

Paulo Eduardo Souza Medeiros

**O PAPEL DA ÁREA MOTORA SUPLEMENTAR NA APRENDIZAGEM DAS  
DIMENSÕES RELATIVA E ABSOLUTA DE UMA HABILIDADE MOTORA**

Belo-Horizonte

Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional/UFMG

2016

Paulo Eduardo Souza Medeiros

**O PAPEL DA ÁREA MOTORA SUPLEMENTAR NA APRENDIZAGEM DAS  
DIMENSÕES RELATIVA E ABSOLUTA DE UMA HABILIDADE MOTORA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciências do Esporte da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências do Esporte.

Área de concentração: Treinamento Esportivo

Linha de pesquisa: Aquisição, controle e adaptação de habilidades motoras ao longo da vida

Orientador: Dr. Guilherme Menezes Lage

Belo-Horizonte

Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional/UFMG

2016

M488p Medeiros, Paulo Eduardo Souza  
2016 O papel da área motora suplementar na aprendizagem das dimensões relativa e absoluta de uma habilidade motora. [manuscrito] / Paulo Eduardo Souza Medeiros – 2016.  
69 f., enc.: il.

Orientador: Guilherme Menezes Lage

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

Bibliografia: f. 51-55

1. Aprendizagem motora - Teses. 2. Capacidade motora - Teses. I. Lage, Guilherme Menezes. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional. III. Título.

CDU: 612.76

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

Dedico todo o processo de formação e esse trabalho a Deus, minha filha, meu pai, minha mãe, meus irmãos e meu orientador. Foi por todo apoio de vocês que hoje consigo dar mais um importante passo para a minha formação.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço inicialmente ao meu Deus, por me garantir uma boa caminhada, cercado de pessoas de bem, dispostos a ajudar a todo momento. É por meio da fé e das boas companhias que o caminho fica mais agradável e mesmo em momentos turbulentos é possível vislumbrar a calmaria.

Agradeço muito à minha filha Letícia. Talvez mesmo sem saber, ela mudou o rumo da minha vida. O que antes era visto de forma superficial, quase sem sentido, agora é observado em cada detalhe. Mesmo tão nova, ela me ensinou a aproveitar cada detalhe do processo da vida. Talvez o processo seja mais importante do que relevar momentos no intuito de construir um futuro idealizado. Agradeço ao meu pai Edson, que é um grande exemplo de honestidade e moral. Mesmo em tempos tão difíceis, ele consegue sempre extrair o que há de melhor, é um grande motivador que enxerga muito além do que é apresentado. Agradeço a minha mãe Rosângela, que é um exemplo de persistência e sabedoria. Sempre conseguiu lutar pelos seus objetivos, sem encontrar obstáculos que não pudessem ser superados. Juntos eles tem um equilíbrio perfeito, enquanto Edson preza pela calma e paciência, Rosângela preza pela resolução. Agradeço também aos meus irmãos Edson Jr e Isac, pela paciência e horas de conversas, escutando reclamações, satisfações, projetos futuros, muitas bobagens... resumindo, por serem grandes amigos para todo e qualquer momento. Me espelho muito nos meus irmãos, ambos sempre foram referências, não só pra mim, de estudiosos, esforçados e inteligentes. Precisei aprender muito com eles que era necessário parar um pouco a prática e tentar aperfeiçoar meus conhecimentos sentando e estudando. Confesso que até hoje é difícil. Muito obrigado aos meus avôs Iracy e Maurílio (in memoriam) e avós Mizé e São (in memoriam) e aos meus tios e tias.

Agradeço ao meu orientador Guilherme, que desde o início viu algum potencial e resolveu comprar a ideia de orientação do meu trabalho. Não agradeço apenas por me ajudar a construir o projeto de mestrado em pleno domingo dia das mães, mas por ser um excelente profissional, que faz o que gosta e constantemente tem retorno disso dos seus próprios alunos. Guilherme conduz uma relação de amizade com seus alunos e isso facilita o difícil processo da pós-graduação. Claro, existem momentos extremamente complicados em relação a prazos, metas de

produção científica, pressão do meio acadêmico entre diversos outros fatores que desgastam tanto o estudante quanto o orientador, mas como já disse desde o início desse agradecimento, quando as pessoas que nos cercam são pessoas de bem, a caminhada se torna mais fácil e agradável. Então Guilherme, muito obrigado por me orientar durante esses dois anos, por ter tanta paciência e principalmente, muito obrigado por tornar esse caminho mais suave. Além de um excelente orientador, eu te considero um amigo.

Agradeço aos professores do Gedam Herbert, Márcio, Guilherme e Rodolfo. Entrar na UFMG e conhecer as pessoas que publicam os livros e artigos que caem nos concursos e são citados mundialmente já é uma grande honra pra mim, agora poder conversar sobre motos - que é uma das minhas maiores paixões, rock - que estou meio desatualizado mas ainda conheço e, principalmente, poder entrar em contato - para falar que estou no meio de um jogo de fluminense x palmeiras, isso realmente não tem preço. Além de grandes professores, vocês são pessoas de bem. Fico feliz em fazer parte desse grupo.

Aos amigos do Gedam que me acolheram com muita paciência e humildade, Rodolfo (você é um dos maiores motivadores do GEDAM, sempre acolhendo bem e sendo solícito, não é à toa que o GEDAM cresce a cada dia. Espero estar no caminho certo para corresponder à altura das pessoas que me motivaram). Tércio (você trabalhou bastante pra me ajudar a finalizar a dissertação, mesmo estando na correria com seu doutorado, você nunca deixou de contribuir, muito obrigado e sucesso em sua vida). Crislaine (você me ajudou tanto a compreender o funcionamento do Gedam, quanto na transição do interior para BH, espero que tenha uma vida marcada por grandes vitórias). Thábata (obrigado pela colaboração com os voluntários e pelas dicas na apresentação do projeto antes mesmo de eu começar o mestrado). Márcia, Luciano, Simara, Carlos, Cíntia, João, Lidiane, Madson, Patrick, Lívia, Nathália, Natalia Torres, Bárbara, Juliana, Maria Flávia, Welisney, Mayndra, Arthur, Matheus, Cristiane, Lucas, muito obrigado pelas conversas sobre os artigos e também pelas horas descontraídas.

Aos professores Francisco Lima e Rodrigo Ribeiro. Foi por meio da entrada no projeto Gestão do conhecimento tácito que hoje estou finalizando o mestrado em Ciências do Esporte. Nada disso teria acontecido se eu não tivesse deixado todo

trabalho no interior para ingressar na carreira acadêmica. Muito obrigado pela oportunidade de trabalhar com vocês durante quase dois anos.

Aos professores e alunos do CEFET-MG, obrigado pela oportunidade de conviver com vocês nesses últimos anos, em especial aos integrantes do DEFISD Vítor, Maurício, Pantuza, Raimundo, Rafael, Jhon, Wanilde, Dallila, Márcia, Valéria, Genilton, Carlos, Luís, Ranucy, Jaqueline, Cladison, Juliana e Lucas. Também obrigado por me proporcionar conhecer e trabalhar com as equipes de Atletismo e Xadrez do CEFET-MG, nós fizemos boas viagens e grandes amizades.

A todos os amigos de Marilândia e da escola Carmelo Mesquita, Itapeçerica (Ginásio, Anexo, Casa Rios e Prefeitura) e Divinópolis (Siderúrgica Valinho, FITEDI, PLASDIL, FISIOSPORT e Academia O2). Sempre levarei boas lembranças de vocês para qualquer lugar que eu for.

## RESUMO

A aprendizagem motora pode ser investigada em diferentes níveis de análise, como por exemplo, o nível comportamental e o nível neurobiológico. Em um nível comportamental a aprendizagem de uma habilidade motora apresenta duas dimensões: a absoluta e a relativa. A dimensão absoluta é representada pelo tempo total, força total e amplitude. Já a dimensão relativa é representada pelo tempo relativo, força relativa e o sequenciamento. No nível neurobiológico de análise, uma das questões investigadas é qual a participação das áreas cerebrais no controle e aprendizagem das habilidades motoras. Os conceitos utilizados entre os dois níveis de análise parecem se sobrepor. Os estudos comportamentais não investigaram as associações entre as dimensões absoluta e relativa e as áreas cerebrais. Já os estudos neurobiológicos não utilizaram tarefas em que as dimensões pudessem ser analisadas separadamente. Portanto, o objetivo desse estudo foi o de avaliar o papel da área motora suplementar (AMS) na aprendizagem das dimensões absoluta e relativa de uma habilidade motora. Para tanto, 40 participantes foram aleatoriamente separados em dois grupos, sendo o primeiro, aquele que teve estimulação transcraniana por corrente contínua (ETCC) sobre a AMS (G-AMS) e, o segundo, o grupo placebo (G-P). Após o período de estimulação, os dois grupos desempenharam uma tarefa motora que consistiu em pressionar teclas de um teclado alfanumérico apenas com o dedo indicador da mão direita na sequência de (2-8-6-4) respectivamente. A execução da tarefa foi separada em fase de aquisição, teste de retenção e teste de transferência. Na fase de aquisição os participantes realizaram 120 tentativas em um tempo total de 900 ms e um tempo relativo entre teclas de 22,2% (de 2 para 8), 44,4% (de 8 para 6) e 33,3% (de 6 para 4) e com *feedback* do tempo total e dos percentuais relativos após cada tentativa. No teste de retenção os participantes desempenharam 12 tentativas nas mesmas condições da fase de aquisição, porém sem *feedback*. Já no teste de transferência, os participantes desempenharam 12 tentativas com o mesmo tempo relativo da fase de aquisição, porém com um tempo total de 1300 ms e sem *feedback*. Os resultados não apresentaram diferença significativa entre os grupos em nenhuma das medidas relacionadas à dimensão relativa. Na dimensão absoluta, foi encontrada um menor nível de aprendizagem *off-line* para o G-AMS do fim da aquisição para o teste de

retenção. Por outro lado, foi verificado um maior nível de aprendizagem *off-line* para o G-AMS entre o último bloco da aquisição e o teste de transferência. Além disso, o G-AMS apresentou melhor desempenho no teste de transferência. Com base nos resultados, a estimulação da AMS não interferiu na aprendizagem da dimensão relativa. Por outro lado, a estimulação da AMS apresentou diferentes interferências na dimensão absoluta. Como conclusão, é possível inferir que a AMS tem um papel importante não somente na aprendizagem da dimensão relativa, mas também na absoluta.

**Palavras-chave:** Aprendizagem motora. Área Motora Suplementar. Dimensões da Aprendizagem Motora.

## ABSTRACT

The motor learning can be investigated at different levels of analysis, such as the behavioral and neurobiological level. On a behavioral level, learning a motor skill has two dimensions, the absolute and the relative. The absolute dimension is represented by the total time, total force and amplitude. The relative dimension is represented by the relative time, relative strength and sequencing. At the neurobiological level of analysis, one of the issues investigated is the involvement of brain areas in control and learning of motor skills. The concepts used between the two levels of analysis appear to be overlapped. Behavioral studies have not investigated the associations between the absolute and relative dimensions and brain areas. Neurobiological studies, in contrast, have not used tasks in which the dimensions could be analyzed separately. Therefore, the aim of this study was to evaluate the role of the supplementary motor area in learning the absolute and relative dimensions of a motor skill. To this end, 40 participants were randomly divided in two groups, in a way that one group had transcranial direct-current stimulation (tDCS) on the AMS (G-AMS) and the other was the placebo group (G-P). After the stimulation period, the two groups performed a motor task which consisted of pressing keys on a alphanumeric keyboard with only the index finger of the right hand, following the sequence of (2-8-6-4) respectively. The execution of the task was separated in acquisition phase, retention test and transfer test. In the acquisition phase participants performed 120 trials in a total time of 900 ms and a relative time of 22.2% between keys (2 to 8), 44.4% (6 of 8) and 33.3% (4 to 6) and with feedback of the total time and the relative percentual after each trial. In the retention test participants performed 12 trials in the same conditions of the acquisition phase, but without feedback. In the transfer test, participants performed 12 trials with the same relative time on the acquisition phase, but with a total time of 1300 ms and no feedback. The results showed no significant difference between the groups in any of the measures related to the relative dimension. In absolute dimension, it was found a lower level of off-line learning for the G-AMS from the end of the acquisition phase to the retention test. On the other hand, it was found a higher level of off-line learning for the G-AMS from the last block of the acquisition to the transfer test. In addition, the G-AMS showed better performance in the transfer test. Based on the results, stimulation of AMS did not interfere with the learning of the relative dimension. Conversely,

stimulation of AMS showed different interferences in absolute dimension. In conclusion, it is possible to infer that the AMS has an important role not only in learning the relative dimension, but also in the absolute one.

**Keywords:** Motor learning. Supplementary Motor Area. Dimensions of Motor Learning.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Tarefa de sequenciamento de toque dos dedos .....	19
Figura 2 - Tarefa de parametrização da força .....	19
Figura 3 - Configuração da ETCC sobre o M1 .....	20
Figura 4 - Processamento da informação pela AMS .....	21
Figura 5 - Tarefa de teclado consiste em executar a sequência pré-determinada de teclas (2, 8, 6, 4) com o dedo indicador .....	25
Figura 6 - Aparelho de ETCC da marca HDC kit_Marca Magstim .....	26
Figura 7 - Sistema internacional 10-20 de Eletroencefalografia com retângulos apresentando a AMS em vermelho e a área supraorbital contralateral em azul.....	27
Figura 8 - Fases do experimento.....	30
Gráfico 1 - Médias do EA dos grupos experimentais na fase de aquisição e testes de retenção (TR) e transferência (TT) .....	33
Gráfico 2 - Diferença entre o primeiro e último bloco da fase de aquisição e diferença entre os testes de retenção e transferência com o último bloco da fase de aquisição .....	34
Gráfico 3 - Desvio padrão do EA dos grupos experimentais na fase de aquisição e testes de retenção (TR) e transferência (TT) .....	35
Gráfico 4 - Diferença entre o primeiro e último bloco da fase de aquisição e diferença entre os testes de retenção e transferência com o último bloco da fase de aquisição .....	36
Gráfico 5 - Médias do ER dos grupos experimentais na fase de aquisição e testes de retenção (TR) e transferência (TT) .....	38
Gráfico 6 - Diferença entre o primeiro e último bloco da fase de aquisição e diferença entre os testes de retenção e transferência com o último bloco da fase de aquisição .....	39
Gráfico 7 - Desvio padrão do ER dos grupos experimentais na fase de aquisição e testes de retenção (TR) e transferência (TT) .....	41

Gráfico 8 - Diferença entre o primeiro e último bloco da fase de aquisição e diferença entre os testes de retenção e transferência com o último bloco da fase de aquisição .....	42
Gráfico 9 - Médias da variabilidade por segmento .....	43
Gráfico 10 - Médias da aprendizagem <i>online</i> e <i>off-line</i> da VS .....	44

## LISTA DE ABREVIACOES

AMS.....	Área Motora Suplementar
CR.....	Conhecimento de Resultado
COEP.....	Comitê de Ética e Pesquisa
DP.....	Desvio Padrão
EA.....	Erro Absoluto
ER.....	Erro Relativo
G-AMS.....	Grupo Área Motora Suplementar
G-P.....	Grupo Placebo
EEFFTO.....	Escola de Educação Física e Fisioterapia e Terapia Ocupacional
EEG.....	Eletronecefalografia
ETCC.....	Estimulação Transcraniana por Corrente Contínua
M1.....	Córtex Motor Primário
mA.....	miliAmpère
ms.....	Milissegundos
TR.....	Teste de Retenção
TT.....	Teste de Transferência
UFMG.....	Universidade Federal de Minas Gerais
VS.....	Variabilidade por Segmento

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>15</b>
1.1 Objetivo Geral .....	16
1.2 Hipótese .....	16
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>17</b>
2.1 Aprendizagem Motora .....	17
2.2 Associação entre aprendizagem motora e as áreas motoras corticais .....	18
2.3 ETCC e aprendizagem motora .....	21
<b>3 MÉTODOS .....</b>	<b>24</b>
3.1 Amostra .....	24
3.2 Instrumentos e tarefa motora .....	24
3.3 Estimulação transcraniana por corrente contínua .....	25
3.4 Delineamentos e procedimentos .....	27
3.5 Análise Estatística .....	30
<b>4 RESULTADOS .....</b>	<b>32</b>
4.1 Erro absoluto .....	32
4.1.1 Fase de aquisição.....	32
4.1.2 Teste de aprendizagem.....	32
4.1.3 Aprendizagem <i>online</i> e <i>off-line</i> .....	33
4.1.4 Desvio padrão.....	34
4.1.4.1 Fase de aquisição.....	34
4.1.4.2 Testes de aprendizagem.....	35
4.1.4.3 Aprendizagem <i>online</i> e <i>off-line</i> .....	35

4.2 Erro relativo .....	36
4.2.1 Fase de aquisição.....	36
4.2.2 Teste de aprendizagem.....	37
4.2.3 Aprendizagem <i>online</i> e <i>off-line</i> .....	38
4.2.4 Desvio padrão.....	39
4.2.4.1 Fase de aquisição.....	39
4.2.4.2 Testes de aprendizagem.....	40
4.2.4.3 Aprendizagem <i>online</i> e <i>off-line</i> .....	41
4.3 Variabilidade por segmento .....	42
4.3.1 Fase de aquisição.....	42
4.3.2 Teste de aprendizagem.....	43
4.3.3 Aprendizagem <i>online</i> e <i>off-line</i> .....	43
<b>5 DISCUSSÃO .....</b>	<b>45</b>
<b>6 CONCLUSÃO .....</b>	<b>50</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>51</b>
<b>APÊNDICES .....</b>	<b>56</b>
<b>ANEXO .....</b>	<b>68</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A aprendizagem motora pode ser investigada em diferentes níveis de análise, como por exemplo, o nível comportamental e o nível neurobiológico. Em um nível comportamental a aprendizagem motora é entendida como um conjunto de processos associados com a prática, que conduz a mudanças na capacidade de executar a performance habilidosa (SCHMIDT; LEE, 1999). A performance habilidosa possui duas características marcantes: consistência e a flexibilidade. A consistência diz respeito à capacidade de um indivíduo produzir um determinado padrão de movimento. Por sua vez a flexibilidade é a capacidade desse indivíduo produzir pequenas alterações nesse padrão de acordo com as demandas do ambiente (GLENCROSS; WHITING; ABERNETHY, 1994).

O padrão de um determinado movimento voluntário está associado à consistência, pois apresenta características espaço-temporais invariáveis como a força relativa, o tempo relativo e o sequenciamento que compõem a dimensão relativa da habilidade. Já a flexibilidade, está associada à dimensão absoluta da habilidade. As características variáveis, ou parâmetros do movimento, são representadas pelo tempo total, força total e amplitude e permitem que o padrão se ajuste às demandas do ambiente (LAI *et al.*, 2000; SCHMIDT, 1975; SHAPIRO; SCHMIDT, 1982).

Em um nível neurobiológico de análise, uma das questões investigadas é quais áreas cerebrais estão associadas à aprendizagem motora. Tem sido relatada associações entre aprendizagem motora e áreas do lobo frontal, relacionando o córtex motor primário (M1) com o que é chamado de elementos específicos do movimento. Esses elementos específicos do movimento estão associados à força total, tempo total e amplitude (APOLINÁRIO-SOUZA *et al.*, 2016; ROLAND, 1993; STAGG *et al.*, 2011). Já as áreas pré-motoras (compostas pela área motora suplementar e o córtex pré-motor) têm sido associadas com o sequenciamento do movimento (ROLAND *et al.*, 1980). Por exemplo, é observada a ativação da área motora suplementar (AMS) contralateral no planejamento do sequenciamento de toques dos dedos da mão dominante (CHUNG *et al.*, 2005).

É possível fazer associações entre conceitos dos níveis comportamental e neurobiológico em relação à aprendizagem motora. O M1 parece estar associado ao controle do que é chamado aspectos variantes do movimento nos estudos comportamentais. Fazendo um paralelo com os estudos neurobiológicos, esses aspectos variantes observados na dimensão absoluta da habilidade parecem ser o que é chamado de elementos específicos do movimento nos estudos neurobiológicos (APOLINÁRIO-SOUZA *et al.*, 2016). Por outro lado, a AMS parece estar associada ao planejamento do que é chamado nos estudos comportamentais de aspectos invariantes, que são relacionados à dimensão relativa da tarefa. Esses aspectos invariantes parecem ser o que é chamado de sequência de movimentos nos estudos neurobiológicos.

Existem muitos estudos sobre o papel do córtex motor primário na aprendizagem motora, porém pouco tem sido estudado sobre as áreas motoras secundárias como é o caso da área motora suplementar (VOLLMANN *et al.*, 2013). Indo além, não se sabe se a AMS estaria associada à dimensão relativa da habilidade, apesar dos conceitos provindos dos estudos comportamentais e neurobiológicos se aproximarem. Os estudos neurobiológicos que investigaram a associação entre AMS e sequenciamento de movimentos não utilizaram tarefas que pudessem diferenciar em suas medidas a aprendizagem da dimensão absoluta e da dimensão relativa da habilidade (GERLOFF *et al.*, 1997; ROLAND *et al.*, 1980). Portanto, faz-se necessária a investigação do papel da AMS na aprendizagem das dimensões absoluta e relativa de uma habilidade motora.

### 1.1 Objetivo Geral

Investigar o papel da área motora suplementar na aprendizagem das dimensões absoluta e relativa de uma habilidade motora.

### 1.2 Hipótese

A AMS estará mais associada à aprendizagem da dimensão relativa da habilidade do que à aprendizagem da dimensão absoluta.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Aprendizagem Motora

A aprendizagem motora pode ser conceituada como uma mudança na capacidade de uma pessoa executar uma tarefa motora. A aprendizagem motora pode ser inferida a partir da observação do desempenho motor (MAGILL, 2000). Habilidades motoras seriadas apresentam duas dimensões, a dimensão absoluta e a dimensão relativa. A dimensão absoluta compreende os parâmetros dos movimentos, como a força total, tempo total e amplitude, enquanto que a dimensão relativa compreende o padrão do movimento, como força relativa, tempo relativo e sequenciamento do movimento (LAI *et al.*, 2000).

Existem vários fatores que influenciam a aprendizagem de uma habilidade motora, como conhecimento de resultados, estrutura de prática, tipo e momento da demonstração, estabelecimentos de metas, entre outros (LAI *et al.*, 2000; MAGILL, 2000). A manipulação desses fatores que influenciam a aprendizagem de uma habilidade motora pode favorecer a aprendizagem de uma dimensão da habilidade em relação à outra (LAGE, 2005; LAI; SHEA, 1999). Estudos comportamentais inferiram que a aprendizagem do padrão e dos parâmetros de uma habilidade motora ocorre de forma diferente (LAI; SHEA, 1999; WULF; SCHMIDT, 1988). Por exemplo, uma alta frequência de conhecimento de resultados leva a realização de constantes ajustes, o que dificulta a estabilização, provocando uma instabilidade do comportamento. Essa instabilidade favorece a aprendizagem da dimensão absoluta (LAI; SHEA, 1998; WULF; LEE; SCHMIDT, 1994). Por outro lado, a baixa frequência de conhecimento de resultados favorece a estabilidade. Com essa estabilidade a dimensão relativa é favorecida (WULF; LEE; SCHMIDT, 1994). Um outro fator que também pode favorecer a aprendizagem de uma dimensão é a estrutura de prática. As estruturas de prática que levam a uma maior instabilidade durante a fase de aquisição, como uma prática aleatória, favorecem a aprendizagem da dimensão absoluta (LAI; SHEA, 1998; LAI *et al.*, 2000), enquanto que as estruturas que proporcionam uma maior estabilidade durante a fase de aquisição, como a prática constante, favorecem a aprendizagem da dimensão relativa da habilidade motora (JANUÁRIO, 2011; LAGE *et al.*, 2007; WULF; SCHMIDT, 1988).

Autores que pesquisam em um nível comportamental de análise inferem a aprendizagem motora por meio das alterações no desempenho de uma habilidade motora (LAI; SHEA, 1998; SCHMIDT; LEE, 1999; WULF; SCHMIDT, 1988). Outra forma possível de se explicar os processos subjacentes à aprendizagem motora é através da associação entre o nível neurobiológico e o comportamental de análise. Os autores que pesquisam no nível neurobiológico de análise inferem a aprendizagem motora por meio da associação entre alterações corticais apresentadas em técnicas específicas de neuroimagem e alteração no desempenho (CHUNG *et al.*, 2005; ROLAND *et al.*, 1993) e/ou inferidas por meio da verificação da alteração no desempenho após técnicas de neuromodulação (APOLINÁRIO-SOUZA *et al.*, 2016; STAGG *et al.*, 2011).

## 2.2 Associação entre aprendizagem motora e as áreas motoras corticais

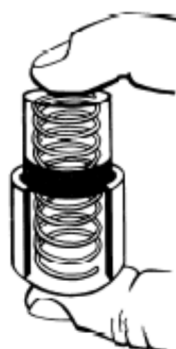
Em um nível neurobiológico, a participação cortical durante a execução de tarefas motoras pode ser inferida pelas alterações corticais evidenciadas por técnicas de neuroimagem (CHUNG *et al.*, 2005; ROLAND *et al.*, 1980; SHIBASAKI *et al.*, 1993) e por técnicas de neuromodulação (APOLINÁRIO-SOUZA *et al.*, 2016; GERLOFF *et al.*, 1997; KAMINSKI *et al.*, 2013; STAGG *et al.*, 2011). Em técnicas de neuroimagem as alterações em relação ao aumento do fluxo sanguíneo local são associadas à ativação cerebral. Como exemplo, Roland *et al.* (1980) utilizando uma técnica de neuroimagem identificou um aumento do fluxo sanguíneo em áreas diferentes do cérebro de acordo com a tarefa motora executada. Houve maior ativação da área motora suplementar (AMS) em uma tarefa de sequenciamento de toques dos dedos, representado na Figura 1, enquanto que em uma tarefa de pressionar e controlar uma mola por meio de parâmetros de força, representado na Figura 2, ocorreu maior fluxo sanguíneo no córtex motor primário (M1).

Figura 1. Tarefa de sequenciamento de toque dos dedos.



Fonte: adaptado de Roland *et al.* (1980)

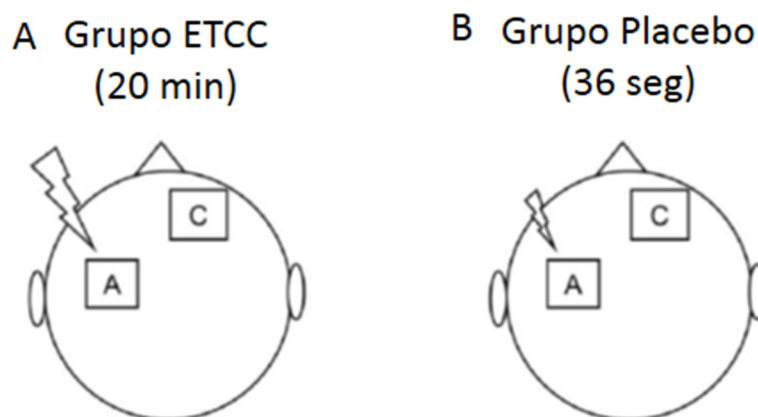
Figura 2. Tarefa de parametrização da força.



Fonte: Roland *et al.* (1980)

Nas técnicas de neuromodulação ocorre estimulação de uma determinada área cerebral por meio de impulsos elétricos ou magnéticos e as alterações verificadas no desempenho motor após essa estimulação são associadas à área que foi estimulada (FREGNI *et al.*, 2005). Como por exemplo, após a utilização de uma técnica de estimulação transcraniana por corrente contínua (ETCC), representada na Figura 3, sendo “A” representado pelo grupo que recebeu estimulação sobre o M1 e “B” o grupo placebo, foi verificado melhora do desempenho motor pelo grupo que recebeu estimulação sobre o M1 (APOLINÁRIO-SOUZA *et al.*, 2016).

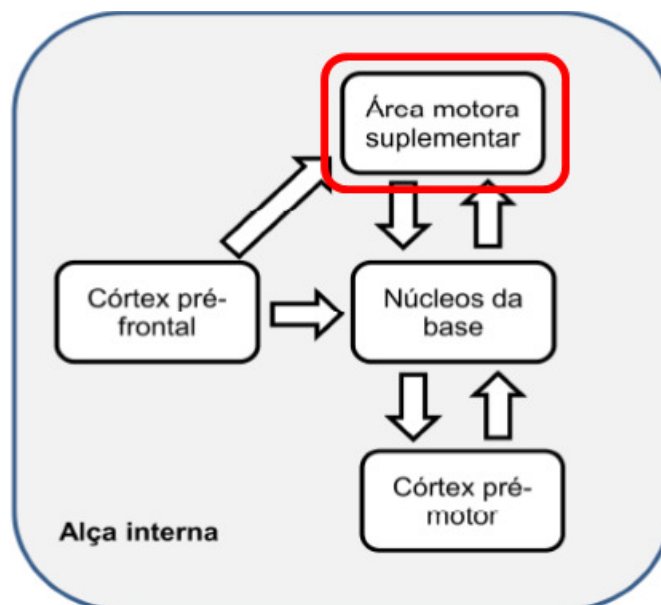
Figura 3. Configuração da ETCC sobre o M1.



Fonte: adaptado de Apolinário-Souza *et al.* (2016).

Segundo Vollmann *et al.* (2013), pouco ainda se sabe sobre o papel das áreas motoras secundárias na aprendizagem de habilidades motoras. Entre as áreas secundárias a AMS tem ganhado destaque, visto sua participação na organização de sequências motoras (ROLAND *et al.*, 1980). A AMS participa por meio de uma organização temporal de modo que cada segmento do movimento se encaixe em um plano preciso de tempo em uma sequência motora (GERLOFF *et al.*, 1997). Diferentemente do córtex pré-motor que utiliza um mecanismo de processamento exteroceptivo por meio de pistas visuais, a AMS parece utilizar mais uma organização temporal de movimentos sequenciais (CUNNINGTON; BRADSHAW; IANSEK, 1996), dessa forma, o processo de processamento das informações pela AMS ocorre por um mecanismo interno (LENT, 2008), como apresentado na alça interna de processamento da informação na Figura 4.

Figura 4. Processamento da informação pela AMS.



Fonte. Adaptado de Lage, (2013).

Uma das formas de se favorecer esse processamento interno das informações pela AMS é estimular a própria AMS com técnicas de estimulação cerebral não invasiva, como descrito a seguir.

### 2.3 Estimulação transcraniana por corrente contínua (ETCC) e aprendizagem motora

A introdução de técnicas de estimulação cerebral não invasiva tem aumentado no meio científico (FREGNI *et al.*, 2005). Dentre as técnicas de estimulação cerebral não invasiva está a ETCC; técnica muito utilizada que tem se destacado devido ao sucesso para modulação da excitabilidade cortical, ao seu baixo custo e praticidade de aplicação quando comparada com as outras técnicas estimulação cerebral não invasiva (NITSCHKE; PAULUS, 2000), além de ser uma técnica que pode ser usada com segurança em seres humanos (ANTAL *et al.*, 2004; APOLINÁRIO-SOUZA *et al.*, 2016; FREGNI *et al.*, 2005; NITSCHKE *et al.*, 2003; NITSCHKE; PAULUS, 2001).

Com a utilização da ETCC, o córtex cerebral pode ser estimulado através de uma corrente elétrica fraca e constante de um modo não-invasivo e indolor. Esta

corrente fraca pode induzir a alterações, aumentando ou diminuindo a excitabilidade cortical (FREGNI *et al.*, 2005; MÁRQUEZ-RUIZ *et al.*, 2012; STAGG *et al.*, 2011). Por meio do posicionamento no escalpo de eletrodos chamados de anodo e catodo, é possível excitar ou inibir determinada área cortical (KAMINSKI *et al.*, 2013).

Os mecanismos da ETCC são dependentes do eletrodo, sendo que a estimulação por meio do eletrodo anodo é chamada de estimulação anódica, referindo-se àquela que pode envolver a despolarização da membrana aumentando a excitabilidade dos neurônios corticais (MEDEIROS *et al.*, 2012; NITSCHKE; PAULUS, 2001, 2000). Esse aumento da excitabilidade cortical pode ser evidenciado pelo aumento do potencial motor evocado (STAGG *et al.*, 2011). A estimulação por meio do eletrodo catodo é chamada de estimulação catódica, referindo-se àquela que pode envolver a hiperpolarização da membrana, diminuindo a excitabilidade neuronal (MEDEIROS *et al.*, 2012; NITSCHKE; PAULUS, 2001, 2000). Essa inibição da excitabilidade cortical pode ser evidenciada por uma diminuição na amplitude do potencial motor evocado (STAGG *et al.*, 2011). Estes efeitos neurofisiológicos de aumento ou diminuição do potencial motor evocado se prolongam além do período de estimulação em aproximadamente 60min a 90min (NITSCHKE; PAULUS, 2001; STAGG *et al.*, 2011). Dessa forma há indícios que a estimulação pode modificar excitabilidade cortical fazendo com que aumente ou diminua a transmissão da informação corticoespinal.

A utilização da ETCC pode alterar a função de regiões específicas, oferecendo possibilidades de melhorar as contribuições de cada uma das regiões do cérebro no processo da aprendizagem motora (ORBAN de XIVRY; SHADMEHR, 2014). Tem sido evidenciado que as alterações na excitabilidade cortical por meio da ETCC podem influenciar na aprendizagem de uma habilidade motora (KAMINSKI *et al.*, 2013; NITSCHKE *et al.*, 2003). Há indícios na literatura do efeito benéfico da aplicação da ETCC sobre o M1 em tarefas de tempo de reação simples (NITSCHKE *et al.*, 2003), bem como do efeito benéfico da estimulação da AMS em tarefas de equilíbrio dinâmico (KAMINSKI *et al.*, 2013).

No presente estudo, a utilização da ETCC visa aumentar o nível de aprendizagem da dimensão relativa de uma habilidade motora sequencial. De acordo com o que foi apresentado nessa revisão da literatura, é esperado que a estimulação

da AMS reflita mais diretamente na aprendizagem da dimensão relativa do que na dimensão absoluta da habilidade, tendo em vista que a sobreposição entre achados de estudos comportamentais e neurobiológicos sugerem que a AMS estaria mais associada à dimensão relativa. Por outro lado, é esperado que a dimensão absoluta esteja mais associada com a ativação do M1, assim não se espera um efeito direto da estimulação da AMS sobre a aprendizagem da dimensão absoluta da habilidade motora.

### 3 MÉTODO

#### 3.1 Amostra

A amostra do estudo foi composta por 40 indivíduos (20 homens e 20 mulheres) de ambos os sexos, destros e com idade entre 18 a 35 anos (24,27 anos  $\pm$  4,41). Os participantes responderam o Inventário de Dominância Lateral de Edimburgo (OLDFIELD, 1971) para a determinação do índice de lateralidade do participante. Foram incluídos na amostra participantes que declararam não apresentar nenhum comprometimento neurológico e não estarem utilizando implantes de metal no crânio ou marca-passos cardíacos (NITSCHKE *et al.*, 2008). Também foi observado se havia queixa de dores de cabeça recorrentes, gravidez, histórico recente de epilepsia e se estavam ingerindo medicamentos susceptíveis a alterar a excitabilidade do cérebro (APOLINÁRIO-SOUZA *et al.*, 2016; LAGE *et al.*, 2007; NITSCHKE *et al.*, 2008). Os participantes foram recrutados por meio de convite pessoal e anúncio na Escola de Educação Física e Fisioterapia e Terapia Ocupacional (EEFFTO) da UFMG.

O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais sob o número CAAE – 32953214.3.0000.5149, respeitando todas as normas estabelecidas pelo Conselho Nacional de Saúde para pesquisas com seres humanos (ANEXO A).

#### 3.2 Instrumentos e tarefa motora

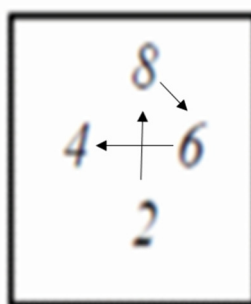
Foi disponibilizado um microcomputador, no qual os participantes utilizaram um teclado numérico para digitar uma sequência pré-determinada de teclas com o dedo indicador (2, 8, 6 e 4) e um *software* específico para controle das tarefas e armazenamento dos dados.

A tarefa é similar à tarefa utilizada por Lage (2007), contendo o mesmo número de tentativas na fase de aquisição e testes de aprendizagem (FIGURA 5). A tarefa consiste em realizar uma sequência de movimentos, teclando os números 2, 8, 6 e 4 em um teclado numérico em tempos alvos absoluto de 900 ms na fase de aquisição e teste de retenção e 1.300 ms no teste de transferência, e em um tempo

relativo entre as teclas (22.22% de 2 para 8, 44.44% de 8 para 6 e 33.33% de 6 para 4) para todos os momentos do experimento. A utilização da tarefa de teclado permite avaliar de forma separada as dimensões da aprendizagem, sendo possível inferir sobre alterações pontuais em uma ou outra dimensão (APOLINÁRIO-SOUZA *et al.*, 2016; LAGE, 2005; LAI *et al.*, 2000).

Figura 5. Tarefa de teclado consiste em executar a sequência pré-determinada de teclas (2, 8, 6, 4) com o dedo indicador

#### **Sequência de teclas (2, 8, 6 e 4)**



Fonte: adaptado Apolinário-Souza *et al.* (2016)

### 3.3 Estimulação transcraniana por corrente contínua

O equipamento utilizado para a utilização da ETCC está representado pela Figura 6. A estimulação ocorreu com os participantes sentados confortavelmente em uma cadeira.

Figura 6. Aparelho de ETCC da marca HDC kit\_Marca Magstim.

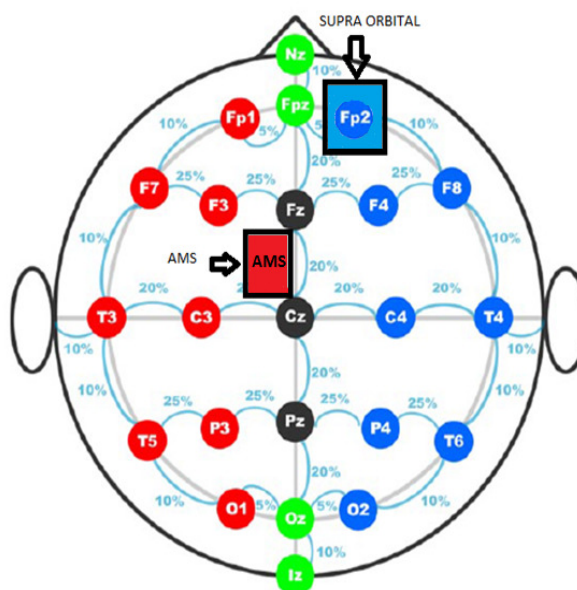


Fonte: Manual HDC kit\_Marca Magstim.

A estimulação foi aplicada por meio de dois eletrodos de silicone cobertos por um eletrodo de esponja cada (área de superfície de 25 cm<sup>2</sup>, sendo 5cm x 5cm, para cada um dos eletrodos). Os eletrodos de esponja foram embebidos em uma solução salina 0,9% cloreto de sódio. A utilização da solução salina e esponjas servem para evitar a transmissão de calor para o couro cabeludo (NITSCHKE *et al.*, 2008).

Um eletrodo foi colocado sobre a AMS (1,8 cm a frente de Cz do sistema internacional 10-20 de Eletroencefalograma) e o eletrodo de referência foi colocado sobre a área supraorbital contralateral (Fp2 do sistema internacional 10-20 de EEG), seguindo o sistema 10-20 para uso com eletroencefalograma, conforme representado na Figura 7 (CARLSEN; EAGLES; MACKINNON, 2015; CARTER; MASLOVAT; CARLSEN, 2015). A disposição dos eletrodos sobre o escalpo permite que a AMS seja estimulada. A estimulação anódica promove uma excitação da AMS aumentando o efeito de aprendizagem nessa área. (AMADI *et al.*, 2014; KAMINSKI *et al.*, 2013; STAGG *et al.*, 2011).

Figura 7. Sistema internacional 10-20 de Eletroencefalografia com retângulos apresentando a AMS em vermelho e a área supraorbital contralateral em azul.



Fonte: adaptado do manual do sistema internacional 10-20 de EEG.

Foi utilizada uma intensidade de 1 mA (densidade de corrente de 0,04 mA/cm<sup>2</sup>, carga total de 0,048 C/cm<sup>2</sup>). Os participantes do grupo que receberam a estimulação placebo passaram pelos mesmos procedimentos que os voluntários do grupo com ETCC, ou seja, mesmo equipamento, mesmo local de aplicação e mesma intensidade, porém a estimulação permaneceu por apenas 36 segundos nesses participantes. Para a estimulação placebo, a ETCC pode ser aplicada por alguns segundos e, em seguida, retirada gradativamente, pois a maioria dos participantes relatam sentir a sensação de coceira só inicialmente durante a aplicação (KAMINSKI *et al.*, 2013; NITSCHKE *et al.*, 2008).

### 3.4 Delineamentos e procedimentos

Visando identificar o papel da área motora suplementar nas diferentes dimensões da aprendizagem, indivíduos foram separados aleatoriamente em dois grupos experimentais numericamente iguais (n=20). Os grupos experimentais foram compostos por um grupo com estimulação por corrente contínua sobre a área motora suplementar e um grupo placebo. E para avaliar a aprendizagem das dimensões de forma isolada, os indivíduos realizaram uma tarefa de teclado similar a tarefa utilizada

por Lage *et al.* (2007) que consistiu em pressionar uma sequência específica do teclado numérico em um tempo alvo e com tempos relativos pré-determinados.

A coleta de dados foi realizada pelo próprio discente do Programa de Pós-Graduação em Ciências do Esporte da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). As coletas de dados foram realizadas individualmente. Logo após os sujeitos assinarem o termo de consentimento livre e esclarecido, os participantes responderam o Inventário de Dominância Lateral de Edimburgo (OLDFIELD, 1971) para a determinação do índice de lateralidade do participante. Todos os participantes que realizaram a tarefa motora se autodeclararam destros e apresentaram índice de preferência acima de 80 pontos para a mão direita. Em seguida os participantes receberam instruções verbais e demonstração sobre a tarefa e as formas de *feedback* disponibilizadas pelo *software*. Assentados em frente ao microcomputador, os participantes ajustaram o monitor de vídeo e o teclado aos seus critérios. A coleta foi realizada em uma sala específica para essa finalidade. O conhecimento de resultados (CR) sobre os tempos relativos, erro total relativo e tempo total foi fornecido automaticamente pelo *software* na tela do microcomputador sem a influência do pesquisador.

Os participantes foram aleatoriamente alocados em dois grupos experimentais: grupo de prática com ETCC anódica (G-AMS) e grupo de prática com ETCC placebo (G-P). O experimento foi dividido em fase de aquisição e testes de retenção e transferência.

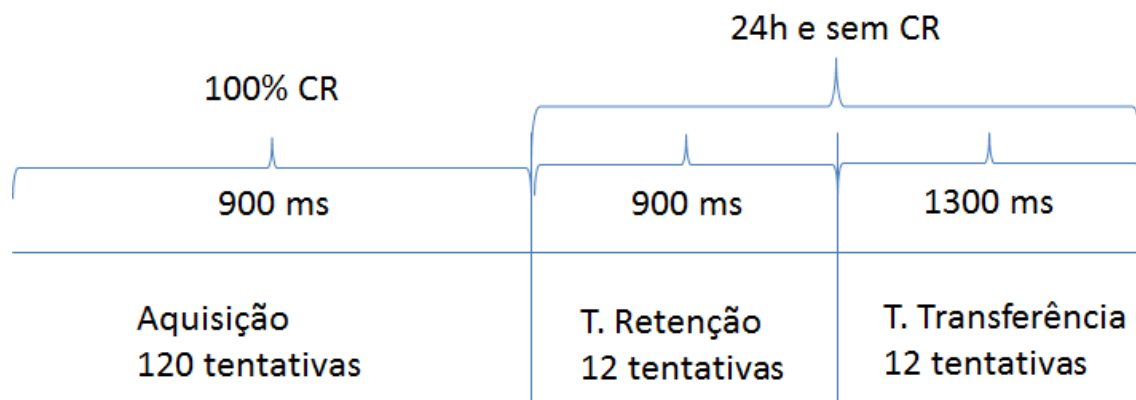
Os grupos executaram a tarefa motora com as mesmas metas temporais (Figura 8). Na fase de aquisição, os grupos (G-AMS e G-P) executaram 120 tentativas no tempo total de 900 ms com fornecimento de 100% de CR. A quantidade total de tentativas adotada foi de acordo com estudo de Lage (2005). Todos os participantes ficaram com o eletrodo sobre a AMS durante 20 minutos antes da prática. Porém, os participantes do grupo G-P receberam estimulação por um breve período de tempo, constituindo, assim, um grupo placebo. Para os participantes desse grupo, todo o aparato foi posicionado, e os mesmos receberam ETCC por apenas 36 segundos, após esse período de tempo o aparelho foi desligado seguindo a própria configuração do equipamento, sem que os participantes percebessem. Assim os participantes do

G-P permaneceram com todo aparato até o fim dos 20 minutos. Imediatamente após os 20 minutos de estimulação ou placebo, os participantes iniciaram a tarefa.

Durante a fase de aquisição os participantes receberam o conhecimento de resultados após cada tentativa. O conhecimento de resultados inclui as seguintes informações: percentual de cada um dos 3 tempos relativos, tempo total absoluto em milissegundos e o percentual do erro total relativo que se refere a soma dos 3 valores de erro relativo apresentados na tela do monitor.

O teste de retenção foi realizado 24 horas após o fim da fase de aquisição. O teste consistiu em 12 tentativas da tarefa com tempo absoluto de 900 ms, sem o fornecimento de CR e sem o uso de ETCC. O teste de transferência foi realizado imediatamente após o teste de retenção. Nesse teste os indivíduos executaram 12 tentativas da tarefa no tempo absoluto de 1.300 ms, também sem o fornecimento de CR e sem o uso de ETCC.

Figura 8. Fases do experimento.



Fonte: Imagem de autoria do próprio autor

### 3.5 Análise Estatística

As variáveis dependentes foram:

Erro absoluto (EA) - corresponde à diferença entre o tempo realizado em valor absoluto e o tempo total desejado, possibilitando inferências sobre a capacidade de parametrização dos sujeitos, ou seja, sobre a flexibilidade adquirida na aprendizagem.

Erro relativo (ER) - se refere à soma das diferenças entre a proporção alvo e a proporção atingida para cada segmento (S):  $ER = |S1 - 22,2| + |S2 - 44,4| + |S3 - 33,3| \times 100$ . As proporções dos segmentos foram calculadas pela equação:  $S_n = (\text{tempo realizado no segmento } n / \text{tempo total do movimento}) \times 100$ . Essa medida se relaciona ao ganho de consistência, ou seja, a formação da estrutura do movimento.

Variabilidade por segmento (VS) - corresponde à estabilidade de desempenho do tempo relativo e foi calculado como a média dos desvios padrão entre o valor dos tempos relativos para os segmentos através de um bloco de tentativas:  $\text{variabilidade média do segmento} = (\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3) / 3$ , onde  $\sigma = (\text{desvio padrão do tempo de movimento real do segmento} / \text{tempo de movimento total}) \times 100$ . Assim,  $\sigma_1$ ,  $\sigma_2$  e  $\sigma_3$  são os desvios padrão dos valores de movimento dos segmentos 1, 2 e 3, respectivamente.

Para avaliar mais detalhadamente os dados, ainda foram utilizadas análises de aprendizagem *online* (diferença entre o último e o primeiro bloco da fase de aquisição), aprendizagem *off-line* da retenção (diferença entre o bloco do teste de retenção e o último bloco da fase de aquisição) e a aprendizagem *off-line* da transferência (diferença entre o bloco do teste de transferência e o último bloco da fase de aquisição) e desvio padrão no erro relativo e do erro absoluto.

Os dados foram organizados em blocos de 12 tentativas na fase de aquisição e testes de aprendizagem. Análise descritiva e inferencial foram realizadas a partir da média do erro absoluto (EA), do erro relativo (ER) e da variabilidade por segmento (VS). Para a análise da variabilidade foi utilizado o cálculo do desvio padrão das médias das medidas de ER e EA.

Inicialmente, foi realizada uma análise descritiva, por meio de histograma, e uma análise inferencial por meio de um teste Shapiro-Wilk para avaliação da normalidade dos dados. O valor adotado de alfa foi de  $p < 0,05$ . Os dados da fase de aquisição apresentaram normalidade. Os dados dos testes de retenção e transferência não apresentaram normalidade.

Posteriormente, foi utilizado ANOVA com medidas repetidas na fase de aquisição para identificar as possíveis diferenças entre os grupos, entre blocos das tentativas e a interação entre os grupos e blocos. Os dados que apresentaram diferença estatística pela ANOVA com medidas repetidas passaram pelo teste *post hoc* de *Tukey* para identificar a diferença.

Nos testes de retenção e transferência foi utilizado um teste de Mann-Whitney visando identificar se havia ou não diferença estatística entre os grupos G-AMS e GP-P nas variáveis dependentes.

O teste de Mann-Whitney também foi utilizado para o cálculo da aprendizagem *online* e *off-line*.

## 4 RESULTADOS

### 4.1 Erro absoluto

#### 4.1.1 Fase de aquisição

Na fase de aquisição, a análise descritiva indicou uma estabilização no desempenho dos grupos principalmente a partir do 6º bloco. De forma geral, os grupos apresentaram uma melhora no desempenho, caracterizada pela diminuição do EA ao longo da prática (GRÁFICO 1).

Os dados da aquisição foram analisados por meio de uma Anova *two-way* (2 grupos X 10 blocos) com medidas repetidas no segundo fator. A Anova *two-way* não indicou diferença significativa entre grupos [ $F(1,30) = 0,07$ ,  $p > 0,05$ ,  $\eta^2 = 0,00$ ,  $\beta = 0,05$ ]. Por outro lado, foi encontrada diferença significativa entre blocos [ $F(9,270) = 14,32$ ,  $p < 0,001$ ,  $\eta^2 = 0,32$ ,  $\beta = 1$ ]. O teste *post-hoc* de Tukey apontou diferença entre os seguintes blocos:

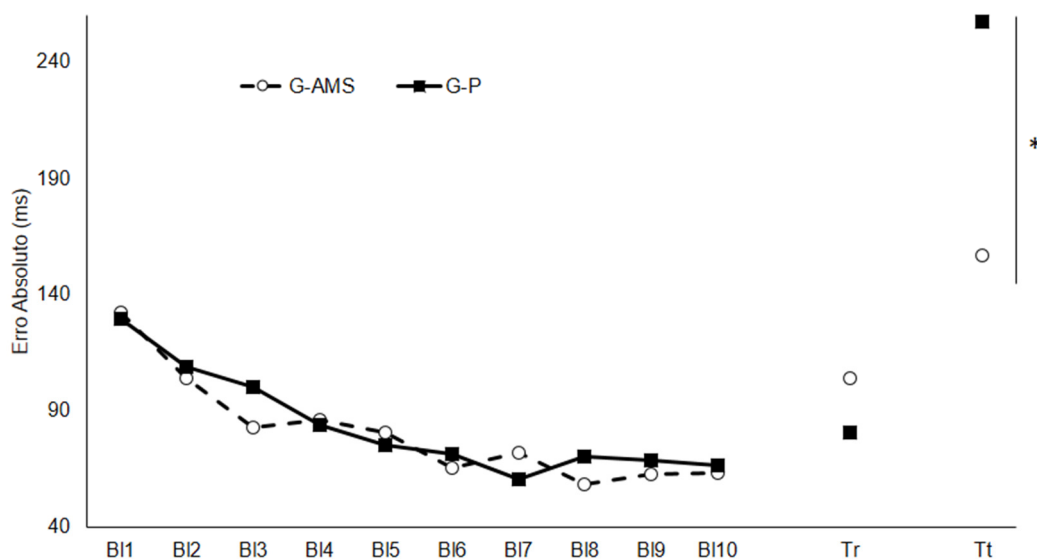
- o 1º bloco com maior número de erro comparado aos demais ( $p < 0,05$ );
- o 2º bloco com maior número de erros que o 6º, 7º, 8º, 9º e 10º bloco ( $p < 0,05$ );
- o 3º bloco com maior número de erros que o 10º bloco ( $p < 0,05$ ).

Não foi encontrada interação significativa entre grupos e blocos [ $F(9, 270) = 0,45$ ,  $p > 0,05$ ,  $\eta^2 = 0,01$ ,  $\beta = 0,22$ ].

#### 4.1.2 Testes de aprendizagem

Os dados dos testes de retenção e transferência foram analisados por meio do teste de Mann-Whitney. Não houve diferença significativa entre os grupos em relação ao teste de retenção ( $Z = -1,48$ ,  $p > 0,05$ ). Porém, houve diferença significativa em relação ao teste de transferência, sendo que o grupo G-AMS errou menos do que o grupo G-P ( $Z = -2,43$ ,  $p < 0,05$ ).

Gráfico 1 – Médias do EA dos grupos experimentais na fase de aquisição e testes de retenção (TR) e transferência (TT).

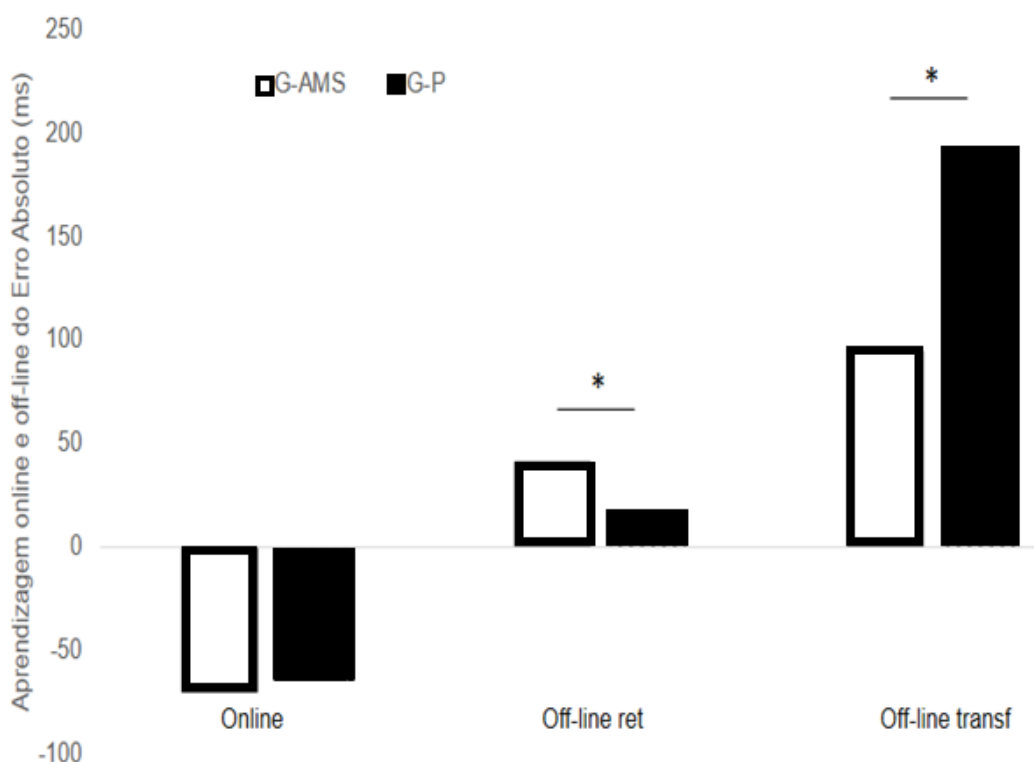


#### 4.1.3 Aprendizagem *online* e aprendizagem *off-line*

O teste de Mann-Whitney foi utilizado para avaliar o EA dos grupos G-AMS e G-P em relação a aprendizagem *online* durante a fase de aquisição e aprendizagem *off-line* nos testes de retenção e transferência (GRÁFICO 2).

Não foi observada diferença significativa entre os grupos em relação à aprendizagem *online* ( $Z=-0,62$ ,  $p>0,05$ ). Porém, houve diferença significativa em relação à aprendizagem *off-line* da retenção, sendo que o G-AMS apresentou menores níveis de aprendizagem do que o G-P ( $Z=-2,03$ ,  $p<0,05$ ) e também foi encontrada diferença estatística em relação a aprendizagem *off-line* da transferência, sendo que o grupo G-P apresentou menores níveis de aprendizagem do que o grupo G-AMS ( $Z=-2,00$ ,  $p<0,05$ ).

Gráfico 2 – Diferença entre o primeiro e último bloco da fase de aquisição e diferença entre os testes de retenção e transferência com o último bloco da fase de aquisição.



#### 4.1.4 Desvio padrão do erro absoluto

##### 4.1.4.1 Fase de aquisição

Na fase de aquisição, a análise descritiva dos grupos indicou uma estabilização no desempenho principalmente a partir do 6º bloco, caracterizada pela diminuição do desvio padrão do EA (GRÁFICO 3).

Os dados da aquisição foram analisados por meio de uma Anova *two-way* (2 grupos X 10 blocos) com medidas repetidas no segundo fator. A Anova *two-way* não detectou diferença significativa entre os grupos [ $F(1,30) = 0,17, p > 0,05, \eta^2 = 0,00, \beta = 0,06$ ]. Por outro lado, foi encontrada diferença significativa entre blocos [ $F(9,270) = 11,48, p < 0,001, \eta^2 = 0,27, \beta = 1$ ]. O teste *post-hoc* de Tukey apontou diferença entre os seguintes blocos:

- o 1º bloco apresentou desvio padrão maior que os demais blocos ( $p < 0,05$ );

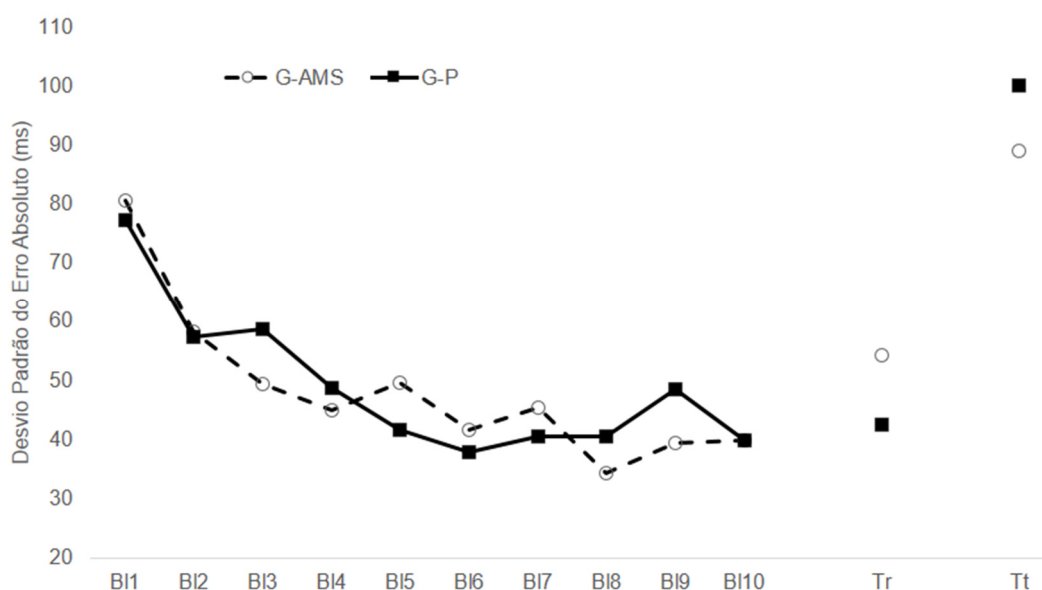
- o 2º bloco apresentou desvio padrão maior que o 10º bloco ( $p < 0,05$ ).

Não foi encontrada interação significativa entre grupos e blocos [ $F(9, 270) = 1,12$ ,  $p > 0,05$ ,  $\eta^2 = 0,03$ ,  $\beta = 0,55$ ].

#### 4.1.4.2 Testes de aprendizagem

Os dados dos testes de retenção e transferência foram analisados por meio do teste de Mann-Whitney. Não houve diferença significativa entre os grupos em relação ao teste de retenção ( $Z = -0,89$ ,  $p > 0,05$ ). Também não houve diferença significativa em relação ao teste de transferência ( $Z = -0,38$ ,  $p > 0,05$ ).

Gráfico 3 – Desvio padrão do EA dos grupos experimentais na fase de aquisição e testes de retenção (TR) e transferência (TT).



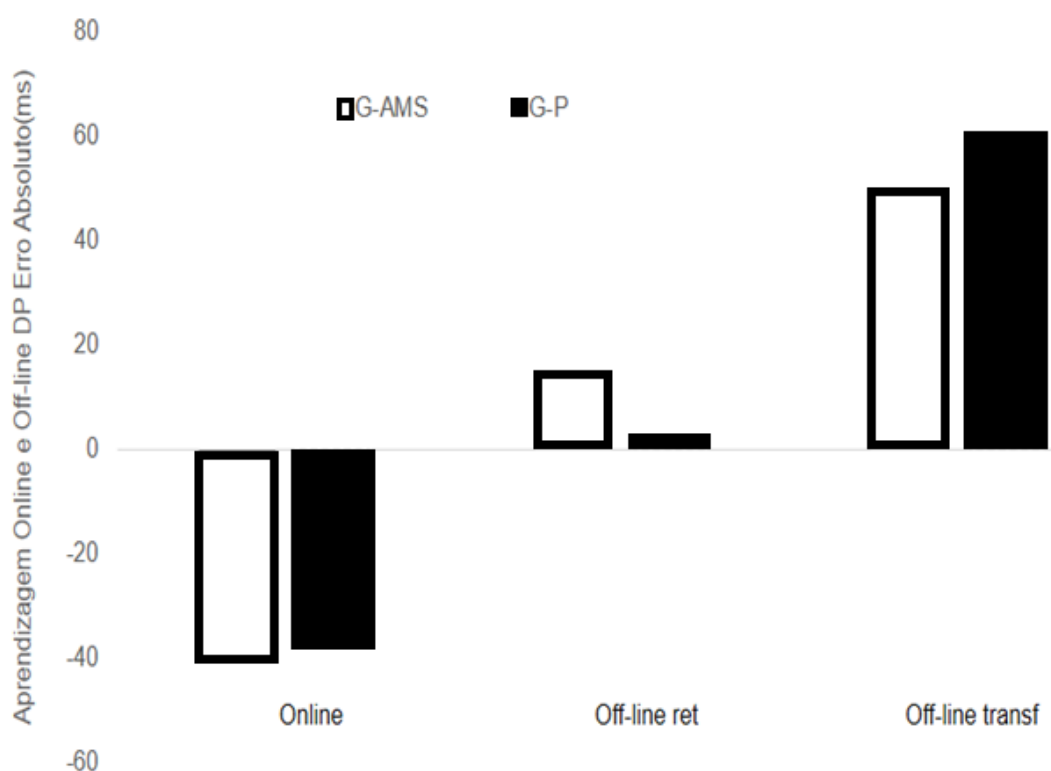
#### 4.1.4.3 Aprendizagem *online* e aprendizagem *off-line*

O teste Mann-Whitney foi utilizado para avaliar o desvio padrão do EA dos grupos G-AMS e G-P em relação a aprendizagem *online* durante a fase de aquisição e aprendizagem *off-line* nos testes de retenção e transferência (GRÁFICO 4).

Não houve diferença significativa entre os grupos em relação a aprendizagem *online* ( $Z = -0,19$ ,  $p > 0,05$ ). Também não houve diferença significativa em

relação a aprendizagem *off-line* nos testes de retenção ( $Z=-0,81$ ,  $p>0,05$ ) e transferência sendo ( $Z=-0,54$ ,  $p>0,05$ ).

Gráfico 4 – Diferença entre o primeiro e último bloco da fase de aquisição e diferença entre os testes de retenção e transferência com o último bloco da fase de aquisição.



## 4.2 Erro relativo

### 4.2.1 Fase de aquisição

Na fase de aquisição, a análise descritiva indicou uma estabilização no desempenho dos grupos principalmente a partir do 6º bloco. De forma geral, os grupos apresentaram uma melhora no desempenho, caracterizada pela diminuição do ER (GRÁFICO 5).

Os dados da aquisição foram analisados por meio de uma Anova *two-way* (2 grupos X 10 blocos) com medidas repetidas no segundo fator. A Anova *two-way*

não indicou diferença significativa entre grupos [ $F(1,33)=0,19$ ,  $p>0,05$ ,  $\eta^2=0,00$ ,  $\beta=0,07$ ]. Por outro lado, foi encontrada diferença significativa entre blocos [ $F(9,297) = 32,69$ ,  $p<0,001$ ,  $\eta^2=0,49$ ,  $\beta=1$ ]. O teste *post-hoc* de Tukey apontou diferença entre os seguintes blocos:

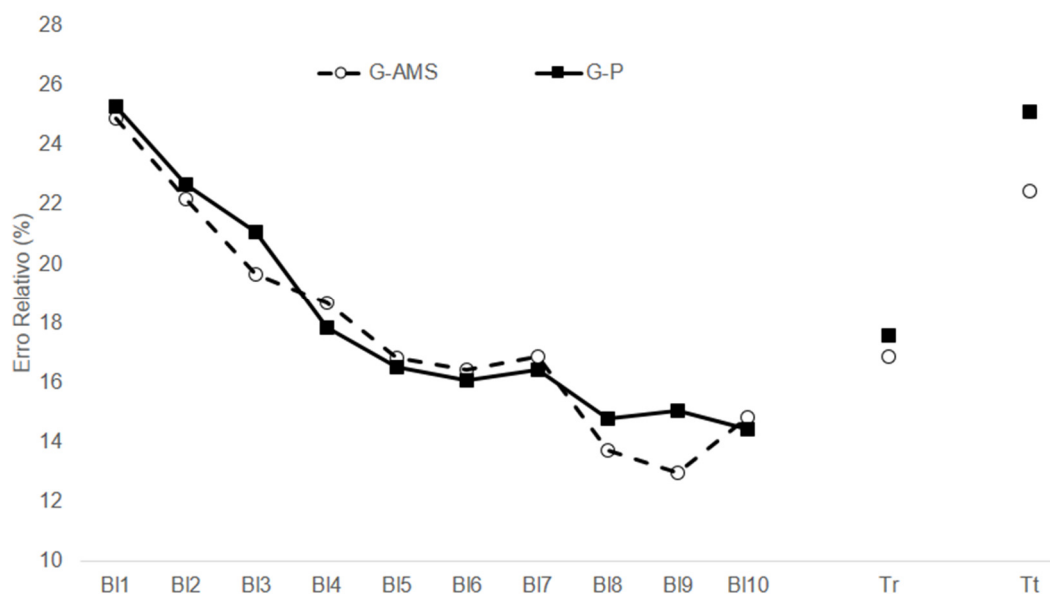
- o 1º bloco com maior número de erro que o 3º, 4º, 5º, 6º, 7º, 8º, 9º e 10º bloco ( $p<0,05$ );
- o 2º bloco com maior número de erros que o 4º, 5º, 6º, 7º, 8º, 9º e 10º bloco ( $p<0,05$ );
- o 3º bloco com maior número de erros que o 5º, 6º, 7º, 8º, 9º e 10º bloco ( $p<0,05$ );
- o 4º bloco com maior número de erros que o 8º, 9º e 10º bloco ( $p<0,05$ ).

Não foi encontrada interação significativa entre grupos e blocos [ $F(9, 297)=0,40$ ,  $p>0,05$ ,  $\eta^2=0,01$ ,  $\beta=0,20$ ].

#### 4.2.2 Testes de aprendizagem

Os dados dos testes de retenção e transferência foram analisados por meio do teste de Mann-Whitney. Não houve diferença significativa entre os grupos em relação ao teste de retenção ( $Z=-0,68$ ,  $p>0,05$ ). Também não houve diferença significativa em relação ao teste de transferência ( $Z=-0,78$ ,  $p>0,05$ ).

Gráfico 5 – Médias do ER dos grupos experimentais na fase de aquisição e testes de retenção (TR) e transferência (TT).

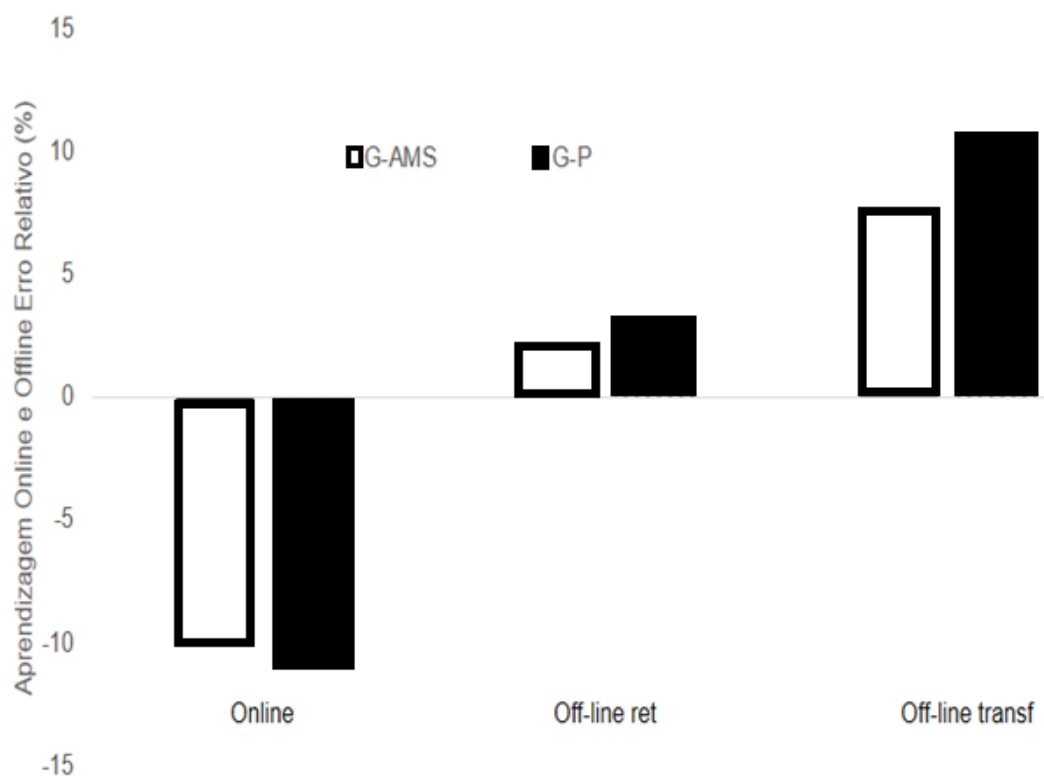


#### 4.2.3 Aprendizagem *online* e aprendizagem *off-line*

O teste Mann-Whitney foi utilizado para avaliar o ER dos grupos G-AMS e G-P em relação a aprendizagem *online* durante a fase de aquisição e aprendizagem *off-line* nos testes de retenção e transferência (GRÁFICO 6).

Não foi observada diferença significativa entre os grupos em relação a aprendizagem *online* ( $Z=-0,97$ ,  $p>0,05$ ). Também não houve diferença significativa em relação a aprendizagem *off-line* nos testes de retenção ( $Z=-0,16$ ,  $p>0,05$ ) e transferência ( $Z=-1,51$ ,  $p>0,05$ ).

Gráfico 6 – Diferença entre o primeiro e último bloco da fase de aquisição e diferença entre os testes de retenção e transferência com o último bloco da fase de aquisição.



#### 4.2.4 Desvio padrão do erro relativo

##### 4.2.4.1 Fase de aquisição

Na fase de aquisição, a análise descritiva dos grupos indicou uma estabilização no desempenho principalmente a partir do 4º bloco, caracterizada pela diminuição do desvio padrão do ER (GRÁFICO 7).

Os dados da aquisição foram analisados por meio de uma Anova *two-way* (2 grupos X 10 blocos) com medidas repetidas no segundo fator. A Anova *two-way* não detectou diferença significativa entre os grupos [ $F(1,33)=0,96$ ,  $p>0,05$ ,  $\eta^2=0,02$ ,  $\beta=0,15$ ]. Por outro lado, foi encontrada diferença significativa entre blocos [ $F(9,297)=5,22$ ,  $p<0,001$ ,  $\eta^2=0,13$ ,  $\beta=0,99$ ]. O teste *post-hoc* de Tukey apontou diferença entre os seguintes blocos:

- o 1º bloco apresentou desvio padrão maior que o 4º, 5º, 6º, 8º, 9º, 10º bloco ( $p<0,05$ );

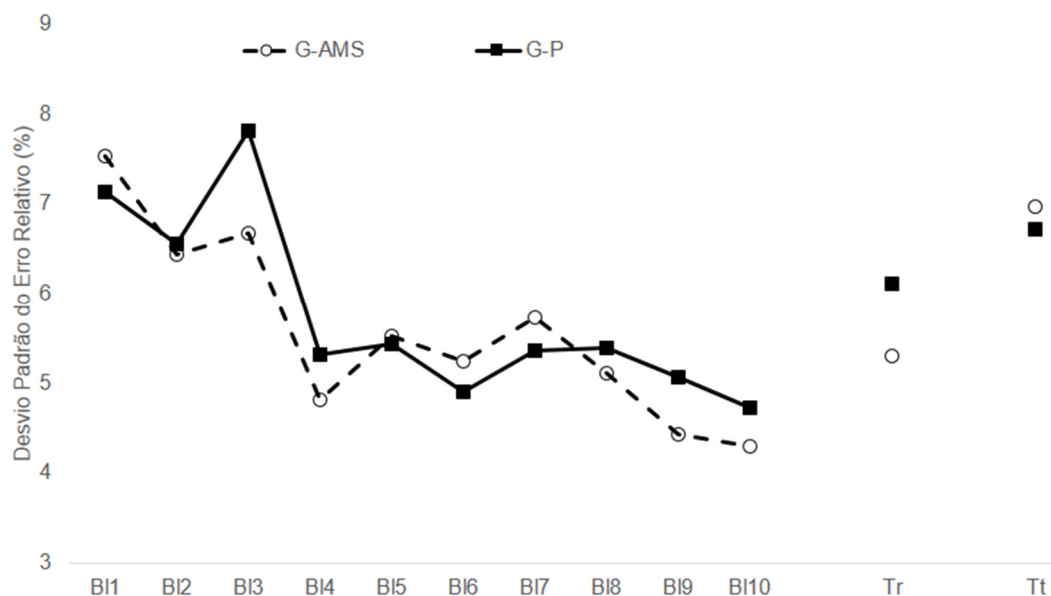
- o 3º bloco apresentou desvio padrão maior que o 4º, 6º, 8º, 9º e 10º bloco ( $p < 0,05$ );
- a partir do 4º bloco não houve diferença significativa em relação ao desvio padrão  $p > 0,05$ .

Não foi encontrada interação significativa entre grupos e blocos [ $F(9, 297) = 0,43$ ,  $p > 0,05$ ,  $\eta^2 = 0,01$ ,  $\beta = 0,21$ ].

#### 4.2.4.2 Testes de aprendizagem

Os dados dos testes de retenção e transferência foram analisados por meio do teste de Mann-Whitney. Não houve diferença significativa entre os grupos em relação ao teste de retenção ( $Z = -0,97$ ,  $p > 0,05$ ). Também não houve diferença significativa em relação ao teste de transferência ( $Z = -0,57$ ,  $p > 0,05$ ).

Gráfico 7 – Desvio padrão do ER dos grupos experimentais na fase de aquisição e testes de retenção (TR) e transferência (TT).

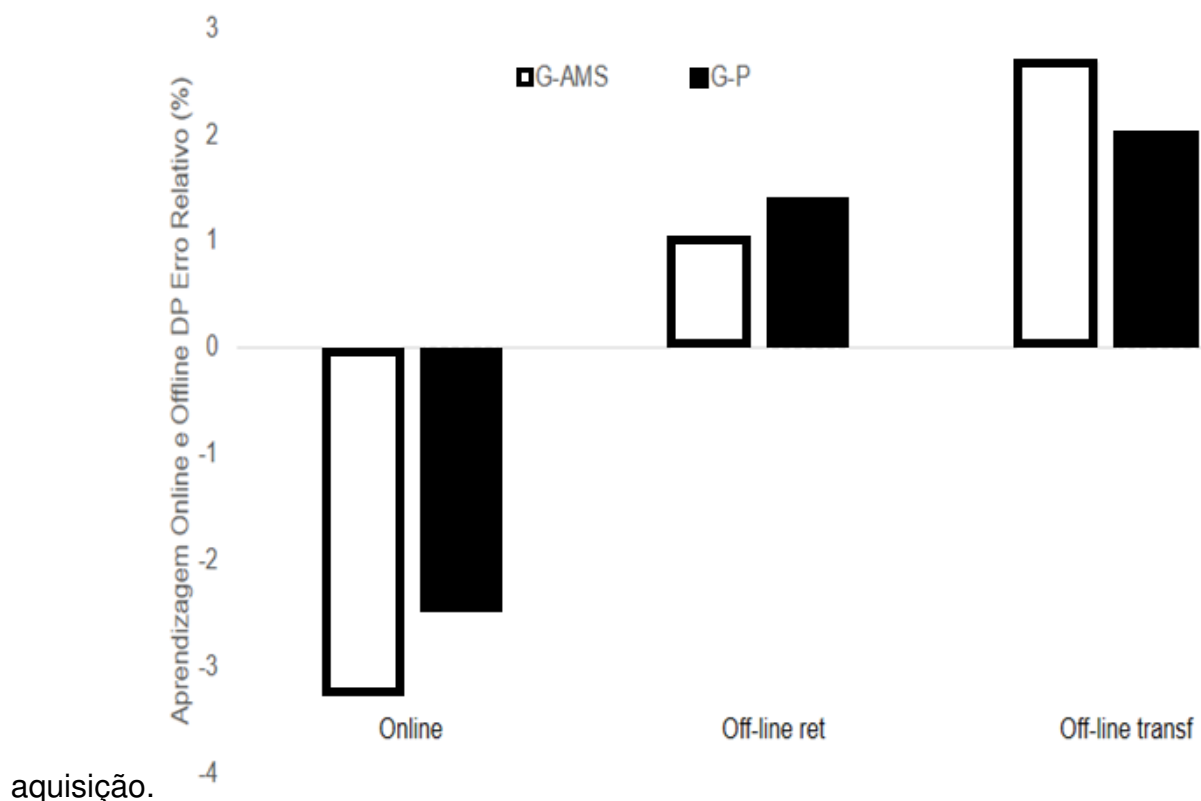


#### 4.2.4.3 Aprendizagem *online* e aprendizagem *off-line*

O teste Mann-Whitney foi utilizado para avaliar o desvio padrão do ER dos grupos G-AMS e G-P em relação a aprendizagem *online* durante a fase de aquisição e aprendizagem *off-line* nos testes de retenção e transferência (GRÁFICO 8).

Não houve diferença significativa entre os grupos em relação a aprendizagem *online* ( $Z=-1,19$ ,  $p>0,05$ ). Também não houve diferença significativa em relação a aprendizagem *off-line* nos testes de retenção ( $Z=-0,51$ ,  $p>0,05$ ) e transferência ( $Z=-1,19$ ,  $p>0,05$ ).

Gráfico 8 – Diferença entre o primeiro e último bloco da fase de aquisição e diferença entre os testes de retenção e transferência com o último bloco da fase de



### 4.3 Variabilidade por Segmento

#### 4.3.1 Fase de aquisição

Na fase de aquisição, a análise descritiva indicou uma estabilização no desempenho dos grupos principalmente a partir do 2º bloco. De forma geral, os grupos apresentaram uma melhora no desempenho, caracterizada pela diminuição da VS (GRÁFICO 9).

Os dados da aquisição foram analisados por meio de uma Anova *two-way* (2 grupos X 10 blocos) com medidas repetidas no segundo fator. A Anova *two-way* não detectou diferença significativa entres os grupos [ $F(1,29)=0,03$ ,  $p>0,05$ ,  $\eta^2=0,00$ ,  $\beta=0,05$ ]. Por outro lado, foi encontrada diferença significativa entre blocos [ $F(9,261) = 8,26$ ,  $p<0,001$ ,  $\eta^2=0,22$ ,  $\beta=1$ ]. O teste *post-hoc* de Tukey apontou diferença entre os seguintes blocos:

- o 1º bloco com maior VS que o 2º, 3º, 4º, 5º, 6º, 7º, 8º, 9º e 10º bloco ( $p<0,05$ );

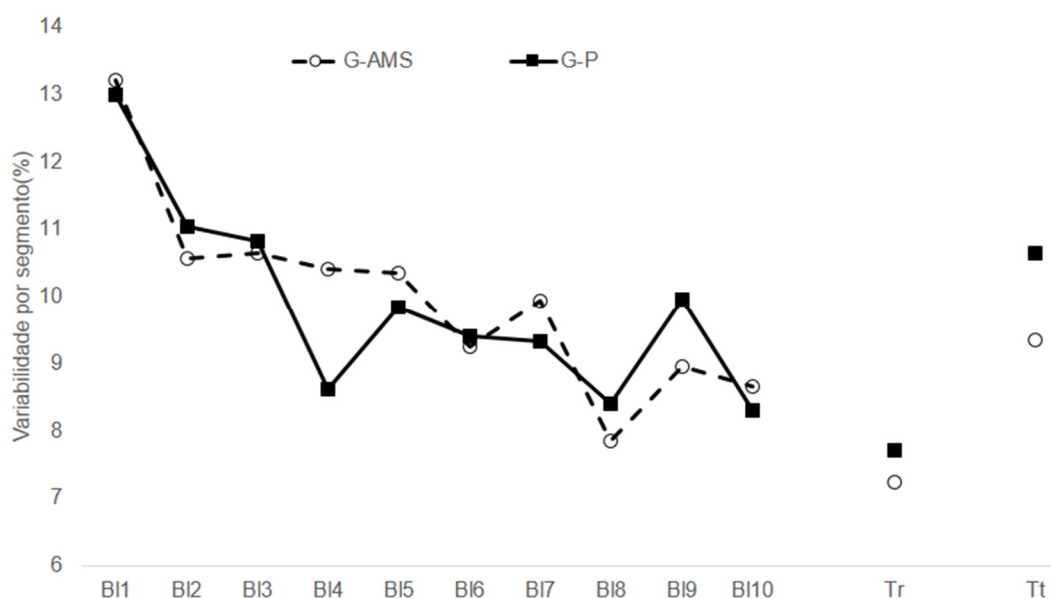
- o 2º bloco com maior VS que o 10º bloco ( $p < 0,05$ );
- a partir do 3º bloco não houve diferença significativa em relação a VS ( $p > 0,05$ ).

Não foi encontrada interação significativa entre grupos e blocos [ $F(9, 261) = 0,83$ ,  $p > 0,05$ ,  $\eta^2 = 0,02$ ,  $\beta = 0,40$ ].

#### 4.3.2 Testes de aprendizagem

Os dados dos testes de retenção e transferência foram analisados por meio do teste de Mann-Whitney. Não houve diferença significativa entre os grupos em relação ao teste de retenção ( $Z = -0,68$ ,  $p > 0,05$ ). Também não houve diferença significativa em relação ao teste de transferência ( $Z = -1,49$ ,  $p > 0,05$ ).

Gráfico 9 – Médias da variabilidade por segmento.

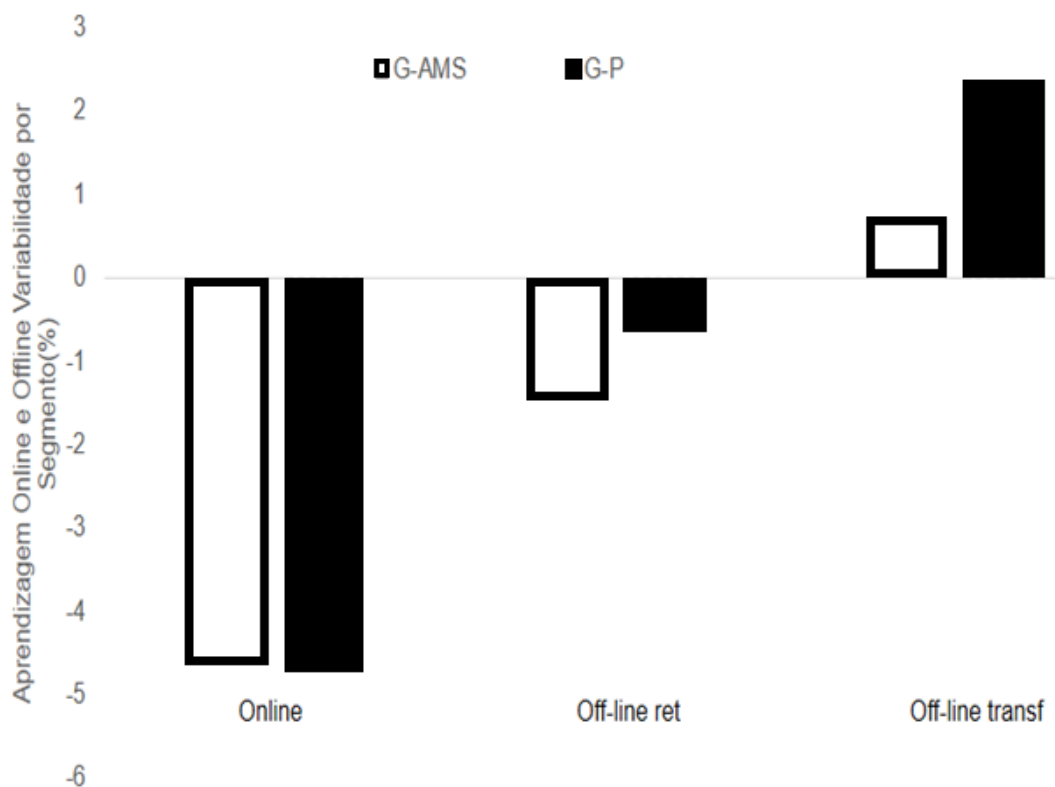


#### 4.3.3 Aprendizagem *online* e aprendizagem *off-line*

O teste Mann-Whitney foi utilizado para avaliar a VS dos grupos GP-AMS e GP-P em relação a aprendizagem *online* durante a fase de aquisição e aprendizagem *off-line* nos testes de retenção e transferência (GRÁFICO 10).

Não houve diferença significativa entre os grupos em relação à aprendizagem *online* ( $Z=-0,24$ ,  $p>0,05$ ). Também não houve diferença significativa em relação à aprendizagem *off-line* nos testes de retenção ( $Z=-1,08$ ,  $p>0,05$ ) e transferência ( $Z=-1,38$ ,  $p>0,05$ ).

Gráfico 10 – Médias da aprendizagem *online* e *off-line* da VS.



## 5 DISCUSSÃO

O objetivo desse estudo foi o de investigar o papel da área motora suplementar na aprendizagem das dimensões absoluta e relativa de uma habilidade motora. Foi levantada a hipótese de que a AMS estaria mais associada à aprendizagem da dimensão relativa do que a aprendizagem da dimensão absoluta. Os resultados do presente estudo não confirmam a hipótese proposta, pois a estimulação da AMS não gerou melhor aprendizagem da dimensão relativa por parte do grupo estimulado comparado ao grupo não estimulado.

A análise da dimensão relativa mostra que nenhuma das medidas do presente estudo suporta a hipótese de que a AMS estaria mais associada à dimensão relativa do que a dimensão absoluta de uma habilidade motora. A lógica proposta no presente estudo de que a estimulação da AMS facilitaria a aprendizagem da dimensão relativa vem de estudos como os de Roland *et al.* (1980), no qual a execução de uma sequência de ações, caracterizando um padrão de movimento, ativou mais a AMS do que o M1. Algumas possíveis explicações para não ter sido encontrada uma associação significativa entre a estimulação da AMS e uma melhor aprendizagem da dimensão relativa podem ser levantadas. Primeiramente, é possível que a estimulação da AMS não apresente benefícios significativos na aprendizagem da dimensão relativa devido à própria característica da prática à qual os sujeitos estavam engajados. Já é bem conhecido o papel efetivo da prática constante na aprendizagem da dimensão relativa da habilidade. A estabilidade gerada na prática constante impacta na aprendizagem do tempo relativo entre os componentes da habilidade, tendo em vista que a atenção do aprendiz pode ser mais direcionada para a dimensão relativa por não haver modificações tentativa-a-tentativa na dimensão absoluta (LAI; SHEA, 1998). Nesse sentido, é possível que a prática constante, por si só, já leve ao nível máximo de aprendizagem da dimensão relativa da habilidade. Em outras palavras, a prática constante é capaz de gerar um efeito teto na aprendizagem da dimensão relativa, impedindo assim que a estimulação gerasse um ganho maior do que aquele promovido pela própria prática.

Uma segunda possível explicação para a não confirmação da hipótese de estudo é a forma como os grupos foram testados que não foi a mais desafiadora para

a análise proposta. No presente estudo, dois grupos de prática constante foram testados na retenção e transferência com os mesmos valores de tempo relativo praticados na fase de aquisição. Como discutido na explicação anterior, é possível que a prática constante, por si só, leve a um bom desempenho nos testes que apresentam essas características. Uma forma mais efetiva de testagem dos grupos seria a exigência de novos tempos relativos no teste de transferência, pois assim seria medido de forma mais desafiadora o papel da AMS na geração de um padrão de movimento como efeito da prática anterior. Giuffrida, Shea e Fairbrother (2002) investigaram os efeitos das estruturas de prática constante, em blocos e seriada e da quantidade de prática na aprendizagem das dimensões absoluta e relativa. Os autores observaram que o que é alterado no teste de transferência, dimensão absoluta ou dimensão relativa, impacta de forma diferenciada na aprendizagem dos grupos. No caso da prática constante foi observado o benefício na aprendizagem da dimensão relativa quando o mesmo valor de parâmetro é exigido nos testes. Como sugestão para futuros estudos sugere-se que no teste de transferência seja mantido o mesmo valor de tempo absoluto, mas que se altere os tempos relativos da habilidade.

Um complemento à segunda possível explicação é a associação da baixa focalidade da técnica de ETCC com as características dos testes de aprendizagem. A aplicação da ETCC sobre a AMS pode ter estimulado regiões adjacentes como o M1. Campos elétricos induzidos por configurações anódica e catódica podem ser mais difusos do que campos induzidos por configurações de alta densidade (DAYAN *et al.*, 2013). Como o teste de transferência exigiu um novo valor de tempo absoluto, é possível que o melhor desempenho observado no grupo estimulado seja efeito da estimulação adjacente do M1. Apolinário-Souza *et al.* (2016) encontrou que a estimulação do M1 leva a uma melhor capacidade de parametrizar um novo valor de tempo absoluto.

Apesar de não ter sido encontrada associação significativa entre a estimulação da AMS e a aprendizagem da dimensão relativa, é possível especular sob um outro olhar para os resultados. A análise dos resultados obtidos na dimensão absoluta possibilita algumas reflexões sobre associações da AMS com a dimensão relativa. Quando analisados os resultados da aprendizagem *off-line* na dimensão absoluta observa-se uma menor associação com a AMS. Isso porque os participantes que receberam estimulação na AMS apresentaram um mesmo nível de desempenho

na dimensão absoluta no teste de retenção, porém, o processo de consolidação entre o fim da aquisição e o teste de retenção foi diferente entre os grupos. A aprendizagem, *off-line* está associada às melhoras ocorridas no período pós-prática, no qual a memória inicialmente frágil desenvolvida no período de prática é transformada em um traço estável e durável (CANTARERO; LLOYD; CELNIK, 2013; REIS; SCHAMBRA; COHEN *et al.*, 2009).

De certa forma, a aprendizagem motora de habilidades sequenciais depende de um processo de equilíbrio na aprendizagem das duas dimensões da habilidade, pois o aprendiz possui duas metas que devem ser aprendidas. Verwey e Wright (2004), por exemplo, assumem que a prática não produz somente uma única representação, mas sim, múltiplas representações codificadas para diferentes aspectos da habilidade. A estimulação da AMS deveria desequilibrar esse processo afetando mais positivamente a aprendizagem da dimensão relativa. Os resultados observados permitem concluir que a estimulação da AMS não apresentou exatamente o comportamento esperado na dimensão relativa, que era de melhora explícita do desempenho nessa dimensão. Como já discutido anteriormente, é possível que um efeito teto tenha restringido essa possibilidade de ganho. Porém, é possível especular que o processo diferenciado de aprendizagem *off-line* na dimensão absoluta explica indiretamente os benefícios da estimulação da AMS na dimensão relativa. A ETCC na AMS levou a processos de consolidação diferenciados nas duas dimensões da habilidade. O processo de consolidação que ocorre do fim da aquisição para o teste de retenção foi eficiente na dimensão relativa, mas não apresentou a mesma eficiência na dimensão absoluta, tendo em vista que o grupo estimulado apresentou maior decaimento do desempenho do fim da aquisição para o teste de retenção comparado ao grupo placebo.

Giuffrida, Shea e Fairbrother (2002) observaram que a repetição gerada pela prática constante leva a um maior nível de retenção da dimensão relativa quando comparada à estrutura de prática menos repetitiva que foi a seriada. Já na dimensão absoluta os grupos foram idênticos. No presente estudo, a estimulação somada à prática constante parece ter fortalecido de forma diferenciada as duas dimensões, criando um traço de memória mais forte para a dimensão relativa e uma representação mais fraca na dimensão absoluta. A ativação da AMS está associada à organização de sequências motoras (VOLLMANN *et al.*, 2013) que parece envolver não somente

os aspectos espaciais da habilidade, mas também a organização temporal, levando cada segmento do movimento a se relacionar precisamente na sequência dos componentes (GERLOFF *et al.*, 1997). No grupo placebo, o que observou-se foi um equilíbrio no processo de aprendizagem *off-line* nas duas dimensões. Um equilíbrio entre as ativações da área associada com o dimensão relativa, a AMS, e a área associada com a dimensão absoluta, o M1, levou a um processo de consolidação mais equilibrado entre as duas dimensões da habilidade motora. É importante ressaltar que apesar de o desempenho entre os grupos não apresentar diferença estatística no teste de retenção, o processo de consolidação foi menos eficiente na dimensão absoluta do grupo estimulado.

Por outro lado, a estimulação da AMS favoreceu não só o processo de aprendizagem *off-line* da aquisição para a transferência na dimensão absoluta, mas também o desempenho no teste de transferência. O equilíbrio apresentado na consolidação das duas dimensões da habilidade no grupo placebo, pode ter levado a uma dificuldade na atualização do valor de parâmetro exigido no teste de transferência. Giuffrida, Shea e Fairbrother (2002) e Lage *et al.* (submetido) observaram que a prática constante tende a criar uma forte representação das duas dimensões da habilidade que é quebrada no teste de transferência. Ao longo do processo de aprendizagem as dimensões são consolidadas em uma unidade que não é facilmente atualizada (GIUFFRIDA; SHEA; FAIRBROTHER, 2002). Mosha e Robertson (2016) propõem que memórias estáveis são menos suscetíveis a interferência e interrupções, porém, essa maior estabilidade dificulta a transferência de aprendizagem. Por outro lado, memórias instáveis, mais suscetíveis às interferências permitem melhor transferência. A partir do exposto é possível levantar a hipótese de que a estimulação da AMS levou a uma formação de uma representação forte em relação à dimensão relativa, porém a uma representação instável em relação à dimensão absoluta. Dessa forma, quando observado o processo de consolidação do fim da fase de aquisição e o teste de retenção, a aprendizagem *off-line* foi similar na dimensão relativa, mas menos eficiente na dimensão absoluta no grupo estimulado. Por outro lado, essa instabilidade na representação da dimensão absoluta favoreceu não somente o processo de aprendizagem *off-line* para o grupo estimulado, mas também evidenciou no desempenho a melhor capacidade de transferência de aprendizagem. Sugerem-se novos estudos para que essa hipótese seja verificada, a

investigação com delineamentos mais específicos pode trazer novos conhecimentos acerca da relação entre a regulação da ativação entre áreas motoras secundárias e a área motora primária. Algum indicativo sobre essa relação já é encontrado na literatura, mostrando que uma menor ativação do M1 leva a uma maior ativação da AMS (LEE *et al.*, 2003; PASCUAL-LEONE, 2006; WALSH; PASCUAL-LEONE, 2003).

## 6 CONCLUSÃO

No presente trabalho foi realizada comparação entre dois grupos, sendo um grupo com estimulação da AMS e outro não estimulado, com intuito de avaliar o papel da AMS na aprendizagem das dimensões relativa e absoluta de uma habilidade motora. Foi possível observar que no processo de consolidação do fim da fase de aquisição para o teste de retenção, a aprendizagem *off-line* foi similar na dimensão relativa, mas menos eficiente na dimensão absoluta no grupo estimulado. Também foi possível observar que a estimulação favorece a redução do erro absoluto no teste de transferência e aumenta os níveis de aprendizagem *off-line* do último bloco da aquisição para o teste de transferência do erro absoluto. É possível inferir por meio dos resultados que a AMS tem um papel importante na aprendizagem da dimensão absoluta.

Mais estudos que relacionam informações comportamentais e neurobiológicas são necessários para detalhar o papel da AMS na aprendizagem das dimensões absoluta e relativa. Um possível direcionamento para novas pesquisas, visando fortalecer os achados sobre a relação da AMS com a dimensão relativa da habilidade motora, seria realizar o teste de transferência com mudança somente na estrutura do movimento.

## REFERÊNCIAS

- AMADI, U.; LLIE, A.; JOHANSEN-BERG, H.; *et al.* Polarity-specific effects of motor transcranial direct current stimulation on fMRI resting state networks. **NeuroImage**, v. 88, p. 155–161, 2014.
- ANTAL, A.; NITSCHKE, M. A.; KINCSES, T. Z.; *et al.* Facilitation of visuo-motor learning by transcranial direct current stimulation of the motor and extrastriate visual areas in humans. **The European Journal of Neuroscience**, v. 19, n. 10, p. 2888–92, 2004.
- APOLINÁRIO-SOUZA, T.; ROMANO-SILVA, M. A.; MIRANDA, D. M.; *et al.* The primary motor cortex is associated with learning the absolute, but not relative, timing dimension of a task: A tDCS study. **Physiology and Behavior**, v.160, p.18-25, 2016.
- CANTARERO, G.; LLOYD, A.; CELNIK, P. Reversal of long-term potentiation-like plasticity processes after motor learning disrupts skill retention, **Journal of Neuroscience**, v.33, p.12862–12869, 2013.
- CARLSEN, A. N.; EAGLES, J. S.; MACKINNON, C. D. Transcranial direct current stimulation over the supplementary motor area modulates the preparatory activation level in the human motor system. **Behavior Brain Research**, v. 279, p. 68–75, 2015.
- CARTER, M. J.; MASLOVAT, D.; CARLSEN, A. N. Anodal transcranial direct current stimulation applied over the supplementary motor area delays spontaneous antiphase-to-in-phase transitions. **Journal of Neurophysiology**, v. 113, p. 780–785, 2015.
- CHUNG, G. H.; HAN, Y. M.; JEONG, S. H.; *et al.* Functional heterogeneity of the supplementary motor area. **American journal of neuroradiology**, v. 26, n. August, p. 1819–1823, 2005.
- CUNNINGTON, R.; BRADSHAW, J. L.; IANSEK, R. The role of the supplementary motor area in the control of voluntary movement. **Human Movement Science**, v.15, p. 627–647, 1996.
- DAYAN, E.; CENSOR, N.; BUCH, E. R.; *et al.* Noninvasive brain stimulation: from physiology to network dynamics and back. **Nature Neuroscience**, v.16, n.7, p. 838–844, 2013.

FREGNI, F.; BOGGIO, P. S.; NITSCHKE, M.; *et al.* Anodal transcranial direct current stimulation of prefrontal cortex enhances working memory. **Experimental Brain Research**, v.166, p.23–30, 2005.

GERLOFF, C.; TORO, C.; UENISHI, N.; *et al.* Steady-state movement-related cortical potentials: a new approach to assessing cortical activity associated with fast repetitive finger movements. **Electroencephalography and Clinical Neurophysiology**, v.102, p.106–113, 1997.

GIUFFRIDA, C. G.; SHEA, J. B.; FAIRBROTHER, J. T. Differential transfer benefits of increased practice for constant, blocked, and serial practice schedules. **Journal of Motor Behavior**, v. 34, n. 4, p. 65–353, 2002.

GLENCROSS, D. J.; WHITING, H. T. A.; ABERNETHY, B. Motor control, motor learning and the acquisition of skill: historical trends and future directions. **International Journal of Sport Psychology**, v. 25, p. 32–52, 1994.

JANUÁRIO, M. S. **Efeito da Combinação de Diferentes Estruturas de Prática na Aquisição de Habilidades Motoras**. 2011. Universidade Federal de Minas Gerais, 2011.

KAMINSKI, E.; HOFF, M.; SEHM, B.; *et al.* Effect of transcranial direct current stimulation (tDCS) during complex whole body motor skill learning. **Neuroscience Letters**, v. 552, p. 76–80, 2013.

LAGE, G. M. **Efeito de Diferentes Estruturas de Prática na Aprendizagem de Habilidades Motoras**. 2005. Universidade Federal de Minas Gerais, 2005.

LAGE, G. M.; ALVES, M. A. F.; OLIVEIRA, F. S.; *et al.* The combination of practice schedules: effects on relative and absolute dimensions of the task. **Journal of Human Movement Studies**, London, v. 52, p. 21-35, 2007.

LAGE, G. M. **Exercício Físico. Neuropsicologia do envelhecimento**. 1. ed. Porto Alegre: Artmed, v.1, 2013.

LAGE, G. M.; APOLINÁRIO-SOUZA, T.; ALBUQUERQUE, M. R.; *et al.* The effect of constant practice in transfer tests. Submetido.

LAI, Q.; SHEA, C. H. Generalized Motor Program (GMP) Learning: Effects of Reduced Frequency of Knowledge of Results and Practice Variability. **Journal of Motor Behavior**, v. 30, n. 1, p. 51–9, 1998.

LAI, Q.; SHEA, C. H. Bandwidth knowledge of results enhances generalized motor program learning. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, Washington, v.70, n.1, p.79-83, 1999.

LAI, Q. SHEA, C. H.; WULF, G.; *et al.* Optimizing generalized motor program and parameter learning. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, v. 71, n. 1, p. 10–24, 2000.

LEE, L.; SIEBNER, H. R.; ROWE, J. B.; *et al.* Acute remapping within the motor system induced by low-frequency repetitive transcranial magnetic stimulation. **Journal of Neuroscience**, v. 23, p. 5308–5318, 2003.

LENT, R. **A estrutura do Sistema Nervoso**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008.

MAGILL, Richard A. **Aprendizagem Motora - Conceitos e Aplicações**. 5 ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2000.

MÁRQUEZ-RUIZ, J.; LEAL-CAMPANARIO, R.; SÁNCHEZ-CAMPUSANO, R.; *et al.* Transcranial direct-current stimulation modulates synaptic mechanisms involved in associative learning in behaving rabbits. **Proceedings of the National Academy of Sciences**. v.109, p.6710–6715, 2012.

MEDEIROS, L. F.; SOUZA, I. C. C.; VIDOR, L. P.; *et al.* Neurobiological effects of transcranial direct current stimulation: a review. **Frontiers in Psychiatry**, 3, 110, 2012.

MOSHA, N.; ROBERTSON, E. M. Unstable memories create a high-level representation that enables learning transfer. **Current Biology**, v.26, p.100–105, 2016.

NITSCHKE, M.; PAULUS, W. Excitability changes induced in the human motor cortex by weak transcranial direct current stimulation. **The Journal of Physiology**, v. 527, p. 633–9, 2000.

NITSCHKE, M. A.; PAULUS, W. Sustained excitability elevations induced by transcranial DC motor cortex stimulation in humans. **Neurology**, v.57, p. 1899–1901, 2001.

NITSCHKE, M. FRICKE, K.; HENSCHKE, U.; *et al.* Pharmacological modulation of cortical excitability shifts induced by transcranial direct current stimulation in humans. **The Journal of Physiology**, v. 553, n.1, p. 293–301, 2003.

NITSCHKE, M. COHEN, L. G.; WASSERMANN, E. M.; *et al.* Transcranial direct current stimulation: State of the art 2008. **Brain Stimulation**, v. 1, n. 3, p. 206–23, 2008.

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

ORBAN de XIVRY, J. J.; SHADMEHR, R. electrifying the motor engram: effects of tDCS on motor learning and control. **Experimental Brain Research**. v. 232, p. 3379-3395, 2014.

PASCUAL-LEONE, A. Disrupting the brain to guide plasticity and improve behavior. **Progress in Brain Research**, v. 157, p. 315-329, 2006.

REIS, J.; SCHAMBRA, H. M.; COHEN, L. G.; *et al.* Noninvasive cortical stimulation enhances motor skill acquisition over multiple days through an effect on consolidation. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 106, n. 5, p. 1590–1595, 2009.

ROLAND, P. E.; LARSEN, B.; LASSEN, N. A.; *et al.* Supplementary motor area and other cortical areas in organization of voluntary movements in man. **Journal of Neurophysiology**, v. 43, n. 1, p. 118–36, 1980.

ROLAND, A. P. E. **Brain Activation**. New York: Wiley-Liss, 1993.

SCHMIDT, R. A. Psychological Review. **American Psychological Association**, v. 82, n. 4, p. 225 – 260, 1975.

SCHMIDT, R. A.; LEE, T. D. **Motor control and learning: a behavioral emphasis**. 3 ed. Champaign: Human Kinetics, 1999.

SHAPIRO, D.C.; SCHMIDT, R.A. The schema theory: recent evidence and developmental implications. In: KELSO, J.A.S.; CLARK, J.E. (Eds.). **The development of movement control and co-ordination**. Chichester: John Wiley & Sons, 1982. p.113-149.

SHIBASAKI, H.; SADATO, N.; LYSHKOW, H.; *et al.* Both primary motor cortex and supplementary motor area play an important role in complex finger movement. **Brain**, v. 116, p.1387–1398, 1993.

STAGG, C. J.; JAYARAM, G.; PASTOR, D.; *et al.* Polarity and timing-dependent effects of transcranial direct current stimulation in explicit motor learning. **Neuropsychologia**, v. 49, n. 5, p. 800–804, 2011.

VERWEY, W; WRIGHT, D. Effector-independent and effector dependent learning in the discrete sequence production task. **Psychology Research**, v.68, p.64 –70, 2004.

VOLLMANN, H.; CONDE, V.; SEWERIN, S.; *et al.* Anodal transcranial direct current stimulation (tDCS) over supplementary motor area (SMA) but not pre-SMA promotes short-term visuomotor learning. **Brain Stimulation**, v. 6, p. 101–107, 2013.

WALSH, V.; PASUAL-LEONE, A. **Transcranial Magnetic Stimulation: a neurochronometrics of Mind**. MIT Press, 2003.

WULF, G.; SCHMIDT, R. A. Variability in practice: Facilitation in retention and transfer through schema formation or context effects? **Journal of Motor Behavior**, v.20, p.133-149, 1988.

WULF, G.; LEE, T. D.; SCHMIDT, R. A. Reducing knowledge of results about relative versus absolute timing: Differential effects on learning. **Journal of Motor Behavior**, v. 26, p. 362–389, 1994.

## APÊNDICE A

### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

**Título do Estudo:** O papel da área motora suplementar na aprendizagem das dimensões relativa e absoluta de uma habilidade motora

**Coordenador:** Prof. Guilherme Menezes Lage\_ Departamento de Educação Física da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da UFMG

Gostaríamos de convidá-lo a participar de nosso estudo. O nosso objetivo é avaliar o papel da área motora suplementar na aprendizagem das dimensões relativa e absoluta de uma habilidade motora. Será utilizada uma técnica de estimulação não invasiva denominada de Estimulação Transcraniana por Corrente Contínua. Essa técnica é barata, indolor, segura e de fácil administração, tendo como princípio básico a aplicação de fraca corrente elétrica por meio do posicionamento de dois eletrodos sobre a cabeça (no couro cabeludo). Assim, este estudo pretende demonstrar o papel da área motora suplementar nas dimensões da aprendizagem motora.

**Procedimentos:** Você receberá a estimulação transcraniana por corrente contínua por meio de dois eletrodos que serão posicionados em pontos específicos de sua cabeça. Por ser uma corrente muito baixa (1 miliampére) depois de 30 segundos aproximadamente você não percebe mais a estimulação. Imediatamente após o fim da estimulação você realizará uma tarefa motora, caracterizado pela digitação de 4 teclas. Após 24 horas você será testado novamente na mesma tarefa. Os horários para a sua participação serão estabelecidos de acordo com sua disponibilidade. O tempo previsto para realização dos procedimentos é de 60 minutos em cada um dos dois encontros.

**Riscos e desconfortos:** A sua participação no estudo oferece riscos mínimos à sua saúde. Pode ocorrer um pequeno formigamento nos 30 segundos iniciais quando a estimulação transcraniana for iniciada. Após esse período essa sensação desaparece.

Há mínimo risco de algum desconforto muscular com a execução das tarefas motoras, tendo em vista que elas são similares a várias atividades manuais que você realiza diariamente. Qualquer desconforto deve ser relatado ao experimentador que o avaliará e encaminhará ao serviço fisioterápico ou médico.

**Confidencialidade e benefícios:** Para garantir a confidencialidade da informação obtida, seu nome não será utilizado em qualquer publicação ou material relacionado ao estudo. Não há benefício direto para você. Porém, os benefícios indiretos serão decorrentes da melhor compreensão da aprendizagem motora. Dessa forma, os resultados desse estudo irão contribuir para o avanço do conhecimento na área de Educação Física, Fisioterapia, terapia Ocupacional e Comportamento Motor, assim como para a prática do profissional que atua com o treinamento e a reabilitação de habilidades motoras.

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

**Gastos:** Não haverá ressarcimento de nenhum tipo de gasto.

Você pode solicitar mais informações ao longo do estudo com o pesquisador responsável pelo projeto (Guilherme Lage), por meio do telefone 8884-0411. Após a leitura completa deste documento, caso concorde em participar do estudo, você deverá assinar o termo de consentimento abaixo e rubricar todas as folhas desse termo.

## **TERMO DE CONSENTIMENTO**

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

---

Assinatura do Voluntário

---

Data

---

Guilherme Menezes Iage

---

Data

**COEP – Comitê de Ética em Pesquisa/UFMG**

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

Email: [coep@prpq.ufmg.br](mailto:coep@prpq.ufmg.br).

**APÊNDICE B – Tabela dos dados individuais do erro relativo dos grupos G-AMS e G-P**

Grupo/ Sujeito	Blocos da Fase de Aquisição										Testes	
	BL1	BL2	BL3	BL4	BL5	BL6	BL7	BL8	BL9	BL10	TR	TT
G-AMS												
1	37,99	32,58	22,90	15,71	13,54	21,13	16,16	10,90	15,65	14,90	11,24	15,77
2	14,91	17,06	12,22	12,83	9,12	10,56	10,17	11,72	11,57	11,62	12,13	18,60
3	24,42	20,42	29,50	25,02	16,84	24,88	17,45	8,24	11,89	16,28	19,64	43,02
4	21,42	14,45	12,69	12,22	11,35	15,76	14,00	11,47	6,65	9,37	14,19	15,32
5	29,28	27,28	26,56	20,50	14,90	14,58	28,49	19,13	13,66	15,25	12,10	18,67
6	46,92	39,66	31,22	28,19	29,22	27,75	25,54	13,70	12,98	26,94	33,65	28,41
7	20,03	30,73	17,74	21,97	20,84	15,18	17,41	17,72	17,41	18,66	17,21	27,97
8	18,81	20,04	14,96	16,44	16,85	11,77	10,71	11,27	9,73	13,92	15,74	28,04
9	24,48	26,55	22,03	30,45	26,73	26,40	27,61	23,55	12,98	25,93	30,55	23,65
10	23,07	15,93	14,32	13,90	13,86	12,00	13,52	12,69	12,11	8,71	9,69	14,16
11	12,73	9,61	11,88	13,82	8,23	9,20	9,14	9,21	8,92	6,93	8,24	13,13
12	8,74	4,33	4,33	3,23	6,70	4,52	6,40	3,64	3,57	5,06	11,44	9,66
13	32,64	27,33	22,63	18,07	20,30	18,93	20,24	13,24	16,32	18,45	29,18	22,44
14	22,04	23,90	21,42	22,98	18,18	14,09	13,87	13,70	14,87	18,93	23,48	22,84
15	21,95	21,22	23,15	22,61	18,32	18,04	14,41	15,64	13,59	16,30	14,94	24,21
16	20,18	22,37	24,69	19,96	18,94	18,70	18,31	11,41	10,02	10,46	17,91	31,28
17	24,69	21,10	16,26	13,96	14,14	9,95	14,92	13,20	14,03	11,25	13,10	16,54
18	23,61	18,84	18,71	16,26	18,49	18,87	17,15	11,95	12,69	8,35	12,54	20,38
19	53,90	30,95	32,71	31,31	29,54	29,04	28,75	29,10	28,93	29,09	16,89	25,49
20	16,51	19,92	13,43	14,76	10,87	7,06	13,06	12,59	12,04	10,53	13,88	29,37
G-P												
1	27,16	22,39	24,49	21,27	21,29	18,55	17,32	15,32	15,07	9,97	15,31	30,70
2	28,55	24,39	23,87	20,80	15,92	25,92	21,97	16,69	18,12	21,65	16,27	22,90
3	27,66	20,72	20,28	17,93	19,06	18,27	18,29	14,36	25,25	21,42	13,99	24,84
4	25,29	22,67	21,10	17,83	16,52	16,07	16,44	14,79	15,04	14,45	17,19	11,54
5	26,08	16,15	11,93	12,88	14,50	11,79	12,90	8,98	11,65	12,05	13,52	21,04
6	27,39	27,79	30,80	31,28	31,73	33,07	33,81	14,79	33,54	34,12	30,36	49,80
7	21,42	14,30	14,23	13,33	9,70	10,05	12,79	11,02	9,36	9,50	18,12	15,78
8	32,29	23,22	17,78	13,49	15,76	19,66	25,07	13,86	11,60	12,58	11,32	22,42
9	17,04	41,83	12,96	12,43	11,15	11,97	10,79	12,80	12,81	8,92	11,79	16,63
10	26,89	25,33	20,71	12,28	16,77	9,58	13,63	10,04	10,23	10,26	22,13	21,81
11	29,42	21,29	20,84	17,47	18,40	19,59	16,16	19,77	13,92	16,70	25,91	25,23
12	31,38	20,41	16,99	17,63	17,15	16,71	15,20	17,29	15,00	15,36	14,20	22,92
13	17,49	15,17	14,70	21,44	15,14	13,67	15,93	13,26	12,99	11,35	18,21	24,87
14	35,00	37,47	48,85	37,50	26,54	17,98	19,34	25,19	23,71	17,89	17,60	27,03
15	31,34	17,39	31,77	30,69	23,22	27,18	19,08	22,80	17,59	15,77	20,64	33,20
16	19,59	17,95	11,75	13,75	15,02	13,19	13,05	13,64	9,66	13,32	12,56	30,38
17	29,11	30,99	34,04	14,43	11,86	10,66	16,87	16,48	14,31	12,20	35,58	25,11
18	17,40	14,47	9,57	7,48	11,12	9,81	11,48	12,62	12,58	10,97	18,70	12,91
19	19,71	18,77	20,32	14,49	10,44	10,39	11,02	11,42	10,66	8,83	9,07	44,86
20	15,65	20,74	15,13	8,37	9,29	7,35	7,78	10,78	7,71	11,74	9,51	18,17

**APÊNDICE C – Tabela dos dados individuais do erro absoluto dos grupos G-AMS e G-P**

Grupo/ Sujeito	Blocos da Fase de Aquisição										Testes	
	BL1	BL2	BL3	BL4	BL5	BL6	BL7	BL8	BL9	BL10	TR	TT
G-AMS												
1	175,5	123,9	80,49	78,72	64,67	79,61	51,11	48,18	58,71	44,21	58,53	96,51
2	62,05	55,56	40,44	56,1	42,72	36,74	41,33	54,15	42,46	40,65	86,67	105,2
3	156,1	86,83	183,8	162,3	80,51	65,31	110,5	43,16	46,28	81,02	147,9	157,4
4	82,87	56,41	52,1	38,89	50,64	40,97	79,86	46,68	53,08	51,91	39,34	112,1
5	106,7	78,78	47,04	65,91	83,57	70,74	87,99	117,6	101,5	60,86	95,76	109,5
6	132,5	103,8	101,4	81,94	91,35	78,38	49,24	51,31	50,62	78,66	169,9	254,5
7	153,6	210,8	104,3	92,18	130,1	104,9	66,2	58,39	94,86	106,9	84,76	161,2
8	99,59	108,9	82,85	111,6	106,8	80,23	32,18	68,81	58,84	81,2	124,1	211,9
9	102,2	97,46	54,18	67,38	91,5	69,51	78,24	74,8	101,7	49,92	72,39	71,7
10	73,17	54,62	56,47	53,49	54,06	57,64	59,2	41,79	66,71	36,7	60,7	137,2
11	60,72	55,29	61,85	56,94	46,67	28,72	53,32	23,04	31,22	35,09	49,08	86,78
12	49,1	25,65	21,25	13,18	33,79	19,2	39,85	21,95	21,38	26,15	57,23	35,32
13	188,7	163,2	99,29	96,75	100,6	52,76	98,57	66,5	59,9	63,18	151,3	157,4
14	138,2	184,6	133,8	187	100,3	67,5	107,5	90,93	74,67	92,19	209,2	290,8
15	149	166,4	82,8	170,3	101,5	98,82	88,44	75,49	96,84	107,5	52,77	173,4
16	110,9	64,45	66,56	70,15	76,69	76,7	87,91	41,82	30,96	68,01	79,44	251,8
17	106,1	79,56	75,51	70,26	76,21	38,88	56,75	56,08	58,77	34,04	61,91	114,1
18	134,8	108,3	109,6	129,6	118,4	124,9	108,9	66,73	76,88	47,1	78,76	88,04
19	463,7	154,5	97,86	55,81	93,95	76,85	66,52	38,97	64,95	90,14	337,6	191,5
20	103,8	96,91	104,6	64,81	66,24	38,1	76,81	81,52	68,2	68,21	67,29	341,3
G-P												
1	177,2	150,9	167,7	157,4	145,4	134,2	81,26	98,17	90,76	52,96	120,8	386,2
2	204,8	170,9	174,9	87,59	92,96	71,53	60,88	92,25	122,8	156,2	110,8	271,5
3	65,45	80,8	36,97	65,27	80,88	90,29	33,13	44,92	120,4	65,83	56,76	264,8
4	153,2	80,74	89,04	54,22	63,31	59,95	85,94	38,77	78,66	87,03	145	137,2
5	166,1	75,23	31,48	46,08	42,5	47,94	15,41	37,59	58,89	39,78	34,05	219,5
6	79,1	97,58	154,1	158,9	150,9	198,9	60,88	173	68,94	66,41	241,2	257,6
7	134,7	50,43	57,88	67,89	27,35	37,5	41,28	35,51	33,85	42,46	153,9	97,79
8	110,9	59,95	65,94	63,66	80,38	36,65	143,8	69,32	49,82	60,2	46,16	283,4
9	65,77	108,9	84,54	65,53	36,05	44,75	39,76	42,15	34,63	40,13	40	207,8
10	130,3	115,9	63,66	56,83	78,83	41,89	63,05	46,72	49,1	67,95	38,85	197,3
11	168,2	71,49	69,57	83,23	64,48	49,35	47,31	106,7	92,71	64,28	77,39	68,69
12	156,9	126,5	103,1	101	82,29	64,57	50,78	87,21	46,9	76,94	29,99	292,8
13	73,24	82,46	45,6	148,9	104,1	61,9	61,64	47,7	70,25	60,87	45,56	329,9
14	202,8	226,6	100,3	83,83	75,17	140,3	121	70,16	149,5	121,6	80,84	151,5
15	199,1	118,3	176	188,5	80,54	101,7	67,42	77,48	50,63	56,63	77,22	280,1
16	118,3	121,6	84,8	72,14	54,78	68,71	39,08	41,84	40,66	48,5	64,73	385,2
17	67,44	181,7	248,6	42,56	65,96	60,75	71,39	119,9	80,56	61,93	80,84	726
18	103,7	65,06	40,58	27,08	50,49	32,87	36,14	87,28	66,4	68,21	76,67	114,7
19	100,7	42,56	87,48	68,59	59,44	42,81	61,46	50,05	49,96	36,82	58,05	396,6
20	116,2	149,7	123,6	37,48	67,54	44,17	36,17	36,76	23,57	53,44	37,99	82,65

**APÊNDICE D** – Tabela dos dados individuais da variabilidade por segmento dos grupos G-AMS e G-P

Grupo/ Sujeito	Blocos da Fase de Aquisição										Testes	
	BL1	BL2	BL3	BL4	BL5	BL6	BL7	BL8	BL9	BL10	TR	TT
G-AMS												
1	19,04	14,25	12,40	9,07	8,50	9,25	9,86	7,95	11,51	7,24	7,45	6,69
2	9,37	9,79	5,57	5,73	6,99	9,13	8,85	8,86	10,66	8,20	7,80	8,46
3	15,95	11,07	14,61	15,75	10,34	13,71	12,62	10,17	10,48	9,69	12,19	9,36
4	13,28	10,35	9,15	8,96	13,09	4,13	6,69	5,56	5,74	6,84	4,29	5,53
5	6,27	10,37	9,82	10,40	7,77	12,22	15,39	7,84	14,82	11,63	9,26	14,02
6	19,44	7,06	9,46	10,40	9,01	4,34	4,37	4,67	5,20	7,03	6,91	10,98
7	11,93	7,64	14,68	18,69	9,01	15,77	15,84	9,45	10,69	12,58	7,25	17,57
8	9,02	12,39	6,35	6,91	10,08	10,49	5,22	7,29	6,77	9,08	7,12	14,60
9	20,29	8,91	10,48	6,31	19,81	6,68	17,69	12,75	9,90	8,65	10,67	5,57
10	18,50	11,12	10,28	9,54	10,37	9,09	10,53	9,74	7,85	7,80	7,89	6,26
11	9,30	9,04	5,10	9,03	8,67	5,97	6,93	6,33	8,62	9,13	5,31	6,30
12	5,53	3,99	5,94	3,00	5,54	3,92	4,66	2,68	3,68	2,80	4,51	7,03
13	19,77	13,66	15,74	15,73	13,89	13,53	12,02	9,25	11,86	13,00	7,25	10,07
14	14,13	13,24	14,46	13,20	13,32	6,65	9,61	8,14	9,47	15,63	8,06	7,19
15	17,49	11,46	13,48	11,69	11,75	12,69	9,85	8,25	6,66	9,17	7,52	11,98
16	14,03	10,56	17,30	19,00	15,91	14,29	12,97	9,94	12,85	9,21	10,00	13,53
17	9,77	14,95	10,27	9,36	6,40	7,93	10,07	9,59	10,33	8,56	4,22	7,31
18	11,45	11,83	14,25	11,11	13,92	14,57	11,85	7,84	9,53	4,90	5,99	11,34
19	5,11	5,48	4,79	4,87	3,71	4,49	3,60	4,25	3,15	5,05	4,94	4,32
20	14,73	14,20	8,79	9,70	8,88	6,15	10,35	6,30	9,52	6,83	6,32	9,01
G-P												
1	12,99	18,32	16,51	15,51	14,69	12,02	11,94	9,02	11,62	5,48	6,01	10,24
2	15,80	16,18	12,04	14,81	11,07	14,35	13,59	10,14	12,73	8,46	11,22	13,66
3	7,88	10,23	9,01	10,00	15,73	7,70	10,06	10,72	20,43	12,00	7,94	11,91
4	18,99	11,01	14,34	7,78	7,91	9,07	6,74	6,45	9,96	8,56	4,55	8,50
5	12,68	6,02	5,35	5,14	5,06	7,21	3,79	3,81	4,23	3,31	4,20	7,12
6	5,88	6,33	4,16	4,18	5,00	4,28	5,14	4,25	4,82	3,99	3,76	5,29
7	12,09	11,46	7,58	8,57	7,22	6,92	8,43	8,23	6,30	7,07	7,67	8,74
8	11,80	10,40	8,26	7,54	9,74	9,22	15,67	9,72	8,57	9,66	12,84	8,16
9	14,64	17,77	11,69	8,23	7,44	9,41	7,82	8,88	8,84	7,80	9,23	9,58
10	20,84	18,62	14,94	8,90	10,98	10,24	11,66	10,77	8,31	9,57	7,34	13,56
11	13,62	12,40	12,74	14,19	13,67	11,64	11,10	15,28	11,70	12,54	12,48	16,15
12	17,00	12,96	12,59	7,42	5,73	5,22	5,87	5,95	6,12	5,73	7,30	10,55
13	12,57	9,65	10,47	8,89	9,78	13,60	12,55	7,87	9,50	8,10	8,42	9,79
14	10,86	8,30	10,83	3,17	16,12	8,89	7,32	6,13	10,39	7,54	7,72	14,26
15	18,65	13,70	10,83	8,62	20,07	18,86	15,07	8,40	21,25	14,93	6,24	12,42
16	11,58	6,67	7,15	6,80	6,06	9,41	8,70	11,60	7,70	8,77	8,16	10,17
17	4,31	2,26	21,09	7,32	8,41	7,19	8,61	7,14	8,55	9,85	7,70	9,66
18	13,63	11,63	6,93	8,45	7,34	6,68	7,45	6,06	9,73	8,96	9,91	9,48
19	13,13	9,02	12,03	8,51	9,32	11,07	9,33	10,71	10,01	5,10	5,84	13,04
20	10,89	8,07	8,08	8,43	5,43	5,30	5,68	6,87	8,57	8,76	5,90	10,65

**APÊNDICE E – Tabela dos dados individuais do DP do erro relativo dos grupos G-AMS e G-P**

Grupo/ Sujeito	Blocos da Fase de Aquisição										Testes	
	BL1	BL2	BL3	BL4	BL5	BL6	BL7	BL8	BL9	BL10	TR	TT
G-AMS												
1	8,34	5,23	6,04	4,29	5,50	10,17	8,24	3,72	4,37	2,35	3,74	5,10
2	4,88	8,38	5,82	4,13	4,34	4,24	4,32	4,65	4,92	4,60	5,45	5,95
3	9,13	5,55	10,80	8,93	5,52	9,78	7,93	2,63	4,34	6,14	4,07	14,69
4	10,85	6,86	5,76	5,91	3,36	3,79	4,15	4,11	3,30	1,99	3,43	2,55
5	2,84	6,49	9,54	6,57	4,71	5,08	16,19	10,23	5,19	7,70	4,22	10,84
6	7,13	8,01	4,89	5,58	8,11	4,11	2,17	5,11	4,43	4,86	11,04	8,25
7	5,82	5,42	7,44	5,55	4,92	7,00	4,82	8,98	6,21	3,79	7,93	6,97
8	5,54	3,50	3,11	4,03	4,21	4,05	4,22	1,86	4,50	4,24	4,59	10,40
9	7,91	7,98	9,00	5,58	7,94	4,34	6,95	9,05	4,43	4,43	6,09	4,23
10	9,81	9,01	8,40	2,90	7,59	3,92	6,66	5,77	3,16	5,43	4,35	4,60
11	5,76	3,09	5,68	4,91	3,36	3,43	5,50	3,93	2,05	3,28	3,35	3,33
12	3,58	2,73	2,56	1,07	2,69	1,66	3,75	1,82	1,66	1,95	3,68	2,10
13	15,73	11,32	9,03	7,18	8,27	7,48	4,98	6,06	8,15	6,37	13,53	6,98
14	7,41	6,93	7,12	3,42	3,57	4,61	4,79	3,00	5,53	6,27	2,14	6,09
15	3,92	3,51	6,60	6,50	10,63	4,49	4,96	6,83	5,36	4,80	6,25	9,87
16	6,69	14,11	10,62	4,00	8,01	8,52	7,66	5,15	5,21	4,03	3,92	10,76
17	5,70	4,73	8,56	3,17	4,08	6,90	4,71	5,07	5,02	5,39	3,28	4,03
18	6,37	7,01	7,14	4,03	7,39	6,59	5,25	5,68	3,41	2,39	5,17	6,24
19	19,13	3,02	2,74	3,39	2,53	2,18	3,38	4,07	2,66	3,64	5,31	4,00
20	4,20	6,13	2,70	5,18	3,71	2,62	4,14	4,55	4,70	2,40	4,70	12,64
G-P												
1	10,22	5,68	10,01	7,51	7,87	5,36	7,55	8,47	3,08	3,52	5,67	5,97
2	8,34	6,44	6,39	5,70	4,41	7,14	8,14	3,49	3,64	9,48	5,14	7,97
3	6,37	7,56	6,92	9,44	6,85	7,43	5,87	5,40	19,84	7,74	5,62	10,38
4	7,14	6,56	7,82	5,32	5,43	4,90	5,36	5,38	5,06	4,73	3,96	5,87
5	18,44	3,42	2,52	1,72	2,58	2,27	2,48	2,91	2,35	1,86	3,58	3,99
6	2,96	3,84	2,43	2,94	3,54	2,49	3,30	5,38	2,49	1,90	1,98	2,89
7	9,44	3,31	4,18	5,12	4,02	3,69	4,71	3,31	2,57	2,79	5,79	8,91
8	3,49	3,57	5,12	6,16	4,56	3,86	12,33	6,56	4,55	4,92	7,92	4,46
9	5,95	21,30	5,72	3,31	5,65	6,28	4,68	4,18	5,31	3,26	3,95	2,67
10	10,16	12,44	8,56	6,40	5,02	5,07	6,96	6,90	4,36	3,86	9,47	11,44
11	5,53	4,23	4,93	5,01	7,95	3,82	6,14	6,56	5,26	7,15	9,99	6,57
12	8,47	6,47	7,20	4,10	2,87	4,32	3,72	2,96	2,81	3,07	4,58	3,40
13	5,75	7,67	7,03	5,57	6,33	7,26	5,27	4,53	4,20	4,18	8,24	7,16
14	5,58	8,07	17,18	2,63	12,61	3,49	3,57	5,40	6,75	5,56	6,11	6,12
15	8,97	5,82	19,70	8,88	7,91	9,79	5,54	10,02	8,64	8,45	10,09	6,47
16	3,06	5,79	3,46	5,11	4,74	5,76	4,93	4,92	3,08	5,33	3,30	1,95
17	3,06	1,71	17,57	5,44	4,48	3,65	5,73	6,12	3,93	3,16	11,36	6,72
18	4,43	7,62	3,87	2,93	4,43	3,23	4,85	3,79	5,44	3,49	8,50	5,77
19	8,72	7,02	8,17	7,72	5,10	5,83	2,89	5,98	3,73	3,87	3,23	23,08
20	6,81	2,80	7,65	5,44	2,34	2,54	3,18	5,47	4,16	6,20	3,77	2,67

**APÊNDICE F – Tabela dos dados individuais do DP do erro absoluto dos grupos G-AMS e G-P**

Grupo/ Sujeito	Blocos da Fase de Aquisição										Testes	
	BL1	BL2	BL3	BL4	BL5	BL6	BL7	BL8	BL9	BL10	TR	TT
G-AMS												
1	142,46	107,05	51,62	55,96	58,18	60,73	40,96	28,89	27,11	21,56	35,41	49,88
2	42,97	35,32	9,75	48,08	24,89	24,46	18,39	33,95	37,03	27,58	58,55	47,49
3	110,33	61,09	136,88	59,07	49,55	41,76	77,84	21,25	36,64	62,27	48,46	89,17
4	55,50	42,01	37,83	33,32	26,02	20,67	47,48	23,73	36,07	37,27	25,42	74,28
5	59,40	40,08	25,27	26,76	45,34	44,02	79,92	38,11	52,45	56,27	42,54	72,22
6	80,66	58,38	64,10	64,34	64,66	53,55	47,06	45,58	20,20	47,64	162,95	188,24
7	50,88	58,58	77,86	40,74	38,99	76,10	41,56	34,45	64,05	63,25	40,86	97,51
8	72,18	58,15	45,07	48,18	59,32	49,54	28,68	38,22	42,57	54,84	57,13	131,39
9	98,30	68,82	27,32	30,08	58,50	47,00	50,35	53,87	51,56	31,99	67,09	55,29
10	56,71	45,21	45,80	26,10	42,33	35,00	35,62	24,42	39,24	21,64	34,80	50,99
11	54,51	30,56	43,40	40,41	29,54	19,12	30,65	16,61	28,62	27,02	32,77	56,04
12	25,59	15,15	14,28	7,53	19,18	12,53	24,03	19,71	11,80	23,50	40,23	25,50
13	162,36	133,66	37,37	72,90	74,50	42,76	60,50	48,98	60,26	39,80	146,14	89,17
14	68,95	40,24	53,03	47,85	58,67	52,30	42,20	47,22	45,04	48,58	22,13	77,86
15	54,19	47,06	49,39	85,14	57,76	48,04	44,31	41,08	68,97	55,17	38,26	84,55
16	57,31	45,62	46,92	49,05	56,96	43,96	64,49	24,90	25,39	40,09	47,72	156,51
17	59,48	69,10	43,68	38,70	61,79	26,90	39,74	49,04	46,61	17,92	30,63	94,74
18	95,42	47,88	82,19	43,10	63,05	62,05	63,40	35,54	32,33	37,01	54,75	64,66
19	196,74	86,98	68,50	31,34	57,93	43,67	31,99	22,56	39,10	43,26	54,33	90,78
20	69,31	76,69	27,58	52,26	43,88	31,20	38,91	41,07	22,97	39,34	46,42	187,21
G-P												
1	108,30	66,10	91,57	82,54	75,69	50,43	53,83	70,55	28,15	28,01	64,63	82,14
2	79,05	76,25	72,14	81,27	44,83	38,01	40,47	63,15	53,35	101,46	76,58	106,86
3	54,92	59,72	31,02	38,64	57,10	62,40	25,25	29,84	205,99	45,45	34,69	181,88
4	101,65	48,88	51,43	42,91	42,62	43,42	66,59	41,32	55,54	59,82	39,23	58,17
5	192,21	62,80	28,40	26,04	30,70	34,88	7,52	16,07	39,55	25,24	22,22	47,20
6	45,53	57,40	32,63	39,98	31,75	29,01	40,47	36,51	48,54	39,99	28,67	100,16
7	107,83	44,67	34,86	35,18	24,34	31,93	21,91	28,72	24,26	31,91	61,91	46,64
8	91,36	39,41	59,97	32,09	36,70	13,95	114,64	34,95	29,36	26,89	36,49	52,57
9	43,90	57,47	59,59	34,30	29,46	32,13	27,22	38,85	29,55	28,91	19,14	48,31
10	91,56	69,37	57,51	41,54	37,71	21,75	42,35	53,54	33,78	44,75	27,73	139,85
11	70,09	50,71	49,62	53,21	33,88	37,45	38,30	60,08	57,71	33,58	59,85	54,47
12	73,84	44,70	49,05	47,21	33,96	27,64	32,24	16,49	34,00	23,00	23,62	45,70
13	50,64	44,97	27,27	54,14	58,69	60,46	31,60	31,36	25,10	35,47	29,48	87,07
14	105,82	162,31	58,78	48,68	41,68	45,26	77,82	40,54	88,35	58,48	42,53	123,12
15	75,85	65,25	103,60	129,09	60,67	64,92	46,58	54,37	33,91	42,64	71,70	55,48
16	54,06	60,38	40,47	50,53	37,37	32,01	26,96	22,77	30,53	24,82	42,27	25,63
17	23,69	27,90	167,21	43,15	60,70	38,30	48,73	70,01	57,92	58,29	42,53	246,02
18	59,94	49,79	34,29	25,10	32,27	38,71	27,04	41,40	50,48	31,28	57,86	86,87
19	53,00	25,46	57,11	44,09	33,78	27,39	27,02	35,63	33,95	36,60	43,98	355,10
20	65,20	35,94	69,10	24,11	29,80	30,24	13,01	24,63	10,96	23,21	25,55	60,01

## APÊNDICE G – Tabela de dados da aprendizagem no tempo absoluto

Grupo/ sujeito	ERRO ABSOLUTO		
	G-AMS	Aq <i>Online</i>	TR <i>Off-line</i>
1	-131,26	14,33	52,30
2	-21,40	46,02	64,57
3	-75,13	66,90	76,37
4	-30,96	-12,57	60,17
5	-45,88	34,89	48,66
6	-53,80	91,25	175,87
7	-46,72	-22,10	54,34
8	-18,39	42,89	130,73
9	-52,29	22,47	21,78
10	-36,48	24,01	100,54
11	-25,63	13,98	51,68
12	-22,96	31,08	9,18
13	-125,49	88,09	94,21
14	-46,00	117,04	198,63
15	-41,52	-54,70	65,97
16	-42,88	11,43	183,83
17	-72,08	27,87	80,10
18	-87,73	31,65	40,93
19	-373,57	247,50	101,31
20	-35,54	-0,92	273,07
G-P	Aq <i>Online</i>	TR <i>Off-line</i>	TT <i>Off-line</i>
1	-124,26	67,82	333,19
2	-48,55	-45,47	115,23
3	0,38	-9,08	198,93
4	-66,16	57,97	50,17
5	-126,37	-5,73	179,73
6	-12,69	174,79	191,14
7	-92,24	111,47	55,33
8	-50,66	-14,05	223,19
9	-25,64	-0,13	167,66
10	-62,34	-29,10	129,31
11	-103,96	13,10	4,41
12	-79,95	-46,94	215,88
13	-12,37	-15,31	269,05
14	-81,27	-40,72	29,92
15	-142,45	20,60	223,49
16	-69,76	16,23	336,68
17	-5,51	18,90	664,05
18	-35,45	8,46	46,52
19	-63,90	21,23	359,74
20	-62,71	-15,46	29,20

## APÊNDICE H – Tabela de dados da aprendizagem no tempo relativo

Grupo/ sujeito	ERRO RELATIVO		
	G-AMS	Aq <i>Online</i>	TR <i>Off-line</i>
1	-23,09	-3,66	0,88
2	-3,29	0,51	6,99
3	-8,14	3,36	26,74
4	-12,04	4,81	5,94
5	-14,03	-3,15	3,42
6	-19,98	6,71	1,47
7	-1,36	-1,46	9,30
8	-4,89	1,81	14,12
9	1,45	4,61	-2,28
10	-14,36	0,98	5,44
11	-5,80	1,32	6,20
12	-3,68	6,38	4,61
13	-14,19	10,74	3,99
14	-3,11	4,55	3,91
15	-5,65	-1,36	7,91
16	-9,72	7,45	20,82
17	-13,45	1,85	5,29
18	-15,26	4,19	12,04
19	-24,81	-12,20	-3,60
20	-5,98	3,35	18,83
G-P	Aq <i>Online</i>	TR <i>Off-line</i>	TT <i>Off-line</i>
1	-17,19	5,35	20,73
2	-6,90	-5,38	1,25
3	-6,23	-7,43	3,42
4	-10,84	2,74	-2,91
5	-14,03	1,48	9,00
6	6,73	-3,76	15,68
7	-11,92	8,61	6,28
8	-19,71	-1,26	9,84
9	-8,12	2,87	7,71
10	-16,63	11,87	11,55
11	-12,72	9,21	8,53
12	-16,02	-1,15	7,56
13	-6,14	6,86	13,53
14	-17,12	-0,29	9,15
15	-15,57	4,87	17,43
16	-6,27	-0,76	17,06
17	-16,91	23,38	12,91
18	-6,43	7,73	1,94
19	-10,88	0,23	36,03
20	-3,91	-2,23	6,43

**APÊNDICE I – Tabela de dados da aprendizagem na variabilidade por segmento**

Grupo/ sujeito	VARIABILIDADE POR SEGMENTO			
	G-AMS	Aq <i>Online</i>	TR <i>Off-line</i>	TT <i>Off-line</i>
1		-11,80	0,21	-0,55
2		-1,18	-0,39	0,27
3		-6,26	2,50	-0,33
4		-6,44	-2,55	-1,31
5		5,36	-2,37	2,40
6		-12,41	-0,12	3,95
7		0,65	-5,33	4,99
8		0,06	-1,97	5,52
9		-11,64	2,02	-3,08
10		-10,69	0,09	-1,54
11		-0,17	-3,82	-2,83
12		-2,74	1,71	4,24
13		-6,77	-5,75	-2,92
14		1,50	-7,57	-8,44
15		-8,32	-1,65	2,81
16		-4,83	0,79	4,32
17		-1,21	-4,34	-1,24
18		-6,55	1,08	6,44
19		-0,06	-0,11	-0,73
20		-7,90	-0,51	2,18
G-P	Aq <i>Online</i>	TR <i>Off-line</i>	TT <i>Off-line</i>	
1		-7,51	0,53	4,76
2		-7,34	2,76	5,20
3		4,12	-4,06	-0,09
4		-10,43	-4,01	-0,06
5		-9,37	0,89	3,81
6		-1,89	-0,23	1,30
7		-5,02	0,60	1,68
8		-2,14	3,18	-1,50
9		-6,83	1,42	1,77
10		-11,28	-2,23	3,99
11		-1,08	-0,06	3,61
12		-11,27	1,57	4,82
13		-4,48	0,33	1,69
14		-3,32	0,18	6,72
15		-3,72	-8,69	-2,52
16		-2,81	-0,61	1,40
17		5,54	-2,15	-0,19
18		-4,68	0,95	0,53
19		-8,04	0,74	7,94
20		-2,13	-2,86	1,89

**APÊNDICE J** – Tabela dos parâmetros do estudo piloto

## Parâmetros do estudo piloto

Valor de t crítico	16,86
Graus de liberdade	38
Tamanho da amostra	40
Poder estatístico	0,90

## ANEXO A



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

Projeto: CAAE – 32953214.3.0000.5149

Interessado(a): Prof. Guilherme Menezes Lage  
Departamento de Educação Física  
EEFFTO - UFMG

### DECISÃO

O Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG – COEP aprovou, no dia 14 de outubro de 2014, o projeto de pesquisa intitulado **"Os efeitos da organização da prática e da Estimulação Transcraniana por Corrente Contínua na aprendizagem motora"** 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 através da Plataforma Brasil.

Profa. Dra. Telma Campos Medeiros Lorentz  
Coordenadora do COEP-UFMG