A.; WALTER, C. B. Knowledge of results and motor learning; a review and critical reappraisal. **Psychological Bulletin**, v. 95, p. 355-386, 1984. DOI: 10.1037/0033-2909.95.3.355

SAMPAIO, I. B. M. **Estatística aplicada à experimentação animal**. 3ª ed., Belo Horizonte: FEPMVZ, p. 33-34, 2010.

SANTOS, P. S. **Efeito do nível de estabilização do desempenho na adaptação às perturbações imprevisíveis em tarefas de características de controle distintas**. 2015. 139 f. Tese (Doutorado em Ciências do Esporte) – Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 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. 2-14, 2017. DOI: 10.1371/journal.pone.0185939

SANTOS, B. R.; VIEIRA, M. M. The bandwidth knowledge of results (kr) in manual force control task. **Motricidade**. v. 16, n. 2, p. 196-204, 2020. DOI: 10.6063/motricidade.18341

SCHMIDT, R. A.; LEE, T.D.; WINSTEIN, C.; WULF, G.; ZELAZNIK, H.N. **Motor control and learning: a behavioral emphasis**. 6th ed., Champaign, IL: Human Kinetics, 2019.

SHERWOOD, D. E. Effect of bandwidth knowledge on movement consistency. **Perceptual and Motor Skills**, v. 66, p. 535-547, 1988. DOI: 10.2466/pms.1988.66.2.535

SHIMONY, N. D.; LIDOR, R.; ZIV, G. The effectiveness of bandwidth knowledge of results on a throwing task in goalball players with visual impairments. **European Journal of Adapted Physical Activity**. v. 13, n. 2, p. 13, 2020. DOI: 10.5507/euj.2020.009

SHUMWAY-COOK, A. **Controle motor: teoria e aplicações práticas**. / Anne Shumway-Cook, Marjorie Woollacott; tradução Martha Cecily. Blauth Chaim. 3rd ed., Barueri, SP: Manole, 2010.

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.

TANI, G. Significado, detecção e correção do erro de performance no processo ensino-aprendizagem de habilidades motoras. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**, Brasília, v. 3, n. 4, p. 50-58, 1989.

TEIXEIRA, L. A. **Controle motor**. Barueri, SP: Manole, p. 396, 2006.

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, Berlin**, v. 171, n. 4, p. 421-435, jun. 2006a. DOI: 10.1007/s00221-005-0286-5



TSAI, M. J.; JWO, H. Controlling absolute frequency of feedback in a self-controlled situation enhances motor learning. **Perceptual and motor skills**, v. 121, n. 3, p. 746-758, 2015. DOI: 10.2466/23.PMS.121c28x7

UGRINOWITSCH, H.; COCA UGRINOWITSCH, A. A.; BENDA, R. N.; TERTULIANO, I. W. Effect of bandwidth knowledge of results on the learning of a grip force control task. **Perceptual and Motor Skills**, v. 111, p. 643-653, 2010. DOI: 10.2466/23.25.PMS.111.6.643-652

UGRINOWITSCH, H.; FONSECA, F. S.; CARVALHO, M. F. S. P.; PROFETA, V.L.S.; BENDA, R. N. Efeitos de faixas de amplitude de CP na aprendizagem do saque tipo tênis do voleibol. **Motriz**, v. 17, p. 82-92, 2011. DOI: 10.5016/1980-6574.2011v17n1p82

WINSTEIN, C. J.; SCHMIDT, R. A. Reduced frequency of knowledge of results enhances motor skill learning. **Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition**, v. 16, p. 677-91, 1990. DOI: 10.1037/0278-7393.16.4.677

WOODWORTH, R.S. The accuracy of voluntary movement. **Psychological Review**, v. 3, n. 3, p. 1-119, 1899. DOI: 10.1037/0033-2909.127.3.342

VIEIRA, M. M.; UGRINOWITSCH, H.; BENDA, R. N. Efeitos dos intervalos pré-cr, pós-cr e intertentativas em aprendizagem motora. **Revista de Educação Física**, v.24, p.181-194, 2013. DOI: 10.4025/reveducfis.v24.2.17820

YABUKI, J.; AKIZUKI, K.; YAMAMOTO, R.; YAMAGUCHI, K.; OHASHI, Y. Effectiveness of adjusted bandwidth knowledge of results in motor learning, **Cogent Psychology**, v.9(1), p. 1 - 11. 2922. DOI: 10.1080/23311908.2022.2131039

ZIMMERMAN, B. J. A social cognitive view of self-regulated academic learning. **Journal of Educational Psychology**, v. 81, p. 329-339, 1989. DOI: 10.1037/0022-0663.81.3.329

## APÊNDICE A

### ESTUDO PILOTO

O estudo piloto foi realizado com o objetivo de determinar alguns procedimentos experimentais. O primeiro piloto foi feito para determinar o tempo da tentativa, após determinado o tempo da tentativa. O segundo piloto foi para determinar o percentual de erro utilizado no desempenho critério (DC) e encontrar o número de tentativas para atingir o DC. O terceiro piloto foi para determinar a faixa de amplitude (FA) utilizada nos experimentos. Os dados deste piloto foram utilizados para fazer o cálculo amostral dos experimentos. Para realizar todos os pilotos, 37 Participantes foram divididos nos três pilotos.

A justificativa e a conclusão de cada piloto está apresentada ao longo da sua descrição.

### Método

#### **Delineamento experimental e procedimentos gerais dos estudos piloto**

Os estudos foram realizados em uma sala de coleta de dados do GEDAM, na Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional (EEFFTO) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Inicialmente, o participante realizou a leitura e assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido e o preenchimento do Inventário de Dominância Lateral de Edimburgo (Oldfield, 1971).

Em seguida foi feita a padronização da posição do participante durante a coleta, que envolveu a regulação da altura da cadeira para acertar a posição do participante em relação à célula de tração e compressão. Para isso, o participante deveria se manter sentado, de frente para a célula, com o braço apoiado na placa de ferro. O cotovelo se manteve em flexão de 90°, auxiliada por um aparador que impediu a sua extensão. Uma alça de *nylon* foi posicionada no punho dos participantes para realizar a ação de tração. O tronco, os ombros e as pernas dos participantes foram envoltos por cintas para estabilização da posição e restrição dos movimentos. Finalmente, foi solicitado que os participantes mantivessem o braço esquerdo apoiado na coxa esquerda.

Após a padronização, foi determinada a força isométrica máxima dos músculos flexores do cotovelo do membro dominante de cada participante pelo teste de contração isométrica voluntária máxima (CIVM) contra a célula de carga em 3 tentativas. Cada tentativa

teve a duração de 5 segundos com 5 minutos de intervalo entre elas. Um sinal sonoro informava o início e o término de cada tentativa do teste CIVM. O maior valor de força encontrado foi considerado a força isométrica máxima do participante, e sobre este valor foram calculados os 40%, utilizados como meta da tarefa durante o experimento.

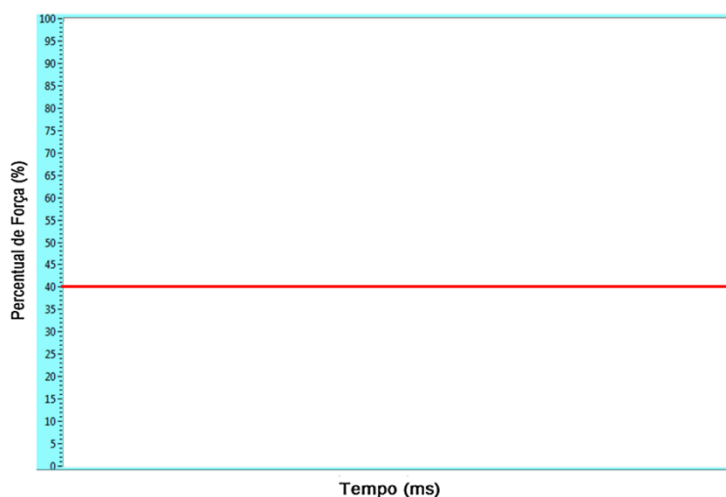
Após a determinação da força isométrica máxima, tiveram início os pilotos. Nesta fase, o objetivo foi alcançar e manter 40% da força isométrica máxima o mais rápido e preciso possível, dentro de um tempo específico.

O primeiro piloto foi para determinar esse tempo específico. Para isso, foram utilizados 3 grupos com tempos das tentativas diferentes, grupos G400ms, G500ms e G600ms.

Após determinado o tempo da tentativa, o segundo piloto foi realizado para determinar o percentual de erro que será utilizado no DC no estudo (O DC de 3 tentativas consecutivas, foi adaptado de Santos *et al*, (2017). Por fim, após definidos o tempo da tentativa e o % do DC, o terceiro piloto foi realizado para determinar a FA a ser utilizada. Para isso, 3 grupos de FA foram testados, os grupos G5%, G7% e G10%. Os dados desse piloto foram utilizados para realizar o cálculo amostral dos experimentos.

Ao lado esquerdo do participante havia um monitor (LG). Neste monitor os participantes visualizavam um gráfico força x tempo (Figura 28). O eixo y apresentava os percentuais de força isométrica produzidos pelos participantes, e no eixo x o tempo da tentativa. No nível de 40% tinha uma linha vermelha de referência representando a meta a ser atingida. Os participantes foram informados que visualizariam a curva com a força isométrica produzida na tela do monitor (CR visual) somente no final de cada tentativa.

**Figura 28** - Tela do gráfico força x tempo.



Fonte: adaptado de Carvalho (2011 e 2017).

## Resultados

### Estudo piloto 1

#### 1. Tempo da tentativa

Tarefas com duração acima de 150ms é suficiente para a atuação do *feedback* sensorial (Teixeira, 2006). Com base nisso, foram testados os tempos de 400, 500 e 600ms, tempos que poderiam viabilizar a visualização dos mecanismos de *feedforward* e *feedback online* atuando em uma mesma tentativa. O mecanismo de *feedback online* foi considerado quando havia inflexões na curva de força com valores de 2,5% do pico de força. Estas inflexões são consideradas tentativas de correções (*e.g.*, atuação do *feedback* sensorial) (Santos, 2015; Santos *et al.*, 2017).

Para testar os três tempos de tentativa supra citados, 12 participantes foram distribuídos aleatoriamente, sendo 4 participantes em cada tempo da tentativa. Foi realizado a média do RMSE, do tempo para o pico de força (TPF), do pico de força (PF) e do número de correções dos participantes nos 3 tempos de tentativas do bloco final (últimas 10 tentativas) de cada tempo descrito na tabela 1.

Tabela 1 - Médias das medidas de controle motor.

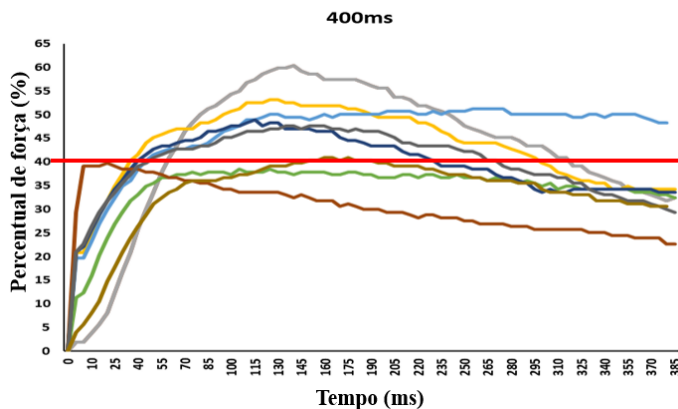
400ms		500ms		600ms	
<b>RMSE (%)</b>	<b>11,8542</b>	<b>RMSE (%)</b>	<b>9,484988889</b>	<b>RMSE (%)</b>	<b>11,22423</b>
<b>TPF (ms)</b>	<b>186,8</b>	<b>TPF (ms)</b>	<b>183,875</b>	<b>TPF (ms)</b>	<b>244,125</b>
<b>PF (%)</b>	<b>44,2591</b>	<b>PF (%)</b>	<b>42,96773345</b>	<b>PF (%)</b>	<b>43,08677</b>
<b>CORREÇÕES</b>	<b>0,75</b>	<b>CORREÇÕES</b>	<b>1,4</b>	<b>CORREÇÕES</b>	<b>2,05</b>

Fonte: próprio autor

Para exemplificar, foi escolhido no bloco final 10 tentativas aleatoriamente de um participante de cada tempo da tentativa para mostrar as curvas de força x tempo.

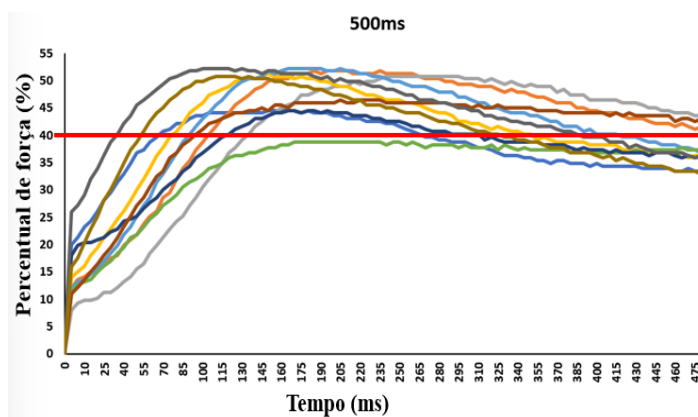
A Figura 29 mostra as 10 tentativas no tempo de 400ms.

**Figura 29** - Dez tentativas de controle de um participante com tempo de 400ms.



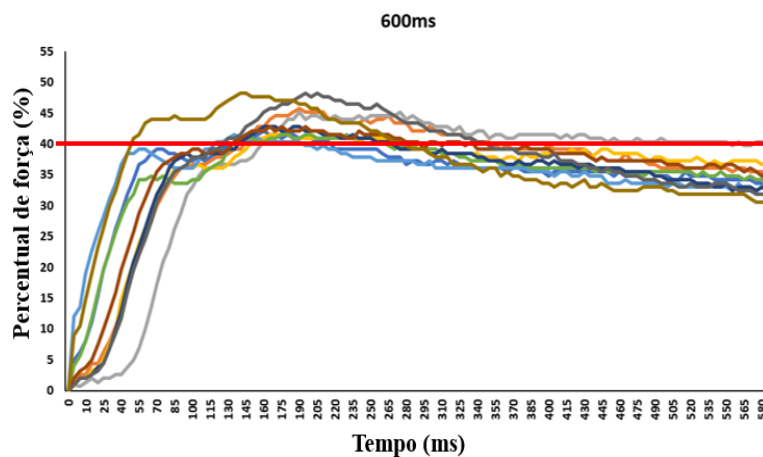
A Figura 30 mostra as 10 tentativas no tempo de 500ms.

**Figura 30** - Dez tentativas de controle de um participante com tempo de 500ms.



A Figura 31 mostra as 10 tentativas no tempo de 600ms.

**Figura 31** - Dez tentativas de controle de um participante com tempo de 600ms.



## Conclusão

Como foi observado, no tempo de 400ms parece que é utilizado predominantemente o comando motor pré-programado e, mesmo sobrando aproximadamente 214ms após o pico para realizar correções, esse tempo não foi suficiente para processar o *feedback* proprioceptivo e realizar as correções que levasse a melhora da precisão. Por isso foi testado o tempo de 600ms. No tempo de 600ms foi observado que apesar dos participantes terem mais tempo para realizar a correção após o pico de força, parece que a magnitude deste aumento levou à perda da referência da meta da tarefa, considerando a baixa precisão do desempenho. Nem mesmo o maior número de correções durante a tentativa foi suficiente para melhorar a precisão. Por isso foi testado o tempo de 500ms. Por fim, o tempo de 500ms parece ter sido mais adequado para essa tarefa, pois o desempenho foi mais preciso que nos 400ms e 600ms. Isso pode ter sido porque o tempo restante após o pico foi suficiente para realizar ajustes baseados na informação proprioceptiva, mas sem perda da referência da tarefa, o que resultou em desempenho preciso.

Baseado nestes resultados, interpretamos que o tempo de 500ms é o mais apropriado para testarmos os 2 mecanismos de controle atuando em uma mesma tentativa.

## Estudo piloto 2

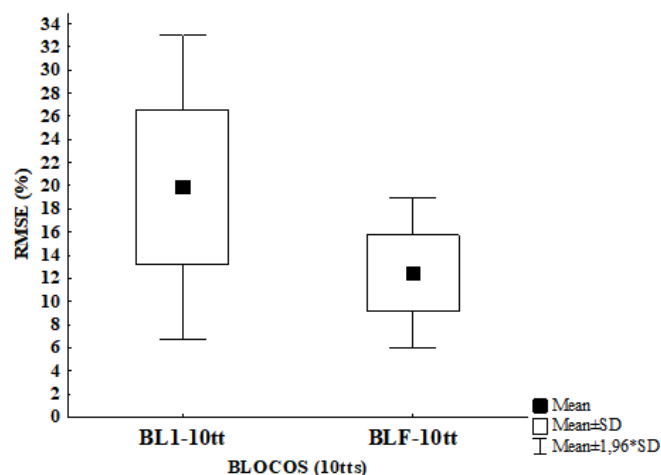
### 2.1 Percentual de erro do desempenho critério

Após determinado o tempo da tentativa de 500ms, este estudo piloto adotou o DC com a realização de 3 tentativas consecutivas dentro de um percentual de erro pré-determinado. Estudos anteriores do laboratório já utilizaram este mesmo número de tentativas (Santos *et al.*, 2017). Contudo, a tarefa utilizada no estudo de Santos *et al.* (2017) requeria manter a contração isométrica por 3 segundos, e como o nosso utilizará o tempo de 500ms (conforme estudo piloto 1), foi necessário testar o percentual de tolerância ao erro dentro de cada tentativa. O Percentual do DC foi definido com base na melhor precisão alcançada (menor RMSE), partir de 2 formas de frequência de *feedback*, f50% e f33%. As duas frequências foram testadas porque outras formas de fornecimento de *feedback* (ex: faixa de amplitude e autocontrolado) serão manipuladas nos 3 experimentos da tese. As duas faixas foram testadas em 500 tentativas para atingir o DC.

Para testar as duas frequências, 10 participantes foram distribuídos aleatoriamente, sendo 5 participantes em cada frequência de *feedback*. Na f50%, os

participantes não conseguiam atingir o DC, mas foi realizado uma comparação entre o 1 bloco de 10ttts e as 10 últimas tentativas. Na análise do desempenho, o teste  $t$  dependente encontrou diferença significativa no desempenho entre o primeiro bloco e o bloco final ( $t = 3,95$ ;  $p = 0,03$ ) (Figura 32).

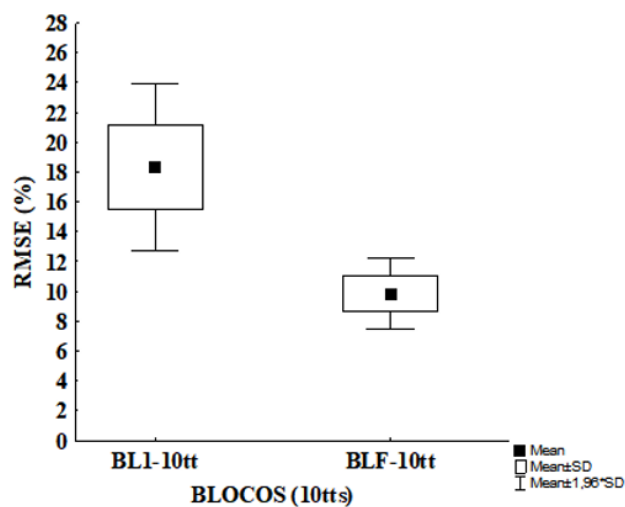
**Figura 32** - Desempenho critério frequência 50%. As barras de erro representam 95% do intervalo de confiança.



Baseado nesse resultado, observamos que 500 tentativas com f50% de *feedback* foi suficiente para diminuir o erro, com a média de RMSE no valor de 13% ( $\pm 2,8$ ).

Quando a frequência de *feedback* utilizada foi a de f33%, os participantes conseguiram atingir o DC e repetiram por 3 vezes consecutivas o valores  $\leq 10\%$  de RMSE. Também foi realizado uma comparação entre o 1 bloco de 10 tentativas e bloco de 10 tentativas com o DC. Na análise do desempenho o teste  $t$  dependente encontrou diferença significativa no desempenho entre o primeiro bloco e o bloco final com o DC ( $t = 5,26$ ;  $p = 0,01$ ) (Figura 33), com uma média de RMSE no valor de 10% ( $\pm 1,47$ ).

**Figura 33** - Desempenho critério frequência 33%. As barras de erro representam 95% do intervalo de confiança.



Baseado nesse resultado, observamos que a f33% levou para um desempenho mais preciso (menor % de RMSE) quando comparado a f50%. Contudo, decidimos adotar a f33% e o RMSE de 10% no DC durante a fase de estabilização nos experimentos I e II.

## 2.2. Média do número de tentativas para atingir o desempenho critério

Após a prática com a frequência de *feedback* de 33% foram anotadas as quantidades de tentativas para atingir o DC, a partir desses dados foi realizado a média e o desvio padrão de quantas tentativas cada participante precisou para alcançar o DC.

Participantes	Número de tentativas para atingir o DC
1	159
2	260
3	68
4	128
5	50
<b>Média</b>	133
<b>Desvio padrão</b>	83,5

A média de tentativas que os participantes precisaram para alcançar o DC foram 133 ( $\pm 83,5$ ) tentativas. Será considerado a soma da média com 2x o desvio-padrão, totalizando



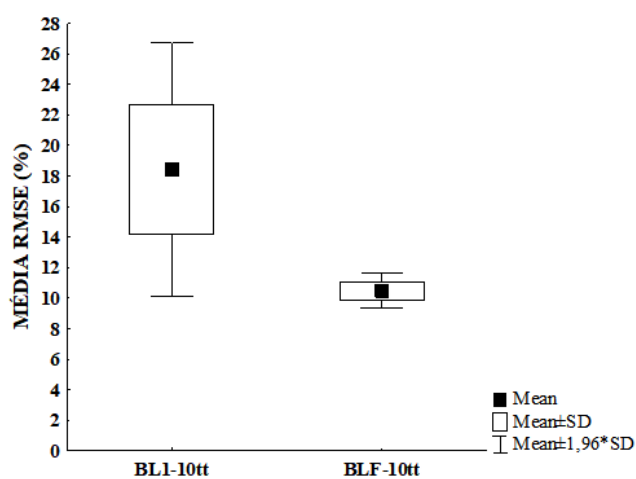
300 tentativas, como tentativa de diminuir a perda amostral por insuficiência de tentativas de prática no experimento III.

### Estudo Piloto 3

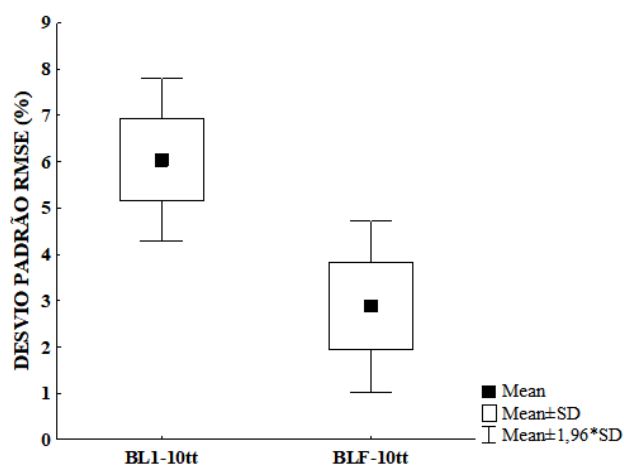
#### 3.1. Tamanho da Faixa de Amplitude

Neste estudo piloto testamos as faixas de amplitude de 5%, 7%, 10% utilizadas durante a prática até os participantes atingirem o DC. Quinze participantes foram distribuídos aleatoriamente, sendo 5 participantes em cada FA. Os resultados mostraram que com as faixas de 5% e 7% os participantes não conseguiram atingir o DC. Quando testamos a FA de 10%, foi observado que os participantes atingiram o DC e na análise da precisão, o teste t dependente encontrou diminuição significativa do RMSE entre o primeiro bloco e o bloco final com o DC ( $t = 4,19$ ;  $p = 0,02$ ) (Figura 34) e na análise da consistência, o teste t dependente encontrou diminuição significativa do desvio-padrão do RMSE entre o primeiro bloco e o bloco final com o DC ( $t = 4,32$ ;  $p = 0,02$ ) (Figura 35).

**Figura 34** - Precisão da faixa de amplitude de 10%. As barras de erro representam 95% do intervalo de confiança.



**Figura 35** - Consistência da faixa de amplitude de 10%. As barras de erro representam 95% do intervalo de confiança.



Com esses resultados, concluímos que a FA10% é uma largura que pode ser utilizada para observarmos os efeitos desta variável no desempenho.

### 3.2. Cálculo amostral

Inicialmente foi realizado o cálculo amostral com base em Sampaio (2010). De acordo com Sampaio (2010), para variáveis biológicas o intervalo de confiança (IC) escolhido varia entre 5 e 30%, todavia quando o coeficiente de variação (CV) é superior a 45% utiliza-se o IC no limite superior (30%) para o cálculo do n. O presente estudo apresentou CV igual a 6,8%. Diante disso, o cálculo amostral procedeu-se da seguinte forma:

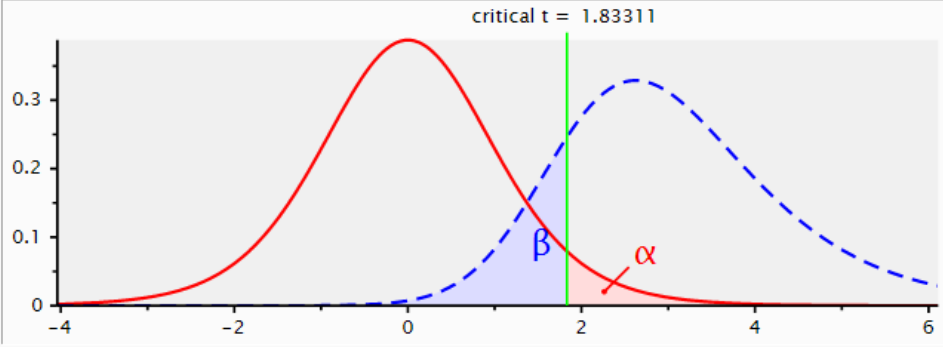
$$n = (2 \times CV)^2 / IC^2 \rightarrow n = (2 \times 7)^2 / 5^2 \rightarrow n = 196 / 25 \rightarrow n = 7,84 \text{ ou } 8$$

E também foi realizado o cálculo amostral com o software G\*Power (versão 3.1.9.2) de acordo com o design do projeto de pesquisa apresentado.

G\*Power 3.1.9.2

File Edit View Tests Calculator Help

Central and noncentral distributions Protocol of power analyses



critical t = 1.83311

Test family: t tests

Statistical test: Means: Difference between two dependent means (matched pairs)

Type of power analysis: A priori: Compute required sample size – given  $\alpha$ , power, and effect size

Input Parameters

Determine =>	Tail(s)	One
	Effect size dz	0.89
	$\alpha$ err prob	0.05
	Power ( $1 - \beta$ err prob)	0.80

Output Parameters

Noncentrality parameter $\delta$	2.8144271
Critical t	1.8331129
Df	9
Total sample size	10
Actual power	0.8287559

X-Y plot for a range of values

Calculate

### **Conclusões do estudo piloto**

Portanto, em função dos resultados do estudo piloto, serão adotados:

O tempo da tentativa de 500ms nos 3 experimentos, por que com o tempo das tentativas de 500ms nessa tarefa foi possível a visualização dos mecanismos de controle atuando em uma mesma tentativa;

A f33% de *feedback* na fase de estabilização nos experimentos I e II, por que a f33% levou ao desempenho mais preciso com o RMSE  $\leq$  a 10% na contração isométrica;

As 300 tentativas no experimento III, por que a média de tentativas que os participantes precisaram para alcançar o DC foram 133 ( $\pm 83,5$ ) tentativas e ao calcularmos (média + (2xDP)) totalizam 300 tentativas;

A FA de 10% nos experimentos I e III, por que quando testamos a FA10% observamos que esse FA foi suficiente para diminuir tanto o erro de precisão (média do RMSE) quanto da variabilidade (DP do RMSE), quando comparada com o início da prática.

A quantidade de 10 participantes nos experimentos I e II de acordo com o cálculo amostral Gpower e 8 participantes no Experimento III pelo cálculo de Sampaio (2010).e

## APÊNDICE B

### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

#### **“Efeitos da faixa de amplitude e do autocontrole de conhecimento de resultados no controle motor e na aprendizagem da força isométrica.”**

Você está sendo convidado a participar de um estudo realizado pelo Grupo de Estudos em Desenvolvimento e Aprendizagem Motora (GEDAM), da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional (EEFFTO), na Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), sob coordenação do prof. Herbert Ugrinowitsch e pelo doutorando Madson Pereira Cruz. O objetivo desse estudo é investigar os efeitos da faixa de amplitude e do autocontrole de conhecimento de resultados na aprendizagem e nos mecanismos de controle motor da força isométrica.

A coleta de dados será realizada na sala de coletas do GEDAM, localizada na EEFFTO. Quando as condições sanitárias e de segurança da saúde liberarem para esse tipo de intervenção. Durante toda a coleta de dados você será acompanhado por um dos responsáveis pela pesquisa e ambos estarão usando máscara de proteção facial. Será disponibilizado álcool em gel para usá-lo sempre que sentir necessidade. A tarefa motora consistirá na manutenção de uma porcentagem da força máxima dos músculos flexores do cotovelo. Para alcançar os objetivos propostos neste estudo será necessária a colocação de eletrodos de superfície para captura do sinal elétrico dos músculos (bíceps braquial, tríceps braquial). Este procedimento é comumente utilizado em pesquisas e até hoje não foi relatado problema algum, não oferecendo qualquer risco à sua saúde.

Inicialmente você responderá um questionário composto por 10 itens para identificarmos sua preferência lateral. Após responder o questionário, os eletrodos serão colocados e será realizado um teste de contração isométrica voluntária máxima. Em seguida você irá realizar a tarefa controle de força isométrica. Todos os procedimentos da coleta dos dados ocorrerão em dois dias e a duração será de aproximadamente uma hora no primeiro dia e 15 minutos no segundo dia.

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

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

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

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

Além disso, em qualquer momento da pesquisa, você terá total liberdade para esclarecer qualquer dúvida com o professor Herbert Ugrinowitsch, pelo telefone (31) 3409-2393 ou email [herbertu@ufmg.br](mailto:herbertu@ufmg.br) ou com o doutorando Madson Pereira Cruz, pelo telefone (31)

987628864 ou email cruzmadson2@gmail.com. Em caso de dúvida (s) sobre questões éticas relacionadas à pesquisa, você poderá entrar em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais (COEP-UFGM), pelo telefone (31) 3409-4592, por e-mail (coep@prpq.ufmg.br) ou pelo endereço Av. Presidente Antônio Carlos, 6627, Unidade Administrativa II – 2º andar, sala: 2005 31270-901 – BH – MG.

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

Belo Horizonte, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
Assinatura do voluntário

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

## APÊNDICE C

## QUESTIONÁRIO DE ESTRATÉGIAS DE SOLICITAÇÃO DE CR

Nome do voluntário: \_\_\_\_\_ Nº \_\_\_\_\_

1) Quando / Por que você solicitou *feedback*?

- Principalmente após o que você considerou uma tentativa boa.
- Principalmente após o que você considerou uma tentativa ruim.
- Quando não tinha ideia se a tentativa foi boa ou ruim.
- Igualmente após tentativas boas e ruins.
- Aleatoriamente.
- Nenhuma das alternativas anteriores.

Caso tenha selecionado “Nenhuma das anteriores”. Especifique:

---

2) Quando você NÃO solicitou *feedback*?

- Após tentativas boas.
- Após tentativas ruins.
- Quando teve dúvidas se a tentativa foi boa ou ruim.
- Nenhuma das anteriores.

Caso tenha selecionado “Nenhuma das anteriores” Especifique:

---

## ANEXO A

## Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG

UNIVERSIDADE FEDERAL DE  
MINAS GERAIS

## PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

## DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

**Título da Pesquisa:** Efeitos da faixa de amplitude e do autocontrole de conhecimento de resultados no controle motor e na aprendizagem da força isométrica

**Pesquisador:** Herbert Ugrinowitsch

**Área Temática:**

**Versão:** 2

**CAAE:** 58644922.5.0000.5149

**Instituição Proponente:** PRO REITORIA DE PESQUISA

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

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

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1850076.pdf	01/08/2022 00:01:57		Aceito
Outros	CARTA_DE_CIENCIA_DO_GEDAM.pdf	31/07/2022 23:58:07	Herbert Ugrinowitsch	Aceito
Solicitação registrada pelo CEP	CARTA_RESPOSTA_COEP_2.pdf	25/07/2022 15:13:55	Herbert Ugrinowitsch	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_exp_MADSON_3.pdf	25/07/2022 15:12:29	Herbert Ugrinowitsch	Aceito
Parecer Anterior	PARECER_TESE_Consubstanciado_MADSON_2_2022.pdf	11/05/2022 20:30:14	Herbert Ugrinowitsch	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura	PROJETO_DOC_MADSON_2022.pdf	24/04/2022 20:14:48	Herbert Ugrinowitsch	Aceito
Investigador	PROJETO_DOC_MADSON_2022.pdf	24/04/2022 20:14:48	Herbert Ugrinowitsch	Aceito
Parecer Anterior	PARECER_TESE_Consubstanciado_MADSON_2021.pdf	24/04/2022 20:13:10	Herbert Ugrinowitsch	Aceito
Folha de Rosto	FOLHA_DE_ROSTO_TESE_MADSON.pdf	24/04/2022 20:09:52	Herbert Ugrinowitsch	Aceito

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

BELO HORIZONTE, 11 de Setembro de 2022

Assinado por:

Crissia Carem Paiva Fontainha  
(Coordenador(a))

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

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

**UF:** MG **Município:** BELO HORIZONTE

**Telefone:** (31)3409-4592

**E-mail:** coep@prpq.ufmg.br



## ANEXO B

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

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

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

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

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