

MARIA FLÁVIA SOARES PINTO CARVALHO

**EFEITOS DA FAIXA DE AMPLITUDE DE CONHECIMENTO DE
RESULTADOS NA ADAPTAÇÃO A PERTURBAÇÕES
IMPREVISÍVEIS EM UMA TAREFA DE FORÇA ISOMÉTRICA**

Belo Horizonte
Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional/UFMG
2011

MARIA FLÁVIA SOARES PINTO CARVALHO

**EFEITOS DA FAIXA DE AMPLITUDE DE CONHECIMENTO DE
RESULTADOS NA ADAPTAÇÃO A PERTURBAÇÕES
IMPREVISÍVEIS EM UMA TAREFA DE FORÇA ISOMÉTRICA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Esporte M/D da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da UFMG como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências do Esporte.

Orientador: Dr. Herbert Ugrinowitsch

Belo Horizonte
Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional/UFMG
2011

C331e Carvalho, Maria Flávia Soares Pinto
2011 Efeitos da faixa de amplitude de conhecimento de resultados na adaptação a perturbações imprevisíveis em uma tarefa de força isométrica. [manuscrito] / Maria Flávia Soares Pinto Carvalho – 2011.
76f., enc.: il.

Orientador: Herbert Ugrinowitsch

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

Bibliografia: f. 61-68

1. Capacidade motora - Teses. 2. Força muscular - Teses. 3. Ciências do esporte - Teses. I. Ugrinowitsch, Herbert. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional. III. Título.

CDU: 796

Ficha catalográfica elaborada pela equipe de bibliotecários da Biblioteca da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais.



Universidade Federal de Minas Gerais
Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional.
Programa de Pós-Graduação em Ciências do Esporte



Dissertação intitulada “Efeitos da faixa de amplitude de conhecimento de resultados na adaptação a perturbações imprevisíveis em uma tarefa de força isométrica”, de autoria da mestranda **Maria Flávia Soares Pinto Carvalho**, defendida em 18 de março de 2011, na Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais e submetida à banca examinadora composta pelos professores:

Prof. Dr. Herbert Ugrinowitsch
Departamento de Esportes
Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional
Universidade Federal de Minas Gerais

Profa. Dra. Suzete Chiviacowsky Clark
Departamento de Deportes
Escola Superior de Educação Física
Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Rodolfo Novellino Benda
Departamento de Educação Física
Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional
Universidade Federal de Minas Gerais

Belo Horizonte, 18 de março de 2011.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho ao meu querido PAI, exemplo de solidariedade, humildade e perseverança. Mesmo sem sua presença física, acredito que me emanou forças para não esmorecer no meio dessa trajetória. A luta continua, COMPANHEIRO!

AGRADECIMENTOS

Ciência não se faz sozinho. Esse é um dos grandes ensinamentos que adquiri na minha trajetória no GEDAM que iniciou no fim da minha graduação. Por isso, nesse momento de encerramento de apenas mais uma etapa, olho para trás e vejo muitas pessoas que passaram por mim e contribuíram para a realização não só deste trabalho, mas nos primeiros passos no mundo científico. Dedico, então, uma palavra de agradecimento a cada uma delas.

À minha mãe, Níbia, companheira, guerreira que comprou comigo todos os meus sonhos, me apoiando incondicionalmente.

À minha irmã, Paulinha, amiga, pelo auxílio nos momentos difíceis e por aguentar junto com minha mãe, meus não poucos momentos de estresse.

Às minhas tias e tio pelo imenso carinho.

Aos meus primos, Anna e Frederico, pelo suporte à minha família no momento mais difícil de nossas vidas.

Ao querido Prof. Herbert, pela orientação desde a graduação, pela paciência e pelos ensinamentos, não só do Comportamento Motor, mas da vida.

Ao Prof. Rodolfo, meu tio acadêmico, por despertar em mim o interesse pela área de estudo e por fazer, em algumas ocasiões, o papel de pai acadêmico. Muito obrigada pelas conversas.

À Prof^a Suzete Chiviakowsky, por aceitar compor a Banca Examinadora deste trabalho e por suas contribuições.

Ao Fabiano, meu irmaozão, que, na ausência do meu pai acadêmico, me orientou com dedicação, direcionando os meus caminhos, outrora, confusos.

À Nádia e Thábata que com tanto carinho me abraçaram como membro do GEDAM e me auxiliaram em meus primeiros passos no grupo.

À Aline, minha irmã acadêmica mais nova, mas que, em alguns momentos, parecia mais velha, tamanha maturidade e talento demonstrados em nossas discussões acadêmicas e apoio nos momentos cruciais.

Ao Vitor, outro talento e grande psicólogo do GEDAM, que ouviu, com imensa paciência, as angústias desse bando de mulheres ansiosas do grupo. Obrigada pelo

auxílio na elaboração deste trabalho, pelas nossas conversas e questionamentos que em muito contribuíram para o meu crescimento.

Ao Gabriel, meu braço direito e esquerdo na coleta, pelo auxílio na organização e análise dos dados. Sem sua presença, a defesa que já ocorre com atraso, demoraria muito mais tempo para acontecer.

À Ana Luíza, que, com toda delicadeza, prontamente me auxiliou na organização e análise dos dados.

Ao Maicon que conheci nessa trajetória do mestrado, pela amizade.

Aos membros do GEDAM (Cláudio, Crislaine, Leonardo, Carlinhos, Lívia, Márcio, Marcelo, Fabrícia, Suziane, Marluce) que provam a importância de um grupo na realização da ciência.

Ao Rodrigo Cachaça, pelo auxílio na elaboração das rotinas do *DasyLab*. Sem sua ajuda, estaria, até hoje, lendo o manual do *software*.

Ao André, pela solução dos problemas cruciais com o *DasyLab* e pela disponibilidade para tais resoluções.

À Alessandra Ugrinowitsch, pela amizade e oportunidade profissional no PST.

À Renata, minha irmãzona na graduação e no mestrado, pelo apoio sempre.

Ao Lucas, o doutor em potencial da TriboEF, pelos conselhos e pelo carinho.

Ao Thiago, exemplo de disciplina e dedicação, pelo apoio e carinho. Sonho em um dia ter você, Lucas e Renata como meus colegas de departamento em uma universidade pública.

À Amanda, pela amizade, preocupação e solidariedade nos momentos delicados.

Aos amigos da TriboEF que nunca me deixaram (Raquel, Michele, Fabi, Rafael, Baiano e Magu) pelas conversas descontraídas e pelo apoio nos momentos difíceis. Tenho orgulho da amizade de vocês.

Aos voluntários dessa pesquisa, por proporcioná-la.

Ao Laboratório de Fisiologia do Exercício (LAFISE) da EEEFTO, na pessoa do Prof. Nilo, pelo empréstimo do local da pesquisa.

Aos Laboratórios de Biomecânica (BIOLAB) e de Musculação (LAMUSC) da EEEFTO, pelo empréstimo dos materiais de coleta.

Aos funcionários do colegiado de pós-graduação que, sempre prontamente, me atenderam e me esclareceram as dúvidas burocráticas.

RESUMO

Os efeitos da faixa de amplitude de conhecimento de resultados (CR) têm sido investigados na aprendizagem de habilidades motoras através da utilização de testes de retenção ou transferência. Entretanto, seus efeitos na adaptação à perturbações imprevisíveis ainda não são conhecidos. O objetivo desse estudo foi investigar os efeitos da faixa de amplitude de CR na adaptação à perturbações imprevisíveis em uma tarefa de força isométrica. Vinte e dois estudantes universitários ($25,14 \pm 3,59$ anos) inexperientes na tarefa participaram desse estudo. Eles foram divididos em dois grupos: Grupo faixa (GF), que recebeu CR em magnitude e direção apenas quando o erro ultrapassou 5% em relação à porcentagem de força máxima solicitada; e o Grupo controle (GC), que recebeu CR em magnitude e direção sempre que houve discrepância entre a força solicitada e a força realizada. O experimento consistiu de duas fases: pré-exposição e exposição e a tarefa tinha como objetivo alcançar um determinado percentual de força máxima em três segundos. Na pré-exposição, a meta era manter 40% da força máxima em 81 tentativas, e o CR foi fornecido de acordo com o grupo. Durante a exposição, conduzida no dia seguinte, foram realizadas 126 tentativas da mesma tarefa. Porém, foram inseridas 18 tentativas com perturbação imprevisível, caracterizadas por novas magnitudes de força a serem alcançadas. Havia duas magnitudes diferentes de perturbação: Com a meta de 60% da força máxima (PI) e com a meta de 20% da força máxima (PII), com nove tentativas em cada. Ambos os grupos diminuíram o %RMSE, do início para o final da pré-exposição ($p < 0,05$), com nível similar de desempenho. Ainda, o GF aumentou o tempo de permanência dentro da faixa de tolerância ($p < 0,05$). Na fase de exposição, na análise intragrupo das magnitudes, foi verificado que no GC, a PI apresentou menor %RMSE que a PII ($p > 0,05$). Foi verificado, também, que o GC aumentou a consistência ao longo da fase para lidar com as perturbações ($p < 0,05$). Para o GF, não houve efeito das magnitudes ($p > 0,05$). Foi detectada, no entanto, diferença entre os blocos, demonstrando uma maior consistência do grupo para lidar com as perturbações ao longo da exposição ($p < 0,05$). A análise intergrupo conduzida para verificar o efeito de cada magnitude entre o GC e o GF verificou que, na PI, o GC apresentou maior %RMSE que o GF (p

< 0,05). Houve, ainda, diferença entre os blocos, demonstrando aumento da consistência dos grupos para lidar com a PI ao longo da exposição ($p < 0,05$). Na PII, não foi verificada diferença entre os grupos ($p > 0,05$). Foi verificado, no entanto, aumento da consistência dos grupos para lidar com a PII ao longo da exposição ($p < 0,05$). Conclui-se que a faixa de amplitude de CR influencia na adaptação, conforme maior consistência do GF ao lidar com a PI.

Palavras-chave: Faixa de amplitude de CR. Adaptação motora. Tarefa de força isométrica.

ABSTRACT

Bandwidth knowledge of results (KR) has been investigated in motor learning through retention or transfer test. However, its effects in motor adaptation to unpredictable perturbation are still unknown. The goal of this study was to investigate the effect of bandwidth KR upon adaptation to unpredictable perturbation in an isometric force task. Twenty two undergraduate students inexperienced in task participated in the study ($25,14 \pm 3,59$ years), divided into two groups: Bandwidth Group (BG) who received KR in magnitude and direction only when the error has exceeded 5% in relation to the requested percentage of maximum force; and the Control Group (CG), which received KR in magnitude and direction whenever there was any difference between the percentage requested and executed. The study consisted of two phases: pre-exposure and exposure and the task required reach a specific goal in isometric task during three seconds. In pre-exposure phase, the goal was to reach 40% of the maximum force in 81 trials and KR was provided in accordance to the group. During the exposure phase, conducted on the next day, there were 126 more trials with the same task goal. However, it was inserted 18 trials with unpredicted perturbations characterized by a new force magnitude goal to be achieved. There were two different magnitudes of perturbations: with target goal of 60% of the maximum force (PI) and with target goal of 20% of the maximum force (PII) with nine trials each. Both groups diminished %RMSE from the beginning to the end of pre-exposure ($p < 0,05$) and had similar level of performance. Moreover, BG increased time within the range ($p < 0,05$). In intragroup magnitudes' analysis, in exposure phase, it was verified that CG had higher %RMSE in PI than in PII ($p < 0,05$). Blocks analysis of magnitudes verified CG improvement in consistency when dealing with perturbations throughout the exposure phase ($p < 0,05$). BG did not show magnitude effects ($p > 0,05$). It was detected, however, blocks effect, demonstrating greater group consistency to handle perturbations along the exposure ($p < 0,05$). The intergroup analysis conducted to verify the effect of each magnitude between the CG and the BG found that the CG had higher %RMSE than BG, in the PI ($p < 0,05$). Also, there was a blocks effect, demonstrating consistency increase of groups to deal with PI over exposure ($p < 0,05$). In PII, there wasn't groups' effect. It

was verified, however, increasing consistency of groups to deal with the PII along the exposure ($p < 0,05$). The bandwidth effect occurred in PI, when BG had greater consistency than CG.

Key words: Bandwidth KR. Motor adaptation. Isometric task force.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1: Célula de tração e compressão, conversor analógico-digital e computador	33
FIGURA 2: <i>Feedback</i> visual fornecido para os sujeitos durante o experimento: 2a para o GC e 2b para o GF.....	35
FIGURA 3: Gráficos apresentados aos sujeitos nas tentativas com alteração do percentual de força a ser alcançado: 3a aumento para 60% da força máxima e 3b diminuição para 20% da força máxima.	37
QUADRO 1: Desenho esquemático da fase de exposição: perturbações com aumento do percentual a ser alcançado, 60% (PI); perturbações com diminuição do percentual a ser alcançado, 20% (PII); tentativas controle (TC)	38
GRÁFICO 1: Média do %RMSE do GF e do GC, durante a pré-exposição.....	41
GRÁFICO 2: Média do %tempo dentro da faixa do GF, durante a pré-exposição....	42
GRÁFICO 3: Média do %RMSE do GF e do GC durante o primeiro e último blocos da pré-exposição, bem como do primeiro bloco da exposição.....	43
GRÁFICO 4: Média do %RMSE do GF e do GC nos blocos de tentativas com mudança para 60% (PI), na exposição.....	47
GRÁFICO 5: Média do %RMSE do GF e do GC nas tentativas com mudança para 60% (PI), na exposição.	48
GRÁFICO 6: Média do %RMSE do GF e do GC nos blocos de tentativas com mudança para 20% (PII), na exposição.....	49
GRÁFICO 7: Média do %RMSE do GC nos blocos de tentativas com mudança para 60% (PI) e 20% (PII), na exposição.	44

GRÁFICO 8: Média do %RMSE do GC nas tentativas com mudança para 60% (PI) e 20% (PII), na exposição.45

GRÁFICO 9: Média do %RMSE do GF nos blocos de tentativas com mudança para 60% (PI) e 20% (PII), na exposição.46

GRÁFICO 10: Média do %RMSE do GF nas tentativas com mudança para 60% (PI) e 20% (PII), na exposição.46

LISTA DE APÊNDICES

APÊNDICE A: Termo de Consentimento Livre e Esclarecido	69
APÊNDICE B: Médias individuais dos sujeitos do GF na medida de %RMSE, na pré-exposição, em blocos de três tentativas.....	70
APÊNDICE C: Médias individuais dos sujeitos do GC na medida de %RMSE, na pré-exposição, em blocos de três tentativas.....	71
APÊNDICE D: Médias individuais dos sujeitos do GF na medida de %tempo dentro da faixa de tolerância de erro, na pré-exposição, em blocos de três tentativas	72
APÊNDICE E: Média individual dos sujeitos do GF na medida de %RMSE, nas três primeiras tentativas da exposição, em blocos de três tentativas.....	73
APÊNDICE F: Média individual dos sujeitos do GC na medida de %RMSE, nas três primeiras tentativas da exposição, em bloco de três tentativas.....	73
APÊNDICE G: Médias individuais dos sujeitos do GF na medida de %RMSE, nas três tentativas com aumento do percentual de força máxima a ser alcançado para 60%, na exposição, em blocos de três tentativas.....	74
APÊNDICE H: Médias individuais dos sujeitos do GC na medida de %RMSE, nas três tentativas com aumento do percentual de força máxima a ser alcançado para 60%, na exposição, em blocos de três tentativas.....	74
APÊNDICE I: Médias individuais dos sujeitos do GF na medida de %RMSE, nas três tentativas com diminuição do percentual de força máxima a ser alcançado para 20%, na exposição, em blocos de três tentativas.....	75

APÊNDICE J: Médias individuais dos sujeitos do GC na medida de %RMSE, nas três tentativas com diminuição do percentual de força máxima a ser alcançado para 20%, na exposição em blocos de três tentativas.....**75**

LISTA DE ABREVIACÕES

CR: Conhecimento de resultados

GF: Grupo faixa

GC: Grupo controle

%RMSE: Percentual da raiz quadrada da média do erro

%Tempo: Percentual de tempo em que o grupo faixa permaneceu dentro da faixa de tolerância de erro estipulada

LISTA DE SÍMBOLOS

PI: Perturbação com aumento do percentual de força máxima a ser alcançado para 60%

PII: Perturbação com diminuição do percentual de força máxima a ser alcançado para 20%

N: Newtons

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	17
2 REVISÃO DE LITERATURA	20
2.1 <i>FEEDBACK</i>	20
2.2 FAIXA DE AMPLITUDE DE <i>FEEDBACK</i>	21
2.3 ADAPTAÇÃO DO COMPORTAMENTO MOTOR	27
3 OBJETIVO E HIPÓTESE DE ESTUDO	31
3.1 OBJETIVO	31
3.2 HIPÓTESE DE ESTUDO	31
4 MÉTODO	32
4.1 AMOSTRA	32
4.2 INSTRUMENTO E TAREFA	32
4.3 PROCEDIMENTOS	33
4.4.1 <i>Critério de exclusão</i>	38
4.5 VARIÁVEIS DEPENDENTES	39
4.6 TRATAMENTO DOS DADOS.....	39
4.7 ANÁLISE DOS DADOS.....	39
5 RESULTADOS	41
6 DISCUSSÃO	50
7 CONCLUSÃO	60
REFERÊNCIAS	61
ANEXO	76

1 INTRODUÇÃO

O processo de aprendizagem de habilidades motoras é marcado por mudanças no comportamento que vão desde a inconsistência e falha em atingir a meta da tarefa até a consistência e precisão em atingi-la (MANOEL, 1995). Esse processo é influenciado por fatores que interferem na eficácia da aquisição dessas habilidades. Um desses fatores é o *feedback*, considerado como a informação de retorno relacionada ao desempenho, que permite ao aprendiz fazer comparações entre a ação executada e a desejada e realizar ajustes necessários para o alcance da meta (MARTENIUK, 1976).

Na área de Comportamento Motor, um dos tipos de *feedback* é o Conhecimento de Resultados (CR) que é a informação relacionada ao resultado da ação no ambiente (SCHMIDT; LEE, 2005). Esse tipo de *feedback* é fornecido por fontes externas como filmagens, escores, professores/treinadores e computadores.

Uma das formas de fornecimento do CR é a utilização de faixa de amplitude, na qual a informação relacionada ao alcance da meta em magnitude e direção é fornecida somente após as tentativas nas quais o desempenho está fora de uma faixa de erro tolerável pré-estabelecido (SCHMIDT; LEE, 2005). Nas tentativas em que o desempenho está dentro dessa faixa, o CR em magnitude e direção não é fornecido. Entretanto, uma particularidade desta forma de fornecimento de CR é que a sua ausência em magnitude e direção tem significado, pois o sujeito é informado de que essa falta de CR significa que o seu desempenho está dentro da faixa de amplitude estabelecida e é tido como uma faixa aceitável de erro; em outras palavras, um acerto (SHERWOOD, 1988).

A utilização de faixas de amplitude de CR pode favorecer o alcance de características que se esperam de um sujeito habilidoso, devido a dois fatores. Primeiro, a realização de um desempenho fora da faixa estabelecida pressupõe a necessidade de correções, o que pode levar ao ganho em precisão na habilidade praticada; segundo, a ausência de CR em magnitude e direção, quando o desempenho está dentro da faixa de amplitude estabelecida indica que o

comportamento realizado deve ser mantido na tentativa subsequente, sendo essa manutenção um importante fator para o alcance da consistência no desempenho (BADETS; BLANDIN, 2005).

Além de precisão e consistência, outra característica do comportamento habilidoso é a adaptabilidade, ou seja, a capacidade de modificar a ação executada, visando ao atendimento das mudanças, chamadas de perturbações, a fim de alcançar o objetivo da tarefa (RIEGER *et al.*, 2005). Esta afirmação pode ser observada em um jogador de voleibol de seleção nacional. Quando vai defender uma cortada, ele deve estar preparado para controlar a bola que vem com força do ataque adversário. Contudo, se um jogador do seu time consegue interceptar a bola durante o bloqueio, a bola é amortecida e diminui a sua velocidade. Consequentemente, o defensor tem que modificar a força a ser implementada à bola em função da diminuição da sua velocidade.

Para conseguir atingir um alto domínio e eficiência nessa habilidade, observado na precisão do seu desempenho, mesmo na presença de perturbações, quando é necessário adaptar uma ação que havia planejado, esse jogador deve ter passado por um processo de aprendizagem que garantisse o aparecimento dessas características (domínio e eficiência). Pressupõe-se, então, que fatores envolvidos nesse processo, como o CR, e a sua forma de fornecimento influencie a sua capacidade de adaptação.

Esta posição tem suporte na característica da faixa de amplitude de CR, pois ela auxiliaria na capacidade de adaptação, já que ela utiliza uma faixa de acerto e não um zero absoluto como meta para execução do movimento correto. Consequentemente, há uma liberdade de ação, na medida em que o desempenho pode permanecer em torno dessa faixa de tolerância, o CR em magnitude e direção não é fornecido e o movimento não precisa ser modificado. Esta faixa de amplitude de CR, então, favoreceria o surgimento de um comportamento não rígido (adaptável), imprescindível, quando o contexto no qual as habilidades motoras são executadas é permeado de mudanças, muitas vezes inesperadas, mas ainda assim é necessário manter a precisão no desempenho.

Os trabalhos que em seu delineamento experimental utilizaram a faixa de amplitude de CR como variável independente (ex. SHERWOOD, 1988; LEE; CARNAHAN, 1990; LEE; MARAJ, 1995; GOODWIN; MEEUWSEN, 1995; BUTLER *et al.*, 1996; SCHIFFMANN *et al.*, 2002; BADETS; BLANDIN, 2005), abordaram apenas a fase de aprendizagem e utilizaram testes para verificação dos efeitos permanentes dessa variável independente. Não investigaram, entretanto, a influência de sua manipulação na capacidade de adaptação da habilidade aprendida frente às perturbações, sendo, ainda, pouco conhecidos os efeitos da amplitude de CR na adaptação. Portanto, investigar essa questão é o objetivo do presente estudo.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 *Feedback*

A aquisição de uma habilidade motora é um processo dinâmico e complexo (TANI, 2000), em que ocorrem mudanças na forma de controle da habilidade, sendo possível inferir estas mudanças em níveis comportamentais (MAGILL, 2000). No início desse processo, características como imprecisão, inconsistência e instabilidade são observadas tanto no resultado como na organização dos componentes da ação, resultantes de uma fraca interação entre os elementos constituintes da habilidade (BARELA, 1999). A desorganização inicialmente observada na habilidade motora executada pode ser atribuída à ausência de uma estrutura de controle bem estabelecida (TANI, 2005; UGRINOWITSCH, 2003). Com o avanço do processo de aprendizagem, as interações entre os componentes da habilidade são fortalecidas, resultando em uma maior padronização espaço-temporal (BARELA; BARELA, 2001), que é verificada em características como precisão, consistência e estabilidade. Neste momento é possível inferir que uma estrutura de controle foi formada (TANI, 2005).

Nesse processo de aprendizagem, um elemento fundamental é o *feedback*, entendido como a informação de retorno sobre a ação realizada (TANI, 1989), pois ele auxilia na obtenção do padrão da habilidade, permitindo a correção dos erros e ajustes necessários com o objetivo de atingir a meta (TANI, 2000; BENDA, 2006; UGRINOWITSCH, 2003). Em outras palavras, durante o processo de aprendizagem, o *feedback* acerca da execução da habilidade motora é essencial, pois dá a orientação necessária para corrigir seus erros e modificar sua ação futura (SCHMIDT; WRISBERG, 2001).

Em relação à sua origem, o *feedback* possui duas classificações. Uma é denominada *feedback* intrínseco, entendida como a informação captada pelos órgãos sensoriais do próprio executante como consequência natural da produção de

movimento (SCHMIDT; LEE, 2005). A outra é denominada *feedback* extrínseco, entendida como a informação fornecida por alguma fonte artificial ou externa, como vídeo ou professor (MAGILL, 2000). Esse *feedback* complementa a informação intrínseca e, por isso, é também denominado *feedback* aumentado (SCHMIDT; LEE, 2005).

Um dos tipos de *feedback* extrínseco encontrado nas práticas é o Conhecimento de Resultados (CR); que é uma informação acerca do resultado da ação em relação à meta ambiental pretendida (MAGILL, 2000; SCHMIDT; WRISBERG, 2001).

O CR pode ser fornecido de algumas formas: dentre elas em Faixas de Amplitude. Nesse tipo de fornecimento de CR, as informações são disponibilizadas aos sujeitos da seguinte forma: é estabelecida uma faixa de tolerância ao erro, e quando o erro ultrapassa esta faixa de tolerância, é fornecido o CR em magnitude e direção. Quando o erro está dentro dessa faixa de tolerância, o CR em magnitude e direção não é fornecido. Entretanto, essa ausência de CR tem significado, pois no momento da instrução precedente ao experimento, é informado que essa falta de CR em magnitude e direção significa que o desempenho está correto. Segundo Badets e Blandin (2005), a alternância de informações entre o CR em magnitude e direção (quando a resposta fora da faixa de amplitude), e a ausência dessa informação (quando a resposta está dentro da faixa predeterminada), é a melhor forma de orientar os aprendizes em direção a um desempenho correto (aumento da precisão) e estabilização desse desempenho (aumento da consistência).

Precisão e consistência são duas características que se esperam de um executante habilidoso. Então, a utilização da faixa de amplitude de CR parece ser coerente no processo de aprendizagem de habilidades.

2.2 Faixa de amplitude de *feedback*

Entre os estudos que manipularam a faixa de amplitude de *feedback*, mais especificamente de faixa de amplitude de CR, é possível identificar três correntes

distintas de investigação (UGRINOWITSCH *et al.*, 2011). A primeira delas busca identificar o efeito da faixa de amplitude de CR na aprendizagem, comparando uma faixa específica com um grupo controle, o qual recebe CR em magnitude e direção em todas as tentativas (LEE; MARAJ, 1995; GOODWIN; MEEUWSEN, 1995; BUTLER *et al.*, 1996; LAI; SHEA, 1999; SCHIFFMANN *et al.*, 2002, UGRINOWITSCH *et al.*, 2010, UGRINOWITSCH *et al.*, 2011). Os resultados desses estudos mostram que a faixa de amplitude de CR auxilia mais a aprendizagem do que o fornecimento de CR em magnitude e direção em todas as tentativas durante a fase de aquisição. A interpretação desses resultados está na dependência da informação extrínseca que grandes quantidades de CR em magnitude e direção podem trazer ao sujeito que recebe esse *feedback* após todas as tentativas (SALMONI *et al.*, 1984). Essa situação impede que o aprendiz tenha um bom mecanismo intrínseco de detecção de erros, pois em situações nas quais o CR é retirado, como nos testes de retenção e/ou transferência, o seu desempenho é pior em comparação ao grupo que, na fase de aprendizagem, não recebeu CR em magnitude e direção em todas as tentativas, como os grupos faixa de amplitude. O desempenho superior dos grupos faixa pode ser explicado em função da aquisição por esse grupo de fontes mais sensíveis de detecção interna de erros (resultante das tentativas que estava dentro da faixa de amplitude utilizada), com a utilização dessas fontes mais sensíveis, quando o CR foi retirado nas situações de teste (LEE; MARAJ, 1994; UGRINOWITSCH *et al.*, 2010).

A segunda corrente resultou do questionamento se os efeitos benéficos da faixa de amplitude de CR na aprendizagem eram resultantes da particularidade dessa forma de fornecimento de *feedback*, já que leva em consideração o desempenho do sujeito para o fornecimento do CR em magnitude e direção ou da redução da frequência de CR em magnitude e direção. Para isso, o delineamento dos estudos contou com grupos faixa de amplitude e grupos pareados, que recebiam CR em magnitude e direção exatamente nas mesmas tentativas que os respectivos grupos faixa de amplitude; ou seja, os dois grupos tinham exatamente a mesma frequência de CR em magnitude e direção, durante a fase de prática. A diferença entre ambos era que os grupos pareados não receberam ausência de CR em magnitude e direção com significado (LEE; CARNAHAN, 1990; CAURAUGH *et al.*, 1993; BUTLER *et al.*, 1996; GRAYDON *et al.*, 1997). Os resultados desses estudos indicaram que a informação

fornecida pelo CR em magnitude e direção, sem levar em consideração o desempenho dos aprendizes - dos grupos pareados - é menos significativa para a aprendizagem do que a ausência CR em magnitude e direção, porém com significado - dos grupos faixa de amplitude - (COCA UGRINOWITSCH; UGRINOWITSCH, 2004), pois os grupos faixa de amplitude apresentaram melhores resultados que os grupos pareados.

O ponto chave na interpretação dos resultados desses estudos é a causa do fornecimento do CR nas duas situações. As manipulações de frequência de CR não levam em consideração o desempenho obtido pelo aprendiz na tentativa. Nessa forma de fornecimento de *feedback*, pode ocorrer de o CR ser fornecido após a execução de uma tentativa precisa, pois a *priori* estava previsto da informação ser fornecida após aquela execução. Consequentemente, ajustes desnecessários podem ser realizados, pois o erro pode ter sido originado de fontes sobre as quais o aprendiz não tem controle (estas fontes de erro serão mais bem explicadas adiante). Já nos tratamentos de faixa de amplitude de CR, o desempenho do sujeito é a *base line* para o fornecimento do *feedback*. Se o desempenho está fora da faixa de tolerância de erro estipulada, esse erro, provavelmente, se deu por um planejamento incorreto de sua ação. Então, a realização de um novo planejamento é possível e os ajustes acontecem. No entanto, se o desempenho do sujeito está dentro da faixa de tolerância, a ele é fornecida a informação de que o seu desempenho está correto e modificações na sua execução não são necessárias.

A terceira corrente busca identificar a melhor faixa de amplitude de CR para a aprendizagem de habilidades motoras (SHERWOOD, 1988; LEE; CARNAHAN, 1990; SMITH *et al.*, 1997; CHEN, 2002; UGRINOWITSCH *et al.*, 2010). Se a faixa de amplitude de CR auxilia na aprendizagem, a pergunta é qual a melhor faixa a ser utilizada. Em geral, as principais faixas de tolerância de erro manipuladas são de 5%, 10% e 15%. Os resultados desses trabalhos ainda são inconsistentes. Alguns estudos apontam vantagem da faixa de 10% em relação à faixa de 5% (SHERWOOD, 1988; LEE; CARNAHAN, 1990; SMITH *et al.*, 1997). Entretanto, outros trabalhos não encontraram diferenças entre os grupos de faixa manipulados (GOODWIN; MEEUWSEN, 1995; CHEN, 2002; COCA UGRINOWITSCH, 2008; UGRINOWITSCH *et al.*, 2010). Os motivos dessa falta de conclusão em relação à

melhor faixa de amplitude para aprendizagem podem estar na variedade de tarefas utilizadas, tais como controle de força, demanda temporal, batida do golfe, bem como nas diferentes porcentagens de faixas utilizadas, 3%, 5%, 10% e 15%, que geram comportamentos distintos pelos diferentes ajustes realizados em função das diferentes faixas de amplitude manipuladas. A falta de conclusão nesses resultados pode estar no fato de os trabalhos seguirem os percentuais amplamente utilizados, sem levar em consideração a particularidade de exigência das tarefas utilizadas em cada estudo e o que cada percentual de faixa proporciona ao comportamento para cada tarefa. Por exemplo, um percentual de 10 em uma tarefa de força pode não acarretar em um mesmo comportamento em uma tarefa de *timing*. Dessa forma, com que os diferentes percentuais não resultem em comportamentos distintos percentuais utilizados Uma faixa estreita levará a mais mudanças no planejamento, quando comparado a faixas mais amplas, sendo ainda possível que os ajustes sejam realizados sem serem necessários.

Para contribuir ainda mais nessa inconclusão dos resultados, não há uma unanimidade nas medidas utilizadas para mostrar a superioridade dos grupos faixa de amplitude, em comparação aos grupos controle e pareados. Alguns estudos encontraram que a faixa resultou na melhora da precisão do desempenho (CAURAUGH *et al.*, 1993; LEE; MARAJ, 1995; BUTLER *et al.*, 1996; GRAYDON *et al.*, 1997; LAI; SHEA, 1999). Em outros trabalhos, a faixa de amplitude mostrou sua superioridade na melhora da consistência no desempenho (SHERWOOD, 1988; LEE; CARNAHAN, 1990; SMITH *et al.*, 1997; BADETS; BLANDIN, 2005).

As explicações para os efeitos benéficos da faixa de amplitude de CR na aprendizagem das habilidades motoras, encontrados nas três correntes, têm se embasado em duas hipóteses explicativas. São elas: hipótese da orientação (SALMONI *et al.*, 1984), e hipótese da consistência (WINSTEIN; SCHMIDT, 1990).

De acordo com hipótese da orientação (SALMONI *et al.*, 1984), a apresentação de maiores quantidades de CR pode ter efeito positivo e negativo sobre a aprendizagem. O efeito positivo é que se o aprendiz receber CR em todas as tentativas, o *feedback* efetivamente o guiará a uma resposta correta, reduzindo erros e facilitando a performance. Entretanto, o efeito negativo é a dependência da

informação, conforme citado anteriormente. Assim, quando o CR é retirado nas situações de testes de transferência e retenção, o desempenho é prejudicado devido a grande quantidade de CR fornecida na fase de aquisição que impossibilitou o desenvolvimento da capacidade de detecção e correção de erros, proporcionado pelo *feedback* intrínseco.

Essa hipótese, entretanto, não consegue explicar os efeitos da faixa de amplitude, pois a eficácia dessa forma de fornecimento de CR não se baseia na menor quantidade de informação. A faixa de amplitude de CR não é um modo de fornecimento que diminui a quantidade de CR. Ao contrário, após todas as tentativas é fornecida alguma informação, pois, a ausência de CR é interpretada como o desempenho estando correto.

A hipótese, portanto, mais apropriada para explicar os efeitos benéficos da faixa de amplitude de CR, parece ser a hipótese da consistência (WINSTEIN; SCHMIDT, 1990). Essa hipótese sugere que fornecer grandes quantidades de *feedback* induzem os aprendizes a ajustarem seus desempenhos continuamente tendo como base cada novo CR fornecido. Essas correções constantes, no entanto, podem impedir que o desempenho se torne consistente, o que é refletido em um alto nível de instabilidade do desempenho. Isso é o que Schmidt (1991) denomina “correções mal adaptadas de curto prazo”. A melhor consistência dos grupos faixa de amplitude de CR encontrada em diversos estudos (SHERWOOD, 1988; BADETES; BLANDIN, 2005) dá sustentação a esta posição. Por outro lado, o erro de uma tentativa que foi muito próximo do zero absoluto e originou o fornecimento de CR (como acontece na manipulação da frequência de *feedback*), promove ajustes desnecessários e leva a um desempenho inconsistente. Contudo, este erro pode ter advindo de fontes sobre as quais o aprendiz não tem controle.

Neste ponto, faz-se necessário diferenciar duas formas de erro que produzem variação na resposta motora: o erro causado por uma incorreta formulação do planejamento da ação e o erro causado por uma variabilidade intrínseca ao sistema neuromuscular, sobre o qual o sujeito não tem controle. Levando em consideração o processo de aquisição de habilidades motoras, o erro apresentado pelo executante no início da prática tem maior probabilidade de ser originado por um planejamento

inadequado da ação, devido à ausência de uma estrutura de controle bem estabelecida (CHIVIAKOWSKY, 2005). Porém, à medida que o processo de aprendizagem avança, os erros podem ter sua origem na variabilidade intrínseca do sistema neuromuscular (SCHMIDT, 1991). Essa variabilidade é reflexo do ruído no sistema motor, que é incapaz de realizar dois movimentos iguais (BARTLETT, 1932) com a mesma precisão. Tentar diminuir o erro nesta situação pode levar a mudanças no plano motor formulado, que era o adequado para a tarefa praticada.

A partir da exposição anterior é possível assumir que o CR pode interferir positivamente ou negativamente no processo de aprendizagem. A informação sobre o erro (CR sobre a execução realizada) é positiva quando relacionada à formulação incorreta do plano de ação, pois auxilia a criar uma referência sobre a habilidade executada (TANI, 1989) para as execuções subsequentes. Contudo, esta mesma informação é negativa quando a causa do erro é devido à variabilidade inerente ao sistema neuromotor (CHIVIAKOWSKY, 2005). Neste caso, apesar do erro na execução não ser devido a um erro no planejamento, mas sim por um ruído do sistema neuromuscular, haverá uma mudança no planejamento utilizado, mas que está correto. Estes ajustes realizados repetidamente podem ser prejudiciais à aprendizagem da habilidade, pois levam a mudanças desnecessárias, ou mesmo indesejáveis na estrutura de controle já formada (CHIVIAKOWSKY, 2005). Esta posição pode ter base no quadro proposto por Gentile (1972).

O fornecimento de *feedback* utilizando faixas de amplitude pode favorecer o desenvolvimento da consistência do desempenho a medida que o CR em magnitude e direção não é dado se o voluntário estiver dentro da faixa de tolerância estipulada. Dessa forma, não há necessidade de realização de ajustes quando há ausência de CR em magnitude e direção. Mais ainda, esta forma de fornecimento de CR não levaria em consideração os erros causados pelo ruído do sistema neuromuscular citados anteriormente. Novamente, esta posição tem suporte em estudos que testaram a faixa de amplitude de *feedback*, seus efeitos foram observados na melhor consistência do desempenho (SHERWOOD, 1988; LEE; CARNAHAN, 1990; SMITH *et al.*, 1997, BADETES; BLADIN, 2005).

As hipóteses acima referidas foram utilizadas para explicar os resultados de estudos de faixa de amplitude de CR supracitados cujos delineamentos experimentais continham uma fase de aquisição e um teste de retenção e/ou transferência para verificar a aprendizagem. Em outras palavras, os sujeitos praticaram até o desempenho se tornar estável, e então o efeito da variável independente era verificado em testes de retenção e/ou transferência que buscavam observar a permanência de uma estrutura da habilidade. Estes estudos não tinham como interesse, entretanto, verificar o efeito da faixa de amplitude de CR no comportamento dos aprendizes quando mudanças no contexto de execução das habilidades são inseridas e uma mudança no comportamento é requerida a fim de garantir o alcance da meta, como ocorre na adaptação (BENDA, 2001; UGRINOWITSCH, 2003). A adoção de faixa de amplitude como forma de fornecimento de CR, na fase de aprendizagem, pode favorecer o aparecimento de um comportamento adaptativo no momento em que surgem mudanças na tarefa, pois, como nesse regime de CR é estabelecida uma faixa de tolerância de erro, dentro da qual o desempenho é considerado correto, o sujeito tem certa liberdade de ações dentro dessa faixa na qual ele pode atuar (UGRINOWITSCH *et al.*, 2011). Essa liberdade pode fazer com que o aprendiz não apresente rigidez em seu comportamento, que é indispensável para lidar com as situações de alteração no contexto de execução da tarefa e para garantir a adaptação a essa nova situação (BARROCAL *et al.*, 2006). A seguir, será revisado fenômeno adaptação motora e a forma na qual ela vem sendo investigada.

2.3 Adaptação do comportamento motor

A adaptação motora pode ser entendida como a retomada do desempenho original em uma tarefa quando há a presença de perturbações externas (SCHEIDT *et al.*, 2001). Uma das formas de admitir que houve adaptação é quando mesmo na presença de mudanças sofridas no contexto de execução da habilidade, o desempenho eficiente da tarefa continua a ser observado (UGRINOWITSCH; TANI, 2004; TANI, 2005). Em outras palavras, se a meta da tarefa não é atingida, não é possível dizer que houve adaptação (UGRINOWITSCH; CORRÊA; TANI, 2005).

Existem diferentes formas de investigar a adaptação, mas um aspecto comum para que ela aconteça é a presença da perturbação (UGRINOWITSCH, 2003).

A perturbação pode ser entendida como sendo algo que causa mudança (UGRINOWITSCH, 2003), ou ainda como uma fonte de informação que compete com as condições atuais do organismo e que pode prejudicar o desempenho (ZANONE; KELSO, 1992; IZAWA *et al.*, 2008). No entanto, ao serem expostos a perturbações repetidas vezes, o desempenho pode retornar ao nível anterior, conforme observado em estudos que tiveram uma fase de exposição à perturbação mais longa (FONSECA, 2009).

Os estudos de Comportamento Motor que abordam a adaptação o fazem apresentando perturbações, na forma de alterações nas demandas da tarefa e analisando as respostas a essas mudanças (KARNIEL; MUSSA-IVALDI, 2002; RICHTER *et al.*, 2004; RIEGER *et al.*, 2005; MAZYN *et al.*, 2007). Essas perturbações podem ser de diferentes tipos, e as formas de se adaptar também serão distintas.

Uma das formas de manipular a perturbação é em relação à sua previsibilidade. As perturbações são previsíveis quando o sujeito sabe *a priori* quais e quando as mudanças ocorrerão. Os estudos que inseriram a perturbação de modo previsível utilizaram tarefas tais como de apontamento (RICHTER *et al.*, 2004) e *timing* coincidente (UGRINOWITSCH *et al.*, 2005). A adaptação, nesses estudos, foi alcançada, pois o desempenho retornou aos níveis obtidos na fase anterior à inserção da perturbação, talvez pela possibilidade de planejar as respostas por conhecer previamente a perturbação que seria inserida.

No caso de perturbações imprevisíveis, as inserções são feitas sem que se tenha conhecimento prévio de quando e como elas ocorrerão. Consequentemente, não se pode fazer um planejamento precedente à perturbação para conseguir realizar a ação, o que dificulta apresentar o mesmo nível de desempenho de quando não há a perturbação (FONSECA, 2009; PROFETA, 2009; RICHTER, 2004). Estudos têm mostrado que a perturbação imprevisível pode levar a um desempenho inferior em relação à perturbação previsível em uma tarefa de apontamento (RICHTER *et al.*,

2004), ou mesmo impedir a ocorrência da adaptação no lançamento do dardo (PROFETA, 2009) ou ser alcançada somente após um período de prática em uma tarefa de *timing* coincidente (FONSECA, 2009). Esta proposição já tem suporte em estudos que testaram as duas formas de manipular a perturbação (LOSCHIAVO-ALVARES, 2010).

Houve, ainda, a investigação da adaptação em função da variação, de forma aleatória, do peso do objeto a ser elevado (EASTOUGH; EDWARDS, 2007; MROTEK *et al.*, 2004). A adaptação a essas alterações de peso foi inferida através de ajustes na preensão. Os resultados verificaram que o aumento do peso representa uma maior demanda para adaptar, pois os ajustes a essa nova situação representaram maiores picos de preensão, melhor posicionamento dos dedos para preensão e maiores magnitudes do nível de força, alcançados de forma mais rápida. Apesar da geração dessas respostas adaptativas, os autores concluíram que o mesmo comportamento não foi encontrado na diminuição do peso, pois essa condição foi considerada de menor prioridade em relação ao aumento de peso (MROTEK *et al.*, 2004). Ainda, as ações de ajuste para aumento do peso parecem refletir uma seleção mais cuidadosa na posição de preensão a fim de evitar rotações ou soltura do objeto durante a elevação (EASTOUGH; EDWARDS, 2007).

No entanto, os trabalhos acima relatados (EASTOUGH; EDWARDS, 2007; MROTEK *et al.*, 2004) foram conduzidos sob a óptica do Controle Motor, no qual o interesse está em compreender quais são e como acontecem os ajustes realizados quando é inserida alguma perturbação. Tais estudos não consideraram as condições que permitiram que a habilidade fosse aprendida antes de inserir a perturbação. Se considerarmos que a aprendizagem é um pré-requisito para a adaptação (UGRINOWITSCH, 2003, TRESILIAN *et al.*, 2004), e existem fatores que afetam o processo de aprendizagem, tais como a faixa de amplitude de *feedback* (UGRINOWITSCH *et al.*, 2010), estes mesmos fatores devem influenciar na adaptação. Em outras palavras, como a faixa de amplitude de *feedback* auxilia a formar uma melhor estrutura de controle do movimento (inferida pelo desempenho superior nos testes de aprendizagem), podendo, também auxiliar a formar uma estrutura de controle mais adaptável.

Alguns trabalhos testaram o efeito de variáveis que influenciam a aprendizagem na adaptação motora. Corrêa, Ugrinowitsch, Benda e Tani (2010) e Corrêa, Massigli, Barros, Gonçalves, Oliveira e Tani (2006) investigaram o efeito do tipo de prática na adaptação. Desses estudos, é possível dizer que sem prática constante não há adaptação. Outra variável que tem sido investigada é a frequência de CR (UGRINOWITSCH *et al.*, 2003; TERTULIANO *et al.*, 2008) e encontraram que da mesma forma que nos testes de retenção, a frequência de CR também influencia na adaptação. Já a faixa de amplitude de CR foi investigada por Barrocal *et al.* (2006). Os resultados deram suporte à ideia de que a estipulação de faixas de tolerância de erro não prejudica a adaptação. Uma possível explicação é que a faixa de amplitude de CR conduz a um comportamento mais flexível, devido à faixa de tolerância utilizada, não sendo necessárias mudanças no planejamento a cada execução para atingir um “zero” absoluto no erro em relação à meta da tarefa. Este regime de CR evita a rigidez no comportamento, a qual inviabiliza a ocorrência da adaptação.

Contudo, os estudos supracitados utilizaram no seu delineamento uma perturbação previsível, que consistia em uma mudança que permanecia constante em todas as tentativas, mas não testaram os efeitos destas variáveis, como a faixa de amplitude de CR, com perturbações imprevisíveis, sendo esse o objetivo do estudo.

3 OBJETIVO E HIPÓTESE DE ESTUDO

3.1 Objetivo

O objetivo do presente estudo foi investigar o efeito da faixa de amplitude de CR na adaptação a perturbações imprevisíveis em uma tarefa de força isométrica.

3.2 Hipótese de estudo

O grupo faixa de amplitude de CR terá melhor adaptação diante de perturbações imprevisíveis em comparação ao grupo controle.

4 MÉTODO

4.1 Amostra

Participaram deste estudo 22 homens universitários, destros, com idade entre 18 e 35 anos ($25,14 \pm 3,59$ anos), sem experiência na tarefa. Os voluntários assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido previamente aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais (ETIC 159/10 – ANEXO), antes de iniciar o experimento.

4.2 Instrumento e Tarefa

O instrumento utilizado é composto por uma célula de carga de tração e compressão (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 (*Biovision*, Alemanha), com faixa de entrada de -5 a +5 Volts. Esse conversor, com entrada para 8 canais, é conectado a um notebook (LG PC R200-D T7250 2GHZ) que faz a leitura dos dados, utilizando o software DasyLab (versão 10.0) configurado e calibrado com uma frequência de amostragem de 5000 Hz. A placa de ferro, parafusada em uma parede, além de prender a célula de tração e compressão, também possui uma superfície que serviu para que os voluntários apoiassem o braço direito. Nessa superfície há um aparador, cuja função é restringir a extensão do cotovelo dos voluntários. A tarefa envolveu o controle de uma porcentagem da força máxima dos músculos flexores do cotovelo, no qual era realizada a tração contra a célula durante um intervalo de tempo específico. A célula estava conectada à uma alça de nylon, na qual os voluntários envolviam a palma da mão, permitindo o movimento de tração (FIG. 1).

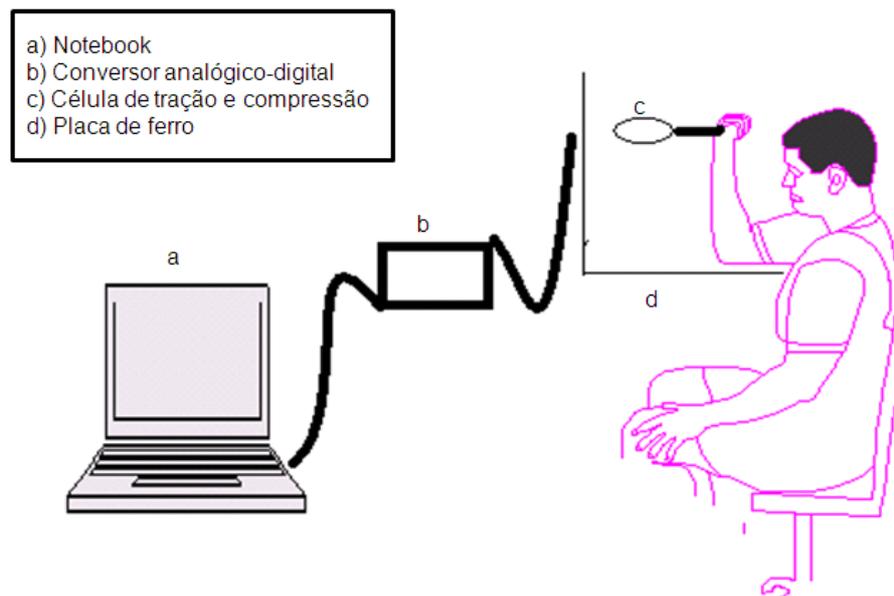


FIGURA 1: Célula de tração e compressão, conversor analógico-digital e computador

4.3 Procedimentos

Os voluntários foram recrutados por meio de convite ou abordagem pessoal na Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional (EEFFTO) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Ao chegarem ao laboratório, liam e assinavam o termo de consentimento livre e esclarecido (Apêndice A). Após a assinatura do termo, os voluntários se deslocavam para o ambiente de coleta, e tinham a sua posição padronizada para todo o experimento. Essa padronização envolvia a regulagem da altura da cadeira e da célula de tração e compressão de forma que o voluntário ficasse sentado, de frente para a célula, apoiando o braço na placa de ferro e com o cotovelo em flexão de 90°. Essa flexão do cotovelo era auxiliada pela presença do aparador que impedia a sua extensão. A posição do aparador era regulada, de forma a contemplar os voluntários com diferentes comprimentos de braço. Após essa padronização, o tronco, os ombros e as pernas dos voluntários foram envoltos por cintas, para estabilização da posição e restrição dos movimentos. Para evitar movimentos do punho, os voluntários calçaram uma

órtese. Finalmente, foi solicitado que os voluntários mantivessem a mão esquerda apoiado na coxa esquerda.

Antes do início do experimento, foi determinada a força máxima isométrica dos músculos flexores do cotovelo direito de cada voluntário pela flexão com força máxima contra a célula de carga em três tentativas. Cada tentativa teve a duração de cinco segundos e cinco minutos de intervalo entre elas. O maior valor de força encontrado nessas três tentativas foi considerado a força máxima do indivíduo.

4.4 Delineamento

Após a determinação da força máxima, os sujeitos foram distribuídos aleatoriamente em dois grupos para manipular a faixa de amplitude de CR (n=11): Grupo faixa de amplitude 5% (GF), que recebeu CR em magnitude e direção quando o erro ultrapassava 5% em relação ao percentual de força máxima solicitado e o grupo controle (GC), que recebeu CR em magnitude e direção sempre que houvesse uma diferença entre o percentual solicitado e o executado.

O experimento constou de duas fases: pré-exposição e exposição, cujas tentativas tiveram a duração de três segundos. No momento da instrução, os sujeitos foram orientados a visualizarem, durante todo o tempo, o monitor disponível ao seu lado esquerdo que informava o desempenho em relação à meta, durante toda a tentativa e que haveria um sinal sonoro informando o início e o término da tentativa.

Na fase de pré-exposição, todos os sujeitos tiveram como meta alcançar 40% da sua força máxima durante os três segundos de duração da tarefa. Nessa fase, foram praticadas 81 tentativas e o CR foi fornecido de acordo com o grupo ao qual o sujeito pertencia. Houve um intervalo de 5 minutos entre as tentativas 41 e 42, para descanso dos voluntários.

O CR estava disponível para o voluntário no monitor, da seguinte forma: na tela era exibido um gráfico força x tempo, com o eixo y apresentando os percentuais de força produzidos pelos voluntários. No nível de 40%, havia uma linha de referência representando a meta a ser atingida pelo voluntário. A meta da tarefa era sobrepor a

sua curva de produção de força à linha de referência durante os três segundos de duração da tentativa. Para o GF foi exibida uma área de tolerância que correspondia aos 5% da força máxima, sendo 2,5% para cima e 2,5% para baixo da meta estabelecida (FIG. 2a). Em torno dessa área, estava a linha de referência que, nesse caso, não era visualizada. Esse grupo recebeu a orientação que caso o seu desempenho permanecesse dentro daquela faixa de tolerância, seria considerado acerto. Para o GC, nenhuma faixa de tolerância foi estabelecida, sendo exibida a linha de referência ao nível de 40% de força, a qual deveria ser sobreposta pela linha de produção de força dos voluntários desse grupo (FIG. 2b).

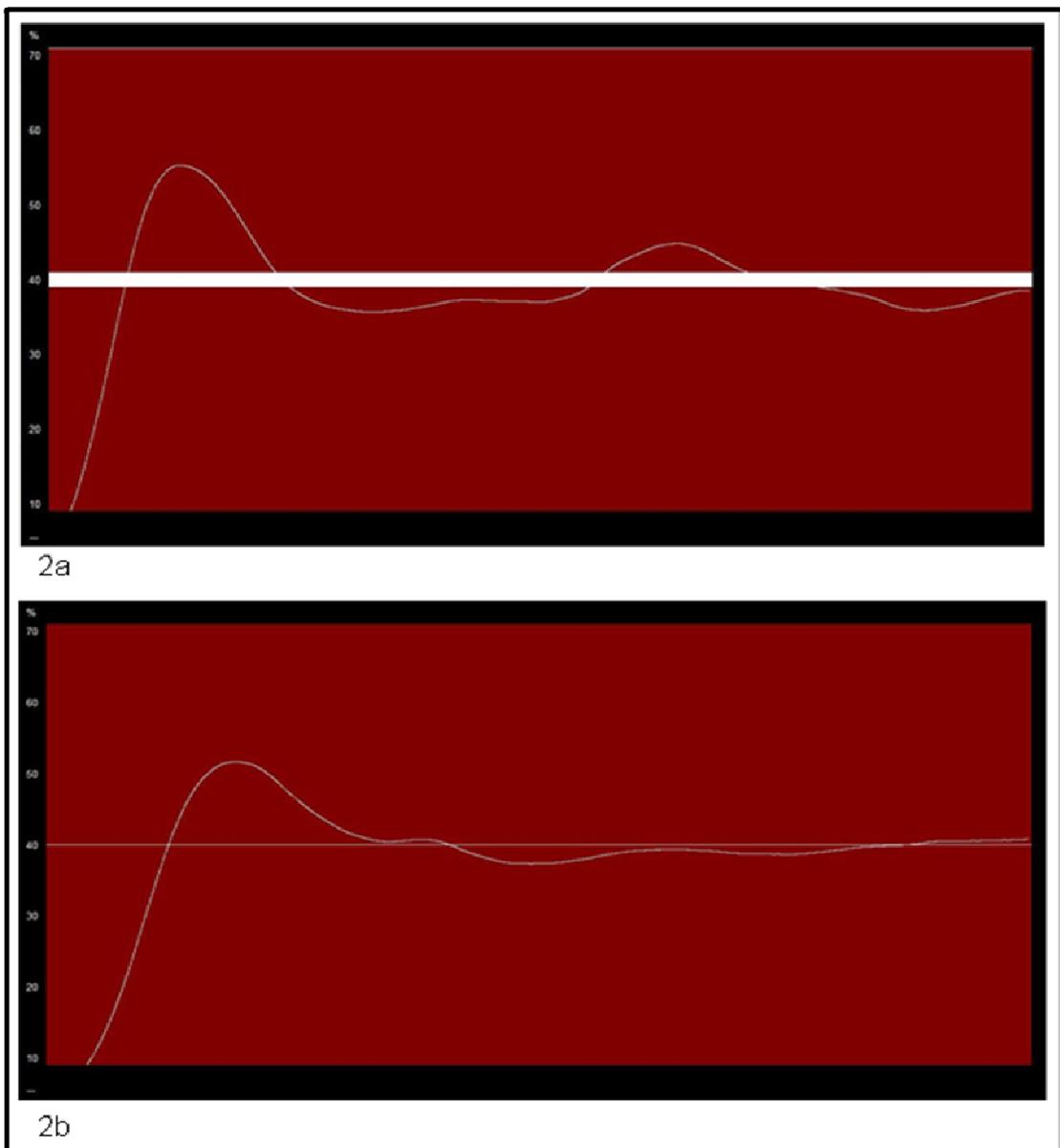


FIGURA 2: *Feedback* visual fornecido para os sujeitos durante a fase de pré-exposição: 2a para o GF e 2b para o GC.

Na fase de exposição, conduzida no dia subsequente à pré-exposição, os sujeitos realizaram a mesma tarefa com a mesma duração. Entretanto, em algumas tentativas foram inseridas perturbações imprevisíveis. Essas tentativas com perturbações, denominadas tentativas experimentais, foram caracterizadas por terem uma porcentagem da força máxima a ser alcançada diferente daquela utilizada na primeira fase. No que concerne a magnitude de perturbação inserida: havia tentativas nas quais a meta aumentou para 60% da força máxima (PI) e tentativas nas quais a meta diminuiu para 20% da força máxima (PII); essas perturbações eram inseridas no decorrer da tentativa. Essas tentativas experimentais foram intercaladas com as tentativas controle, cuja meta era alcançar a mesma porcentagem de força máxima da fase anterior, e foram inseridas de forma pseudoaleatória.

Nessa fase, a linha de referência do gráfico força x tempo, indicando o percentual a ser alcançado, não estava mais apresentada inteira e de forma fixa durante os três segundos, mas se deslocava ao longo do eixo x durante cada tentativa. Este deslocamento era coincidente com o tempo de execução da tarefa. Nas tentativas controle, essa linha se movia apenas no nível de 40%. Já nas tentativas experimentais, a linha referência iniciava se movendo no nível de 40% durante a primeira metade da tentativa que representava um segundo e meio. Na segunda metade da tentativa, essa linha se deslocava ou para o percentual 60 (FIG. 3a), ou para o percentual 20 (FIG. 3b), conforme a magnitude de perturbação que deveria ser inserida.

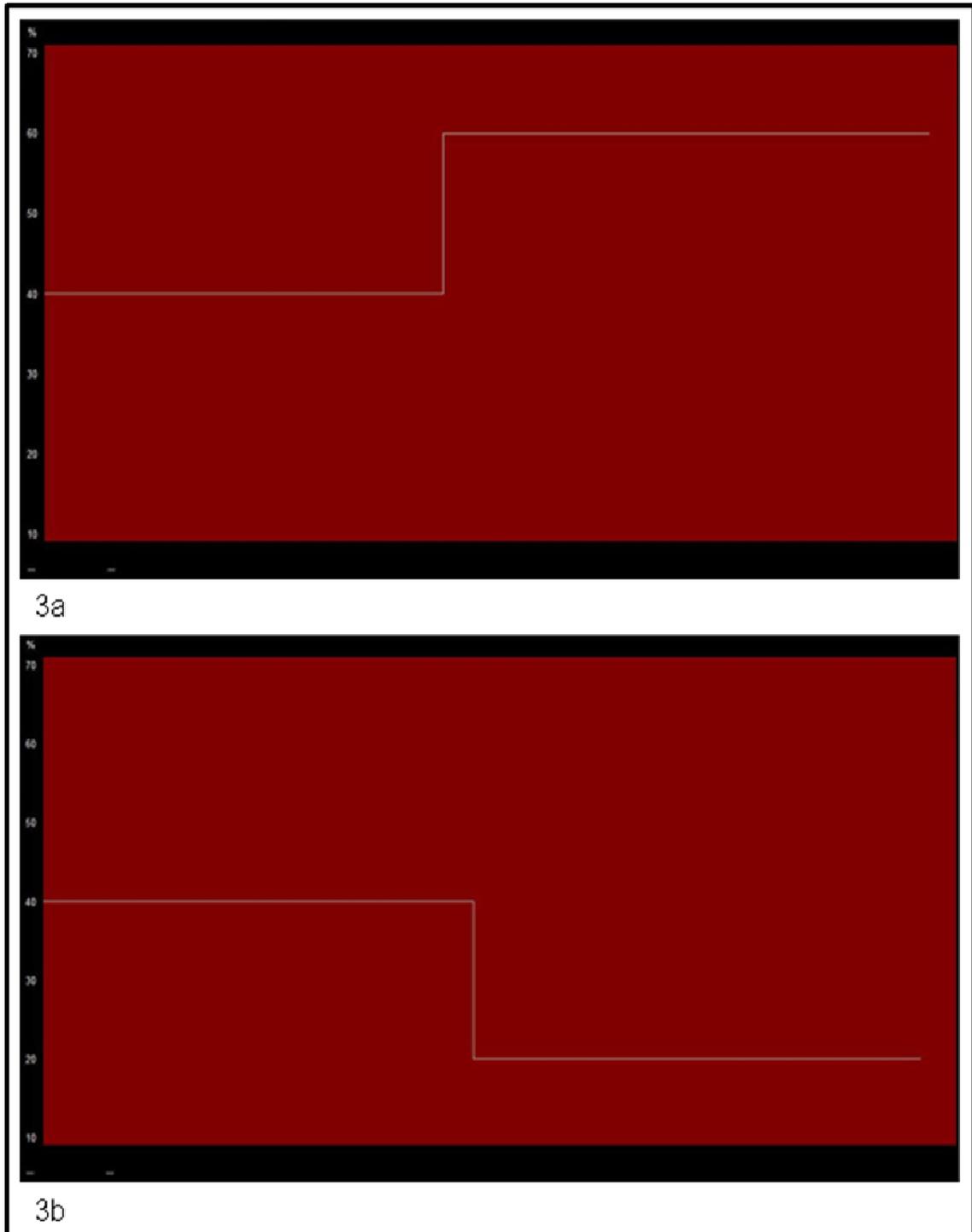


FIGURA 3: Gráficos apresentados aos sujeitos nas tentativas com alteração do percentual de força a ser alcançado: 3a aumento para 60% da força máxima e 3b diminuição para 20% da força máxima.

Foram realizadas nove tentativas para cada magnitude de perturbação, intercaladas com seis tentativas controle, totalizando cento e vinte e seis tentativas na segunda fase do experimento (QUADRO 1). A relação do número de tentativas experimentais

intercaladas entre tentativas experimentais utilizada no presente trabalho foi baseada no delineamento de outros estudos (FONSECA, 2009; PROFETA, 2009; STENARD; DIJKSTRA, 2004; TRESILIAN; PLOOY, 2004;) e garantiu a imprevisibilidade das perturbações.

QUADRO 1: Desenho esquemático da fase de exposição: perturbações com aumento do percentual a ser alcançado, 60% (PI); perturbações com diminuição do percentual a ser alcançado, 20% (PII); tentativas controle (TC)

1	TC	22	TC	43	TC	64	TC	85	TC	106	TC
2	TC	23	TC	44	TC	65	TC	86	TC	107	TC
3	TC	24	TC	45	TC	66	TC	87	TC	108	TC
4	PI	25	PI	46	PII	67	PII	88	PI	109	PII
5	TC	26	TC	47	TC	68	TC	89	TC	110	TC
6	TC	27	TC	48	TC	69	TC	90	TC	111	TC
7	TC	28	TC	49	TC	70	TC	91	TC	112	TC
8	TC	29	TC	50	TC	71	TC	92	TC	113	TC
9	TC	30	TC	51	TC	72	TC	93	TC	114	TC
10	TC	31	TC	52	TC	73	TC	94	TC	115	TC
11	PII	32	PI	53	PI	74	PII	95	PII	116	PI
12	TC	33	TC	54	TC	75	TC	96	TC	117	TC
13	TC	34	TC	55	TC	76	TC	97	TC	118	TC
14	TC	35	TC	56	TC	77	TC	98	TC	119	TC
15	TC	36	TC	57	TC	78	TC	99	TC	120	TC
16	TC	37	TC	58	TC	79	TC	100	TC	121	TC
17	TC	38	TC	59	TC	80	TC	101	TC	122	TC
18	PII	39	PI	60	PII	81	PI	102	PII	123	PI
19	TC	40	TC	61	TC	82	TC	103	TC	124	TC
20	TC	41	TC	62	TC	83	TC	104	TC	125	TC
21	TC	42	TC	63	TC	84	TC	105	TC	126	TC

4.4.1 Critério de exclusão

Foram excluídos do estudo todos os voluntários que não alcançaram, nas três tentativas do teste de força máxima, o valor mínimo de 250 Newtons (N). Esse critério foi adotado devido ao valor de ruído do conjunto célula-conversor-software

de aquisição ser de 1,4N. A fim de que esse valor de ruído fosse, em valor percentual, inferior à faixa de tolerância adotado, o valor de força mínima a ser alcançado e mantido durante a pré-exposição, nas tentativas controle e na primeira metade das tentativas experimentais seria de 100N.

4.5 Variáveis Dependentes

Nesse experimento foi utilizado como a medida de desempenho, referente à consistência, o percentual da Raiz Quadrada da Média do Erro (%RMSE). Para o grupo faixa, também foi analisado o percentual de tempo de permanência dentro da faixa de amplitude (%Tempo) utilizada.

4.6 Tratamento dos dados

Após coletados, os dados brutos foram armazenados em bloco de notas (formato.txt) e uma rotina específica para o cálculo das variáveis dependentes acima referidas, no software MatLab (versão 7.0) foi criada. Verificada a normalidade dos dados (teste de Shapiro-Wilk), esses dados foram submetidos à ANOVA two way (grupos x blocos) com medidas repetidas no segundo fator.

4.7 Análise dos Dados

A análise dos dados foi feita da seguinte forma: Primeiro foi realizada a análise de toda a fase de pré-exposição para verificar mudanças no comportamento em decorrência da prática. Para isto foi utilizada a média do %RMSE, em blocos de três tentativas e conduzida uma ANOVA *two way* (2 grupos x 27 blocos) com medidas repetidas no fator blocos. Ainda nesta fase, para o grupo faixa foi analisado o percentual de tempo no qual os voluntários permaneceram dentro da faixa de

tolerância em cada tentativa. Esse percentual de tempo foi organizado em blocos de três tentativas e uma ANOVA *one way* (1 grupo x 27 blocos) foi conduzida. O aumento do %Tempo de permanência dentro da faixa de amplitude utilizada indica melhora no desempenho pela aproximação da meta.

A segunda análise foi feita para verificar se a mudança no comportamento com a prática na fase de pré-exposição se manteve até o momento prévio de exposição às perturbações. Aqui foram analisados o comportamento dos grupos no primeiro e no último bloco da pré-exposição, bem como no primeiro bloco da exposição. A média do %RMSE em blocos de três tentativas foi utilizada e conduzida uma ANOVA *two way* (2 grupos x 3 blocos) com medidas repetidas no fator blocos.

A terceira análise foi feita para verificar o comportamento dos grupos frente às perturbações da fase de exposição. Para verificar o efeito das diferentes magnitudes de perturbação nos grupos, foram conduzidas duas ANOVAS *two way* (2 perturbações x 3 blocos) com medidas repetidas para os blocos, utilizando a média do %RMSE em blocos de três tentativas: uma para analisar as magnitudes de perturbação no GC e outra para analisar as magnitudes de perturbação no GF. Finalmente, foi utilizada a média do %RMSE em blocos de três tentativas e conduzidas duas ANOVAS *two way* (2 grupos x 3 blocos) com medidas repetidas para os blocos, uma para análises das perturbações com mudança para 60% e outra para as perturbações com mudança para 20%. Os blocos utilizados para a análise das perturbações com mudança para 60% foram compostos pelas tentativas 4, 25 e 32 (1º bloco), 39, 53 e 81 (2º bloco) e 88, 116 e 123 (3º bloco). Já para as perturbações com mudança para 20%, os blocos analisados foram formados pelas tentativas 11, 18 e 46 (1º bloco), 60, 67 e 74 (2º bloco) e 95, 102 e 109 (3º bloco). Quando necessário, foi utilizado o *post hoc* de *Tukey* para identificar as possíveis diferenças. O nível de significância adotado foi $p \leq 0,05$.

5 RESULTADOS

A primeira análise foi realizada para verificar se houve mudança no comportamento dos grupos em decorrência da prática na fase de pré-exposição. Foram analisadas as médias do %RMSE em blocos de três tentativas.

A ANOVA para comparação dos dois grupos durante a fase de pré-exposição indicou diferença significativa no fator blocos [$F_{(26, 520)} = 18,060$, $p < 0,001$]. O teste de *Tukey* detectou que o primeiro bloco apresentou maior %RMSE que os demais blocos ($p < 0,001$) e o segundo bloco foi maior que o décimo sétimo, décimo nono, vigésimo, vigésimo quarto e vigésimo sétimo blocos ($p < 0,03$). Não foram detectadas diferenças significantes entre grupos [$F_{(1, 20)} = 0,174$, $p = 0,681$] e nem interação entre grupos e blocos [$F_{(26, 520)} = 0,735$, $p = 0,828$] (GRÁF. 1).

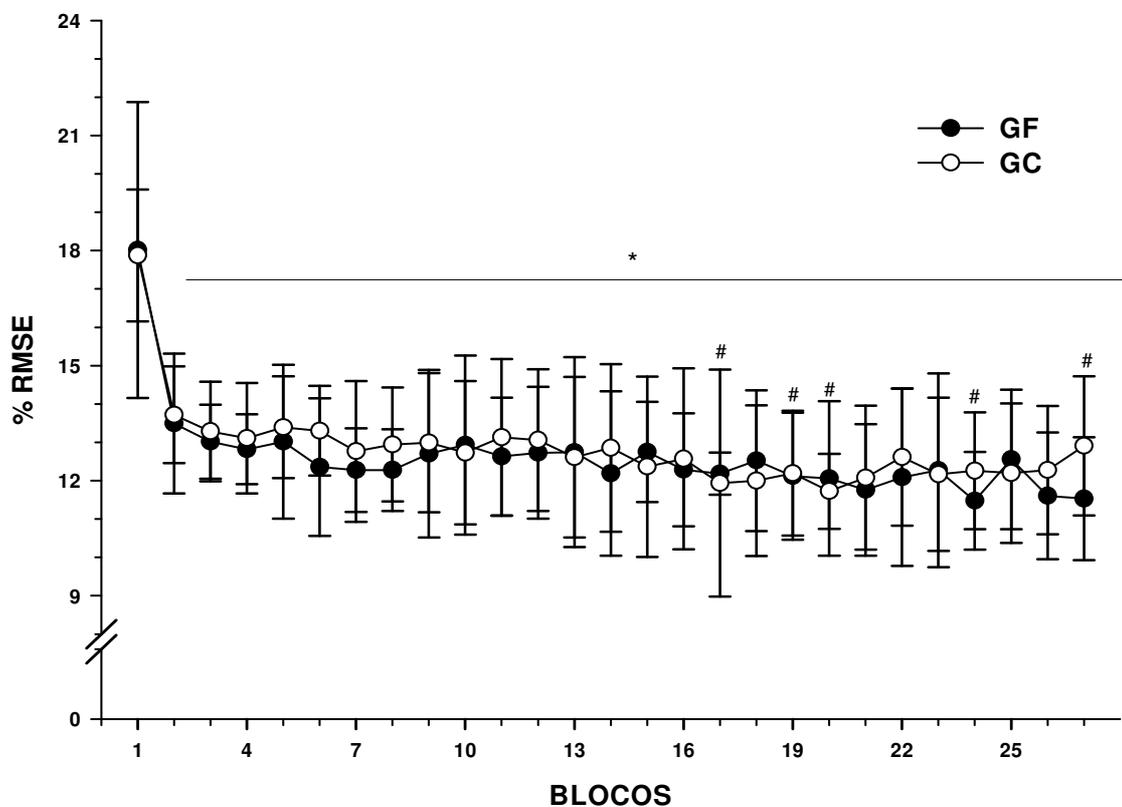


GRÁFICO 1: Média do %RMSE do GF e do GC durante a pré-exposição. Os blocos assinalados com (*) no gráfico representam diferença em relação ao primeiro bloco. Os blocos assinalados com (#) no gráfico representam diferença em relação ao segundo bloco.

Ainda na fase de pré-exposição foi analisada, para o GF, a porcentagem de tempo da tentativa no qual os sujeitos permaneceram dentro da faixa de tolerância de erro estabelecida (%Tempo) para este grupo. A média da porcentagem do tempo foi organizada em blocos de três tentativas. A ANOVA intra-grupo utilizada identificou diferença significativa entre os blocos [$F_{(26, 270)}=4,800, p<0,001$]. O teste de *Tukey* detectou que o primeiro bloco apresentou menor %Tempo que o sexto bloco em diante ($p< 0,02$), o terceiro bloco permaneceu um menor %Tempo que o décimo quinto, décimo sexto, vigésimo, vigésimo primeiro e vigésimo quarto blocos ($p<0,02$). Ainda, o quarto bloco esteve um menor %Tempo que o décimo quinto, décimo sexto, vigésimo e vigésimo primeiro blocos ($p< 0,02$) e o quinto bloco apresentou um menor %Tempo que décimo quinto, vigésimo e vigésimo primeiro blocos ($p< 0,05$) (GRÁF. 2).

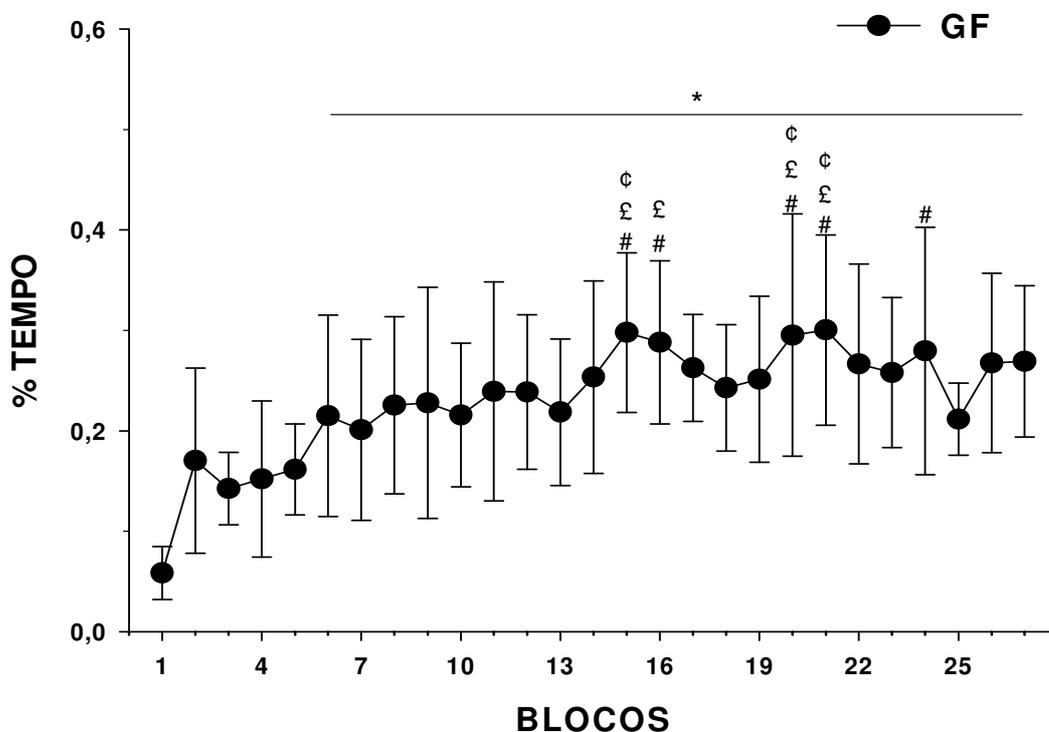


GRÁFICO 2: Média do % de tempo dentro do GF durante a pré-exposição. Os blocos assinalados com (*) no gráfico representam diferença em relação ao primeiro bloco. Os blocos assinalados com (#) no gráfico representam diferença em relação ao terceiro bloco. Os blocos assinalados com (£) no gráfico representam diferença em relação ao quarto bloco. Os blocos assinalados com (¢) no gráfico representam diferença em relação ao quinto bloco.

Para verificar se a mudança no comportamento em virtude da prática na pré-exposição se manteve até o momento de exposição às perturbações, as médias de três tentativas do percentual da RMSE, do primeiro, do último bloco da pré-exposição e do primeiro bloco da exposição foram analisadas. A ANOVA indicou diferença significativa no fator blocos [$F_{(2, 40)}=63,232, p<0,001$]. O teste de *Tukey* detectou que o primeiro bloco da pré-exposição apresentou maior %RMSE que o vigésimo sétimo bloco da mesma fase, e que o primeiro bloco da exposição $p<0,001$. Ainda, o primeiro bloco da exposição exibiu um pior desempenho em relação ao vigésimo sétimo bloco da pré-exposição ($p<0,001$) (GRÁF. 3). Não foram detectadas diferenças significantes entre grupos [$F_{(1, 20)}=1,582, p=0,223$] e nem interação entre grupos e blocos [$F_{(2, 40)}=1,306 p=0,282$].

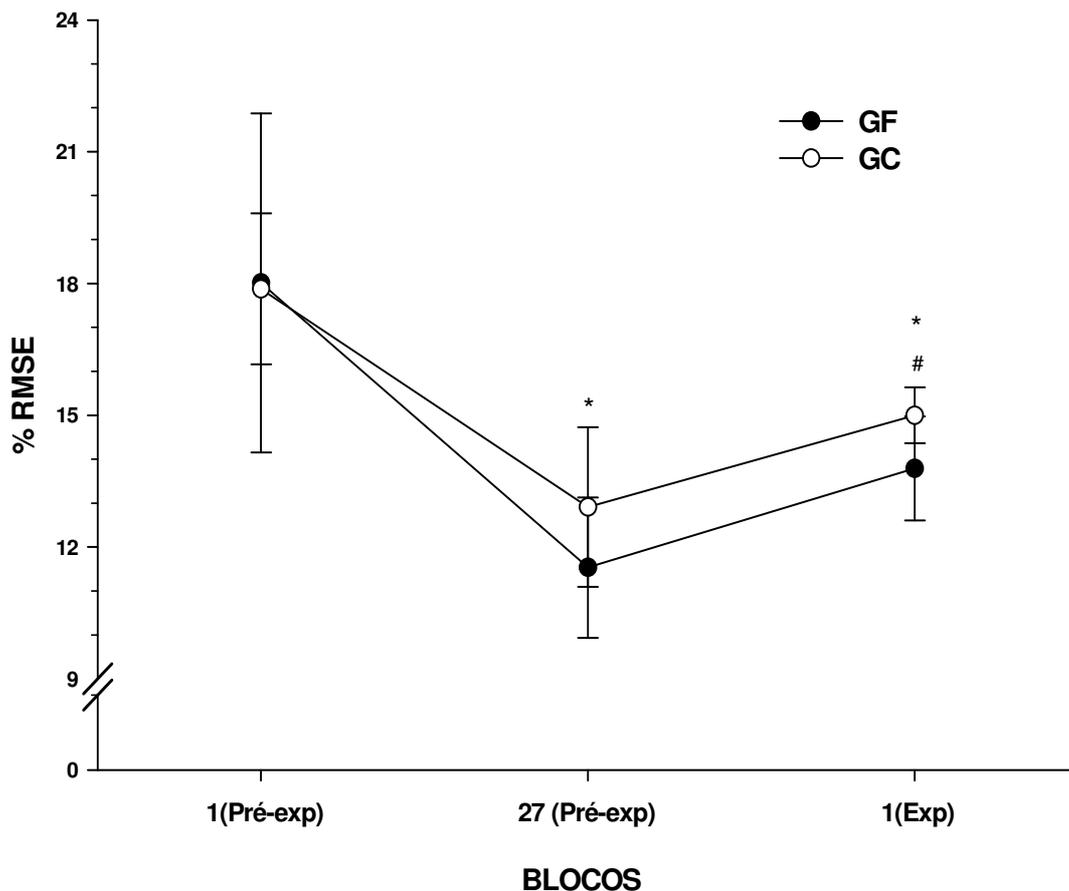


GRÁFICO 3: Média do %RMSE do GF e do GC durante o primeiro e último blocos da pré-exposição, bem como do primeiro bloco da exposição. Os blocos assinalados com (*) no gráfico representam diferença em relação ao primeiro bloco. Os blocos assinalados com (#) no gráfico representam diferença em relação ao segundo bloco.

Na fase de exposição, primeiramente, foram comparados os efeitos das magnitudes de perturbações sobre o %RMSE em cada grupo separadamente. Os dados utilizados para essa análise foram as médias do %RMSE, em blocos de três tentativas.

No GC, a ANOVA identificou diferença significativa no fator blocos [$F_{(2, 40)}=28,038$ $p<0,001$]. O *post hoc* de *Tukey* detectou que %RMSE, no primeiro bloco, foi maior que nos demais ($p<0,001$) (GRÁF. 4). Foi identificada, ainda, diferença significativa entre as perturbações [$F_{(1, 20)}=6,656$ $p<0,02$]. O teste de *Tukey* detectou que a PI apresentou maior %RMSE na PII ($p<0,02$) (GRÁF. 5). Não foi detectado efeito significativo na interação entre perturbações e blocos [$F_{(2, 40)}=1,753$ $p=0,186$].

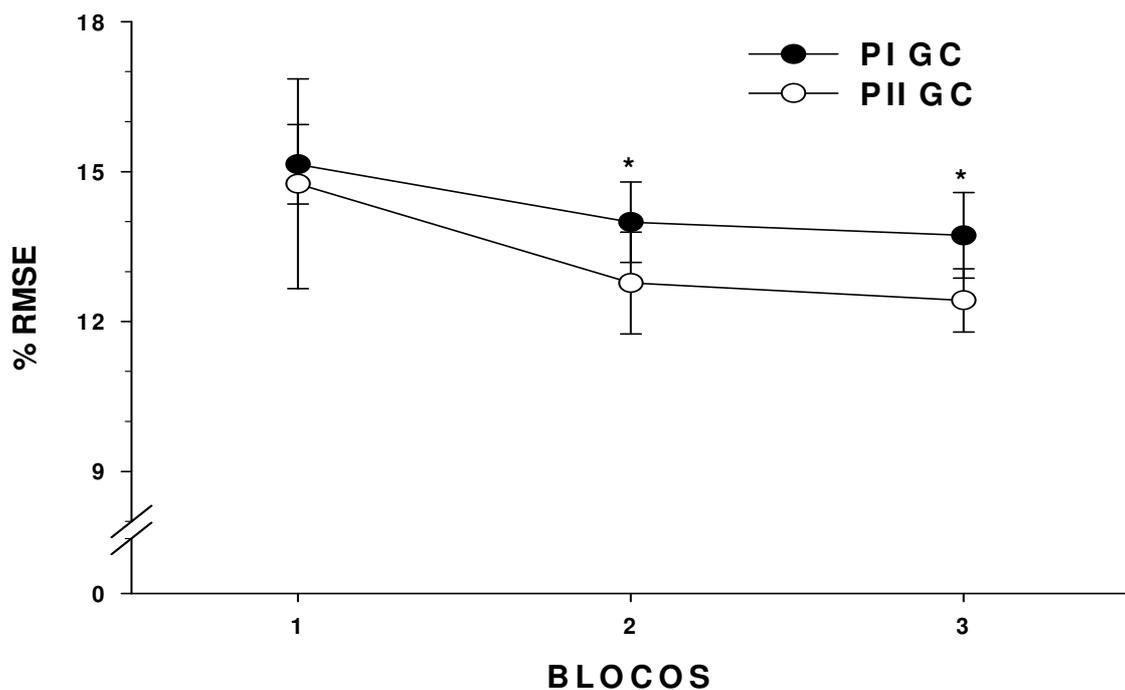


GRÁFICO 4: Média do %RMSE do GC nos blocos de tentativas com mudança para 60% (PI) e 20% (PII), na exposição. Os blocos assinalados com (*) no gráfico representam diferença em relação ao primeiro bloco.

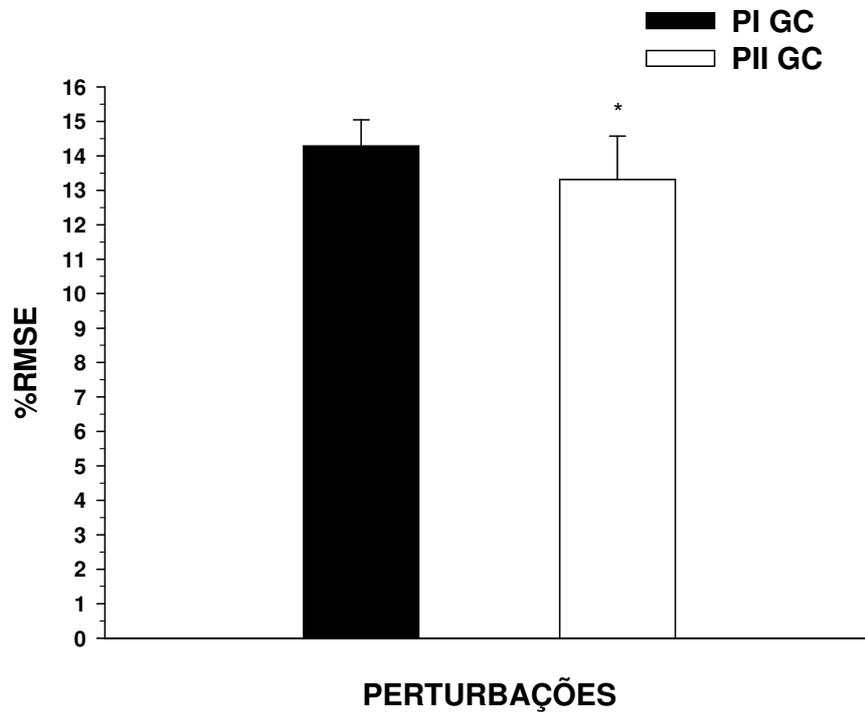


GRÁFICO 5: Média do %RMSE do GC nas tentativas com mudança para 60% (PI) e 20% (PII), na exposição.

No GF, a ANOVA identificou diferença significativa entre os blocos [$F_{(2, 40)}=45,961$ $p<0,001$]. O teste de *Tukey* detectou que o %RMSE, no primeiro bloco, foi maior que nos demais ($p<0,001$) (GRÁF. 6). Não foram detectadas diferenças significantes entre as perturbações [$F_{(1, 20)}=0,547$, $p=0,37$] (GRÁF. 7) e nem interação entre perturbações e blocos [$F_{(2, 40)}=1,247$, $p=0,298$].

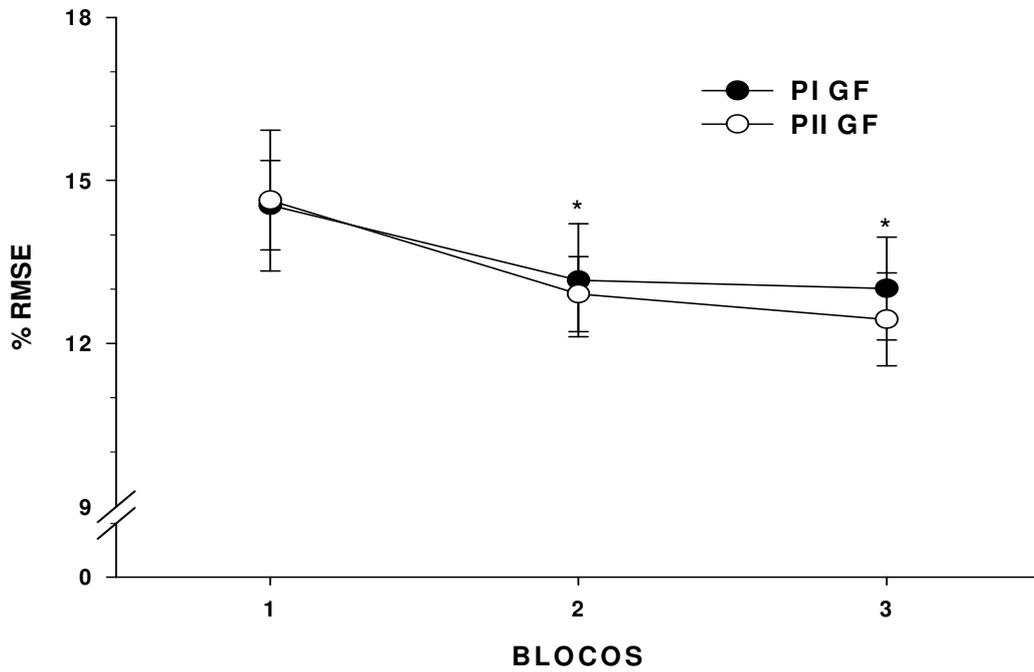


GRÁFICO 6: Média do %RMSE do GF nos blocos de tentativas com mudança para 60% (PI) e 20% (PII), na exposição. Os blocos assinalados com (*) no gráfico representam diferença em relação ao primeiro bloco.

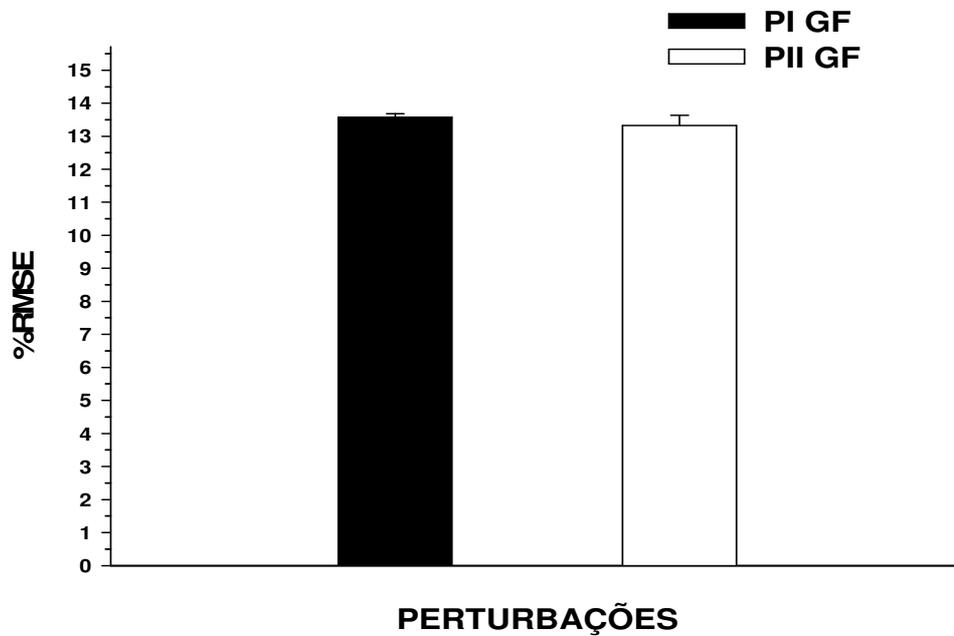


GRÁFICO 7: Média do %RMSE do GF nas tentativas com mudança para 60% (PI) e 20% (PII), na exposição.

Finalmente, foram comparados os comportamentos dos grupos frente a cada perturbação, separadamente. Para cada magnitude de perturbação, PI e PII, foram analisadas as médias em blocos de três tentativas do %RMSE. Na comparação entre os grupos das tentativas com PI, a ANOVA indicou diferença significativa entre os blocos [$F_{(2, 40)}=32,133$ $p<0,01$]. O teste de *Tukey* detectou que o %RMSE, no primeiro bloco, foi maior que nos demais ($p<0,001$) (GRÁF. 8). Foi detectada, ainda, diferença significativa entre grupos [$F_{(1, 20)}=5,816$, $p<0,03$]. O teste de *Tukey* indicou que o GC apresentou maior %RMSE que o GF ($p<0,03$) (GRÁF. 9). Não foi verificada efeito significativa na interação entre grupos e blocos [$F_{(2, 40)}= 0,155$, $p=0,857$].

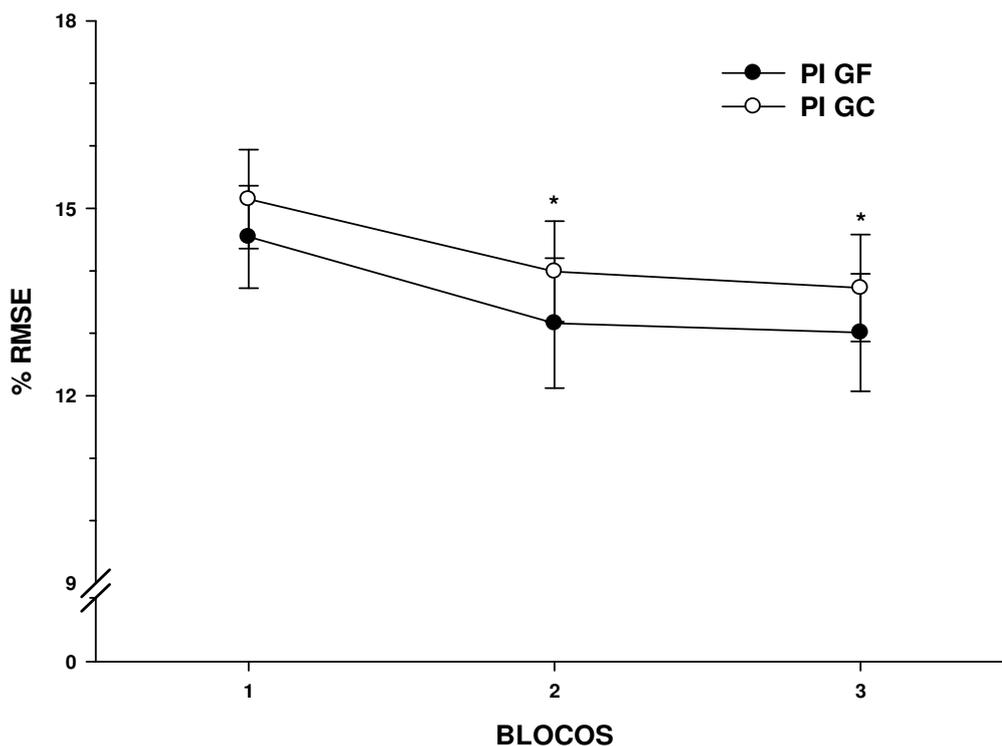


GRÁFICO 8: Média do %RMSE do GF e do GC nos blocos de tentativas com mudança para 60% (PI), na exposição. Os blocos assinalados com (*) no gráfico representam diferença em relação ao primeiro bloco.

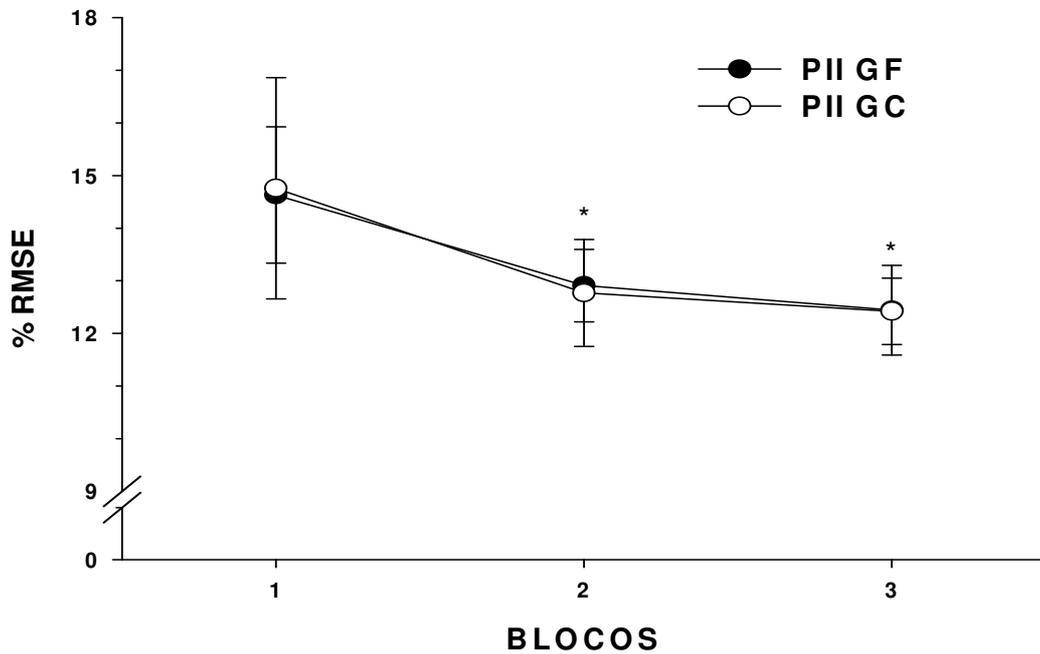


GRÁFICO 9: Média do % RMSE do GF e do GC nas tentativas com mudança para 60% (PI), na exposição.

Na análise das tentativas com PII, a ANOVA identificou diferença significativa entre os blocos [$F_{(2, 40)}=38,278$ $p<0,001$]. O teste de *Tukey* detectou que o %RMSE, no primeiro bloco, foi maior que nos demais ($p<0,001$) (GRÁF. 10). Não foram detectadas diferenças significantes entre grupos [$F_{(1, 20)}=0,001$, $p=0,981$] (GRÁF. 11) e nem interação entre grupos e blocos [$F_{(2, 40)}=0,117$, $p=0,890$].

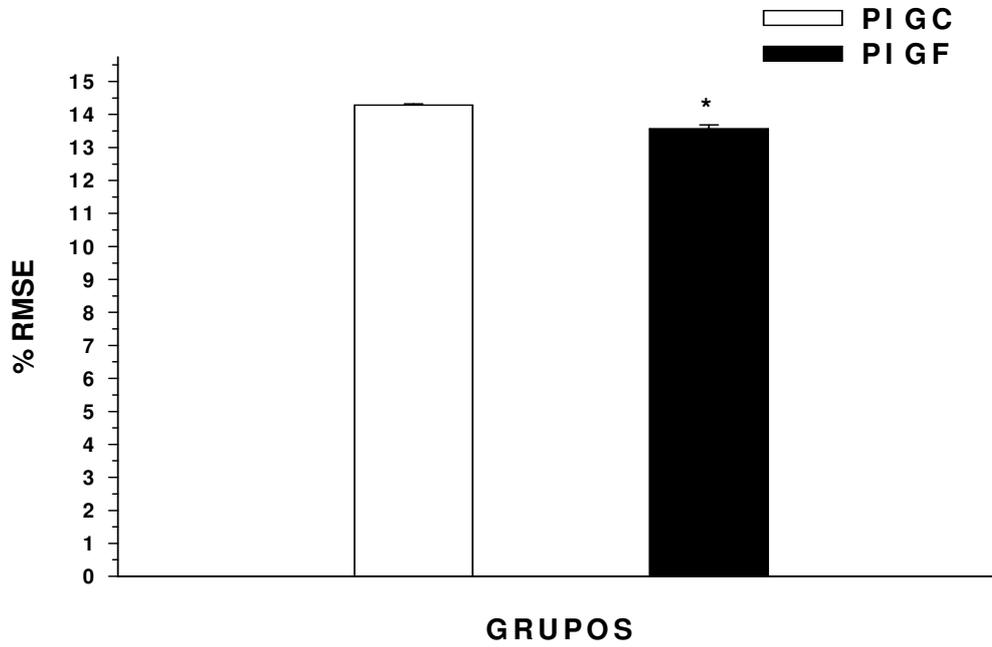


GRÁFICO 10: Média do %RMSE do GF e do GC nos blocos de tentativas com mudança para 20% (PII), na exposição. Os blocos assinalados com (*) no gráfico representam diferença em relação ao primeiro bloco.

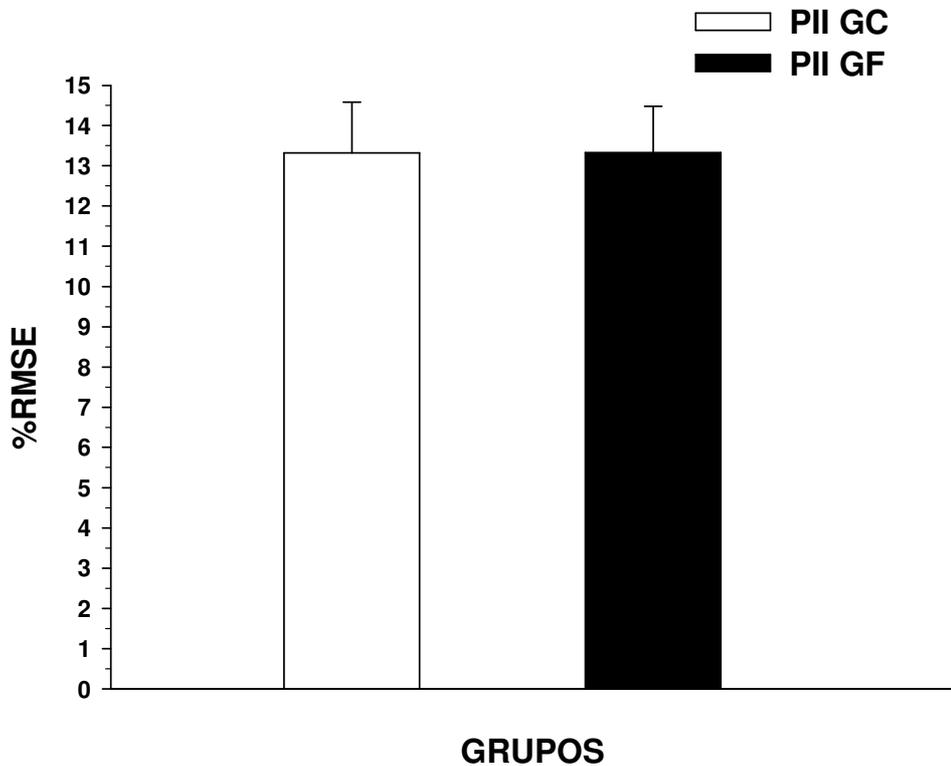


GRÁFICO 11: Média do % RMSE do GF e do GC nas tentativas com mudança para 20% (PII), na exposição.

6 DISCUSSÃO

O presente estudo teve como objetivo verificar se a faixa de amplitude de CR auxilia na adaptação a perturbações imprevisíveis em uma tarefa de força isométrica. Para alcançá-lo, foram formados um grupo faixa (GF) que recebeu CR em magnitude e direção quando o erro ultrapassou uma faixa de tolerância de 5% em relação à meta e um grupo controle (GC) que recebeu CR em magnitude e direção sempre que houvesse discrepância entre o desempenho e a meta. Essa forma de fornecimento de CR, utilizando faixa de amplitude, foi manipulada durante a fase de pré-exposição do experimento. Após a realização dessa fase, os grupos foram expostos a duas diferentes magnitudes de perturbações, inseridas de forma imprevisível.

Partindo do pressuposto que a aprendizagem é um pré-requisito para adaptação (UGRINOWITSCH, 2003, TRESILIAN *et al.*, 2004), a análise da pré-exposição foi realizada para verificar se houve mudança no comportamento dos grupos em decorrência da prática, ou seja, se a tarefa praticada foi aprendida. Essa mudança alcançada pela prática proporcionará condições aos sujeitos de apresentar um desempenho eficiente no momento de inserção das perturbações. Os resultados mostraram que houve prática suficiente para que houvesse melhora na consistência, em ambos os grupos, pois ocorreu diminuição do %RMSE do primeiro para o último bloco na pré-exposição.

Essa melhora no desempenho em virtude da prática pode estar relacionada à formação de estruturas de controle que possibilitaram aos grupos aumento de competências para desempenhar a tarefa, durante a pré-exposição (FONSECA, 2009). No presente estudo, a prática juntamente com o CR fornecido durante a pré-exposição auxiliaram os grupos na formação de uma estrutura de controle que possibilitou a melhora na consistência apresentada do início para o final dessa fase. Apesar da variável dependente utilizada, o %RMSE, não permitir avaliar a forma com que se deu essa mudança no comportamento dos grupos, a inferência da formação de estrutura de controle que permitiu um desempenho consistente encontra suporte nos resultados de estudos que apresentaram medidas que refletem organização dessas estruturas (BENDA, 2001; UGRINOWITSCH, 2003).

Diferenças entre os grupos nesta fase de pré-exposição não eram esperadas. Conforme os estudos que manipularam a faixa de amplitude de CR, o seu efeito se manifestou nos testes de retenção e/ou transferência (SHERWOOD, 1988; LEE; CARNAHAN, 1990; GRAYDON *et al.*, 1997; SCHIFFMAN *et al.*, 2002), mas não houve diferenças entre os grupos na fase de aquisição.

Ainda sobre a fase de pré-exposição, a análise conduzida isoladamente para o GF confirmou que houve um aumento do tempo de permanência dentro da faixa de tolerância estipulada do início para o final da pré-exposição. Isso significa que mesmo com uma quantidade inferior de CR em magnitude e direção em relação ao GC, que recebeu CR em magnitude e direção durante toda a tentativa, o GF conseguiu melhorar o seu desempenho nessa fase. Este resultado demonstra o efeito positivo da ausência do CR em magnitude e direção para a aprendizagem, quando esta ausência de informação tem um significado. Conforme citado anteriormente, esta forma de fornecimento de CR proporciona a aquisição de consistência, na medida em que o não fornecimento de CR em magnitude e direção é um indicativo para manutenção do comportamento (SCHMIDT, 1991). Esse tipo de informação propicia diferenciar os efeitos da manipulação da frequência relativa de CR da faixa de amplitude. Na primeira forma de manipulação de CR, a informação a ser fornecida não leva em consideração o desempenho do aprendiz, pois o momento de fornecimento do CR foi definido anteriormente à realização da prática, e pelo experimentador. Consequentemente, pode ocorrer de o CR em magnitude e direção ser fornecido após a execução de uma tentativa com um erro muito pequeno, levando o praticante a efetuar ajustes os quais ele não tem condições de efetuar, pois a fonte do erro que o levou a não acertar completamente a tentativa não está sobre seu controle, tal com a variabilidade do sistema neuromotor (CHIVIAKOWSKY, 2005). Também pode acontecer o contrário: o CR não ser fornecido após a realização de uma tentativa que o desempenho foi muito longe da meta da tarefa. Esse erro é diferente do citado anteriormente, pois se originou ou de um planejamento incorreto da ação ou de uma parametrização inadequada. Nesse caso, o aprendiz tem condições de alterar um dos desses aspectos quando recebe o CR e melhorar o seu desempenho na tentativa seguinte.

Apesar das evidências de que a faixa de amplitude de CR auxilia na aquisição de habilidades motoras, não há uma unanimidade no que diz respeito às medidas nas quais são verificados os efeitos da faixa. Em alguns estudos, a faixa resultou na melhora da precisão do desempenho (CAURAUGH *et al.*, 1993, LEE; MARAJ, 1995, BUTLER *et al.*, 1996; GRAYDON *et al.*, 1997, LAI; SHEA, 1999). Em outros estudos, a faixa de amplitude mostrou sua superioridade na melhora da consistência no desempenho (SHERWOOD, 1988; LEE; CARNAHAN, 1990, SMITH *et al.*, 1997; BADETS; BLANDIN, 2005). Ao analisar estas duas correntes de resultados, a utilização da faixa de amplitude pode levar a pensar que o benefício mais específico que esta forma de fornecer CR traz para a aprendizagem é realmente a melhora da consistência do desempenho, conforme a hipótese da consistência (WINSTEIN; SCHMIDT, 1990). Quando o CR em magnitude e direção não é fornecido, sob o regime de faixa de amplitude, o sujeito interpreta essa ausência de CR como acerto na tarefa, levando-o a manutenção do seu comportamento, conforme citado anteriormente. Essa manutenção resulta no aparecimento da consistência. O presente estudo fornece suporte à essa premissa, pois na variável dependente utilizada, o %RMSE, que traz informações à respeito da consistência no desempenho, a faixa de amplitude manifestou seu efeito na adaptação às perturbações inseridas na fase de exposição.

Os resultados do presente trabalho corroboram os estudos que compararam diferentes faixas de amplitude com os grupos controle. No geral, os trabalhos mostram que os grupos faixa, mesmo recebendo uma menor quantidade de CR em magnitude e direção, não há diferença significativa no desempenho desses grupos em relação ao controle (COCA UGRINOWITSCH, 2008; SHERWOOD, 1988), na fase de aprendizagem. Pensando no processo de aquisição de habilidades motoras, o tempo de permanência do GF dentro da faixa refletiu a mudança em seu desempenho ao longo da pré-exposição. No início dessa fase, quando uma estrutura de controle não estava bem estabelecida, o seu desempenho não foi consistente, o que refletiu em um baixo tempo de permanência dentro da faixa de tolerância e uma maior quantidade de CR para correção. Com o avanço da prática, a formação de uma estrutura de controle, que resultou no aumento da consistência, fez com que o grupo aumentasse o seu tempo de permanência dentro da faixa de tolerância. Isso vai ao encontro do estudo de Goodwin e Meeuwssen (1995) no qual o grupo faixa

crecente, que tinha a faixa de tolerância aumentada ao longo da fase de aquisição, mostrou um desempenho superior ao grupo 0, cuja faixa era de 0%.

A análise que comparou o desempenho no primeiro e último blocos da pré-exposição, com o primeiro bloco da exposição mostrou que os grupos não mantiveram o desempenho alcançado no vigésimo sétimo bloco, pois houve aumento do %RMSE, no primeiro bloco da exposição. Apesar deste aumento, o %RMSE ainda se manteve inferior àquele apresentado no início do experimento, indicando que mesmo com a queda no desempenho em relação ao final da pré-exposição, os grupos mantiveram um comportamento mais consistente em relação ao primeiro bloco da pré-exposição.

Essa mesma análise foi conduzida no estudo de Fonseca (2009) que investigou os efeitos de diferentes quantidades de prática na adaptação a perturbações imprevisíveis, utilizando uma tarefa de *timing* coincidente. Foi encontrado que os grupos mantiveram o seu desempenho do último bloco da pré-exposição para o primeiro bloco da exposição. No entanto, nesse trabalho a fase de exposição foi conduzida logo em seguida da realização da pré-exposição, em uma mesma sessão de prática. No presente trabalho, como a tarefa praticada envolvia uma alta demanda neuromuscular, para evitar que a fadiga interferisse no desempenho dos voluntários optou-se por realizar a exposição no dia subsequente à pré-exposição. A explicação para essa distinção de resultados pode estar nos efeitos dissipativos temporários gerado pelo intervalo de tempo entre as sessões de prática. Essa queda no desempenho pode ser considerada temporária, pois os grupos conseguiram se adequar às perturbações impostas nas tentativas posteriores, demonstrando a influência da pré-exposição na adaptação a essas novas demandas da tarefa (BENDA, 2001; FONSECA, 2009; UGRINOWITSCH, 2003).

A seguir serão discutidos os resultados referentes às tentativas com perturbação. Primeiro, serão discutidos os resultados intragrupos para cada magnitude de perturbação. Por último, serão discutidas as análises que compararam as magnitudes das perturbações entre os grupos, as quais fornecerão melhores subsídios para responder se a hipótese de estudo adotada foi confirmada ou refutada.

A análise intragrupo do GC acusou diferença entre as magnitudes de perturbação. O desempenho desse grupo, na PI foi mais variável que a PII, conforme os maiores %RMSE apresentados na primeira magnitude.

Estudos afirmam que a relação entre percentual de força máxima e variabilidade apresenta a forma de U invertido (SHERWOOD; SCHMIDT, 1980; SHERWOOD *et al.*, 1988). A variabilidade no desempenho alcança valores máximos até o nível de 65%. Após esse percentual, a variabilidade no desempenho diminui. Pode-se afirmar, então, que a PI, no presente estudo, dentre os três percentuais de força máxima manipulados, 40, 20 e 60%, representou um maior desafio para um bom desempenho dos sujeitos. Seguindo esse pensamento, a PII seria, então, a condição que menos desafiaria o bom desempenho dos grupos. Complementando esse raciocínio em relação às magnitudes da perturbação, há os estudos que investigaram a adaptação em função da variação do objeto a ser elevado (EASTOUGH; EDWARDS, 2007; MROTEK *et al.*, 2004). Os resultados desses trabalhos mostraram que as respostas à diminuição do peso foram menos adaptativas que as respostas ao aumento de peso. Essas diferenças de comportamento são explicadas em virtude do desafio que cada situação representa para o desempenho. Como o aumento de peso é um desafio maior à manutenção da preensão e elevação do objeto, as ações de ajuste à essa demanda parecem refletir uma seleção mais cuidadosa na posição de preensão a fim de evitar rotações ou soltura do objeto durante a elevação (EASTOUGH; EDWARDS, 2007). O mesmo comportamento não foi encontrado na diminuição do peso, pois essa condição não representou tantos desafios quanto o aumento de peso e, por isso foi considerada de menor prioridade (MROTEK *et al.*, 2004).

Uma possível explicação para essa diferença no desempenho do GC das diferentes magnitudes de perturbação pode estar relacionada às características da estrutura de controle adquirida pelo grupo durante a pré-exposição. Para o GC, na pré-exposição não foi adotada uma faixa de tolerância de erro, sendo o CR em magnitude e direção fornecido sempre que houve discrepância entre a meta e o desempenho. Dessa forma, esse regime integral de fornecimento de CR pode ter favorecido o surgimento de uma estrutura de controle mais rígida, o que impossibilitou um

comportamento adaptativo ao se deparar com PI, magnitude de maior dificuldade em ser superada. Já em relação à PII, sendo essa uma magnitude que menos gera desafios ao comportamento dos sujeitos, pode ser que apesar da estrutura de controle ser mais rígida, ela não impediu os sujeitos de responder de forma adequada às perturbações com mudança para 20%.

Na análise dos blocos de tentativas com PI e PII ao longo da exposição, para o GC foi encontrado que o desempenho do grupo se tornou mais consistente no decorrer da exposição às perturbações, já que houve diminuição do %RMSE do primeiro para o segundo e terceiro blocos. Essa melhora no desempenho pode ser explicada pela característica do delineamento utilizado na fase de exposição. Como foram inseridas nove tentativas de cada magnitude ao longo da exposição, uma possível explicação para a melhora no desempenho do GC frente às perturbações durante a fase pode ser a repetição das tentativas experimentais. A prática repetida das tentativas com perturbação pode ter levado os sujeitos a conhecer as duas modificações na tarefa (duas perturbações) e, assim que ela acontecia, eles já sabiam qual modificação deveria ser feita para cada uma das perturbações. Pode ser que, ao longo da fase, uma organização adequada da estrutura de controle para lidar com as mudanças da tarefa foi alcançada, viabilizando a ocorrência da adaptação.

A análise intragrupo conduzida para o GF não detectou diferença entre as duas magnitudes de perturbação inseridas, diferente do GC. Este resultado mostra que o fornecimento de CR sob o regime de faixa de amplitude pode fazer com que a exposição às perturbações de diferentes magnitudes não represente demandas distintas, pois para esse grupo a PI e a PII tiveram o mesmo peso. Pensando nas diferentes demandas que cada magnitude de perturbação representa para o desempenho, uma possível explicação para esse resultado é que a faixa de amplitude de CR gerou uma estrutura menos rígida, capaz de lidar com as perturbações e conseqüentemente, as perturbações não foram tão desafiadoras para manter o bom desempenho. Isso foi vantajoso, principalmente, ao lidar com PI que representa maior demanda ao desempenho.

Na análise dos blocos de tentativas com PI e PII ao longo da exposição, para o GF foi encontrado que o desempenho do grupo se tornou mais consistente no decorrer

da exposição às perturbações, já que houve diminuição do %RMSE do primeiro para o segundo e terceiro blocos. Essa melhora no desempenho ao longo da exposição pode ser explicada pelos recursos adquiridos pelo GF na pré-exposição que o possibilitou utilizar as informações disponíveis para modificar a ação e atingir a nova meta ambiental. Isso é considerado um indicativo de habilidade (NEWELL, 1996).

A repetição da inserção das tentativas experimentais ao longo da exposição pode ser uma possível explicação para a melhora no desempenho do GF frente às perturbações. A prática repetida das tentativas com perturbação pode ter levado os sujeitos a conhecer as duas modificações na tarefa (duas perturbações) e, assim que ela acontecia, eles já sabiam qual modificação deveria ser feita para cada uma das perturbações. A estrutura mais flexível do GF pode ter levado a ajustes mais rápidos nos comandos motores, refletido no desempenho mais consistente a tarefa. Essa previsão ocorre utilizando duas fontes: uma sobre como o ambiente se modifica ao longo do tempo e outra utilizando informações via *feedback* sensorial (VETTER; WOLPERT, 2000). Pode ser que o GF, após um período de exposição às perturbações, fez um melhor uso dessas fontes, contribuindo para uma mais adequada reorganização da estrutura de controle para vencer as perturbações, apresentando respostas mais consistentes ao longo da exposição.

A seguir, serão discutidos os resultados que compararam as magnitudes das perturbações entre os grupos.

A hipótese testada foi que a faixa de amplitude de CR proporcionaria melhor adaptação. Na análise da perturbação com mudança para 20% (PII) não foram verificadas diferenças no desempenho entre os grupos. De acordo com os estudos anteriormente citados, os quais revelam que a relação da força máxima com a variabilidade representa um U invertido, com o máximo da variabilidade sendo alcançada ao nível de 65% da força máxima (SHERWOOD; SCHMIDT, 1980; SHERWOOD *et al.*, 1988), a demanda para o desempenho que a PII representou, dentre os três percentuais de força manipulados, 20, 40 e 60%, foi o menor. Então, uma possível explicação para ausência de diferença no desempenho dos grupos na PII, pode estar no fato que para enfrentá-la o alcance de uma estrutura de controle mais rígida, como a do GC, em relação ao GF, seja suficiente e uma estrutura de

controle que emergiu tendo maior liberdade em suas ações, como a do GF, também não encontra dificuldades em manter seu desempenho consistente nas tentativas com mudança do percentual para 20. Pode-se, então, afirmar que nessa magnitude de perturbação, a hipótese de estudo não foi confirmada.

Foi verificado, na análise dos blocos com a PII entre os grupos, ao longo da exposição, melhora na consistência, conforme diminuição do %RMSE do primeiro para o segundo e terceiro blocos, não havendo efeito na interação grupos e blocos. A explicação para esse resultado é mesma dada para o resultado da comparação das magnitudes intragrupo, a característica do delineamento experimental. A repetição das tentativas experimentais ao longo da fase propiciou aos grupos um aumento de competências para lidar com as perturbações.

Na magnitude de perturbação com mudança para 60% (PI), os resultados mostraram que o GF apresentou mais consistência que o GC. Pode-se afirmar, então, que a hipótese de estudo adotada, nessa magnitude, foi confirmada, pois a faixa de amplitude de CR manifestou seu efeito proporcionando maior consistência no desempenho, observado no menor %RMSE obtido pelo GF.

Essa diferença nos grupos pode ser explicada em função das competências adquiridas pelos grupos GF, durante a pré-exposição. Pode-se afirmar que a faixa de amplitude de CR gerou seu efeito proporcionando um comportamento adaptativo no momento em que surgem mudanças na tarefa, o que não era visto nos delineamentos utilizados em estudos anteriores. Este comportamento pode ser resultante da faixa, que permite um nível de variabilidade no desempenho, mas ainda sendo considerado como correto. Desta forma, o acerto não é algo rígido como acontece no GC, que qualquer variação em relação à meta estabelecida significa um erro e requer alterações.

Comumente, os estudos que manipularam a faixa de amplitude de CR têm buscado explicações para os seus efeitos nas hipóteses de orientação, especificidade e consistência (SHERWOOD, 1988; LEE; MARAJ, 1995) apesar de essa última ser mais adequada para explicar os benefícios da faixa de amplitude. Entretanto, esses estudos tinham o interesse em observar a permanência de uma estrutura da

habilidade, através da realização de testes de retenção e/ou transferência. Não procuraram investigar o efeito da faixa de amplitude no comportamento dos sujeitos quando alterações no ambiente de execução da tarefa desafiam um bom desempenho das mesmas. No estudo de Barrocal, Perez, Meira Júnior, Gomes e Tani (2006), que buscou investigar o efeito da faixa de amplitude de CR na adaptação motora, é proposta a hipótese da rigidez para explicar os benefícios da faixa de amplitude quando perturbações são inseridas. Essa hipótese postula que regimes integrais de fornecimento de CR estimulam correções nos detalhes do movimento, resultando na formação de uma estrutura de controle rígida, sem a necessária flexibilidade para a adaptação (conforme citado anteriormente). No caso do fornecimento de CR sob a forma de faixa de amplitude, é estabelecida uma faixa de tolerância de erro, dentro da qual o desempenho é considerado correto. Dentro dessa faixa, o sujeito tem certa liberdade de para agir, pois não existe um zero absoluto (UGRINOWISTCH *et al.*, 2010; 2011).

Essa liberdade pode fazer com que o aprendiz não tenha rigidez em seu comportamento, característica indispensável para lidar com as situações de alteração no contexto de execução da tarefa, para garantir a adaptação na nova situação. O GF, portanto, ao lidar com a perturbação que causa maior demanda para seu desempenho, talvez tenha se beneficiado da faixa de tolerância estipulada na pré-exposição, a qual proporcionou-lhe liberdade em suas ações, fazendo que no momento de inserção de alterações, como nas tentativas com a PI, um desempenho eficiente fosse alcançado.

Na análise da PI entre os grupos ao longo da exposição foi encontrado que o desempenho dos sujeitos se tornou mais consistente no decorrer da exposição às perturbações, já que houve diminuição do %RMSE do primeiro para o segundo e terceiro blocos.

A ausência de efeito significativo na interação não permite um direcionamento único na explicação da melhora ao longo da exposição. A melhora no desempenho pode ter sido influenciada tanto pela característica do delineamento experimental utilizado na exposição, como ocorreu na explicação na melhora do GC frente a inserção da PI e PII, como pela antecipação à ocorrência das modificações ou ainda a menor

rigidez da estrutura de controle que pode ter conduzido à melhora do GF para lidar com a PI e PII. A outra explicação já apresentada nos estudos que utilizaram teste de retenção é a hipótese consistência (WINSTEIN; SCHMIDT, 1990).

Por último, os resultados indicam a necessidade de maiores investigações do efeito da faixa de amplitude de CR em função de diferentes percentuais de força utilizados como perturbação.

7 CONCLUSÃO

Os resultados do presente estudo permitem concluir que a faixa de amplitude de CR em uma tarefa de força isométrica de flexores do cotovelo tem os mesmos efeitos na adaptação à PII (20%) que o CR em magnitude e direção fornecido durante toda a tentativa. Contudo, a faixa de amplitude de CR propiciou melhor adaptação à PI (60%) que o fornecimento de CR em magnitude e direção durante toda a tentativa.

REFERÊNCIAS

BADETS, A.; BLANDIN, Y. Observational learning: effects of bandwidth knowledge of result. **Journal of Motor Behavior**, v. 37, p. 211-216, 2005.

BARELA, J.A. Aquisição de habilidades motoras: do inexperiente ao habilidoso. **Motriz**, v.5, n.1, p. 53-57, 1999.

BARELA, J.A.; BARELA, A.M.F. O contexto da aprendizagem: perspectivas teóricas e desafios metodológicos na abordagem dos sistemas dinâmicos. In: GUEDES, M. G. S. (Ed.). **Aprendizagem motora: problemas e contextos**. Lisboa: Edições FMH, 2001. p. 59-69.

BARROCAL, R. M.; PEREZ, C. R.; MEIRA JUNIOR, C.M.; GOMES, F. R. F.; TANI, G. Faixa de amplitude de conhecimento de resultados e processo adaptativo na aquisição de controle da força manual. **Revista Brasileira de Educação Física e Esporte**, v. 20, p. 111-119, 2006.

BARTLETT, F.C. **Remembering**. Cambridge: Cambridge University Press, 1932.

BENDA, R.N. **Variabilidade e processo adaptativo na aquisição de habilidades motoras**. 2001. 351 f. Tese (Doutorado) - Escola de Educação Física e Esporte, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

BENDA, R.N. Sobre a natureza da aprendizagem motora: mudança e estabilidade... e mudança. **Revista Brasileira de Educação Física e Esporte**, São Paulo, v.20, Sup. 5, p. 43-45, 2006.

BENDA, R.N.; CORRÊA, U.C.; OLIVEIRA, D.L.; TANI, G. Variabilidade e processo adaptativo na aprendizagem de uma tarefa de controle da força manual. **Percepção & Ação**, v. 3, p. 166-182, 2000.

BUTLER, M.S.; REEVE, T.G.; FISCHMAN, M.G. Effects of the Instructional set in the bandwidth feedback paradigm on motor skill acquisition. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, v. 67, n. 3, p. 355-359, 1996.

CAURAUGH, J.H.; CHEN, D.; RADLO, S.J. Effects of traditional and reversed bandwidth of results on motor learning. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, v. 64, p. 413-417, 1993.

CHEN, D.D.. Catching the learner doing right versus doing wrong: effects of bandwidth knowledge of results orientations and tolerance range sizes. **Journal of Human Movement Studies** v. 42, p. 141-154, 2002.

CHIVACOWSKY, S.. Freqüência de conhecimento de resultados e aprendizagem motora: linhas de pesquisas e perspectivas. In: TANI, G. (Ed.). **Comportamento motor: aprendizagem e desenvolvimento**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2005. p. 185-207.

CHIVACOWSKY, S.; WULF, G. Feedback after good trials enhances learning. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, v. 78, n. 1, p. 40-47, 2007.

COCA UGRINOWITSCH, A.A. **Efeitos da amplitude de *feedback* na aquisição de habilidades motoras**. 2008. 84 f. Dissertação (Mestrado) – Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional, Universidade Federal de Minas Gerais, 2008.

COCA UGRINOWITSCH, A.A.; UGRINOWITSCH, H.. Bandwidth feedback in the learning of hold task. **The FIEP Bulletin**, v. 74, p. 34-37, 2004.

CORRÊA, U.C.; BENDA, R.N.; UGRINOWITSCH, H. Processo ensino-aprendizagem no ensino do desporto. In: TANI, G.; BENTO, J.O.; PETERSEN, R.D.S. (Eds.). **Pedagogia do desporto**. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan, v. 1, 2006, p. 241-250.

CORRÊA, U.C.; MASSIGLI, M.; BARROS, J.A.C.; GONÇALVES, L.A.; OLIVEIRA, J.A.; TANI, G. Constant-random practice and the adaptive process in motor learning

with varying amounts of constant practice. **Perceptual and Motor Skills**, v. 110, p. 1-11, 2010.

CORRÊA, U.C.; BENDA, R. N.; UGRINOWITSCH, H.; TANI, G. Effects of practice schedule on the adaptive process of motor learning. **Revista Portuguesa de Ciências do Desporto**, v. 10, p. 158-171, 2010.

CAURAUGH, J.H.; CHEN, D.; RADLO, S.J. Effects of traditional and reversed bandwidth of results on motor learning. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, v. 64, p. 413-417, 1993.

EASTOUGH, D.; EDWARDS, M.G. Movement kinematics in prehension are affected by grasping objects of different mass. **Experimental Brain Research**, p. 193-198, 2007.

FONSECA, F.S. **Os efeitos do nível de estabilização do desempenho na adaptação a perturbações perceptivas imprevisíveis**. 2009. 81 f. Dissertação (Mestrado) – Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

GENTILE, A.M. A working model of skill acquisition with application to teaching. **Quest**, 17, p. 3-23, 1972.

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.

GRAYDON, J.; PAINE, L.; ELLIS, C.; THREADGOLD, R. Comparison of bandwidth knowledge of results and the relative frequency effect in learning a discrete motor skill. **Journal of Human Movement Studies**, n.32, p.15-28,1997.

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

KARNIEL, A.; MUSSA-IVALDI, F.A., Does the motor control system use multiple models and context switching to cope with a variable environment? **Experimental Brain Research**, v. 143, n. 4, p. 520–524, 2002.

LAI, Q.; SHEA, C.H. The role of reduced frequency of knowledge of results during constant practice. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, v. 70, p. 33-40, 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, n. 4, p. 777-789, 1990.

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, n. 3, p. 244-249, 1995.

LOSCHIAVO-ÁLVARES, F.Q. **Relações entre a adaptação a perturbações previsíveis e imprevisíveis e as funções executivas**. 2010. 99 f.
Dissertação (Mestrado) – Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo horizonte, 2010.

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

MANOEL, E.J.; CONOLLY, K.J. Variability and the development of skilled actions. **International Journal of Psychophysiology**, v. 19, p. 129-147, 1995.

MANOEL, E.J., BASSO, L., CORRÊA, U.C.; TANI, G. Modularity and hierarchical organization of action programs in human acquisition of graphic skills. **Neuroscience Letters**, v. 335, p. 83-86, 2002.

MARTENIUK, R.G. **Information processing in motor skills**. New York, Holt, Rinehart; Winston, 1976.

MAZYN, L. I. N.; LENOIR, M.; MONTAGNE, G.; SAVELSBERGH, G. J. P. Spatial and temporal adaptations that accompany increasing catching performance during learning. **Journal of Motor Behavior**, v. 39, n. 6, p. 491-502, 2007.

MROTEK, L. A.; HART, B. A.; SCHOT, P. K.; FENNIGKOH, L. Grip responses to object load perturbations are stimulus and phase sensitive. **Experimental Brain Research**, v. 155, p. 413-420, 2004.

NEWELL, K.M. Change in movement and skill: learning, retention, and transfer. In: LATASH, M.L.; TURVEY, M.T. (Eds.), **Dexterity and its development**. Mahwah New Jersey: Lawrence Erlbaum, 1996. p. 393-430.

PROFETA, V.L.S. **Nível de estabilização do desempenho e adaptação motora: Efeito do *feedback* e do *feedforward***. 2009. 72 f. Dissertação (Mestrado) – Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

RICHTER, S.; JANSEN-OSMANN, P.; KONCZAK, J.; KALVERAM, K. Motor adaptation to different dynamic environments is facilitated by indicative context stimuli. **Psychological Research**, v. 68, n. 4, p. 245-251, 2004.

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

SALMONI, A.; 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.

SCHEIDT, R. A.; DINGWELL, J. B.; MUSSA-IVALDI, F. A.. Learning to move amid uncertainty. **Journal of Neurophysiology**, v. 86, p. 971-985, 2001.

SCHIFFMAN, J.M.; LUCIES, C.W.; RICHARDS, L.G.; ZEBAS, C.J. The effects of age and bandwidth feedback on isometric knee extensor force control abilities. **Clinical Biomechanics**, v. 17, p. 486-493, 2002.

SCHMIDT, R.A **Motor learning and control**: from principles to practice. Human Kinetics, Illions, 1991.

SCHMIDT, R.A.; WRISBERG, C.A. **Aprendizagem e performance motora**: uma abordagem da aprendizagem baseada no problema. Porto Alegre: Artmed, 2001.

SCHMIDT, R.A.; LEE, T.D. **Motor control and learning**. 4th ed., Champaign: Human Kinetics, 2005.

SHERWOOD, D.E. Effect of bandwidth knowledge of results on movement consistency. **Perceptual and Motor Skills**, v. 66, p. 535-542, 1988.

SHERWOOD, D.E; SCHMIDT, R.A. The relationship between force and force variability in minimal and near-maximal static and dynamic contractions. **Journal of Motor Behavior**, v. 12, n. 1, p. 75-89, 1980

SHERWOOD, D.E.; SCHMIDT, R.A; WALTER, CB. The force/force variability relationship under controlled temporal conditions. **Journal of Motor Behavior**, v.20, n. 2, p. 106-116, 1988

SMITH, P.J.K.; TAYLOR, S.J.; WITHERS, K. Applying bandwidth feedback schedule to a golf shot. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, v. 68, n. 3, p. 215-221, 1997.

STENARD, D.; DIJKSTRA, T.M.H. Dynamical stability in the acquisition and performance of rhythmic ball manipulation: theoretical insights with a clinical slant. **Journal of Clinical Neurophysiology**, v. 21, n. 3, p. 215-227, 2004.

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.

TANI, G. Processo adaptativo em aprendizagem motora: o papel da variabilidade. **Revista Paulista de Educação Física**, supl. 3, p. 55-61, 2000.

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

TANI, G.; FREUDENHEIM, A.M.; MEIRA JUNIOR, C.M.; CORRÊA, U.C.. Aprendizagem motora: tendências, perspectivas e aplicações. **Revista Paulista de Educação Física**, v. 18, p. 55-72, 2004.

TERTULIANO, I.W.; SOUZA JÚNIOR, O.P.; Sabino da Silva; CORRÊA, U.C. Estrutura de prática e frequência de *feedback* extrínseco na aprendizagem de habilidades motoras. **Revista Brasileira de Educação Física e Esporte**, v. 22, p. 103-118, 2008.

TRESILIAN, J.R.; PLOOY, A.M.; CARROL, 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.

UGRINOWITSCH, H. **Efeito do nível de estabilização do desempenho e do tipo de perturbação no processo adaptativo em aprendizagem motora**. 2003. 319 f. Tese (Doutorado) - Escola de Educação Física e Esporte, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2003.

UGRINOWITSCH, H.; CORRÊA, U. C.; TANI, G. Perturbação perceptiva e processo adaptativo em aprendizagem motora. **Brazilian Journal of Physical Education and Sport**, v. 19, n. 4, 2005.

UGRINOWITSCH, H.; TANI, G. Perceptive perturbation in difference levels of performance's stabilization and adaptative process in motor learning. **The FIEP Bulletin**, v.74, p. 38-41, 2004.

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. 643-652, 2010.

UGRINOWITSCH, H.; COCA, A. A.; Tertuliano, I.W.; GIMENEZ, R.; Pereira, F.A.S. Frequência de *feedback* como um fator de incerteza no processo adaptativo em aprendizagem motora. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**, v. 11, n. 2, p. 41-47, 2003.

UGRINOWITSCH, H.; FONSECA, F. S.; CARVALHO, M. F. S. P.; PROFETA, V.; BENDA, R. N. Efeitos de faixas de amplitude de CP na aprendizagem do saque tipo tênis do voleibol. **Motriz**, v. 17, p. 78-85, 2011.

VETTER, P.; WOLPERT, D. M. Context Estimation for Sensorimotor Control. **Journal of Neurophysiology**, v. 84, p. 1026-1034, 2000.

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.

ZANONE, P. G.; KELSO, J. A. S. Learning and transfer as paradigms for behavioral change. In G. E. Stelmach & J. Requin (Eds.), **Tutorials in Motor Behavior II**. Amsterdam: North-Holland, 1992.

APÊNDICE A: Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Pesquisa: “EFEITOS DA AMPLITUDE DE *FEEDBACK* NA ADAPTAÇÃO A PERTURBAÇÕES IMPREVISÍVEIS EM UMA TAREFA DE FORÇA ISOMÉTRICA”

CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Via do Voluntário

INFORMAÇÕES SOBRE A PESQUISA

O Grupo de Estudos em Desenvolvimento e Aprendizagem Motora (GEDAM) convida você para participar de um estudo a ser realizado pelo Programa de Pós-graduação em Ciências do Esporte da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional (EEFFTO), na Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), sob a coordenação do Prof. Dr. HERBERT UGRINOWITSCH e pela mestrandia MARIA FLÁVIA SOARES PINTO CARVALHO. O objetivo deste estudo é investigar como as diferentes faixas de amplitude de *feedback* afetam a adaptação. Como participante voluntário, você tem todo direito de recusar sua participação ou retirar seu consentimento em qualquer fase da pesquisa ***caso não se sinta à vontade durante os procedimentos experimentais***, sem penalização alguma e sem prejuízo à sua pessoa.

A coleta de dados será realizada em local apropriado, tendo duração de aproximadamente 60 min, e você será sempre acompanhado por um dos responsáveis pela pesquisa. No período da coleta, você deverá realizar um percentual de sua força máxima isométrica que será determinada via testes de força máxima. Todos os seus dados pessoais serão confidenciais, sua identidade não será revelada publicamente em hipótese alguma e somente os pesquisadores envolvidos neste estudo terão acesso aos seus dados, sendo que essas informações só serão utilizadas para fins de pesquisa.

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

Além disso, em qualquer momento da pesquisa, você terá total liberdade para esclarecer qualquer dúvida com o professor Dr. HERBERT UGRINOWITSCH, pelo telefone (0xx31) 3409-2393, ou com o Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais (COEP-UFMG), pelo telefone (0xx31) 3409-4592 ou pelo endereço Av. Presidente Antônio Carlos, 6627, Unidade Administrativa II – 2º andar, sala: 2005 31270-901 – BH – MG.

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

Belo Horizonte, de de 2010.

Assinatura do voluntário

Assinatura do pesquisador

APÊNDICE B: Médias individuais dos sujeitos do GF na medida de %RMSE, na pré-exposição, em blocos de três tentativas

SUJEITO	BL1	BL2	BL3	BL4	BL5	BL6	BL7	BL8	BL9	BL10	BL11	BL12	BL13	BL14
1	15,601	10,827	13,018	12,963	10,026	10,128	10,362	12,287	9,378	9,638	10,047	9,824	10,123	9,906
2	13,140	11,966	11,188	13,796	11,501	12,172	12,942	10,930	9,849	9,811	12,256	11,692	9,316	9,661
3	17,688	12,173	12,926	11,998	13,559	11,115	12,279	11,651	11,309	12,921	11,085	12,907	13,758	14,562
4	14,016	14,369	12,750	12,698	11,229	9,930	10,427	11,504	10,933	11,496	12,866	11,986	10,882	9,906
5	22,406	15,037	13,018	12,963	17,008	15,393	12,336	12,287	16,499	17,582	14,340	15,697	17,221	16,872
6	23,985	14,544	14,010	11,294	11,693	11,248	12,567	11,370	12,676	12,460	10,652	10,799	10,709	11,404
7	13,819	11,771	11,927	13,306	14,325	14,158	13,789	12,909	13,772	14,642	14,294	13,885	14,435	11,981
8	18,880	14,006	13,612	13,109	13,105	11,856	13,055	12,695	14,190	12,546	12,737	12,225	12,233	11,754
9	23,070	17,265	14,837	14,026	15,120	14,685	12,336	14,944	14,940	15,522	14,609	14,828	15,801	12,592
10	19,253	13,564	12,844	13,478	13,682	12,955	13,266	12,292	12,612	13,061	13,538	13,667	13,710	12,835
11	16,296	12,914	13,068	11,376	11,967	12,281	11,686	12,202	13,557	12,578	12,496	12,484	12,001	12,629
SUJEITO	BL15	BL16	BL17	BL18	BL19	BL20	BL21	BL22	BL23	BL24	BL25	BL26	BL27	
1	12,834	12,530	12,230	10,850	9,132	10,120	11,002	10,240	12,687	11,224	13,544	10,854	10,074	
2	10,122	10,455	12,106	10,582	9,994	8,804	8,832	10,131	10,145	9,093	10,046	10,470	10,208	
3	12,816	11,509	12,315	14,614	13,422	13,429	11,975	13,307	14,028	12,433	13,180	13,854	12,917	
4	12,285	11,582	11,978	11,405	12,748	9,839	10,036	10,707	8,836	10,622	9,201	8,680	9,297	
5	14,511	15,010	12,230	15,801	15,129	16,319	15,360	16,610	17,993	13,988	15,454	12,707	13,918	
6	14,044	13,535	12,002	10,950	11,019	12,164	12,766	9,535	10,709	11,623	11,871	9,913	10,289	
7	11,892	11,963	11,787	13,349	12,062	12,968	11,990	15,100	12,769	12,116	13,070	10,762	12,478	
8	13,639	12,178	12,300	11,249	11,830	12,039	10,649	10,041	10,328	10,185	11,682	11,641	10,006	
9	14,239	13,180	13,700	14,687	13,314	12,328	12,923	13,313	13,819	11,487	14,472	13,805	13,421	
10	11,963	13,358	11,652	12,858	12,388	12,715	12,466	12,675	12,924	12,101	12,272	13,031	11,931	
11	11,878	9,811	11,744	11,440	12,316	11,934	11,416	11,297	10,753	11,357	13,321	11,961	12,314	

APÊNDICE C: Médias individuais dos sujeitos do GC na medida de %RMSE, na pré-exposição, em blocos de três tentativas

SUJEITO	BL1	BL2	BL3	BL4	BL5	BL6	BL7	BL8	BL9	BL10	BL11	BL12	BL13	BL14
1	19,008	12,803	12,293	11,320	13,105	12,676	11,202	12,150	10,764	11,286	12,529	12,055	11,028	11,934
2	20,121	13,664	14,068	13,200	14,279	12,356	13,624	14,177	12,515	11,597	11,993	12,164	11,711	12,181
3	21,525	12,924	11,967	12,225	11,431	12,486	11,472	11,728	11,932	12,431	11,041	11,336	10,402	11,853
4	18,095	12,872	14,224	13,175	12,935	11,861	11,287	12,016	12,671	15,313	13,822	13,236	11,937	11,389
5	16,982	15,188	12,251	13,438	12,086	12,846	11,894	11,160	11,807	11,025	13,186	12,690	11,247	11,891
6	16,377	12,122	12,603	12,526	11,984	12,921	12,469	12,788	11,810	10,984	11,130	11,552	11,594	10,669
7	17,668	15,853	15,898	15,557	15,669	15,089	13,857	13,463	15,901	15,134	15,549	15,658	14,947	15,410
8	17,095	15,247	13,342	14,572	14,879	15,534	16,237	15,765	15,492	15,450	15,773	16,097	16,695	17,464
9	17,110	12,431	11,483	10,601	13,543	13,721	14,778	14,482	14,742	13,997	16,610	15,249	15,565	14,887
10	16,967	14,364	13,851	14,505	12,883	12,735	9,981	11,107	10,953	10,906	11,806	10,572	11,454	13,229
11	15,689	13,458	14,168	13,095	14,561	14,099	13,629	13,558	14,342	11,909	11,003	13,071	12,169	10,495
SUJEITO	BL15	BL16	BL17	BL18	BL19	BL20	BL21	BL22	BL23	BL24	BL25	BL26	BL27	
1	11,977	13,370	11,733	12,087	12,520	11,475	12,307	13,204	12,121	13,505	11,879	10,432	11,489	
2	12,561	12,893	11,755	11,416	12,175	12,556	11,219	11,122	11,167	10,890	11,347	11,580	11,088	
3	11,587	11,749	11,592	11,617	11,524	11,814	10,403	12,280	11,840	11,882	11,298	11,881	16,011	
4	11,672	10,628	12,282	11,529	12,188	11,583	12,147	11,553	11,764	11,926	11,451	11,600	11,242	
5	9,257	10,057	10,443	9,115	9,890	10,501	10,251	11,842	10,903	12,149	12,693	10,931	12,317	
6	9,508	9,652	9,715	10,080	11,183	10,721	10,194	9,291	9,596	11,542	11,304	10,295	11,039	
7	14,695	15,329	16,900	15,018	13,531	13,900	13,506	15,379	15,007	14,261	15,373	15,138	15,436	
8	17,296	16,729	15,491	15,296	15,784	11,708	15,484	14,664	14,538	14,299	14,940	14,734	14,540	
9	14,507	15,218	15,388	13,831	13,474	12,222	15,096	14,711	15,561	13,896	13,856	14,067	14,180	
10	11,907	11,934	7,859	10,494	11,170	10,594	11,369	12,153	10,032	10,176	10,056	11,770	12,451	
11	11,073	10,728	8,161	11,519	10,729	11,917	10,892	12,595	11,301	10,330	9,977	12,604	12,209	

APÊNDICE D: Médias individuais dos sujeitos do GF na medida de %tempo dentro da faixa de tolerância de erro

SUJEITO	BL1	BL2	BL3	BL4	BL5	BL6	BL7	BL8	BL9	BL10	BL11	BL12	BL13	BL14
1	0,097	0,211	0,165	0,168	0,213	0,269	0,316	0,267	0,280	0,268	0,262	0,231	0,239	0,262
2	0,077	0,225	0,196	0,142	0,174	0,173	0,176	0,215	0,149	0,173	0,208	0,265	0,256	0,254
3	0,081	0,276	0,143	0,324	0,162	0,364	0,306	0,355	0,359	0,335	0,429	0,343	0,289	0,292
4	0,059	0,176	0,156	0,178	0,141	0,166	0,160	0,206	0,200	0,253	0,246	0,211	0,239	0,245
5	0,037	0,046	0,145	0,055	0,084	0,091	0,001	0,068	0,084	0,085	0,052	0,088	0,149	0,155
6	0,043	0,260	0,178	0,185	0,212	0,164	0,191	0,126	0,188	0,203	0,200	0,272	0,095	0,124
7	0,084	0,117	0,132	0,043	0,107	0,265	0,290	0,302	0,354	0,247	0,380	0,327	0,209	0,461
8	0,025	0,042	0,084	0,086	0,149	0,142	0,129	0,179	0,127	0,154	0,160	0,204	0,177	0,145
9	0,039	0,204	0,153	0,177	0,187	0,156	0,205	0,187	0,156	0,172	0,221	0,212	0,213	0,254
10	0,081	0,270	0,143	0,191	0,224	0,413	0,240	0,346	0,445	0,295	0,333	0,318	0,367	0,349
11	0,023	0,047	0,074	0,125	0,127	0,161	0,199	0,233	0,163	0,190	0,142	0,155	0,172	0,249
SUJEITO	BL15	BL16	BL17	BL18	BL19	BL20	BL21	BL22	BL23	BL24	BL25	BL26	BL27	
1	0,355	0,443	0,258	0,288	0,283	0,249	0,223	0,252	0,298	0,304	0,139	0,313	0,228	
2	0,228	0,326	0,223	0,251	0,272	0,286	0,283	0,316	0,228	0,220	0,197	0,273	0,235	
3	0,366	0,233	0,316	0,169	0,212	0,358	0,354	0,277	0,302	0,362	0,243	0,361	0,430	
4	0,210	0,225	0,256	0,255	0,202	0,209	0,259	0,238	0,159	0,154	0,252	0,190	0,222	
5	0,252	0,199	0,241	0,149	0,138	0,110	0,212	0,105	0,158	0,103	0,164	0,185	0,177	
6	0,208	0,254	0,245	0,288	0,247	0,256	0,360	0,305	0,202	0,331	0,249	0,228	0,336	
7	0,363	0,383	0,263	0,243	0,323	0,509	0,409	0,371	0,371	0,474	0,212	0,421	0,349	
8	0,252	0,217	0,174	0,207	0,245	0,227	0,271	0,213	0,277	0,191	0,199	0,201	0,232	
9	0,300	0,269	0,267	0,264	0,292	0,335	0,277	0,234	0,324	0,233	0,223	0,193	0,286	
10	0,459	0,378	0,386	0,370	0,421	0,492	0,490	0,468	0,334	0,481	0,212	0,391	0,269	
11	0,284	0,242	0,263	0,187	0,131	0,219	0,166	0,154	0,186	0,222	0,241	0,190	0,199	

APÊNDICE E: Média individual dos sujeitos do GF na medida de %RMSE, nas três primeiras tentativas da exposição, em blocos de três tentativas

SUJEITO	BL1 exp
1	12,426
2	13,161
3	15,051
4	11,788
5	15,881
6	13,906
7	12,942
8	14,599
9	13,728
10	14,425
11	13,771

APÊNDICE F: Média individual dos sujeitos do GC na medida de %RMSE, nas três primeiras tentativas da exposição, em bloco de três tentativas

SUJEITO	BL1 EXP
1	14,813
2	14,429
3	15,352
4	14,579
5	14,463
6	14,228
7	15,073
8	15,570
9	16,472
10	14,998
11	14,998

APÊNDICE G: Médias individuais dos sujeitos do GF na medida de %RMSE, nas três tentativas com aumento do percentual de força máxima a ser alcançado para 60%, na exposição em blocos de três tentativas

SUJEITO	BL1	BL2	BL3
1	14,090	13,129	14,083
2	14,543	11,815	12,873
3	14,707	11,508	11,137
4	15,589	14,368	13,200
5	14,543	12,834	12,373
6	14,496	14,228	13,794
7	16,203	13,739	12,839
8	14,716	14,330	14,031
9	14,059	13,584	13,949
10	13,874	13,370	12,931
11	13,153	11,873	11,916

APÊNDICE H: Médias individuais dos sujeitos do GC na medida de %RMSE, nas três tentativas com aumento do percentual de força máxima a ser alcançado para 60%, na exposição em blocos de três tentativas

SUJEITO	BL1	BL2	BL3
1	15,455	15,005	14,248
2	14,639	14,749	13,962
3	14,215	12,921	12,716
4	15,846	13,744	13,935
5	15,097	13,449	12,958
6	16,798	13,724	13,243
7	14,604	12,765	13,538
8	15,610	14,467	14,397
9	15,147	15,216	15,495
10	13,992	13,803	12,525
11	15,219	14,026	13,950

APÊNDICE I: Médias individuais dos sujeitos do GF na medida de %RMSE, nas três tentativas com diminuição do percentual de força máxima a ser alcançado para 20%, na exposição em blocos de três tentativas

SUJEITO	BL1	BL2	BL3
1	15,712	13,304	11,835
2	14,630	13,371	13,795
3	13,570	11,662	11,077
4	17,274	14,214	12,783
5	12,947	12,152	11,408
6	13,638	12,939	11,762
7	15,172	12,909	13,375
8	15,020	13,308	13,227
9	14,198	12,933	12,574
10	15,592	12,928	12,340
11	13,176	12,277	12,687

APÊNDICE J: Médias individuais dos sujeitos do GC na medida de %RMSE, nas três tentativas com diminuição do percentual de força máxima a ser alcançado para 20%, na exposição em blocos de três tentativas

SUJEITO	BL1	BL2	BL3
1	13,117	11,673	12,260
2	12,894	12,782	12,940
3	16,141	12,997	12,695
4	18,957	13,945	11,906
5	13,639	12,633	12,171
6	15,531	13,153	12,421
7	17,534	13,680	13,466
8	14,391	12,080	11,349
9	13,600	12,319	12,659
10	14,488	14,342	13,085
11	12,045	10,882	11,685

ANEXO



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

Parecer nº. ETIC 0159.0.203.000-10

Interessado(a): Prof. Herbert Ugrinowitsch
Departamento de Esportes
EEFFTO - UFMG

DECISÃO

O Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG – COEP aprovou, no dia 23 de julho de 2010, após atendidas as solicitações de diligência, o projeto de pesquisa intitulado "**Efeitos da amplitude de *feedback* na adaptação em uma tarefa de força isométrica**" bem como o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

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

Profa. Maria Teresa Marques Amaral
Coordenadora do COEP-UFMG