

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA E ESPORTE

Estimativa de erro e conhecimento de resultados autocontrolado na
aprendizagem motora

Maria Teresa da Silva Pinto Marques

São Paulo
2020

MARIA TERESA DA SILVA PINTO MARQUES

Estimativa de erro e conhecimento de resultados autocontrolado na
aprendizagem motora

Tese apresentada à Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo, como requisito para a obtenção do título de Doutor em Ciências.

Área de Concentração: Estudos Socioculturais e Comportamentais da Educação Física e Esporte.

Orientador: Prof. Dr. Go Tani

São Paulo

2020

Catálogo da Publicação
Serviço de Biblioteca
Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo

Marques, Maria Teresa da Silva Pinto
Estimativa de erro e conhecimento de resultados
autocontrolado
na aprendizagem motora / Maria Teresa da Silva Pinto Marques. --
São Paulo : [s.n.], 2020.
107p.

Tese (Doutorado) – Escola de Educação Física e Esporte da
Universidade de São Paulo.
Orientador: Prof. Dr. Go Tani

1. Aprendizagem motora I. Título.

FOLHA DE AVALIAÇÃO

Autor: MARQUES, Maria Teresa da Silva Pinto

Título: Estimativa de erro e conhecimento de resultados autocontrolado na aprendizagem motora

Tese apresentada à Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Ciências

Data: ___/___/___

Banca Examinadora

Prof. D.: _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

Prof. D.: _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

Prof. D.: _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

*Dedico essa tese à minha mãe Denize da Silva Pinto Marques (in memoriam),
meu avô Mario da Silva Pinto (in memoriam) e ao meu pai Mario de Souza
Marques Filho (in memoriam).*

AGRADECIMENTOS

Rubem Alves dizia que uma tese é uma aventura por um mar desconhecido, é se lançar ao vazio, na tentativa de voltar com algum mapa. Gostaria de agradecer ao Prof. Dr. Go Tani por possibilitar essa tentativa, por me guiar nesse processo e transmitir seus conhecimentos. Agradeço também pela paciência em me orientar, pelos seus conselhos em todas as vezes que eu me perdi na construção dessa rota. Meu muito obrigada pela confiança e por me encorajar constantemente.

Ao Prof. Dr. Umberto Cesar Corrêa e a Profa. Andrea Michele Freudenheim por me introduzirem no mundo da pesquisa e pelo incentivo constante.

Ao Prof. Dr. Flavio Henrique Bastos pela amizade, longas conversas e pela disponibilidade de transmissão de conhecimento.

Aos demais professores do LACOM Prof. Dr. Luciano Basso, Profa. Dra. Camila Torriani-Pasin, Prof. Dr. Jorge Alberto de Oliveira, Prof. Dr. Sérgio Roberto Silveira e demais membros do laboratório pelas contribuições realizadas nas apresentações do projeto.

Aos meus amigos Ricardo Drews, Fernanda Refinetti, Fabian Romero, Gisele Palma e Matheus Maia Pacheco, pela disposição em discutir meu projeto, minhas ideias, meus dados, me estimulando sempre a aprender.

Aos voluntários que participaram da pesquisa, essa tese não seria concluída sem a disponibilidade do tempo de vocês.

Ao CNPQ sem o qual a dedicação integral a esse projeto não seria possível.

Aos membros da banca que certamente contribuíram para refinamento desse trabalho.

Aos funcionários da Escola de Educação Física e Esporte da Universidade São Paulo por serem prestativos e compreensivos em diversos momentos.

Ao técnico do laboratório Ulysses Okada.

Ao meu irmão Fernando Garbeloto, a sua amizade e companheirismo fez muitas vezes o processo se tornar mais leve, essa trajetória não teria sido a mesma sem você.

Às minhas irmãs Talita Paternostro e Juliana Romacho por acreditarem em mim mais do que eu mesma.

À minha prima Victória Ranchin, pela ajuda nos momentos necessários.

À minha tia Neusa Ranchin pelo suporte inicial para o início desse projeto e pelo laço de amor existente entre nós.

E por fim, agradeço o suporte e a base do astro mais importante da minha vida, minha mãe Denize da Silva Pinto Marques (in memoriam), a sua existência e os seus eternos ensinamentos sempre me encorajarão a fazer mais. Te amo!

RESUMO

MARQUES, M.T.S.P. **Título:** Estimativa de erro e conhecimento de resultados autocontrolado na aprendizagem motora. 2020. X f. Tese (Doutorado em Ciências) – Escola de Educação Física e Esporte, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2020.

A literatura tem sugerido que, ao ser fornecida liberdade para solicitar CR, o aprendiz o faz baseado na avaliação do seu desempenho. Especula-se que a possibilidade de solicitar CR baseada nessa avaliação, levaria ao desenvolvimento de uma referência de correção consistente, resultando em ganhos na aprendizagem. Contudo, essa relação ainda não está clara. É plausível supor que solicitar ao aprendiz a manifestação verbal da sua estimativa de erro possibilitaria acessar a precisão da sua referência de correção, tornando possível investigar se esse seria o fator responsável pelos ganhos observados na condição autocontrolada de CR. Foram realizados dois experimentos, nos quais 60 universitários entre 18-35 anos de idade praticaram uma tarefa de timing coincidente. A tarefa consistiu da sincronização do pressionamento de um botão com a chegada de um objeto a um ponto de contato. Ambos os experimentos foram compostos por baseline, fase de aquisição, teste de retenção imediato e teste de retenção atrasado e teste de transferência. O baseline foi composto por 20 tentativas sem fornecimento de CR e a fase de aquisição consistiu de 100 tentativas, com fornecimento de CR e manifestação verbal da estimativa de erro de acordo com cada grupo experimental. A seguir foram realizados os testes de aprendizagem (retenção e transferência), compostos por 20 tentativas cada e sem fornecimento de CR e com manifestação verbal da estimativa de erro para todos os grupos nos dois experimentos. Especificamente, o teste de retenção imediato foi aplicado 15 minutos após o término da fase de aquisição e 24 horas após a sua finalização foi realizado o teste de retenção atrasado e o teste de transferência. O primeiro experimento investigou se a manifestação verbal da estimativa de erro levaria a ganhos de aprendizagem numa condição autocontrolada de CR. Foram comparados dois grupos experimentais autocontrolados, denominado Auto-

com (n = 20) e Auto-sem (n = 20). Na fase de aquisição, somente para os participantes do grupo Auto-com foi requisitada a verbalização da estimativa de erro, em todas as tentativas antes da tomada de decisão sobre a solicitação de CR. Os resultados indicaram que a manifestação verbal da estimativa de erro não levou a ganhos de aprendizagem. O segundo experimento teve como objetivo investigar o efeito da precisão da estimativa de erro na aprendizagem motora autocontrolada de CR. Para isso, os participantes do grupo Auto-com foram pareados, em relação ao momento e frequência de solicitação de CR, com um grupo yoked (n =20) que realizou a manifestação verbal da estimativa de erro em todas as tentativas antes do recebimento do CR. Os resultados revelaram superioridade do grupo autocontrolado em comparação ao grupo yoked no teste de transferência, como consequência de uma maior precisão da estimativa de erro. Em conjunto, os resultados evidenciaram que os ganhos observados na condição autocontrolada de CR estão, possivelmente, atrelados a precisão da estimativa de erro e, conseqüentemente, ao desenvolvimento de uma referência de correção consistente.

Palavras-chave: Estimativa de erro; Aprendizagem motora; Autocontrole; Conhecimento de resultados; Feedback.

ABSTRACT

MARQUES, M.T.S.P. **Título:** Error estimation and self-controlled knowledge of results in motor learning. 2020. X f. Tese (Doutorado em Ciências) – Escola de Educação Física e Esporte, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2020.

Previous research has shown that when the learner has the possibility of choice to request KR, he/she does it based on a performance evaluation. It has been suggested that the advantages on learning are associated with the learner's choice to decide whether they receive or not KR based on the error estimation. However, this relationship remains unclear. It is reasonable to suppose that when asking the learner for a verbalization of the error estimation, it would allow access to its reference of correction, making it possible to investigate if this could account for the gains on the self-controlled KR. Two experiments were carried out, in which 60 undergraduate students aged 18 to 35 years old practiced a coincident timing task. The task goal consisted of synchronizing a button press with the arrival of a moving target at a predetermined position on a monitor screen. Both experiments consisted of baseline, acquisition phase, immediate retention test, delayed retention test, and transfer test. The baseline consisted of 20 trials without KR; the acquisition phase consisted of 100 trials – verbal manifestation of error estimation was requested and KR was provided, both according to the experimental group. The immediate retention test was performed 15 minutes after the acquisition phase and the delayed and transfer tests were carried out after 24 hours. All these tests consisted of 20 trials without KR and with verbal manifestation of their error estimation required after every trial, for all groups regardless of the experiment. The first experiment investigated if the verbal manifestation of the error estimation would lead to a learning advantage on a self-controlled KR schedule. Two experimental conditions of self-controlled KR were compared, a self-controlled group with verbalization of error estimation ($n = 20$) – verbal manifestation of their error estimation required in every trial of the acquisition phase and before the decision about receiving KR; and a self-controlled group without verbalization of error estimation ($n = 20$) during the acquisition phase. The results revealed that the request of the verbalization of error estimation

would not lead to a learning advantage. The second experiment investigated the effect of error estimation accuracy in a self-controlled KR schedule. For this, the self-controlled group with verbalization of error estimation was paired with a yoked group (n = 20) in relation to the moment (trial) and frequency of requesting KR. The request for error estimation of the yoked group was the same as the self-controlled group. The results revealed that the self-controlled group demonstrated superior performance and error estimation accuracy in transfer test when compared with the yoked group. Overall, these findings suggest that the advantages observed in the self-controlled KR schedules may be attributed to error estimation accuracy and, consequently, the development of a consistent correction reference.

Keywords: Error estimation; Motor learning; Self-controlled; Knowledge of Results; Feedback.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	REVISÃO DE LITERATURA	17
2.1	Aprendizagem motora em uma condição autocontrolada	17
2.2	Explicação motivacional	29
2.3	Explicação informacional: CR e estimativa de erro	36
2.4	Mecanismo de detecção e correção de erro na aprendizagem motora	44
3	OBJETIVO DO ESTUDO	49
4	EXPERIMENTO 1	49
4.1	Objetivo	49
4.1.2	Hipóteses	49
4.2	Método	50
4.2.1	Participantes	50
4.2.2	Equipamento e Tarefa	50
4.2.3	Delineamento	52
4.2.4	Procedimentos	54
4.2.5	Medidas	55
4.2.6	Organização dos dados e análise estatística	56
4.3	Resultados	57
4.3.1	Erro Absoluto	57
4.3.2	Erro Constante	58
4.3.3	Erro Variável	60
4.3.4	Frequência total de solicitação de CR	61
4.3.5	Momento de solicitação de CR	63
4.3.6	Tempo observando CR	64
4.3.7	Tempo de escolha de CR	64
4.3.9	Diferença constante	65
4.4	Discussão	66
5	EXPERIMENTO 2	71
5.1	Objetivo	71

5.1.2 Hipóteses	72
5.2 Método	72
5.2.1 Participantes	72
5.2.2 Equipamento e Tarefa	72
5.2.3 Delineamento.....	72
5.2.4 Procedimentos.....	73
5.2.5 Medidas	74
5.3 Resultados	75
5.3.2 Erro Constante.....	79
5.3.3 Erro Variável	81
5.3.4 Diferença constante	83
5.3.5 Tempo observando CR.....	84
5.4 Discussão.....	85
6. DISCUSSÃO GERAL.....	86
7. CONCLUSÃO.....	92
REFERÊNCIAS.....	93
ANEXOS	104

1 INTRODUÇÃO

Nos Jogos Olímpicos realizados no Brasil em 2016, o atleta Usain Bolt venceu Justin Gatlin por oito milésimos de segundos para ficar com a medalha de ouro. Alguns classificam esse momento como um dos mais emocionantes da história do atletismo. O mais fascinante é que Usain Bolt, para obter sucesso na prova, tinha conhecimento do tempo em que deveria concluí-la.

A capacidade do ser humano de avaliar o seu desempenho e realizar movimentos com tamanha precisão, tanto nas habilidades esportivas, como nas habilidades do cotidiano, é instigante. Estudos que buscam elucidar os processos subjacentes à aquisição de habilidades motoras e os fatores que a influenciam, datam do século XIX, como a aprendizagem do código Morse (BRYAN; HARTER, 1897), e configuram o campo de investigação da Aprendizagem Motora, no qual se situa a presente tese. Especificamente, este estudo teve como objetivo investigar se a estimativa de erro constitui um fator que explica os ganhos observados numa condição autocontrolada de conhecimento de resultados (CR).

A condição autocontrolada pode ser entendida como uma nova perspectiva no estudo da aquisição de habilidades motoras (CHIVIAKOWSKY, 2005). Ao longo da história da Aprendizagem Motora, diversas fases marcantes puderam ser observadas, como a da abordagem orientada ao processo e ao produto (PEW, 1970), a do modelo de controle via circuito fechado e aberto (ADAMS, 1971; KEELE, 1968), a da controvérsia entre a abordagem motora (processamento de informações) e a abordagem da ação (sistemas dinâmicos) (MEIJER; ROTH, 1988). Em meados da década de 1990, observou-se outra importante mudança de foco nos estudos da Aprendizagem Motora. Em contraste ao que era realizado até então, em que o controle dos fatores da prática era de responsabilidade do experimentador, esse controle foi fornecido ao aprendiz. Essa nova fase, em que o participante tem a liberdade de controlar alguns aspectos da sua prática, tem sido denominada de aprendizagem motora autocontrolada (CHIVIAKOWSKY, 2005).

De maneira geral, os resultados dos estudos têm apontado que aprendizes que praticam nessa condição apresentam resultados superiores nos testes de aprendizagem (retenção e transferência) quando comparados a aprendizes que praticam em condição externamente controlada (WULF, 2007). Uma meta-análise realizada por Yantha et al. (2019) mostrou que a vantagem média da condição autocontrolada em relação à condição externamente controlada foi de 67%. Entretanto, apesar do acúmulo de resultados favoráveis à aprendizagem autocontrolada, a explicação dos mecanismos subjacentes para seus ganhos ainda carece de melhores explicações (Drews, 2017).

Na busca por essas explicações, alguns autores têm argumentado que o esforço cognitivo ótimo seria o elemento principal para os ganhos observados nessa condição, no caso, a demanda por tomada de decisão e a realização de estimativa de erro (CHIVIACOWSKY; WULF, 2005; CARTER; CARLSEN; STE-MARIE, 2014). Essa linha de argumentação baseia-se na hipótese explicativa com ênfase nos aspectos informacionais (LEE; SWINNEN; SERRIEN, 1994; PATTERSON; CARTER; SANLI, 2011), que será o foco da presente tese.

Em relação ao CR, especificamente, Chiviacowsky e Wulf (2005) foram as primeiras a sugerirem que as estimativas espontâneas de erro estariam envolvidas nos ganhos observados na condição autocontrolada. Ressalta-se que o CR tem sido a variável mais estudada, porque provavelmente em razão dos seus aspectos informacionais, ele possibilita a investigação dos mecanismos subjacentes aos ganhos obtidos nessa condição. No referido estudo, as autoras compararam dois grupos em condição autocontrolada de CR. Os resultados indicaram que o grupo que realizou a tomada de decisão por recebimento de CR pós-resposta apresentou ganhos de aprendizagem quando comparado à condição que a tomada de decisão era realizada pré-resposta. Fundamentando-se nos estudos de Swinnen (1988), Swinnen et al. (1990) e Guadagnoli e Kohl (2001), a explicação apresentada foi de que a tomada de decisão após a realização da tarefa permitiu aos aprendizes basear suas decisões sobre a solicitação de CR na avaliação do seu desempenho. Isso fortaleceria, ao longo das tentativas de prática, o mecanismo intrínseco de detecção e correção de erro, resultando nos ganhos de aprendizagem motora

observados nos testes de aprendizagem (CARTER; CARLSEN; STE-MARIE, 2014). Ademais, alguns estudos têm mostrado que os grupos autocontrolados, que apresentaram ganhos de aprendizagem foram mais precisos na avaliação do desempenho nos testes de aprendizagem (CARTER; PATTERSON, 2012; CARTER; STE-MARIE, 2017a).

Baseado nos resultados desses estudos em relação à precisão da estimativa de erro, seria plausível supor que a condição autocontrolada de CR levou a uma referência de correção mais consistente, por isso os ganhos de aprendizagem. Contudo, para melhor entendimento dessa relação, há necessidade de investigar o que ocorre com a precisão da estimativa de erro durante o processo de aprendizagem. Nesse sentido, é plausível supor que solicitar ao aprendiz a manifestação verbal da sua estimativa de erro ao longo da prática e nos testes de aprendizagem possibilitaria acessar a precisão da referência de correção, e investigar se esse seria o fator responsável pelos ganhos observados na condição autocontrolada de CR.

Diante disso, a questão que fundamentou o presente estudo foi a seguinte: os ganhos obtidos na condição autocontrolada de CR seriam devido a melhora na precisão da estimativa ao longo do processo de aprendizagem, resultando numa referência de correção mais consistente? Para responder a essa questão, dois experimentos foram realizados. O primeiro para investigar se a solicitação da verbalização da estimativa de erro ao longo da prática levaria a ganhos de aprendizagem. A justificativa da sua realização é que alguns estudos realizados em condição externamente controlada mostraram benefício à aprendizagem para grupos que verbalizaram a avaliação do desempenho (HOGAN; YANOWITZ, 1978; SWINNEN et al., 1990; LIU; WRISBERG, 1997; GUADAGNOLI; KOHL, 2001; PATTERSON; MCRAE; LAI, 2016; BARROS et al., 2019). O segundo experimento foi realizado para investigar o efeito da precisão da estimativa de erro na aprendizagem motora autocontrolada de CR.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Aprendizagem motora em uma condição autocontrolada

A Aprendizagem Motora é um campo consolidado de investigação, sendo os estudos pioneiros datados do século XIX, com as pesquisas conduzidas por Bryan e Harter (1897) sobre a aquisição de habilidades motoras para o recebimento e envio de código Morse e de Woodworth (1989) sobre a identificação da relação entre a precisão e a velocidade dos movimentos dos braços e das mãos.

Durante a sua trajetória histórica, diversas fases marcantes foram observadas (ADAMS, 1987; SCHMIDT, 1988), muitas vezes caracterizadas por um confronto entre grupos de pesquisadores de diferentes posições teóricas (TANI, 2005). No início da década de 1970, predominava a abordagem orientada à tarefa na qual o foco das pesquisas era a investigação dos fatores que influenciam a aquisição de habilidades motoras. Entretanto, com o surgimento da teoria do processamento de informações iniciou-se a investigação dos mecanismos subjacentes, denominada de abordagem orientada ao processo (PEW, 1970), que continua até os dias atuais.

Outra fase marcante foi a oposição entre as teorias de circuito fechado e aberto (ADAMS, 1971; KEELE, 1968), tendo como principal ponto de divergência o papel desempenhado pelo feedback. Resumidamente, para a teoria do circuito fechado a informação sensorial era considerada fulcral para execução e controle de movimentos, sendo comparada com as informações de referência armazenadas na memória, utilizada para possíveis correções. A aprendizagem motora, nessa perspectiva teórica, se caracterizava pela aquisição dessas referências consistentes. Para a teoria de circuito aberto, as informações sensoriais não desempenhavam o mesmo papel, uma vez que a sequência e o timing dos movimentos são controlados por um mecanismo central denominado de programa motor. Nesse caso, a aprendizagem motora se caracterizava pela aquisição de programas motores consistentes. Atualmente, há a compreensão de que tanto fatores centrais como periféricos

desempenham importante papel na execução e controle de movimentos e na aquisição de habilidades motoras.

Por fim, o embate mais intenso ocorreu entre a abordagem motora (processamento de informações) e a abordagem da ação (sistemas dinâmicos) (MEIJER; ROTH, 1988). Enquanto na controvérsia entre a teoria do circuito fechado e a teoria do circuito aberto, a divergência se encontrava nas explicações dos mecanismos subjacentes por meio da teoria do processamento de informações (TANI, 2005), o embate entre a abordagem da ação e a abordagem motora se encontrava nas proposições que fornecem arcabouços para cada uma delas, ou seja, nos seus fundamentos filosóficos (para maiores detalhes ABERNETHY; SPARROW, 1992).

Essa descrição histórica sucinta das pesquisas foi realizada com o intuito de mostrar as diversas fases observadas na trajetória da Aprendizagem Motora, apontando que em cada fase houve a influência da corrente de pensamento científico vigente que afetava as pesquisas sobre comportamento humano de forma geral.

Mais recentemente, na década de 1990, observou-se um aumento no interesse dos pesquisadores em investigar o efeito de fornecer ao aprendiz a liberdade de controlar algum aspecto da prática (SANLI et al., 2013). Isto implicou uma mudança de foco nos estudos, em contraste ao que era realizado até então. Especificamente, o controle dos vários fatores de prática que antes eram de responsabilidade do experimentador foram atribuídos ao aprendiz. Essa nova fase tem sido denominada de aprendizagem motora autocontrolada (CHIVIAKOWSKY, 2005).

A investigação do fornecimento do controle de algum aspecto da prática ao aprendiz foi oriunda dos estudos na área de Psicologia Social Cognitiva (ZIMMERMAN, 1986; 1989) e Aprendizagem Social (BANDURA, 1977) em que foi encontrado efeito benéfico na aprendizagem acadêmica, quando ao aprendiz foi fornecida a liberdade de escolha sobre algum aspecto do seu contexto de aprendizagem (para mais detalhes ver ERGEN; SKANADLI, 2017; ZIMMERMAN, 1989). Devido à influência dessas áreas, em alguns trabalhos

sobre aprendizagem motora ainda se usa o termo autorregulação em vez de autocontrole (CHEN; HENDRICK; LIDOR, 2002). Entretanto, nas pesquisas mais recentes tem sido utilizado o termo aprendizagem motora autocontrolada, termo esse adotado no presente trabalho.

Para investigar o efeito da condição autocontrolada, a maioria dos estudos utiliza, metodologicamente, um grupo denominado de autocontrolado e um grupo denominado de yoked. Ao grupo autocontrolado é fornecido o controle de algum aspecto da prática e ao grupo yoked não é atribuída essa possibilidade de escolha. Cada participante do grupo yoked recebe as informações pareadas com as escolhas realizadas por um participante do grupo autocontrolado. Dessa maneira, o grupo yoked se torna um grupo controle, uma estratégia para garantir que para cada participante do grupo autocontrolado tenha um participante correspondente (CHIVIAKOWSKY; DREWS, 2016).

As primeiras pesquisas representativas na área de Aprendizagem Motora com esse enfoque foram realizadas por Janelle, Kim e Singer (1995), Janelle et al. (1997) e Chen, Hendrick e Lidor (2002). Desde então, estudos têm mostrado que aprendizes que praticam nessa condição apresentam resultados superiores nos testes de aprendizagem para diversos fatores, como: demonstração e variabilidade da prática (BUND; WIEMEYER, 2004), demonstração (MARQUES; CORRÊA, 2016; WRISBERG; PEIN, 2002; WULF, RAUPACH; PFEIFFER, 2005), estabelecimento de metas (BOYCE, 1992; BOYCE; WAYDA, 1994; BOYCE et al., 2001; MARQUES et al., 2014), estrutura de prática (KEETCH; LEE, 2007; TITZER, SHEA; ROMACK, 1993; WU; MAGILL, 2004; WALTER, et al., 2008; WU; MAGILL, 2011), estrutura de prática e meta de aprendizagem (BASTOS et al., 2013), conhecimento de performance (CP) (JANELLE; KIM; SINGER, 1995; JANELLE et al., 1997) e CR (CHIVIAKOWSKY; WULF, 2002, ver tabela 1 para mais estudos), além de aparatos para ajuda física (WULF; TOOLE, 1999).

Resultados semelhantes têm sido obtidos para diferentes tarefas motoras, tanto de campo - forehand do tênis de mesa (BUND; WIEMEYER; 2004), arremesso com salto no basquetebol (WULF, RAUPACH; PFEIFFER,

2005), simulador de esqui (WULF; TOOLE, 1999), habilidades do golfe (JANELLE et al., 1997; WU; MAGILL, 2004) - como de laboratório - tarefas de timing sequencial (CHIVACOWSKY; WULF, 2002; 2005; PATTERSON; CARTER; HANSEN, 2013), tarefa de timing coincidente (ALI et al., 2012; CARTER, et al., 2017; CARTER; STE-MARIE, 2017a; CHIVACOWSKY, 2014; CHIVACOWSKY; WULF; LEWTHWAITE, 2012), posicionamento linear (CARTER; CARLSEN, STE-MARIE, 2014; CARTER, RATHWELL, STE-MARIE; 2016; CHIVACOWSKY; LESSA, 2017) e arremesso ao alvo (FAIRBROTHER; LAUGHLIN; NGUYEN, 2012; HEMAYATTALAB, et al., 2013).

Dentre todos os fatores mencionados, o conhecimento de performance (CP) e o CR têm recebido maior interesse dos pesquisadores (SCHMIDT; LEE, 2011; SANLI et al., 2013). Ambos podem ser considerados categorias de feedback extrínseco, sendo o CP referente a informação do padrão de movimento executado e o CR referente a informação do resultado obtido em relação à meta da tarefa (SCHMIDT; LEE, 2011). Dessa maneira, podem ser consideradas informações de retorno sobre o desempenho realizado, que permitem ao aprendiz fazer possíveis ajustes e correções necessárias a fim de alcançar a meta estabelecida (TANI, 1989). Ainda em relação ao CR, sua função é orientar o aprendiz em direção à resposta apropriada (ADAMS, 1971), sendo uma informação fornecida após a resposta, referente ao resultado da ação no meio ambiente e suplementar à informação intrínseca (MAGILL, 1994; SWINNEN, 1996).

De fato, esses fatores foram os primeiros a serem investigados numa condição autocontrolada. O estudo conduzido por Janelle, Kim e Singer (1995) investigou a variável CP utilizando a tarefa da tacada do golfe. Participaram do experimento 60 estudantes universitários distribuídos aleatoriamente em cinco grupos experimentais: (a) grupo autocontrolado; (b) grupo yoked; (c) grupo externamente controlado com o CP sumário a cada 5 tentativas; (d) grupo com 50% de frequência de CR; (e) grupo sem recebimento de CR. O delineamento constou da fase de aquisição e teste de retenção. Os resultados indicaram que o grupo que praticou sob o regime autocontrolado apresentou maior ganho de aprendizagem no teste de retenção. Janelle et al. (1997) conduziram em

seguida outro experimento, também manipulando a variável CP e CR, numa tarefa de arremesso ao alvo. Participaram do experimento 48 adultos distribuídos em quatro grupos experimentais: (a) grupo autocontrolado de CP; (b) grupo yoked de CP; (c) grupo com CP sumário a cada 5 tentativas; (d) grupo com 100% de CR. O delineamento constou da fase de aquisição e teste de retenção. Os resultados corroboraram os do estudo anterior, indicando superioridade do grupo que praticou com o arranjo autocontrolado e CP em relação aos demais.

Ainda em relação aos primeiros estudos que investigaram a condição autocontrolada, Chen, Hendrick e Lidor (2002) manipularam a variável CR numa tarefa de timing sequencial. Os participantes foram distribuídos aleatoriamente em quatro grupos experimentais: grupo autocontrolado que poderia escolher o momento de recebimento de CR, um grupo autocontrolado com indução do experimentador (o experimentador perguntava para o participante depois do término de cada tentativa se ela gostaria de receber CR) e seus respectivos grupos yokeds. O experimento consistiu da fase de aquisição composta por uma sessão de prática de 60 tentativas, teste de retenção imediato - aplicado 5 minutos após a fase de aquisição - e teste de retenção atrasado - aplicado 48 horas após a retenção imediata. Os resultados do teste de retenção imediato indicaram que ambos os grupos autocontrolados foram superiores aos respectivos grupos yokeds e o teste de retenção atrasado indicou superioridade do grupo autocontrolado com indução em comparação ao grupo autocontrolado, sendo ambos superiores aos seus respectivos grupos yokeds.

A partir desses resultados, uma série de estudos tem sido realizada. Numa meta-análise conduzida por Jimenez-Diaz, Chaves-Castro e Morera-Castro (2020), foram apreciados os estudos que investigaram o efeito do feedback extrínseco autocontrolado na aprendizagem motora. Para isso os autores utilizaram os critérios do Prisma. Foram relatados os seguintes termos para a busca no banco de dados (EBSCOHost): “extrinsic feedback” OR “augmented feedback” OR “self-controlled feedback” OR “frequency feedback” OR “regulated feedback” AND “skill acquisition” OR “motor learning” OR “motor

skills” OR “motor performance” NOT “animal” OR “automobile”. Foram incluídos na análise apenas os estudos completos com fase de aquisição e teste de retenção, totalizando 18 estudos publicados entre 1992 e 2019, com participantes entre 10 e 82 anos. Para a meta-análise, os autores relataram que as principais características consideradas foram: idade, tamanho da amostra e controle do feedback (autocontrolado, yoked). De maneira geral, os resultados indicaram que o grupo autocontrolado foi superior ao grupo yoked quando comparado o pré-teste e a aquisição (grupo autocontrolado - $ES = 1.872$; $p < 0,01$; grupo yoked - $ES = 1.31$, $p < 0,01$). Na comparação entre a aquisição e o teste de retenção foi encontrado para o grupo autocontrolado um $ES = - 0,050$, $p < 0,01$ e para o grupo yoked um $ES = - 0,051$, $p < 0,01$, indicando que o desempenho dos grupos nos estudos foi semelhante mesmo quando o feedback extrínseco não estava disponível. Os autores relataram que devido ao número reduzido da amostra não foi possível analisar a idade.

Esses resultados devem ser analisados com cautela, uma vez que a busca realizada foi por pesquisas que investigaram o efeito do feedback extrínseco em amplo espectro – feedback visual, auditivo, entre outros. Outro ponto é que para a realização da meta-análise foram comparados apenas os resultados do desempenho dos grupos na fase de aquisição e no teste de retenção, mesmo que o delineamento experimental da pesquisa incluísse o teste de transferência. A opção de comparar apenas esses momentos do delineamento dificulta o esclarecimento do efeito da condição autocontrolada de feedback extrínseco na aprendizagem motora. Como exemplo, poder-se-ia citar o caso do estudo de Kim et al. (2019) que foi incluído na meta-análise, mas cujo resultado não foi considerado mesmo tendo encontrado superioridade do grupo autocontrolado de CR no teste de transferência. Outro ponto a ser destacado é o número de estudos que investigaram o CR autocontrolado: dos 18 artigos que foram incluídos na meta-análise, dez manipularam essa variável, ou seja, aproximadamente 56% dos estudos. Os demais utilizaram outros tipos de feedback extrínseco.

Adicionalmente, é oportuno ressaltar que, além de ser uma das variáveis mais estudadas na condição autocontrolada devido aos seus aspectos

informativos, o CR permite a investigação dos mecanismos subjacentes aos ganhos obtidos nessa condição. Para uma melhor compreensão do panorama atual dos efeitos de CR numa condição autocontrolada, segue na tabela 1 as pesquisas encontradas até o presente momento com os resultados nos testes de retenção e transferência, quando utilizados.

Tabela 1 – Síntese dos estudos que investigaram o conhecimento de resultados numa condição autocontrolada

Autores	População	Tarefa	Resultado teste de retenção	Resultado teste de transferência
Chen, Hendrick e Lidor (2002)	Adultos	Timing sequencial	Auto > Yoked	N.A.
Chiviawsky e Wulf (2002)	Adultos	Timing sequencial	Auto = Yoked	Auto > Yoked
Chiviawsky e Wulf (2005)	Adultos	Timing sequencial	Auto depois = Auto antes	Auto depois > Auto antes
Chiviawsky, Neves, Locatelli e Oliveira (2005)	Crianças	Timing Sequencial	Yoked > Auto	Auto = Yoked
Chiviawsky, Medeiros, Schild, Afonso (2006)	Idosos	Arremesso ao alvo	Auto = Yoked	N.A.
Alcântara, Alves, Santos, Medeiros, Gonçalves, Fialho, Ugrinowitsch e Benda (2007)	Idosos	Timing sequencial	N.A.	Auto = Yoked (valor marginal de $p = > 0,051$)
Chiviawsky, Medeiros e Kaefer (2007)	Adultos	Dinamômetro	Auto = Yoked	N.A.
Chiviawsky, Pinho, Alves e Schild (2008)	Adultos	Putt do golfe	Auto = Yoked	N.A.

Chiviacowsky, Wulf, Medeiros, Kafer e Tani (2008)	Crianças	Arremesso de saquinho de feijão	Auto > Yoked	N.A.
Chiviacowsky, Treptow, Tani, Meira Jr, Schild (2009)	Adultos	Timing sequencial	Auto = Yoked	N.A.
Patterson e Carter (2010)	Adultos	Timing sequencial	Auto > Yoked	Auto > Yoked
Siqueira, Henrique, Beltrão e Cattuzzo (2010)	Adultos	Lançamento de disco	N.A.	Auto = Yoked *fase de adaptação
Hansen, Pfeiffer e Patterson (2011)	Adultos	Timing sequencial	Auto = Yoked	Auto > Yoked
Patterson, Carter e Sanli (2011)	Adultos	Timing sequencial	Auto > Yoked	Auto > Yoked
Chiviacowsky, Wulf, Machado e Rydberg (2012)	Adultos com síndrome de Down	Posicionamento linear	Auto > Yoked	N.A.
Carter e Patterson (2012)	Idosos e Adultos jovens	Posicionamento linear	Auto Adultos jovens > Yoked Adultos jovens e Idosos Auto e Yoked	N.A.
Ali, Fawver, Kim, Fairbrother, Janelle (2012)	Adultos	Timing coincidente	N.A.	Auto > Yoked
Fairbrother, Laughlin e Nguyen (2012)	Adultos	Arremesso ao alvo	Auto = Yoked	Auto > Yoked
Bokums, Meira Jr, Neiva, Oliveira e Maia (2012)	Adultos	Saque do vôlei	N.A.	Auto = Yoked
Ferreira, Albuquerque, Ambrósio, Bruzi e Palhares (2012)	Adultos	Timing sequencial	Auto = Yoked	Auto = Yoked

Patterson, Carter e Hansen (2013)	Adultos	Timing sequencial	Auto randômico > Auto bloco e respectivos Yokeds	Auto > Yoked
Hemayattalab, Arabameri, Pourazar, Ardakani, Kashefi (2013)	Crianças com paralisia cerebral	Arremesso ao alvo	Auto > Yoked	Auto > Yoked
Carter, Carlsen e Ste-marie (2014)	Adultos	Posicionamento linear	Auto-depois e Auto-ambos > Auto-antes e respectivos Yokeds	Auto depois e Auto-ambos > Auto antes e respectivos Yokeds
Kaefer, Chiviacosky, Meira Jr, Tani (2014)	Adultos	Timing sequencial	Auto > Yoked	Auto = Yoked
Hemayattalab (2014)	Adultos com paralisia cerebral	Arremesso ao alvo	Auto > grupo controle sem recebimento de CR	Auto > grupo controle sem recebimento de CR
Lim, Ali, Kim, Kim, Choi, Radlo (2015)	Adultos	Tarefa de taekwondo	Auto > Yoked	N.A.
Tsai e Jwo (2015)	Adultos	Controle de força	Auto limitado 50% > Auto e Yoked	Auto limitado 50% > Auto e Yoked
Grand, Bruzi, Dyke, Godwin, Leiker, Thompson, Buchanan e Miller (2015)	Adultos	Arremesso de saquinhos de feijão	Auto = Yoked	Auto > Yoked
Carter, Rathwell, Ste-Marie (2016)	Adultos	Posicionamento Linear	Auto > Yoked	N.A.
Carter e Ste-Marie (2017a)	Adultos	Timing coincidente	Auto > Yoked	Auto > Yoked
Carter, Smith, Carlsen, Ste-Marie (2017b)	Adultos	Timing coincidente	Auto = Yoked	Auto > Yoked

Chiviacosky e Lessa (2017)	Idosos	Posicionamento Linear	Auto = Yoked	Auto > Yoked
Drews (2017)				
Exp. 1			Auto FQ. intermediária = Yoked FQ intermediária	Auto FQ. intermediária > Yoked FQ intermediária
Exp. 2	Adultos	Timing coincidente	Auto FQ baixa = Yoked FQ baixa	Auto FQ baixa = Yoked FQ baixa
Exp. 3			Auto FQ alta = Yoked FQ alta	Auto FQ alta < Yoked FQ alta
Ferreira, Malloy-Diniz, Parma, Nogueira, Apolinário-Souza, Ugrinowitsch, Lage (2018)	Adultos	Timing sequencial	Auto = Yoked	Auto < Yoked
Figueredo, Ugrinowitsch, Freire, Shea e Benda (2018)	Adultos	Timing Coincidente	Auto = Yoked com maior e menor envolvimento	Auto e Yoked com maior envolvimento > Yoked
Barros, Yantha, Carter, Hussien, Ste-Marie (2019)		Arremesso de saquinhos de feijão	Yoked estima > Auto sem estima e Yoked sem estima	Yoked estima > Auto sem estima e Yoked sem estima
Exp. 1				
Exp. 2	Adultos	Timing coincidente	Auto sem estimativa = Yoked com estimativa e Yoked sem estimativa	Auto sem estimativa = Yoked com estimativa e Yoked sem estimativa
Couvillion, Bass, Fairbrother (2019)	Adultos	Tarefa de traço contínuo	Auto sem interpolação > Yoked interpolação, Auto com interpolação = Yoked com	Auto sem interpolação > Yoked interpolação Auto com interpolação = Yoked com interpolação

interpolação

Januário, Figueiredo, Portes, Benda (2019)	Adultos	Habilidade seriada do taekwondo	Auto > Yoked	N.A.
Kim, Kim, Kim, Kwon, Lee, Park (2019)	Adolescentes	Timing sequencial	Auto = Yoked	Auto >Yoked com estimativa e Yoked sem estimativa

Legenda – Auto: Grupo na condição autocontrolado; Yoked: Grupo pareado; Auto antes: tomada de decisão pelo recebimento do CR antes de realizar a tentativa; Auto depois: tomada de decisão pelo recebimento do CR depois de realizar a tentativa; Auto ambos: tomada de decisão pelo recebimento do CR antes e depois de realizar a tentativa; FQ: frequência de solicitação; N.A: não foi aplicado; Exp1: experimento 1; Exp 2: experimento 2; Exp 3: experimento 3.

No que diz respeito aos 39 estudos apresentados na tabela 1, com exceção do estudo de Chiviakowsky e Wulf (2005) que comparou dois grupos numa condição autocontrolada, 27 experimentos apresentaram superioridade do grupo autocontrolado independentemente do teste - aproximadamente 71% da amostra total. Ademais, foram revelados: em dez experimentos, desempenho superior do grupo autocontrolado em ambos os testes de aprendizagem; em oito experimentos superioridade de desempenho no teste de retenção e, em dez experimentos superioridade no teste de transferência.

No que se refere aos experimentos nos quais os resultados não indicaram diferença entre os grupos, é possível observar que a frequência de solicitação foi um fator em comum (BARROS et al., 2019; CHIVIACOWSKY et al., 2008; CHIVIACOWSKY et al., 2009; DREWS, 2017 – experimento dois). Sendo encontrada uma frequência média considerada baixa de solicitação de CR ao longo da fase de aquisição. Especificamente, no estudo de Chiviakowsky et al. (2008) foi relatado um valor médio de solicitação de 24 requisições de CR do total das tentativas e no estudo de Chiviakowsky et al. (2009) uma média de 21 requisições do total das tentativas. No experimento dois de Barros et al. (2019) foi permitido aos aprendizes requisitassem CR numa frequência relativa de 33%, frequência semelhante observada no estudo

de Drews (2017) para o experimento dois, sendo de 32,5% do total das tentativas. Nesse sentido, é plausível supor que os aprendizes não solicitaram uma quantidade suficiente de CR para o desenvolvimento de uma referência de correção consistente. Destaca-se que o objetivo do estudo de Drews (2017) foi justamente investigar os efeitos do CR autocontrolado na aprendizagem de uma tarefa de timing coincidente, com enfoque na frequência e momento de sua solicitação. Participaram universitários entre 18 e 35 anos de idade que executaram uma tarefa de timing coincidente. Os resultados indicaram que o grupo com frequência intermediária foi superior ao seu respectivo grupo yoked no teste de transferência. Segundo o autor, poder-se-ia especular que a condição autocontrolada intermediária levou a um esforço cognitivo ótimo, aqui entendido como envolvimento com as estimativas espontâneas de erros (CHIVIAKOWSKY; WULF, 2005).

Adicionalmente, é interessante observar que a condição autocontrolada de CR tem se apresentado superior nos estudos em que participaram crianças com paralisia cerebral, e adultos e crianças com síndrome de Down. Em relação à população idosa, o conjunto de resultados deve ser analisado com cautela. O estudo de Carter e Patterson (2012) não encontrou diferença entre as condições autocontrolada e yoked para a tarefa de posicionamento linear; todavia, é preciso considerar que foi aplicado apenas teste de retenção. Esse dado se torna relevante, uma vez que, no estudo de Chiviakowsky e Lessa (2017), para tarefa semelhante, foi encontrado desempenho superior do grupo autocontrolado no teste de transferência. Nos resultados do estudo de Alcântara et al. (2007) não foi revelada diferença entre os grupos numa tarefa de timing sequencial; entretanto, o p ficou perto do valor marginal ($p = > 0,051$). Por fim, o estudo de Chiviakowsky et al. (2006) utilizou uma tarefa de arremesso ao alvo não encontrando diferença entre os grupos no teste de retenção, mas não foi realizado o teste de transferência. Dessa maneira, não há divergência nos resultados, mas uma falta de clareza do efeito da condição autocontrolada de CR na população idosa, devido às diferenças metodológicas nos estudos. Alguns autores têm levantado a hipótese de que o mecanismo subjacente aos ganhos da condição autocontrolada, no caso estimativa de erro, seria dependente da idade (CARTER; PATTERSON, 2012); entretanto, ao

apontar os declínios em funções cognitivas no processo de envelhecimento, que poderiam implicar em prejuízos no mecanismo de detecção de erro, os estudos não o fizeram de maneira clara. Adicionalmente, antes de investigar se o mecanismo é dependente da idade, faz-se necessário esclarecer se a estimativa de erro é o fator responsável pelos ganhos da condição autocontrolada de CR.

Destarte, poucas foram as tentativas de testar a consistência das hipóteses explicativas sobre os mecanismos responsáveis pelo efeito do CR autocontrolado (DREWS, 2017). Como foi mencionado, existem atualmente duas explicações, uma com ênfase no aspecto informacional e outra no fator motivacional. Apesar de o foco da presente tese estar na explicação informacional, para melhor contextualização do estudo na literatura atual, optou-se por discorrer sobre as duas explicações nos tópicos seguintes.

2.2 Explicação motivacional

Baseada na Teoria da Autodeterminação (DECI; RYAN, 2000) e na teoria Social Cognitiva (BANDURA, 1986), a explicação motivacional propõe que os ganhos de aprendizagem na condição autocontrolada estariam atrelados ao aumento da motivação intrínseca, por meio da satisfação das três necessidades psicológicas básicas do aprendiz: autonomia, competência e relacionamento social (CHIVIAKOWSKY, et al., 2012; LEWTHWAITE et al., 2015). A liberdade de realizar escolhas forneceria suporte à necessidade de autonomia e o fato do aprendiz ter liberdade de solicitar CR após tentativas de sucesso resultaria em altos níveis de motivação intrínseca, pois aumentaria a sua percepção de autoeficácia - crença relacionada à capacidade para produzir determinado resultado (BANDURA, 1977) (CHIVIAKOWSKY et al., 2012; STE-MARIE, et al., 2013; CHIVIAKOWSKY, 2014). Dessa maneira, a condição de prática autocontrolada se adequaria às necessidades dos aprendizes, fornecendo suporte para esses fatores. Enquanto isso, numa situação na qual a condição é externamente controlada, a ausência da possibilidade de escolha levaria a uma diminuição da autonomia e da percepção de autoeficácia, por

não confirmar as tentativas de sucesso, resultando numa motivação diminuída (CHIVIAKOWSKY; DREWS, 2016).

Para verificar se a necessidade psicológica básica, o suporte à autonomia e competência percebida seriam fatores responsáveis pelos benefícios apresentados pelos aprendizes em condições autocontroladas, Lewthwaite et al. (2015) conduziram uma pesquisa com dois experimentos. Nesses experimentos, os participantes poderiam controlar as suas escolhas em relação às características não relevantes para a tarefa - denominada de características não regulatórias da tarefa. Dessa maneira, o suporte à autonomia seria garantido. No primeiro experimento, a tarefa utilizada foi acertar uma bola no alvo (posicionado no chão) utilizando a tacada do golfe. Os participantes foram distribuídos em dois grupos experimentais: (1) grupo escolha, no qual poderiam escolher a cor da bola que gostariam de utilizar em cada bloco de 10 tentativas (branca, amarela ou laranja); (2) grupo yoked que deveria realizar a tarefa com a mesma cor das bolas escolhidas pelo grupo escolha nos respectivos blocos de tentativas. O experimento consistiu da fase de aquisição com 60 tentativas e teste de retenção, aplicado 24 horas após a fase de aquisição, com 10 tentativas com a bola branca. Como medida de desempenho foi utilizada a precisão no alvo circular (raios de 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 e 100 cm). Os resultados da fase de aquisição indicaram que ambos os grupos melhoraram, porém, no teste de retenção, o grupo escolha apresentou um desempenho superior. No segundo experimento, a tarefa utilizada foi equilibrar-se em um estabilômetro em que o objetivo era tentar manter a plataforma o mais perto possível da posição horizontal. O experimento contou com a mesma distribuição dos grupos utilizada no experimento 1. Contudo, os participantes do grupo escolha poderiam escolher qual tarefa eles gostariam de realizar no dia seguinte - uma tarefa de timing coincidente (*Bassin* simples) ou uma tarefa de preensão manual (dinamômetro) e qual pintura do artista Renoir o experimentador deveria colocar na parede do laboratório. Para o grupo yoked foi fornecida a informação que o experimentador já tinha decidido qual tarefa os participantes deveriam executar no dia seguinte e qual quadro deveria ser colocado na parede do laboratório. A fase de aquisição foi composta de 10 tentativas no estabilômetro, sendo cada

tentativa de 30 segundos de duração e 90 segundos de intervalo. Foi fornecido CR sobre o tempo de balanço na plataforma a cada tentativa para ambos os grupos. O teste de retenção foi composto de 5 tentativas de 30 segundos de duração com 90 segundos de intervalo, sem fornecimento de CR. A medida utilizada foi o tempo em equilíbrio fornecido por um temporizador. Os resultados da fase de aquisição indicaram que ambos os grupos melhoraram com a prática. Entretanto, o grupo escolha apresentou um desempenho superior no teste de retenção. As autoras concluíram que oferecer a possibilidade de escolha aos participantes forneceu suporte para a necessidade básica de autonomia do aprendiz. Pois, mesmo pequenas escolhas que não possuem relação direta com a tarefa motora poderiam afetar a aprendizagem. Nesse sentido, quando é proporcionado autonomia aos aprendizes, mesmo por meio de escolhas irrelevantes para aprendizagem da tarefa, como no caso do quadro que deveria ser colocado na parede do laboratório no experimento 2, haveria uma diminuição nos mecanismos de defesa do aprendiz, como por exemplo, a ativação da ansiedade. Isso permitiria que o aprendiz direcionasse o seu foco de atenção para a execução da habilidade. Assim, sugeriram que o aumento da motivação intrínseca, por meio do suporte a autonomia, seria a principal fonte dos efeitos benéficos da condição autocontrolada.

O estudo de Lewthwaite et al. (2015) recebeu críticas de Carter e Ste-Marie (2017b), os quais apontaram que a ausência de comparação com grupos que pudessem fazer escolhas relevantes para a tarefa e também a falta de medidas motivacionais, limitavam a conclusão de que apenas oferecer a possibilidade de escolha aos participantes forneceria suporte para a necessidade básica de autonomia do aprendiz. Outro ponto ressaltado, diante da linha de argumentação adotada pelas autoras, é que se os ganhos observados estão atrelados ao direcionamento da atenção para a realização da tarefa, possibilitado pelo suporte a autonomia, então, os benefícios da escolha seriam advindos de aspectos informacionais e não unicamente dos aspectos motivacionais.

A partir desse estudo, uma série de pesquisas foi realizada com o objetivo de investigar o efeito de fornecer suporte à autonomia na aprendizagem motora. Enquanto alguns estudos têm atrelado os ganhos da condição autocontrolada a esse mecanismo (ABDOLLAHIPOUR et al., 2017; CHUA; WULF; LEWTHWAITE, 2018; WULF et al., 2018), outros estudos não têm encontrado suporte para essa proposição (CARTER; STE-MARIE, 2017b; GRAND, et al., 2017; MCKAY; STE-MARIE, 2020).

Em virtude das limitações relatadas, Carter e Ste-Marie (2017b) manipularam escolhas relevantes em sua pesquisa entendendo como escolhas relevantes os fatores que afetam a aprendizagem motora. Para isso utilizaram três grupos experimentais que diferiam quanto à escolha para a tarefa: (1) grupo com escolha relevante para a tarefa - poderiam escolher sobre o recebimento de feedback durante a prática, sendo esse recebimento restrito a 20 tentativas (33%) que obrigatoriamente deveriam ser utilizadas; (2) grupo com escolha irrelevante para a tarefa - poderiam escolher entre dois jogos de vídeo game que gostariam de jogar no final do experimento e qual cor de braçadeira gostariam de utilizar para a realização da tarefa (amarelo, bege ou azul); (3) grupo sem escolha - não foi permitida escolha sobre nenhum aspecto durante o experimento, no entanto, foram informados que haveria duas opções de jogos que poderiam ser jogados no dia seguinte, mas que a escolha já havia sido feita para eles. Os grupos 2 e 3 foram pareados aos participantes do grupo 1 em relação à frequência de recebimento de CR. Dessa maneira, foram considerados como grupo yoked. Como medidas associadas aos fatores motivacionais, foram utilizados o questionário de percepção de autonomia e de competência em dois momentos durante a prática. Adicionalmente, como medida associada aos fatores informacionais, foi solicitado que os participantes estimassem o seu erro nos testes de retenção e transferência (discussão que será realizada no decorrer da tese). Participaram do estudo 54 adultos jovens e foi utilizada uma tarefa de demanda espaço-temporal (*target waveform*). A medida principal foi o RMSE (*root mean square error*) - diferença entre trajetória alvo da tarefa e a trajetória realizada pelo participante sobre o tempo de movimento. Os resultados dos testes de retenção e transferência indicaram desempenho superior para o grupo escolha relevante, quando comparado ao

grupo escolha não relevante e ao grupo sem escolha. Além disso, o grupo escolha relevante apresentou maior precisão da estimativa do erro no teste de transferência, o que permite levantar a hipótese da formação de uma referência de correção ao longo da aquisição. Em relação à medida de percepção de competência e autonomia, não foi encontrada diferença significativa entre os grupos. A discussão realizada foi de que a ausência de diferenças significativas entre os grupos em relação à medida de percepção de autonomia e competência, e a superioridade do grupo escolha relevante em relação aos demais grupos, contrapõe a explicação de que apenas a possibilidade de escolha forneceria suporte para necessidades básicas de autonomia do aprendiz e, dessa maneira, seria responsável pelos ganhos de aprendizagem.

Em 2016, Wulf e Lewthwaite publicaram na *Psychonomic Bulletin & Review* a teoria da motivação e atenção para a aprendizagem motora (*Optimizing Performance Through Intrinsic Motivation and Attention for Learning* - OPTIMAL). A teoria propõe um novo modelo de aprendizagem motora baseado no foco atencional externo, na competência percebida e no suporte à autonomia. Assim, a prática de habilidades motoras numa condição autocontrolada asseguraria o suporte a esses aspectos.

Todavia, em um estudo realizado para testar essa teoria, McKay e Ste-Marie (2020) não obtiveram suporte para as suas postulações. Especificamente, os autores investigaram o efeito de fornecer o suporte à autonomia por meio da liberdade de escolha na aprendizagem motora. A partir do conjunto de resultados que apresenta a prática variada como superior à prática constante na aprendizagem, os autores realizaram um experimento com delineamento *crossover* 2 x 2 (tipo de prática x suporte à autonomia). A tarefa utilizada foi a de lançamento de dardos com a mão não dominante. O delineamento constou da fase de aquisição, retenção e transferência. Participaram 128 universitários distribuídos em quatro grupos experimentais: (1) grupo com escolha e prática variada; (2) grupo com escolha e prática constante; grupo yoked e prática variada; grupo yoked e prática constante. Os participantes do grupo escolha foram requisitados a escolher antes da realização de cada tentativa a cor do dardo para realizar a tarefa, enquanto que

para o grupo yoked foi fornecido o mesmo dardo - pareado pela ordem de escolha de cada participante do grupo escolha. A hipótese formulada foi de que se o suporte à autonomia fosse mesmo o requisito básico para os ganhos de aprendizagem, como postula a teoria proposta, a necessidade de autonomia seria garantida por meio da liberdade de realizar escolhas irrelevantes e o efeito da prática randomica na aprendizagem deveria ser atenuado. Como medidas foram utilizadas o erro radial para o desempenho e a escala de satisfação das necessidades básicas no Esporte (BNSSS) que foi adaptada para a medida de satisfação da necessidade de autonomia. Os resultados indicaram que ambos os grupos com escolha apresentaram uma maior autonomia percebida em relação aos respectivos grupos yokeds; entretanto, não foi encontrada diferença na medida de desempenho entre os grupos. Os resultados não forneceram subsídios para as predições propostas na teoria OPTIMAL, ou seja, o suporte à autonomia - garantido pela liberdade de escolha - não foi suficiente para promover ganhos de aprendizagem.

No que concerne a hipótese do aumento da autoeficácia, uma das ferramentas mais utilizadas tem sido um questionário com possíveis razões que levaram o aprendiz a solicitar CR (CHIVIAKOWSKY; WULF, 2007). Alguns estudos têm utilizado a escala Likert, na qual é perguntado aos participantes o quão confiante eles estão para alcançarem uma meta específica (por exemplo, CARTER; STE-MARIE, 2017b, DREWS, 2017). De maneira geral, os estudos também não têm obtido resultados satisfatórios. Chiviakowsky e Wulf (2007) foram uma das primeiras a sugerir que receber CR após tentativas bem sucedidas levaria a ganhos de aprendizagem, quando comparado ao fornecimento de CR nas tentativas nas quais o desempenho ficou longe da meta da tarefa.

No que se refere ao questionário, grande parte dos estudos empregam-no ao final da prática, sendo que as perguntas são referentes às razões de solicitação durante toda a fase de aquisição (CHIVIAKOWSKY; WULF, 2002; CHIVIAKOWSKY; WULF; LEWTHWAITE, 2012; PATTERSON; CARTER, 2010). A crítica que se faz é o quanto dessa informação fornecida no final da prática representa as razões de solicitação ao logo da aquisição. Os poucos

estudos que aplicaram o questionário em dois momentos distintos, no meio e no final da prática, foi o de Carter e Patterson (2012) com adultos jovens e idosos numa tarefa de posicionamento linear e o de Drews (2017) com universitários numa tarefa de timing coincidente. No estudo de Carter e Patterson (2012), adultos jovens relataram mudança nas razões de solicitação durante a prática - no início em sua maioria após tentativas consideradas mais precisas (boas) e tentativas consideradas menos precisas (más) - mudando para após boas tentativas no final de prática. Enquanto isso, os idosos relataram solicitar CR, na sua maioria, após boas tentativas.

No que se refere ao estudo de Drews (2017) - experimento 4 -, os participantes foram categorizados, posteriormente à fase de aquisição, de acordo com a frequência de solicitação, em três grupos experimentais: (a) grupo com maior frequência de solicitação (média = 97%); (b) grupo com frequência intermediária (média = 74%); (c) grupo com menor frequência de solicitação (média = 32,5%). O experimento constou de 90 tentativas na fase de aquisição e 20 tentativas nos testes de retenção e transferência. Adicionalmente ao questionário, utilizou-se a média da pontuação obtida a partir de uma escala Likert (0 a 10), aplicada a cada 15 tentativas, na qual os participantes respondiam sobre o quão confiantes estavam relativamente ao erro em sete subescalas - do maior erro para o menor erro. Os resultados indicaram que os grupos adotaram diferentes estratégias de solicitação nos dois momentos da aquisição (a tentativa 45 e a tentativa 90). O grupo com maior e menor frequência de solicitação não relataram diferença entre os momentos de prática, e o grupo intermediário relatou que solicitou mais após as tentativas que consideraram boas e ruins no primeiro momento da fase de aquisição, e após boas no segundo momento. O interessante foi que, ao analisar a magnitude do erro nas tentativas com solicitação de CR, os resultados indicaram que os participantes requisitaram CR após boas (tentativas com menor magnitude de erro) e más tentativas (tentativas com maior magnitude de erro) indistintamente. Outro ponto foi que os resultados encontraram aumento da autoeficácia durante a prática de maneira semelhante para todos os grupos, não resultando em ganhos semelhantes de aprendizagem. Diante desses resultados, o autor argumenta que a motivação

intrínseca talvez não tenha o papel determinante para a aprendizagem como tem sido apontado na literatura.

Ainda em relação à preferência dos aprendizes na solicitação de CR após tentativas de sucesso, o estudo de Bastos et. al (2018) mostrou que essa preferência não resulta em ganhos de aprendizagem. Especificamente, os participantes (universitários) poderiam escolher a cada três tentativas, se gostariam de receber CR das tentativas mais precisas ou menos precisas, numa tarefa de timing coincidente. Os resultados mostraram uma tendência de requisição do CR após tentativas mais precisas.

Em síntese, os estudos têm mostrado que o fatores relacionados à explicação motivacional não conseguem explicar, de maneira satisfatória, a superioridade da condição autocontrolada em relação a externamente controlada. No que se refere a variável CR, por exemplo, os estudos de Chiviakowsky e Wulf (2005), Carter, Carlsen e Ste-Marie (2014) e Carter e Ste-Marie (2017b) mostram que, por mais que os fatores motivacionais estejam envolvidos na aprendizagem, os fatores informacionais do CR foram os responsáveis pela superioridade da condição autocontrolada comparada a externamente controlada. Por conseguinte, o esforço cognitivo tem sido apresentado como alternativa explicativa (informacional) para os ganhos observados na condição autocontrolada. Especificamente, a demanda por tomada de decisão e a realização de estimativa de erro têm sido apontados como fatores que levam aos ganhos de aprendizagem (CHIVIAKOWSKY; WULF, 2005; CARTER; CARLSEN; STE-MARIE, 2014).

2.3 Explicação informacional: CR e estimativa de erro

A explicação informacional tem como base o aumento do esforço cognitivo, entendido como o trabalho mental envolvido na tomada de decisão para a execução de habilidades motoras (LEE; SWINNEN; SERRIEN, 1994). O envolvimento na escolha dos fatores de prática permitiria um maior engajamento nos processos cognitivos, resultando nos ganhos de aprendizagem (JANELLE, et al., 1997; CHIVIAKOWSKY; WULF, 2005). Para

uma melhor compreensão, poder-se-ia citar os mecanismos apontados por Lee, Swinnen, Serrien (1994) para a baixa frequência de conhecimento de resultados (CR). Nesse caso, o maior esforço cognitivo pode ser entendido como maior utilização do feedback intrínseco por parte do aprendiz, ou seja, fortalecimento do mecanismo de detecção e correção de erro que leva a maior precisão na estimativa de erro (SCHMIDT, 1991). Após realizar uma tentativa, o aprendiz avalia a resposta produzida por meio das informações intrínsecas - feedback intrínseco. A partir dessas informações ele avalia o quão longe ou perto ficou da meta estimando o seu erro. Com o fornecimento de CR, o aprendiz então compara essa estimativa com o desempenho alcançado, formando uma referência interna da habilidade motora – referência de correção. Quanto mais precisa for a estimativa de erro, mais consistente será a referência de correção, por conseguinte, com a retirada do CR nos testes de aprendizagem, se observará uma manutenção do desempenho adquirido. Especula-se que a tomada de decisão pela solicitação de CR ao longo da prática possibilitaria a formação de uma referência de correção mais consistente, inferida pela precisão da estimativa do erro. Destarte, o fato de os aprendizes poderem tomar decisões sobre a solicitação do CR baseadas na estimativa do seu erro, e dessa maneira, no julgamento da necessidade dessa informação em relação à meta da tarefa, levaria aos ganhos observados na condição autocontrolada (CARTER; PATTERSON, 2012; CARTER; CARLSEN; STE-MARIE, 2014; CHIVIAKOWSKY; WULF, 2005).

Nesse sentido, a função informacional do CR aliada à condição autocontrolada levaria a um maior engajamento na informação fornecida (CARTER; CARLSEN; STE-MARIE, 2014). Chiviakowsky e Wulf (2005) foram as primeiras a propor o mecanismo da estimativa de erro como explicação para os benefícios encontrados na condição autocontrolada. Especificamente, as autoras investigaram se a tomada de decisão pela solicitação de CR, feita pelo aprendiz em uma condição autocontrolada, estaria baseada na avaliação do seu desempenho - estimativa de erro. A tarefa utilizada foi a de pressionar uma sequência de 3 teclas do teclado numérico do computador com o dedo indicador direito. A meta da tarefa era executar uma sequência de pressionar 3 teclas em um tempo total de 900ms, com o intervalo entre as teclas de 200,

400 e 300ms, respectivamente. Os participantes foram distribuídos em 2 grupos experimentais: (1) grupo auto-antes (*self-before*) - antes de executar a tentativa, o participante tomava a decisão pela solicitação de CR; (2) grupo auto-depois (*self-after*) - após executar a tentativa, o participante tomava a decisão pela solicitação de CR. A predição das autoras foi de que o grupo auto-antes teria vantagens associadas principalmente aos fatores motivacionais, pois a sua tomada de decisão para solicitação de CR estaria baseada na certeza de sucesso; e o grupo auto-depois teria vantagens associadas principalmente aos fatores informacionais, pois sua decisão estaria baseada na possibilidade de confrontar a sua estimativa de erro com o CR. A solicitação do CR deveria ocorrer em 3 das 10 tentativas (33%). O experimento consistiu da fase de aquisição composta por uma sessão de prática de 60 tentativas, um teste de retenção aplicado 24 horas após a fase de aquisição e composto por 10 tentativas e um teste de transferência composto por 10 tentativas, no qual o tempo absoluto da tarefa foi modificado. Os dados foram analisados em relação ao erro no tempo total e no tempo relativo. Os resultados do teste de transferência indicaram que o grupo auto-depois apresentou desempenho superior nas medidas de tempo total e tempo relativo comparado ao grupo auto-antes. Segundo as autoras, apenas a motivação dos aprendizes em controlar algum aspecto da tarefa não seria suficiente para explicar a superioridade do grupo auto-depois. Se a motivação dos participantes por controlar algum aspecto da prática fosse o elemento responsável pelos benefícios da condição autocontrolada, não seriam esperadas diferenças entre os grupos, uma vez que ambos os grupos tiveram o mesmo grau de autonomia em relação à escolha de requisitar ou não o CR. Dessa maneira, o experimento forneceu suporte para a hipótese de que a condição de CR autocontrolado beneficia a aprendizagem devido a fatores informacionais. Especificamente, o fato de os aprendizes tomarem a decisão de solicitar CR após a realização da tarefa permitiu que a sua decisão fosse baseada na avaliação do seu desempenho, fortalecendo o mecanismo de detecção e correção de erro, por meio da comparação do feedback intrínseco com o CR. A sua decisão de solicitação de CR foi possivelmente baseada numa referência de correção. A

partir desse estudo surgiram questões a investigar sobre a função da estimativa de erro na condição autocontrolada de CR.

Carter, Carlsen e Ste-Marie (2014) conduziram um estudo replicando e estendendo a pesquisa realizada por Chiviakowsky e Wulf (2005). A crítica atribuída a este estudo foi de que a falta de grupos atrelados a uma medida de estimativa de erro e a ausência de um grupo yoked limitou as conclusões sobre os mecanismos subjacentes. Para o estudo foi utilizada a mesma tarefa motora, o mesmo número de tentativas nas fases do experimento e as mesmas medidas do estudo de Chiviakowsky e Wulf (2005). Contudo, três modificações foram introduzidas: (1) foi acrescentada uma medida atrelada a estimativa de erro - medida de desempenho percebido - de forma que, após a realização de cada tentativa nos testes de retenção e transferência, os participantes deveriam fornecer informação sobre o desempenho percebido (tempo total percebido); (2) foi adicionado um grupo yoked para cada grupo; (3) foi adicionado um terceiro grupo que poderia trocar o momento de solicitação do CR, denominado auto-ambos. O grupo auto-ambos deveria iniciar o experimento tomando a decisão pela solicitação de CR antes da realização da tarefa e a qualquer momento do experimento ele poderia trocar para depois da realização. Segundo os autores, a adição desse terceiro grupo possibilitaria a investigação dos possíveis efeitos associados aos fatores motivacionais e informacionais. A hipótese era de que o grupo auto-antes teria vantagens associadas principalmente ao fator motivacional; o grupo auto-depois teria vantagens associadas principalmente ao fator informacional e o grupo auto-ambos teria vantagens de ambos os fatores. Os resultados dos testes de retenção e transferência indicaram que os grupos auto-depois e auto-ambos foram superiores no desempenho em comparação ao grupo auto-antes e aos respectivos grupos yoked. Vinculado a esse resultado, ambos apresentaram, no teste de retenção e transferência, uma maior precisão da medida de estimativa de desempenho percebido. Outro resultado que chamou a atenção foi que não houve diferença no desempenho entre o grupo auto-antes e o seu respectivo yoked. Os autores concluíram que o fator informacional do CR utilizado para avaliação da resposta permitiu o desenvolvimento do mecanismo

de detecção e correção de erro, resultando nos benefícios da condição autocontrolada de CR.

Entretanto, esse estudo pode ser criticado pelo fato de a medida utilizada ter sido o desempenho percebido e não a estimativa de erro - o quão distante ficou da meta da tarefa. Baseado na literatura de CR, é plausível supor que solicitar ao aprendiz a informação sobre a estimativa de erro direcione a sua atenção para a correção do movimento. A ideia à retaguarda tem origem no conceito de feedback como informação sobre o erro - a diferença do padrão de ação desejado e o padrão efetivamente obtido (WIENER, 1948). A informação do erro direciona a atenção do aprendiz para as correções que devem ser realizadas, uma vez que deixa essas informações claras para o praticante (SCHMIDT; LEE, 2011). Assim, a avaliação do desempenho feita pelo aprendiz deveria ser realizada por meio da informação de erro tanto do CR como da estimativa.

Ainda em relação a medida de desempenho percebida, o estudo de Carter, Carlsen e Ste-Marie (2014) solicitou essa informação apenas nos testes de retenção e transferência, não sendo solicitada na fase de aquisição. Assim, a análise do comportamento dos mecanismos de detecção e correção de erro ao longo da prática fica limitada, isto é, o seu fortalecimento.

A partir dos resultados desses estudos, Barros et al. (2019) realizaram um estudo para investigar se solicitar a verbalização do desempenho percebido, em uma condição externamente controlada, levaria a ganhos de aprendizagem semelhantes à condição autocontrolada de CR. Nesse estudo, a medida utilizada para inferir sobre a estimativa de erro foi o desempenho percebido. A hipótese foi de que, se os ganhos da condição autocontrolada de CR estivessem atrelados ao fortalecimento do mecanismo de detecção e correção de erro, solicitar a verbalização do desempenho percebido levaria a um maior envolvimento da avaliação do desempenho, e os ganhos de aprendizagem seriam equivalentes entre as condições. Participaram do estudo 60 universitários distribuídos em três grupos experimentais: (a) grupo autocontrolado; (b) grupo yoked com manifestação verbal do desempenho percebido; (c) grupo yoked tradicional, sem estimativa de desempenho

percebido. A tarefa utilizada foi o arremesso de saquinho de feijão a um alvo e o estudo constou da fase de aquisição e testes de retenção e transferência. As solicitações de CR foram restringidas a uma frequência de 33%, sendo obrigatórias três solicitações por blocos de tentativas, enquanto a manifestação verbal do desempenho percebido foi realizada em todas as tentativas somente da fase de aquisição. Acoplada à medida de desempenho (média da pontuação total) e à medida de estimativa de desempenho (diferença entre o desempenho alcançado e o desempenho percebido), foi aplicado a escala de percepção de competência e sentimento de autonomia (inventário de motivação intrínseca, utilizada por CARTER; STE-MARIE, 2017b). Os resultados indicaram superioridade do grupo yoked com manifestação do desempenho percebido, em relação aos demais. Adicionalmente, o grupo foi mais preciso na estimativa de desempenho nos blocos finais, quando comparado com o bloco inicial da fase de aquisição. Esses resultados confirmaram a hipótese de que, ao longo da prática, ocorreria o fortalecimento da referência de correção. Contudo, não foi requisitada a verbalização para o grupo autocontrolado, dificultando a análise do fortalecimento do mecanismo de detecção e correção de erro. Além disso, para o grupo yoked foi solicitada a manifestação do desempenho percebido, ao invés da estimativa de erro. Em relação aos aspectos motivacionais, não foi revelada diferença entre os grupos para a medida de sentimento de autonomia, e para a medida de competência percebida os grupos apresentam um aumento semelhante do primeiro para o último bloco da aquisição. Esses resultados divergiram do que tem sido apontado sobre o papel determinante desempenhado pela motivação na aprendizagem autocontrolada.

Devido aos resultados encontrados foi realizado um segundo experimento, no qual a obrigatoriedade de três solicitações por bloco e a frequência de 33% foram mantidas, porém distribuída de maneira livre durante a prática; a verbalização do desempenho percebido ocorreu para todos os grupos nos testes de aprendizagem e na fase de aquisição para o grupo yoked, sendo que esse deveria manifestá-la somente nas tentativas de recebimento de CR; e por fim foi utilizada uma tarefa de timing coincidente e demanda espacial (*waveform*), na qual os participantes deveriam realizar um movimento

reverso com o braço não dominante de maneira a reproduzir o formato de uma onda. O mesmo delineamento experimental foi utilizado. Os resultados indicaram que o grupo autocontrolado apresentou melhor desempenho no teste de retenção comparado aos demais, enquanto o grupo yoked com estimativa apresentou melhor desempenho no teste de transferência. No que se refere à medida de desempenho percebido, os grupos foram mais precisos no teste de retenção quando comparado ao teste de transferência, sendo que o grupo yoked com estimativa foi semelhante ao grupo autocontrolado e mais preciso que o grupo yoked tradicional. Além disso, foi revelada correlação entre a estimativa de desempenho percebido e o desempenho alcançado, tanto na retenção ($r= 0,83$) como na transferência ($r= 0,84$). Foi encontrada correlação negativa não significativa entre esses mesmos blocos e as medidas motivacionais - sentimento de autonomia e percepção de competência. O conjunto desses resultados permite sugerir que os aspectos informacionais teriam uma maior relação com os ganhos observados na aprendizagem autocontrolada do que os fatores motivacionais.

Ainda em relação aos fatores motivacionais, é razoável supor que o grupo yoked com estimativa recebeu CR em tentativas em que provavelmente o seu desempenho ficou longe da meta. Dessa maneira, seria plausível pensar que os participantes relatariam uma menor competência percebida. Contudo, os resultados indicaram que o grupo não se percebeu menos competente e utilizou a informação de CR para correção de erro - inferido por meio da melhora do desempenho ao longo da prática. Assim, o argumento de que o recebimento de CR após tentativas de sucesso teria papel determinante nos ganhos de aprendizagem perde em sustentação. Uma análise considerando a magnitude do erro embasaria, com maior profundidade, essa discussão.

De maneira geral, o estudo de Barros et al. (2019) evidenciou a relação entre a precisão da estimativa de erro e o desempenho manifesto nos testes de aprendizagem, resultado esse semelhante aos encontrados nos estudos de Carter e Patterson (2012), Carter, Carlsen e Ste-Marie (2014) e Carter e Ste-Marie (2017b). Todavia, ainda não está claro o que ocorre com a precisão da estimativa de erro durante o processo de aprendizagem.

Outros estudos foram conduzidos na tentativa de compreender a influência dos aspectos informacionais nos ganhos observados na condição autocontrolada, manipulando, por exemplo, as atividades realizadas no intervalo entre o término da execução da tarefa e apresentação do CR (CARTER E STE-MARIE, 2017a; COUVILLION; BASS; FAIRBROTHER, 2019). A literatura tem atribuído a esse intervalo de tempo, o processamento de informações intrínsecas do movimento (ADAMS, 1968; SALMONI; SCHMIDT; WALTER, 1984; SWINNEN et al.,1990; SCHMIDT; LEE, 2011), inferindo-se que uma delas seria o envolvimento na estimativa de erro (SWINNEN, 1990; CARTER; STE-MARIE, 2016). Dessa maneira, se os ganhos da condição autocontrolada de CR estivessem atrelados aos aspectos informacionais, interpolar esse intervalo de tempo com alguma atividade, possivelmente anularia os ganhos observados nessa condição. Os resultados confirmaram essa hipótese. Entretanto, como abordado, nesse período ocorre o processamento de outras informações intrínsecas do movimento além da estimativa de erro, como, por exemplo, o resgate da informação na memória e elaboração do plano de ação (SCHMIDT; LEE, 2011). Desse modo, os resultados desses estudos fornecem indícios de que os ganhos da condição autocontrolada estão possivelmente atrelados aos aspectos informacionais. Contudo, não esclarecem a relação entre a estimativa de erro, e os efeitos observados na aprendizagem motora autocontrolada de CR.

Destarte, pode-se especular que a condição autocontrolada de CR seria benéfica à aprendizagem, pois induziria o participante a solicitar ou não o CR, com base na avaliação do seu desempenho, fortalecendo o mecanismo de detecção e correção de erro. Nesse caso, o aprendiz pode ter ampla liberdade de solicitar CR, mas solicitá-lo ou não e, conseqüentemente, o benefício da solicitação, estará possivelmente relacionado à sua capacidade de estimar o erro. Todavia, para esclarecer essa questão faz-se necessário investigar o comportamento da precisão da estimativa de erro durante o processo de aprendizagem. Adicionalmente, faz-se também necessário o controle da medida de estimativa de erro e não de desempenho percebido. Portanto, para uma melhor compreensão do mecanismo de detecção e correção de erro, será discutido a seguir como ele é abordado nas teorias de aprendizagem motora.

2.4 Mecanismo de detecção e correção de erro na aprendizagem motora

Conceitualmente, o CR é entendido como uma informação extrínseca pós-resposta referente ao objetivo ambiental pretendido, tendo como principal função orientar o aprendiz em direção à meta a ser alcançada (SCHMIDT; LEE, 2011). Assim, o CR possibilita ao aprendiz a realização de possíveis ajustes e correções para o alcance da meta (TANI, 1989). Os primeiros estudos mostrando que o CR favorece a aprendizagem foram conduzidos por Thorndike na década de 1920 e 1930, sob o paradigma behaviorista. No estudo de Thorndike (1927), os participantes deveriam traçar uma linha de diferentes tamanhos com os olhos vendados. Após a realização de cada tentativa lhes era fornecido o feedback extrínseco com a palavra “certo” - se o traço estivesse dentro da faixa de amplitude determinada - ou “errado” - caso o traço estivesse fora da faixa de amplitude. Thorndike concluiu que o fornecimento de CR fortaleceu a conexão estímulo-resposta, mostrando que respostas satisfatórias tendem a ser repetidas - lei do efeito. Esse experimento deu início a uma série de pesquisas, não sem críticas. Uma delas foi que o efeito automático do reforçamento apresentado por Thorndike não considerava o envolvimento cognitivo do aprendiz (ADAMS, 1978). O que era de se espantar em virtude do paradigma behaviorista à retaguarda.

A partir da década de 1960, as pesquisas sobre CR começaram a ser desenvolvidas numa perspectiva cognitivista de processamento de informações (WALTER; BASTOS; TANI, 2016), mais especificamente na teoria de circuito fechado de Adams (1971) e na teoria de esquema de Schmidt (1975). Assim, o mecanismo de detecção e correção de erro passou a ser um fator relevante no processo de aprendizagem motora, tornando-se uma variável de investigação.

A teoria de circuito fechado de Adams (1971) propõe que o processo de aprendizagem ocorre por meio do desenvolvimento de dois constructos: traço de memória (responsável pela produção do movimento, também conhecido por programa motor, para mais detalhes ver ADAMS, 1971) e traço perceptivo (responsável pela avaliação da exatidão da resposta executada - referência de

correção). De acordo com essa teoria, no início da aprendizagem, o aprendiz é dependente da informação fornecida por meio do CR para detectar e corrigir seus erros de movimento, pois o traço perceptivo ainda não está desenvolvido. Em outras palavras, o traço perceptivo é fraco e o aprendiz ainda não possui a capacidade para detectar os seus erros adequadamente. Ao longo da prática, em cada tentativa realizada, o aprendiz relaciona a informação do CR e o feedback intrínseco (visão, audição, propriocepção etc.) ao traço perceptivo e o resultado dessa comparação é utilizado para os ajustes necessários na execução da próxima tentativa - correção. No decorrer do processo de aprendizagem, com o fortalecimento desse traço, o aprendiz se torna capaz de comparar o feedback intrínseco com o traço perceptivo para avaliar a correção da resposta sem o CR. Isto é, com o fortalecimento do traço perceptivo os ajustes das respostas são realizados sem a necessidade dessa informação.

Para investigar a proposição de Adams (1971) sobre o desenvolvimento do traço perceptivo e mecanismo de detecção de erro, Schmidt e White (1972) conduziram uma pesquisa com 10 participantes em um único grupo, que deveriam realizar 170 tentativas de uma tarefa balística, na qual o CR fora retirado nas tentativas 11 até 20 e de 141 até 170. No primeiro dia de prática foram realizadas as tentativas de um até 150 e no segundo dia de 151 até 170. As medidas principais foram: o erro absoluto e a precisão do desempenho percebido. A proposição era de que se o traço perceptivo se constitui a base para o mecanismo de detecção de erro, a retirada do CR após o seu desenvolvimento não implicaria em piora no desempenho. Isso porque, o mecanismo de detecção de erro orientaria as correções para a próxima resposta. Os resultados indicaram melhora no desempenho ao longo da prática e melhora na precisão do desempenho percebido. Além disso, não houve piora no desempenho nos momentos de retirada de CR, o que confirma a relação entre o fortalecimento do traço perceptivo e o desenvolvimento do mecanismo de detecção de erro.

Já a teoria de esquema de Schmidt (1975) propõe que a informação fornecida pelo CR auxilia nas correções a serem feitas pelo esquema de lembrança. Schmidt (1975) propõe que a cada movimento realizado quatro

informações são armazenadas na memória: a) condições iniciais – informações sobre o estado do meio ambiente e do corpo antes do movimento ser iniciado (ex. posição dos membros); b) especificação da resposta – parâmetros específicos como força, velocidade (componentes variáveis do programa motor generalizado, ver detalhes em Schmidt, 1975); c) consequências sensoriais – informações captadas pelos órgãos sensoriais durante ou após a execução do movimento; d) resultado da resposta – comparação entre o resultado desejado e o resultado alcançado, podendo ser fornecida pelo CR. Essas quatro informações são armazenadas na memória de curto prazo para que as suas relações sejam abstraídas e armazenadas posteriormente na memória de longo prazo. Durante o processo de aprendizagem, essas diversas relações oriundas da execução dos movimentos são armazenadas e confrontadas, dando origem a duas estruturas de regras abstratas denominadas de esquema motor: o esquema de lembrança (responsável pela produção de movimento) e o esquema de reconhecimento (responsável pela detecção de erros). O esquema de lembrança é formado por meio da comparação das relações entre as informações das condições iniciais, as especificações da resposta e o conhecimento do resultado alcançado. Já o esquema de reconhecimento é formado relacionando as informações das condições iniciais, as consequências sensoriais esperadas e as reais, obtendo-se assim informações sobre o erro. As consequências sensoriais e a informação fornecida pelo CR servem de base para as correções a serem feitas pelo esquema de lembrança para a execução da próxima resposta. Assim, na teoria de esquema, erros nunca cometidos podem ser detectados. Vale ressaltar que na teoria de esquema, o fortalecimento do esquema de reconhecimento é inferido pelo teste de retenção sem o fornecimento de CR. Isto é, a estimativa do desempenho é realizada por meio do relacionamento das informações do feedback intrínseco com o esquema de reconhecimento.

Diversos experimentos foram realizados com o objetivo de investigar o desenvolvimento do mecanismo de detecção e correção de erro na aprendizagem motora (Tabela 2).

Tabela 2 – Estudos que investigaram o mecanismo de detecção e correção de erro na aprendizagem motora.

Autores	População	Tarefa	Grupos	Medida de estimativa	Resultado Geral
Schmidt e White (1972)	Adultos	PL	(1) grupo CR retirado - início e final da prática	D.P/ ms	> desempenho
Hogan e Yanowitz (1978)	Adultos	PL	(1) Fornecimento de E (2) Sem fornecimento de E	D. P/ ms	(1) > (2)
Liu e Wrisberg (1997)	Adultos	LA	(1) CR imediato (2) Atraso no CR (3) CR imediato + E.E (4) CR atrasado + E. E	D.P./ Escala Likert	(3) e (4) > (1) e (2)
Guadagnoli e Kohl (2001)	Adultos	CF	(1) 100% de CR+E. E (2) 100% sem E.E (3) 20% de CR + E.E (4) 20% de CR sem E.E.	E.E/ Mapa de erros	(1) (3) (4) > (2)
Sherwood (2008)	Adultos	1) DAC 2)TB 3)TPB 4)TA	(1) grupo tarefa 1 (2) grupo tarefa 2 (3) grupo tarefa 3 (4) grupo tarefa 4	D.P/ N.E	S.E.
Sherwood (2009)	Adultos	PL	(1) grupo maior distância (2) grupo menor distância	D. P / cm	(1) = (2)
Sherwood (2010)	Adultos	PI	(1) grupo 30° + tempo total de 210 ms (2) grupo 30° + tempo total de 350 ms (3) grupo 50° + tempo total 210 ms (4) grupo 50° + tempo total de 350 ms	D. P/ cm e ms	N. A.
Patterson, McRae e Lai (2016)	Adultos	TSI	(1) grupo E. precisa (2) grupo E. menor precisão (3) grupo controle	D. P/ ms	(1) (2) > (3)

Legenda – E: estimativa; D. P: desempenho percebido; E.E: estimativa de erro; ms: milésimo de segundos; cm: centímetros; S.E: Sem efeito; N.A: Não

especificado; DAC: deslocamento alvo do cotovelo até 35°; TB: tábua balística; TPB: tempo de posicionamento de um botão; PL: posicionamento linear; LA: lançamento ao alvo; CF: controle de força; PI: posicionamento de implemento; TS: timing sequencial; CF: controle de força;

Para investigar o mecanismo de detecção e correção de erro, os estudos solicitaram aos participantes que verbalizassem a estimativa do seu erro (GUADAGNOLI; KOHL, 2001) ou a estimativa do desempenho percebido (HOGAN; YANOWITZ, 1978; LIU; WRISBERG, 1997; SHERWOOD, 2008; SHERWOOD, 2009; SHERWOOD, 2010; PATTERSON; MCRAE; LAI, 2016), com exceção do estudo de Schmidt e White (1972). A ideia à retaguarda foi que o fortalecimento do mecanismo de detecção e correção de erro seria observado por meio de uma maior precisão da estimativa de erro atrelada à melhora no desempenho (SCHMIDT, 1991). Após a execução da tarefa, o aprendiz avalia a resposta produzida por meio do feedback intrínseco e utiliza essas informações para estimar o seu erro - quão longe ou perto ficou da meta da tarefa. Com o recebimento de CR, o aprendiz compara essa estimativa com a resposta alcançada, formando uma referência interna da habilidade motora – referência de correção. Quanto mais precisa for a estimativa de erro, mais consistente será a referência de correção, por conseguinte, com a retirada do CR nos testes de aprendizagem, se observará uma manutenção do desempenho adquirido.

De maneira geral, os resultados dos estudos têm mostrado que manifestar a estimativa de erro leva a uma superioridade do desempenho nos testes de aprendizagem (HOGAN; YANOWITZ, 1978; GUADAGNOLI; KOHL, 2001; PATTERSON, MCRAE; LAI, 2016). Uma possível explicação para esses resultados tem sido que o fato do aprendiz manifestar a estimativa de erro faz com que se envolva não apenas na avaliação do desempenho da tentativa realizada como também a comparação com a tentativa anterior. Adicionalmente, essa informação também seria utilizada para a detecção e correção de erro das respostas posteriores (HOGAN; YANOWITZ, 1978; SWINNEN, et al., 1990). Consequentemente, ao longo da prática, haveria um maior fortalecimento do mecanismo de detecção e correção de erros, não resultando em prejuízo à aprendizagem quando o CR fosse retirado, pois o

aprendiz acionaria o mecanismo intrínseco para planejar e avaliar as próximas tentativas (SWINNEN et al., 1990).

Em suma, diante desse panorama, fica claro o papel essencial do mecanismo de detecção e correção de erro na aprendizagem de habilidades motoras, seja para o fortalecimento de um traço ou esquema. Assim, é razoável especular que equivalente processo ocorreria numa condição de CR autocontrolada, pois a tomada de decisão da sua solicitação estaria baseada na avaliação do desempenho. No entanto, se o fortalecimento desse mecanismo, por meio do aumento de precisão da estimativa de erro, explicaria os ganhos encontrados na condição autocontrolada de CR é uma questão ainda em aberto.

3 OBJETIVO DO ESTUDO

O objetivo do estudo foi investigar se a estimativa de erro constitui um fator que explica os ganhos observados na condição de CR autocontrolada.

4 EXPERIMENTO 1

4.1 Objetivo

Investigar o efeito da verbalização da estimativa de erro na aquisição de habilidade motora sob a condição autocontrolada de CR.

4.1.2 Hipóteses

H1: Não haverá diferença, nos testes de aprendizagem, entre os grupos autocontrolados sem e com manifestação verbal da estimativa de erro ao longo da AQ.

H0: Haverá diferença, nos testes de aprendizagem, entre os grupos autocontrolados sem e com manifestação verbal da estimativa de erro ao longo da AQ.

4.2 Método

4.2.1 Participantes

A amostra foi composta de adultos universitários voluntários ($n = 40$, idade média = 23,7, DP = 4,15), sem experiência na tarefa. A participação foi condicionada ao preenchimento de um Termo de consentimento - informando os procedimentos da pesquisa, bem como os direitos do participante em um experimento para fins científicos. Os participantes apresentaram visão normal ou corrigida. O estudo foi aprovado pelo Comitê de ética em Pesquisa da Escola de Educação Física e Esporte da USP (EEFE-USP) sob o registro CAAE: 87494217.5.0000.5391.

4.2.2 Equipamento e Tarefa

O equipamento utilizado foi um monitor LCD (*Liquid Crystal Display*) de “22” – com taxa de atualização de 120 Hz e resolução de 1680 x 1050 pixels – um mouse, ligado por um cabo coaxial a uma placa de aquisição de dados (Labjack U3-HV). Um computador – Desktop Dell Studio XPS 8100 - gerenciou a tarefa e a aquisição dos dados por meio de um *script* escrito especificamente para a realização deste estudo (Figura 1). O *script* utilizou o *software* GNU/Octave e o *toolbox* Psychtoolbox – que permitiu a apresentação de estímulos visuais e registro de informações com precisão de milésimos de segundo – executados no sistema operacional Linux, Ubuntu 16.04.

A tarefa consistiu em sincronizar o pressionamento de um botão, com a mão dominante, com o encontro da primeira aresta de um retângulo (alvo móvel) com uma linha de contato (alvo fixo). Para isso, o alvo móvel se deslocava horizontalmente na tela do computador, da esquerda para a direita,

iniciando entre um e meio (1,5) e três segundos (s), pseudoaleatoriamente. O tempo de deslocamento foi de 1400 milésimos de segundo (ms) com a sua oclusão nos 784 ms finais (Figura 2). A velocidade do alvo não foi contínua, havendo uma desaceleração constante não percebida pelo participante. A velocidade inicial de 28,3 graus de ângulo visual por segundo - gva/s, ocorrendo uma desaceleração constante de 5,7 gva/s². A razão pela qual optou-se por essa desaceleração foi para que a capacidade de antecipar a posição do alvo móvel necessitasse de prática e CR para ser adquirida (BASTOS et al., 2018).

Adicionalmente, visando aumentar a necessidade do CR, o alvo móvel foi ocluído nos 784 ms finais do deslocamento. Especificamente, as estimativas de tempo de chegada dependem muito da velocidade percebida do alvo em movimento (MARINOVIC; ARNOLD, 2012; SMEETS; BRENNER, 1995). Assim, se os participantes se baseassem apenas na informação do feedback intrínseco, sem levar em consideração a informação de CR, seria esperado respostas antecipatórias, pois a desaceleração do alvo móvel não seria considerada (BASTOS et al., 2018, WATAMANIUK; HEINEN, 2000).

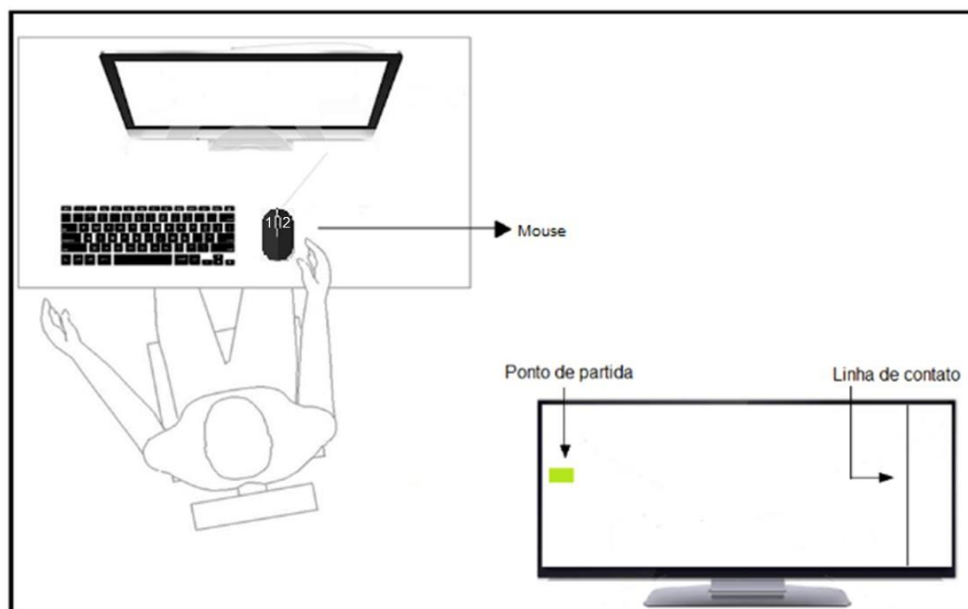


Figura 1 – Esquema do posicionamento do participante em relação ao equipamento utilizado.

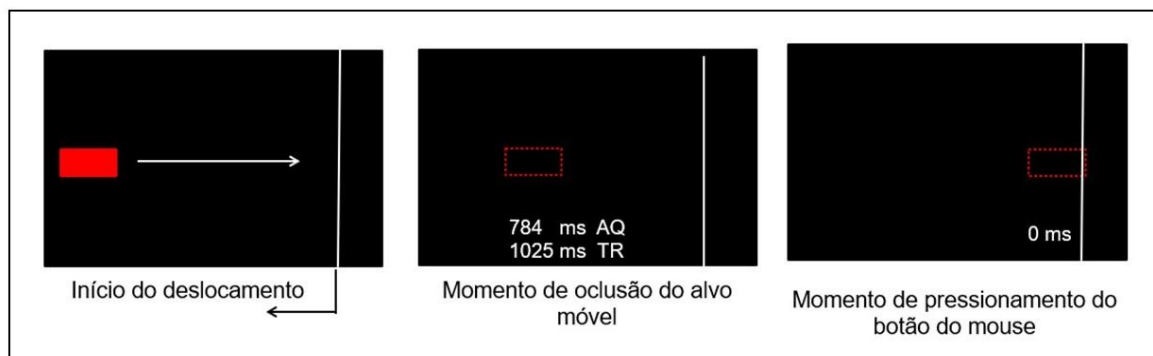


Figura 2 – Esquema de apresentação da tarefa experimental: direção do movimento do alvo móvel ao alvo fixo; momento em que a visualização do alvo é ocluída; momento de contato entre o alvo móvel e o fixo, no qual o mouse deverá ser pressionado pelo participante.

4.2.3 Delineamento

O experimento foi composto de cinco etapas denominadas: baseline, fase de aquisição (AQ), teste de retenção imediato (RETi), teste de retenção atrasado (RETa) e teste de transferência (TR).

Os participantes foram distribuídos aleatoriamente em dois grupos experimentais autocontrolados, sendo fornecido para ambos os grupos o controle do momento de recebimento do CR: grupo autocontrolado com verbalização do erro estimado a cada tentativa, denominado de grupo Auto-com (n = 20); e grupo autocontrolado sem verbalização do erro estimado – Auto-sem (n = 20).

Os participantes realizaram 3 tentativas de familiarização com a tarefa e em seguida iniciaram 20 tentativas do baseline - sem o fornecimento de CR e sem a verbalização do erro estimado. Optou-se pela utilização do baseline, por permitir verificar o nível de desempenho dos participantes com a prática sem a adição do CR, isto é, a necessidade da informação do CR para a melhora do desempenho. Dessa maneira, o baseline poderia ser considerado um primeiro bloco da AQ, possibilitando a comparação entre o nível inicial e o nível de desempenho que poderia ser alcançado ao final da prática. A opção por 20 tentativas foi baseada no estudo de Drews (2017), o qual verificou que 20 tentativas com adição de CR seriam suficientes para gerar mudança nessa

tarefa. Adicionalmente, apesar de não ser esse o intuito principal dessa medida, o baseline permitiria verificar se os participantes iniciaram o experimento no mesmo nível de desempenho.

Após o término do baseline, teve início a AQ, composta por 100 tentativas com o CR e a requisição da estimativa de erro de acordo com o grupo experimental. O RETi foi realizado 15 minutos após o término da AQ, e 24 horas após a sua finalização deu-se início o RETa e em seguida o TR. No TR foi mantido o deslocamento total na tela entre o ponto de partida e de chegada (1400 ms), porém o tempo de oclusão do alvo móvel foi aumentado para 1025 ms, tornando-se visível por apenas 375 ms. Esse procedimento foi adotado, com o objetivo de verificar o quanto da habilidade adquirida de extrapolar o tempo de deslocamento do alvo móvel, poderia ser transferido para uma condição na qual a exigência por extrapolação fosse aumentada (BASTOS et al., 2018). Todos os testes de aprendizagem (RETi, RETa e TR) foram compostos por 20 tentativas cada, sem o fornecimento de CR e com a solicitação da verbalização do erro estimado após todas as tentativas para todos os grupos (Tabela 3).

Tabela 3 - Esquema do delineamento experimental.

Grupos	Baseline (20 tentativas)		Aquisição (100 tentativas)		RETi (20 tentativas) (15min após AQ)		RETa (20 tentativas) (24h após RETi)		TR (20 tentativas) (após RETa)	
	CR (100%)	E.E	CR (100%)	E.E	CR (100%)	E.E	CR (100%)	E.E	CR (100%)	E.E
Auto_sem (n = 20)	-	-	*	-	-	*	-	*	-	*
Auto_com (n = 20)	-	-	*	*	-	*	-	*	-	*

Legenda – Auto_com: grupo com verbalização do erro estimado e grupo Auto-sem: grupo sem a verbalização do erro estimado; CR: Conhecimento de Resultados fornecido de acordo com o grupo experimental; E.E: verbalização do erro estimado do participante; 100%: em todas as tentativas; * presença da variável (CR/E.E.); - ausência da variável.

A informação do CR e a informação da estimativa de erro teve como unidade de medida milésimos de segundo, sem casas decimais e com sinal negativo ou positivo, isto é, em magnitude e direção.

4.2.4 Procedimentos

A coleta foi realizada individualmente, somente com a presença de um experimentador, em uma sala especialmente preparada para esta finalidade. Foi requisitado que os participantes utilizassem o mouse com a mão dominante e a altura do monitor foi ajustada, de forma que o centro deste estivesse na altura dos olhos, a uma distância aproximada de 1 m (BASTOS et al., 2018).

Em relação às instruções iniciais fornecidas, os participantes de ambos os grupos foram receberam informações referentes ao número de tentativas, solicitação/fornecimento de CR, verbalização do erro estimado - de acordo com o grupo experimental – e fases do experimento. Ressalta-se que nessas instruções iniciais os participantes foram informados a solicitar CR apenas quando achassem necessário, uma vez que não teriam acesso ao CR nos testes finais. Esse procedimento foi adotado baseado no estudo de Bastos (2010), o qual verificou que fornecer a meta de aprendizagem leva a ganhos na aprendizagem autocontrolada.

Os participantes foram informados que o experimentador não teria nenhum acesso às suas informações durante a tarefa, isto é, não teria conhecimento do seu desempenho e nem da escolha de solicitação de CR; o experimentador estava lá apenas para liberar as tentativas no *software* e anotar a verbalização da estimativa – quando essa ocorria. A tela do computador do experimentador foi posicionada de uma maneira que não houvesse contato visual com o participante, na tentativa de diminuir uma possível interferência da sua presença no experimento (THOMAS; NELSON, 2005).

No início da prática, no caso do grupo Auto-com, e nos testes de RETi, RETa, TR, para ambos os grupos, foi requisitado que os participantes

manifestassem verbalmente a estimativa de erro utilizando a palavra “antes”, se avalia que apertou o botão antes do retângulo chegar na linha de contato; e utilizasse a palavra “depois” caso achasse que houve atraso na resposta. Dessa maneira, o experimentador digitava a correspondente estimativa manifestada em um teclado numérico com sinal de negativo (antes) ou positivo (depois). Esse procedimento foi adotado após a realização de cada tentativa. Posteriormente à verbalização do erro estimado, a possibilidade de escolha do CR era apresentada na tela do computador com a seguinte pergunta: “Você deseja receber feedback?”; e com as possíveis opções de escolha: (1) para ter acesso a informação do feedback; (2) para iniciar a próxima tentativa (Figura 3). Caso o participante optasse pelo recebimento de CR, esse poderia ficar o tempo que achasse necessário observando-o e a próxima tentativa só teria início ao apertar o botão correspondente do mouse (no caso botão 1) – representado na Figura 1.

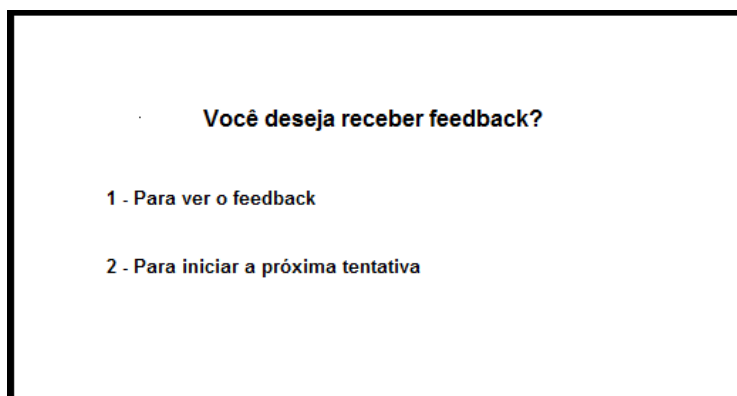


Figura 3 – Representação esquemática da tela de escolha de CR.

Nos testes RETi, RETa e TR, o mesmo procedimento de realização e captação da estimativa de erro foi adotado para ambos os grupos, não sendo fornecida a informação de CR.

4.2.5 Medidas

O Erro Absoluto (EA), o Erro Variável (EV) e o Erro Constante (EC) foram as principais medidas de desempenho utilizadas. O EA consistiu na

média, por bloco de tentativas, das diferenças absolutas entre o desempenho obtido e a meta em cada tentativa. O EC indicou se houve distância menor ou maior em relação ao alvo, sendo obtido pela média do desempenho com sinais (positivo ou negativo) em cada bloco. Por sua vez, o EV consistiu do desvio padrão do erro de cada bloco, mantidos os sinais.

Adicionalmente, foi utilizada nos testes de aprendizagem a medida de precisão da estimativa de erro, denominada de diferença constante (DC) - calculada pela diferença entre o CR e a estimativa de erro, considerando a diferença entre a antecipação e o atraso. O sinal - negativo e positivo - foi retirado apenas para relato dos resultados.

Também foram utilizadas as seguintes medidas complementares para todos os grupos do experimento: a) o tempo de permanência do CR na tela até o participante pressionar o mouse para o início de uma nova tentativa (denominada de “tempo observando CR”), utilizada para inferir sobre o uso da informação do CR; b) a média de tempo gasto entre o surgimento da questão “Você deseja receber feedback?” na tela do computador e o pressionamento de uma das opções relativas à tomada de decisão sobre solicitar ou não o CR após cada tentativa da AQ (denominada de “tempo de escolha de CR”), utilizada para inferir sobre o processamento de informações para solicitar CR; c) frequência total e momento (bloco) de solicitação de CR, com objetivo de verificar um possível efeito da verbalização do erro estimado na quantidade de solicitação de CR.

4.2.6 Organização dos dados e análise estatística

Os dados das medidas de EA, EC e EV foram calculados utilizando blocos de 20 tentativas no baseline e nos testes de aprendizagem, e blocos de 10 tentativas durante a AQ. A mesma organização foi realizada para a análise de momento de solicitação de CR nos blocos da AQ (b1-b10) e para a medida de DC nos testes de aprendizagem.

Optou-se por submeter os dados das medidas de desempenho (EA, EC, EV) a uma análise de variância (ANOVA) de dois fatores (Grupos X Blocos)

com medidas repetidas no último fator, sendo comparados os blocos do baseline com o último bloco da AQ; o último bloco da AQ com o RETi; o RETi com o RETa; e o RETa com o TR. Quando os dados violaram a hipótese de esfericidade (teste de Mauchly) foram relatados os graus de liberdade corrigidos por Greenhouse e Geiser (FIELD, 2009). O teste t com a correção FDR - *false Discovery rate* - (BENJAMINI; HOCHBERG, 1995) como *post hoc* foi utilizado para verificar diferenças específicas em todas as análises realizadas. A mesma análise foi aplicada para a medida de DC nos testes de aprendizagem e para as medidas complementares - tempo de escolha de CR, tempo observando CR na tela e momento de solicitação de CR nos blocos da AQ. Para a medida frequência total de solicitação de CR foi realizado um teste t para amostras independentes. A homogeneidade de variância e a distribuição normal dos dados foram conferidas antes da realização da análise paramétrica.

Para a aplicação dos procedimentos estatísticos foi utilizado o *Software R* (R Core Team, 2016) e o *Software Statistical Package for Social Sciences* (SPSS 20.0), adotando-se um nível alfa de significância de 5%.

4.3 Resultados

4.3.1 Erro Absoluto

É possível observar na Figura 4 que ambos os grupos apresentam um desempenho semelhante durante os blocos. A comparação do baseline com o último bloco da AQ confirma essa observação, revelando efeito apenas no fator Bloco, $F(1, 38) = 79,17$, $p < 0,05$, $\eta^2 = 0,48$, não sendo verificado efeito no fator Grupo, $F(1, 38) = 0,11$, $p > 0,05$ e na interação dos fatores Grupo x Bloco $F(1, 38) = 0,65$, $p > 0,05$. Nesse sentido, ambos os grupos diminuíram, de maneira similar, a discrepância temporal entre a chegada do alvo móvel e o pressionamento do botão do mouse.

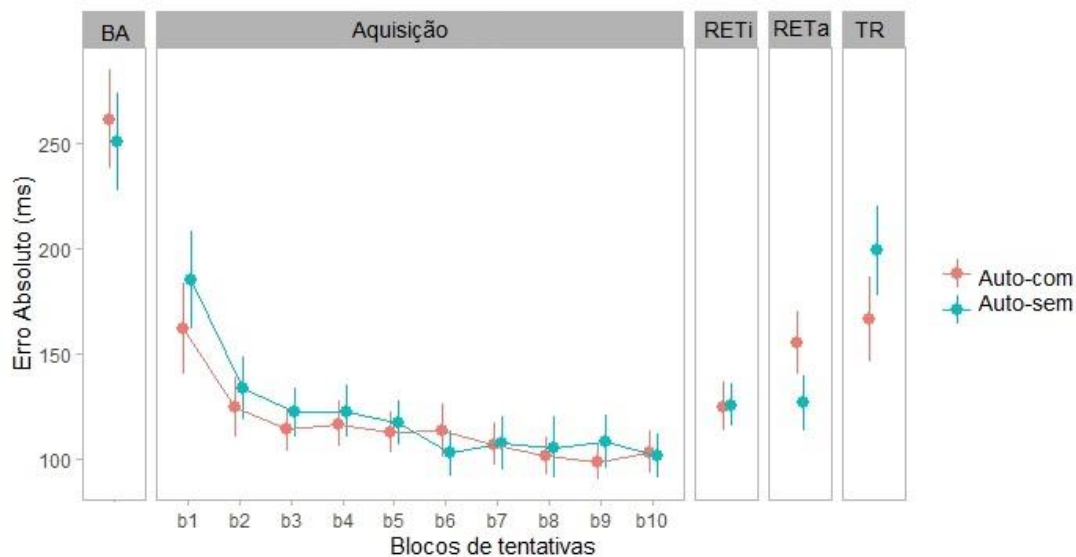


Figura 4 – Erro absoluto (EA) nos blocos de tentativas do baseline (BA), da fase de aquisição (Aquisição: b1 - b10), do teste de retenção imediato (RETi), do teste de retenção atrasado (RETa) e do teste de transferência (TR), do grupo autocontrolado com estimativa de erro (Auto-com) e do grupo autocontrolado sem estimativa de erro (Auto-sem). As barras de erro representam o erro padrão das médias.

A análise inferencial entre o último bloco da AQ e o RETi revelou efeito no fator Bloco, $F(1, 38) = 0,74$, $p < 0,05$, $\eta^2 = 0,05$, com ambos os grupos aumentando o EA. Entretanto, não foi encontrada diferença no fator Grupo, $F(1, 38) = 0,00$, $p > 0,05$ e na interação dos fatores Bloco x Grupo, $F(1, 38) = 0,02$, $p > 0,05$.

Na comparação entre o RETi e o RETa, não foi revelado efeito no fator Bloco, $F(1, 38) = 2,49$, $p > 0,05$, no fator Grupo, $F(1, 38) = 0,92$, $p > 0,05$ e na interação dos fatores Grupo x Bloco, $F(1, 38) = 2,23$, $p > 0,05$. Por fim, na comparação entre o RETa e o TR, a análise inferencial revelou efeito no fator Bloco, $F(1, 38) = 4,90$, $p < 0,05$, $\eta^2 = 0,06$ - um aumento no tempo das respostas - não revelando efeito no fator Grupo, $F(1, 38) = 0,01$, $p > 0,05$ e na interação dos fatores Grupo x Bloco, $F(1, 38) = 2,70$, $p > 0,05$.

4.3.2 Erro Constante

A Figura 5 mostra que ambos os grupos iniciaram o experimento antecipando suas respostas em magnitude semelhante e diminuem essa antecipação entre os blocos do baseline e último bloco da AQ. A análise inferencial confirma essa observação, revelando efeito apenas no fator Bloco, $F(1, 38) = 40,27$, $p < 0,05$, $\eta^2 = 0,29$, não sendo verificado efeito no fator Grupo, $F(1, 38) = 0,08$, $p > 0,05$ e na interação dos fatores Grupo x Bloco $F(1, 38) = 0,35$, $p > 0,05$.

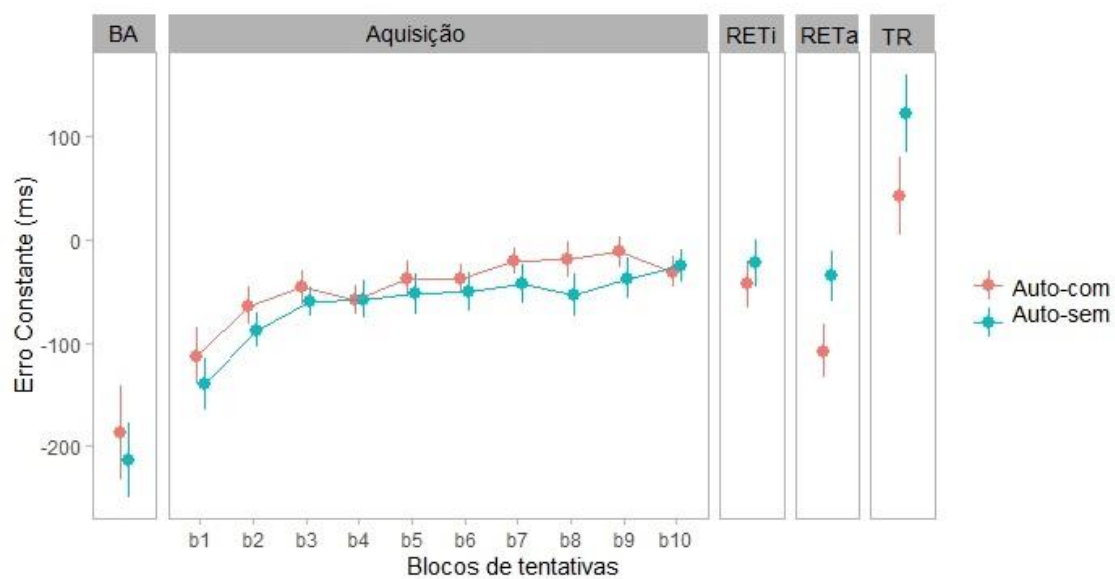


Figura 5 – Erro constante (EC) dos blocos de tentativas no baseline (BA), na fase de aquisição (Aquisição: b1 - b10), e no teste de retenção imediato (RETi), teste de retenção atrasado (RETa) e transferência (TR), do grupo autocontrolado com estimativa de erro (Auto-com) e do grupo autocontrolado sem estimativa de erro (Auto-sem). As barras de erro representam o erro padrão das médias.

A análise inferencial entre o último bloco da AQ e o RETi não revelou efeito no fator Bloco, $F(1, 38) = 0,08$, $p > 0,05$, Grupo, $F(1, 38) = 0,35$, $p > 0,05$ e na interação dos fatores Grupo x Bloco, $F(1, 38) = 0,16$, $p > 0,05$. Na Figura 5 é possível observar que ambos os grupos mantiveram o a antecipação das respostas.

Na comparação entre o RETi e o RETa a análise inferencial revelou efeito no fator Bloco, $F(1, 38) = 6,15$, $p < 0,05$, $\eta^2 = 0,03$, com ambos os grupos apresentando um aumento no tempo de antecipação das respostas. Entretanto, não foi revelado efeito no fator Grupo, $F(1, 38) = 2,39$, $p > 0,05$ e na interação dos fatores Grupo x Bloco, $F(1, 38) = 2,96$, $p > 0,05$.

Na comparação entre o RETa e o TR é possível observar um aumento na antecipação das respostas (Figura 5). A análise inferencial confirmou essa observação, revelando efeito no fator Bloco, $F(1, 38) = 53,53$, $p < 0,05$, $\eta^2 = 0,22$, não sendo encontrada diferença significativa no fator Grupo, $F(1, 38) = 3,58$, $p > 0,05$ e na interação dos fatores Grupo x Bloco, $F(1, 38) = 0,02$, $p > 0,05$.

4.3.3 Erro Variável

Na Figura 6, na qual foram expostos os dados do EV, é possível observar que os grupos apresentaram uma variabilidade semelhante nos blocos analisados. Descritivamente, verifica-se uma maior consistência nas respostas nos últimos blocos da AQ, especificamente do nono bloco em diante. Na comparação entre o baseline e o último bloco da AQ, a análise inferencial não revelou efeito no fator Bloco, $F(1, 38) = 3,63$, $p > 0,05$, $\eta^2 = 0,03$, apesar do valor p marginal ($p = 0,06$), no fator Grupo, $F(1, 38) = 0,00$, $p > 0,05$, e na interação dos fatores Grupo x Bloco, $F(1, 38) = 0,00$, $p > 0,05$.

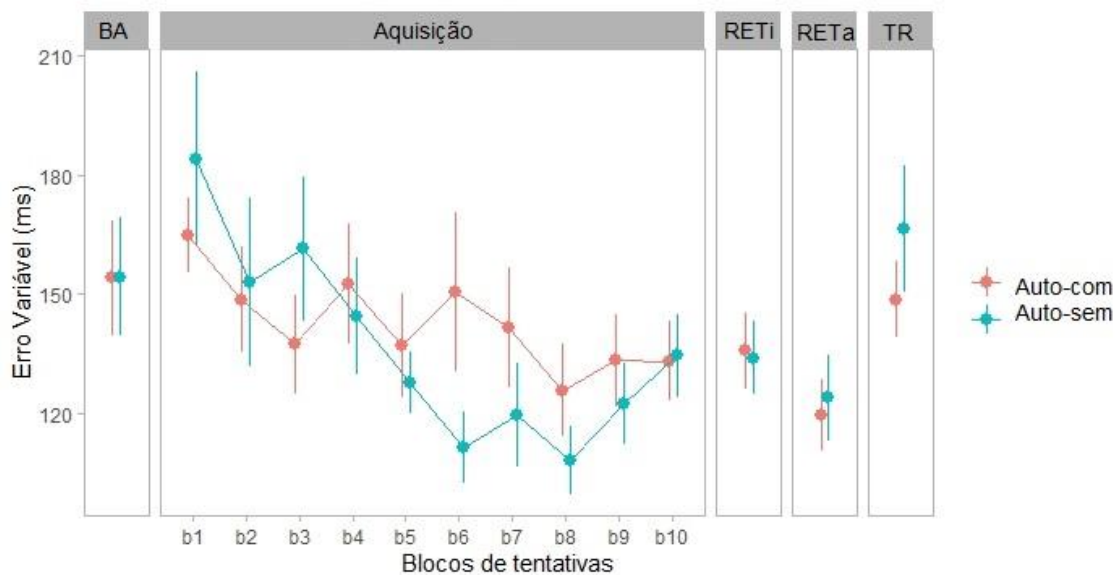


Figura 6 – Erro variável (EV) dos blocos de tentativas no baseline (BA), na fase de aquisição (Aquisição: b1 - b10), no teste de retenção imediato (RETi), no teste de retenção atrasado (RETa) e no teste de transferência (TR), do grupo autocontrolado com estimativa de erro (Auto-com) e grupo autocontrolado sem estimativa de erro (Auto-sem). As barras de erro representam o erro padrão das médias.

Já na comparação entre o último bloco da AQ com o RETi, a análise inferencial não revelou efeito no fator Bloco, $F(1, 38) = 0,01$, $p > 0,05$, no fator Grupo, $F(1, 38) = 0,00$, $p > 0,05$ e na interação dos fatores Grupo x Bloco, $F(1, 38) = 0,03$, $p > 0,05$. Apesar de ser observado uma diminuição da variabilidade entre o bloco do RETi e o bloco do RETa, a análise também não apontou efeito no fator Bloco, $F(1, 38) = 3,58$, $p > 0,05$, no fator Grupo, $F(1, 38) = 0,00$, $p > 0,05$ e na interação dos fatores Grupo x Bloco, $F(1, 38) = 0,17$, $p > 0,05$.

Na comparação entre o RETa e o TR foi possível observar um aumento na variabilidade das respostas para ambos os grupos. A análise inferencial confirmou essa observação, revelando efeito no fator Bloco, $F(1, 38) = 37,48$, $p < 0,05$, $\eta^2 = 0,11$, e não revelando efeito no fator Grupo, $F(1, 38) = 0,50$, $p > 0,05$ e na interação dos fatores Grupo x Bloco, $F(1, 38) = 1,37$, $p > 0,05$.

4.3.4 Frequência total de solicitação de CR

Os resultados indicaram que os participantes solicitaram CR em quantidades totais diferentes entre os grupos (Tabela 3). Os participantes do grupo Auto-sem apresentaram uma frequência total menor de CR, especificamente, cinco participantes solicitaram menos que 25 CR de um total disponível de 100 (Figura 7). Esse comportamento não foi observado no grupo Auto-com. A análise inferencial confirmou essa observação, revelando diferença significativa entre os grupos na frequência total de solicitação $t(38) = 3,2307$, $p < 0.05$, $d = 1,02$.

Tabela 3 – Valores da média e desvio padrão da quantidade total de solicitação de CR da fase de aquisição do grupo Auto-com e Auto-sem

Grupo	Média	Desvio Padrão
Auto -com	77,75	20,35
Auto-sem	53,25	27,12

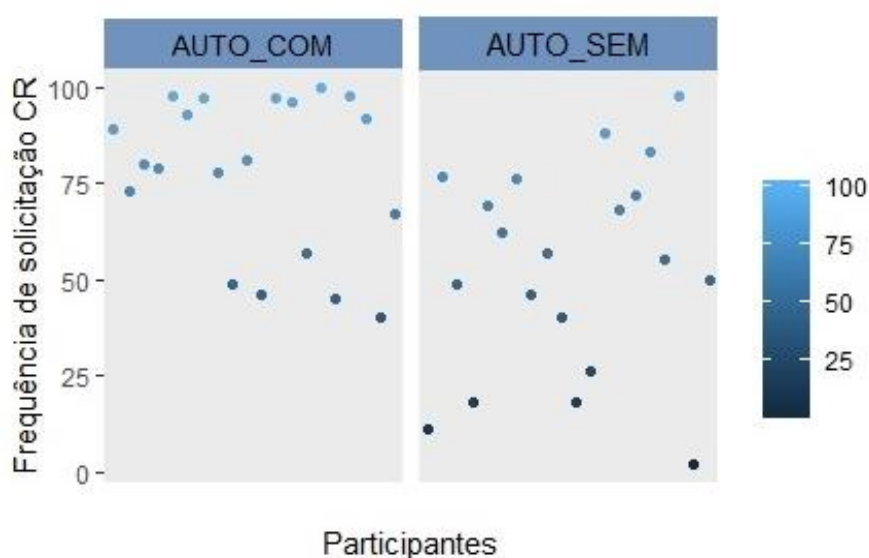


Figura 7 – Frequência total – soma de solicitação de CR dos blocos da AQ (b1 - b10) - de solicitação por participante do grupo Auto_com e Auto_sem.

4.3.5 Momento de solicitação de CR

É possível verificar na Figura 8 que os participantes do grupo Auto-com iniciaram o experimento solicitando mais CR que os do grupo Auto-sem. E mesmo apresentando uma diminuição a partir do bloco 5, mantiveram um maior número de solicitação durante todo o experimento. O grupo Auto-sem apresentou uma diminuição nos primeiros blocos, com um aumento apenas no bloco quatro. Descritivamente, é interessante observar que há uma estabilização na frequência de solicitação de CR nos últimos blocos da AQ em ambos os grupos (Figura 8).

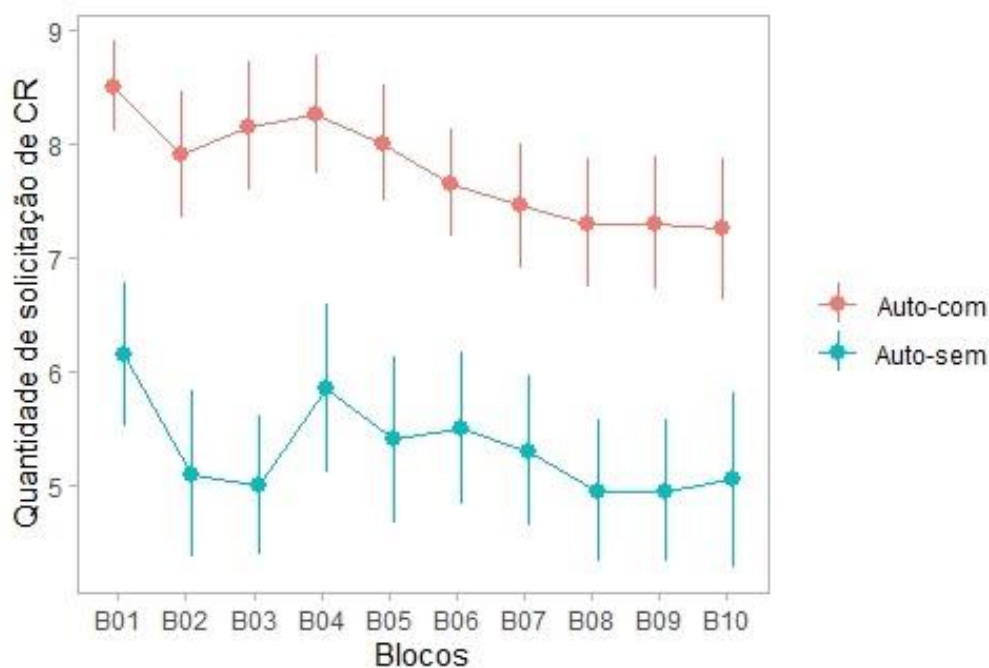


Figura 8 – Média da soma de solicitação de CR por blocos para o grupo Auto-com e Auto-sem durante toda fase da AQ. As barras de erro representam o erro padrão das médias.

A análise inferencial revelou efeito no fator Bloco, $F(9, 342) = 3,36$, $p < 0,05$, $\eta^2 = 0,01$, efeito no fator Grupo, $F(1:38) = 10,43$, $p < 0,05$, $\eta^2 = 0,17$, mas não revelou efeito na interação dos fatores Grupo x Bloco, $F(9, 342) = 0,53$, $p > 0,05$. O post hoc detectou que houve maior solicitação de CR no primeiro bloco de tentativas em relação aos demais ($p < 0,05$), com exceção do

quarto bloco em que não foi detectada diferença na quantidade de solicitação ($p > 0,05$). Também foi detectada diferença entre o segundo e o quarto bloco ($p < 0,05$), revelando um aumento de solicitação seguido de uma diminuição do quarto para o nono e décimo blocos, nos quais também foi detectada diferença estatística ($p < 0,05$). Vale salientar, que os grupos foram diferentes em todos os blocos da AQ ($p < 0,05$).

4.3.6 Tempo observando CR

A análise inferencial revelou efeito na interação dos fatores Grupo x Bloco, $F(9, 342) = 2,44$, $p < 0,05$, $\eta^2 = 0,03$, sendo que ambos os grupos diminuíram o tempo observando a informação, com o Grupo Auto-com apresentando um período maior de duração durante toda a AQ (Figura 9).

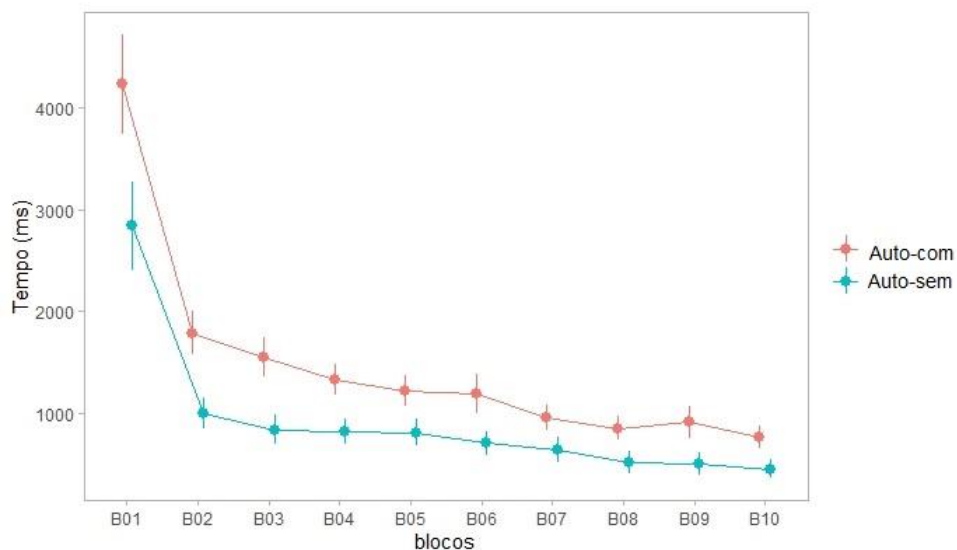


Figura 9 – Média do tempo observando o CR na tela nos blocos da fase de aquisição (b1-b10), do grupo autocontrolado com estimativa de erro (Auto-com) e do grupo autocontrolado sem estimativa de erro (Yoked-sem). As barras de erro representam o erro padrão das médias.

4.3.7 Tempo de escolha de CR

Em relação ao tempo de escolha de CR, é possível observar na Figura 10 que os grupos apresentaram comportamentos semelhantes, independentemente de verbalizar a sua estimativa de erro ou não. A análise inferencial confirmou essa observação revelando efeito apenas no fator Bloco $F(9, 342) = 28,20, p < 0,05, \eta^2 = 0,34$, não sendo encontrada diferença no fator Grupo $F(1, 38) = 0,06, p > 0,05$ e na interação dos fatores Grupo x Bloco, $F(9, 342) = 0,44, p > 0,05$. O post hoc detectou diferença: do primeiro bloco para os demais; do segundo bloco para o sexto, oitavo, nono e décimo bloco; do terceiro para o quarto, oitavo, nono e décimo bloco; do quarto para o quinto bloco; do quinto para o sexto, oitavo, nono e décimo bloco. Por fim, não foram identificadas diferenças significativas do sexto bloco em diante ($p > 0,05$), indicando uma possível estabilização no comportamento de ambos os grupos.

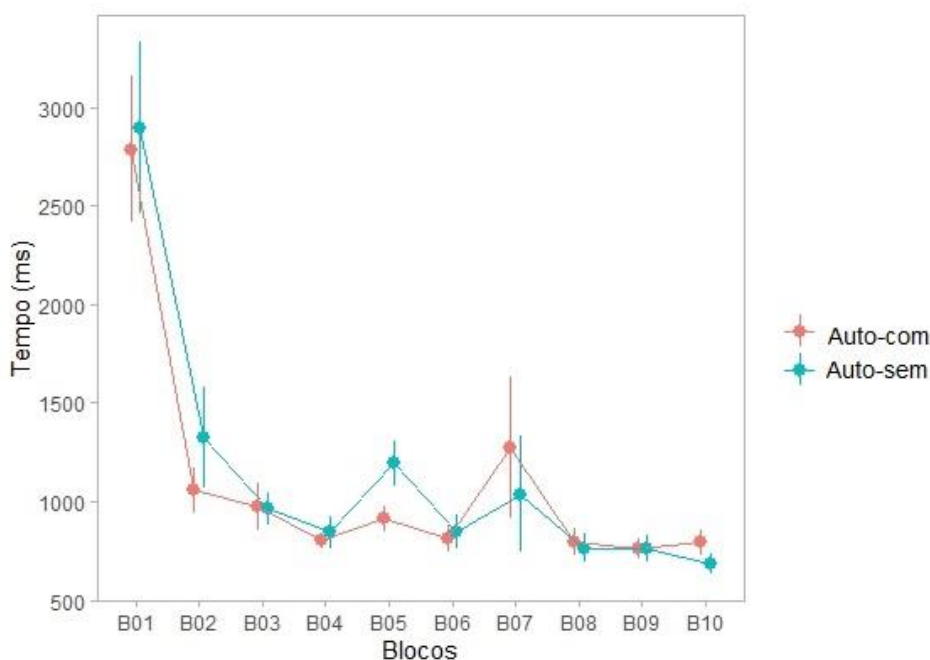


Figura 10 – Média do tempo para escolha de CR nos blocos da fase de aquisição (b1-b10), do grupo autocontrolado com estimativa de erro e do grupo autocontrolado sem estimativa de erro. As barras de erro representam o erro padrão das médias.

4.3.9 Diferença constante

Em relação à medida de DC, é possível observar na Figura 11 que os grupos apresentaram um comportamento semelhante nos testes de aprendizagem - único momento em que foi solicitado para o grupo Auto-sem manifestar a sua estimativa - como detalhado no item 3.2.4. A análise inferencial confirmou essa observação não revelando efeito na interação dos fatores Grupo x Bloco, $F(2,76) = 0,90$, $p > 0,05$ e no fator Grupo, $F(1, 38) = 2,86$, $p > 0,05$. Apenas foi revelado efeito no fator Bloco, $F(2,76) = 37,75$, $p < 0,05$, $\eta^2 = 0,34$. O post hoc localizou diferença entre o RETi e os demais blocos (RETa e TR) e entre o RETa e o TR. Com base nos resultados plotados na Figura 11, verifica-se que os grupos foram mais precisos na sua estimativa de erro no RETa.

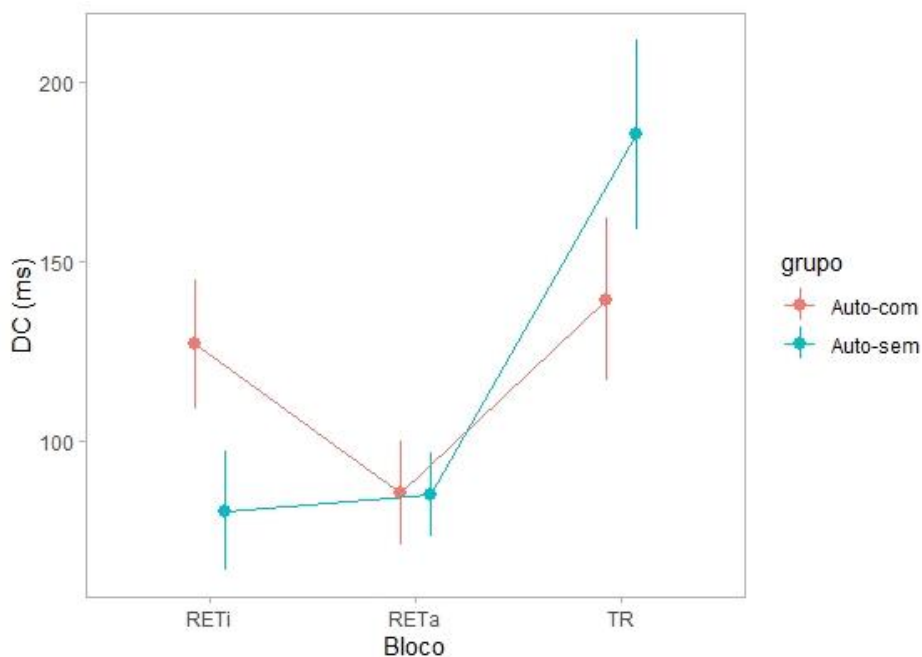


Figura 11 - Média da medida de diferença constante (DC) da fase de aquisição (b1 - b10), do teste de retenção imediato (RETi), no teste de retenção atrasado (RETa) e no teste de transferência (TR), para o grupo autocontrolado com estimativa de erro (Auto-com) e para o autocontrolado sem estimativa de erro (Auto-sem). As barras de erro representam o erro padrão das médias.

4.4 Discussão

A literatura tem sugerido que o aprendiz baseia a sua decisão de solicitar CR na avaliação do seu erro - estimativa de erro - e tem apontado esse mecanismo como o responsável pelos ganhos observados na condição autocontrolada de CR (CARTER; CARLSEN; STE-MARIE, 2014; CHIVIACOWSKY; WULF, 2005). Todavia, para investigar a estimativa de erro, fazia-se necessário solicitar ao participante a verbalização do erro estimado ao longo do processo de aprendizagem. Entretanto, ainda não está claro se a verbalização dessa informação leva a ganhos de aprendizagem numa condição autocontrolada de CR. Até o presente momento, foi encontrado somente um estudo que investigou a precisão da estimativa de erro na fase de aquisição e os resultados indicaram ganhos de aprendizagem (Barros et al., 2019). Contudo a requisição dessa informação foi aplicada apenas para a condição yoked, não sendo requisitada para a condição autocontrolada.

Em relação a literatura de CR externamente controlado, a precisão da estimativa de erro ao longo do processo de prática tem sido amplamente investigada e os estudos têm mostrado que manifestar a estimativa leva a ganhos de aprendizagem, quando comparado à mesma condição sem a verbalização da estimativa (HOGAN; YANOWITZ, 1978; SWINNEN et al., 1990; LIU; WRISBERG, 1997; GUADAGNOLI, 2001; PATTERSON; MCRAE; LAI, 2016; BARROS et al., 2019).

Diante desse cenário, optou-se pela realização de um experimento controle com o objetivo de investigar o efeito da verbalização do erro estimado numa condição autocontrolada de CR. Especificamente, foi verificado se a manifestação verbal da estimativa de erro teria efeito na aprendizagem (medidas de desempenho nos testes de RETi, RETa e TR), no uso da liberdade (frequência e momento de solicitação de CR) e indiretamente no processamento de informação (CR tela e tempo para escolha de CR) em condições autocontroladas de CR.

Os resultados revelaram que ambos os grupos aprenderam a tarefa, não sendo revelada diferença estatística de ganhos entre eles - desempenho semelhante para as medidas de EA, EC e EV nos blocos de aquisição e testes de aprendizagem. De modo geral, esses resultados indicaram que solicitar para

o participante a verbalização da estimativa de erro não resultou em maiores ganhos de aprendizagem, divergindo dos encontrados na literatura de CR externamente controlado (HOGAN; YANOWITZ, 1978; SWINNEN et al., 1990; LIU; WRISBERG, 1997; GUADAGNOLI; KOHL, 2001; PATTERSON; MCRAE; LAI, 2016). Nesses estudos os grupos que manifestaram a estimativa de erro apresentaram mais ganhos de aprendizagem, quando comparados aos grupos que não manifestaram. Uma das explicações seria o fortalecimento do mecanismo de detecção de erro, por meio da possibilidade de avaliação da precisão da estimativa com o CR (GUADAGNOLI; KOHL, 2001). Tem sido sugerido que, ao manifestar a estimativa de erro, o aprendiz não apenas avalia a precisão da tentativa realizada, mas também busca pelas informações armazenadas na memória para comparar com as tentativas anteriores (SCHMIDT; LEE, 2011), o que resultaria em um maior envolvimento cognitivo e dessa maneira, em ganhos de aprendizagem. Nesse sentido, os achados evidenciaram que o mecanismo envolvido nos ganhos não seria somente o envolvimento com a precisão da estimativa manifestada, mas também a tomada de decisão baseada na avaliação do desempenho (CHIVIACOWSKY; WULF, 2005; CARTER; CARLSEN; STE-MARIE, 2014).

Isso explicaria a ausência de diferença entre os grupos, uma vez que foi fornecido a ambos os grupos a liberdade de escolha do momento de recebimento do CR. É interessante constatar que os grupos não apresentaram diferença na medida de DC, sugerindo que manifestar a estimativa de erro ao longo da prática não levou a maior precisão nas estimativas de erro nos testes de aprendizagem. Dessa maneira, é possível inferir que os participantes do grupo Auto-com e Auto-sem se envolveram de maneira semelhante na avaliação do desempenho durante a fase de aquisição. Adicionalmente, é razoável supor que ambos os grupos formaram uma referência de correção consistente, inferida pelo conjunto de resultados revelados nos testes de aprendizagem - medida de desempenho e medida de precisão da estimativa. Uma vez que, para a formação de uma referência de correção consistente faz-se necessário uma estimativa de erro precisa (TANI, 1989). Contudo, para verificar se esse resultado foi devido à tomada de decisão pela solicitação de CR, faz-se necessário um segundo experimento comparando um grupo

autocontrolado com seu respectivo yoked, ambos verbalizando a estimativa de erro.

No que concerne os resultados das medidas complementares, foram reveladas semelhanças no comportamento dos grupos ao longo da prática, apenas em magnitude diferente (exceto para a medida de CR escolha em que os grupos apresentaram magnitude semelhante). Ao comparar o primeiro bloco com os demais, os resultados revelaram uma maior quantidade de solicitação de CR e um maior tempo gasto na medida CR escolha e CR tela. Destaca-se que é justamente nesse bloco que ambos os grupos apresentaram uma maior diminuição na magnitude do EA e na antecipação das repostas. Esses resultados corroboram as proposições apresentadas por Fitts e Posner (1967) sobre a fase inicial da aprendizagem, na qual haveria maior demanda atencional e maior busca de informações sobre o resultado do desempenho alcançado. Da mesma maneira, corroboram as proposições de Adams (1971) em relação ao desenvolvimento da capacidade de detectar e corrigir erros e à formação de padrão temporal da tarefa. Nesse sentido, o aprendiz toma a decisão de solicitar mais CR no início da prática e utiliza a comparação entre a informação do CR com o erro estimado para formar uma referência de correção. Conforme a estimativa de erro se torna mais precisa, o aprendiz solicita menos CR, o que em conjunto com a melhora do desempenho, possibilita deduzir que essa referência foi fortalecida.

Em relação à medida de CR tela, os resultados possibilitam inferir que o direcionamento da atenção à estimativa de erro, por meio de sua verbalização, teria levado os participantes a um maior envolvimento na comparação do erro manifesto com o desempenho almejado, visto o maior tempo gasto observando CR na tela (ALBERNETHY, 1993; SWINNEN, 1988; SWINNEN et al., 1990). Contudo, o intervalo de tempo entre o término da resposta e o recebimento de CR, oriundo da medida CR escolha, não fornece respaldo para essa suposição. A esse intervalo tem sido atribuído o processamento de informações intrínsecas do movimento (SALMONI; SCHMIDT; WALTER, 1984; SWINNEN et al., 1990; SCHMIDT; LEE, 2011). Infere-se que uma dessas operações seria o envolvimento com a detecção e correção de erro (SWINNEN, 1990; CARTER; STE-MARIE, 2016). Dessa maneira, para que fosse válido o

argumento de maior envolvimento cognitivo na tomada de decisão de CR por parte do grupo Auto-com - pelo fato de manifestá-la - seria no mínimo plausível conjecturar uma diferença entre os grupos na medida de CR escolha.

Ainda, poder-se-ia especular que a manifestação da estimativa teria efeito no uso de liberdade, frequência e momento de solicitação de CR, afetando a aprendizagem motora. Os resultados revelaram que o grupo Auto-sem, requisitou CR em torno de 53,2%, e o grupo Auto-com, em torno de 77,75% do total das tentativas. Para interpretar esses resultados, é importante destacar que os estudos cujo objetivo foi investigar a frequência de solicitação de CR em condição autocontrolada são escassos. Até o presente apenas dois estudos foram encontrados. O estudo de Chiviakowsky; Godinho e Tani (2005) mostrou que frequências menores (5% - 35%) possibilitaram os mesmos ganhos de aprendizagem que frequências maiores (50%-90%). Assim, no presente estudo, tanto o grupo Auto-com (45%-100%) como o grupo Auto-sem (2%-77%) poderiam ser categorizados numa frequência maior de solicitação, o que explicaria a ausência de diferença entre eles. Já o estudo de Drews (2017) categorizou os participantes a posteriori em 3 grupos de acordo com a frequência de solicitação de CR na aquisição e utilizou variações menos extensas para sua formação: grupo com baixa frequência (20%-44%), frequência intermediária (72,7%-81%) e alta frequência (94-98%). A tarefa utilizada foi semelhante à do presente estudo. Os resultados indicaram que o grupo frequência intermediária foi o que apresentou maior ganho de aprendizagem. A explicação fornecida pelo autor foi de que a frequência intermediária permitiu a quantidade ideal de informação para o alcance do esforço cognitivo ótimo (GUADAGNOLI; LEE, 2004), possibilitando o atendimento adequado das demandas de processamento de informação para aprendizagem da tarefa (LEE; SWINNEN; SERRIEN, 1994; PATTERSON; CARTER; SANLI, 2011). Todavia, as diferenças metodológicas entre esses dois estudos e o presente estudo não permitem que os resultados sejam comparados e discutidos. Além disso, esse assunto foge ao foco de investigação do presente estudo.

Poder-se-ia pensar que uma frequência de solicitação de CR mais elevada levaria a dependência em relação à informação de CR, inibindo o processamento do feedback intrínseco - hipótese da orientação (SALMONI; SCHMIDT; WALTER, 1984). Todavia, especula-se que, ao ser solicitado a manifestar a estimativa de erro, os participantes do grupo Auto-com requisitaram mais CR com o objetivo de confirmar a estimativa manifestada relativamente ao desempenho alcançado. Diante disso, fica claro que a manifestação da estimativa de erro levou a mudanças na frequência de solicitação de CR, mas que não resultaram em diferenças nos ganhos de aprendizagem.

Em síntese, os resultados desse experimento permitem concluir que a ação de solicitar ao participante a verbalização da estimativa de erro não levou a ganhos de aprendizagem em uma condição autocontrolada. Foi possível acessar a informação da estimativa de erro por meio da sua solicitação, porém, sem que isso resultasse em maiores ganhos de aprendizagem. Pode-se especular que quando a liberdade de escolha sobre o recebimento de CR é fornecida, independentemente da verbalização do erro, os aprendizes se envolvem de maneira similar na tomada de decisão sobre a solicitação de CR para confirmar o erro estimado (CHIVIAKOWSKY; WULF, 2002). Esses resultados justificam a realização do segundo experimento para comparar um grupo autocontrolado com seu respectivo grupo yoked, ambos manifestando verbalmente a estimativa de erro durante a aquisição.

5 EXPERIMENTO 2

5.1 Objetivo

Investigar o efeito da precisão da estimativa de erro na aprendizagem motora autocontrolada de CR.

5.1.2 Hipóteses

H1: Haverá diferença, nos testes de aprendizagem, entre o grupo autocontrolado e o seu respectivo grupo yoked.

H0: Não haverá diferença, nos testes de aprendizagem, entre o grupo autocontrolado e o seu respectivo grupo yoked.

5.2 Método

5.2.1 Participantes

Adultos universitários voluntários ($n = 40$, idade média = 23,12, DP = 3,35), sem experiência na tarefa. A participação foi condicionada ao preenchimento de um Termo de consentimento - informando os procedimentos da pesquisa, bem como os direitos do participante em um experimento para fins científicos. Os participantes apresentavam visão normal ou corrigida. O estudo foi aprovado pelo Comitê de ética em Pesquisa da Escola de Educação Física e Esporte da USP (EEFE-USP) sob o registro CAAE: 87494217.5.0000.5391.

5.2.2 Equipamento e Tarefa

O equipamento e tarefa foram os mesmos utilizados no experimento controle, descritos no item 3.2.2.

5.2.3 Delineamento

Os participantes foram distribuídos aleatoriamente em dois grupos experimentais: Auto-com ($n = 20$) e Yoked-com ($n = 20$). O grupo Auto-com é o mesmo do experimento 1 e o grupo Yoked-com foi a ele pareado em relação às tentativas de recebimento de CR, idade e sexo. É possível verificar na Tabela 4, que a única diferença entre os grupos foi a liberdade para escolha de CR.

Em relação às fases do experimento, ao número de tentativas, ao intervalo entre as fases e às características da tarefa durante o experimento, são todos os mesmos descritos no item 3.2.3.

Tabela 4 - Esquema do delineamento experimental.

Grupos	Baseline (20 tentativas)		Aquisição (100 tentativas)		RETi (20 tentativas) (15min após AQ)		RETa (20 tentativas) (24h após RETi)		TR (20 tentativas) (após RETa)	
	CR	E.E (100%)	CR	E.E (100%)	CR	E.E (100%)	CR	E.E (100%)	CR	E.E (100%)
Auto_com (n = 20)	-	-	*	*	-	*	-	*	-	*
Yoked_com (n = 20)	-	-	*	*	-	*	-	*	-	*

Legenda – CR: Conhecimento de Resultados fornecido de acordo com o grupo experimental; E.E: verbalização do erro estimado pelo participante; 100%: em todas as tentativas; * presença da variável (CR/E.E.); - ausência da variável (CR).

5.2.4 Procedimentos

Os procedimentos adotados foram semelhantes aos descritos no item 3.2.4, para ambos os grupos, com exceção das informações referentes ao controle e recebimento de CR para o grupo Yoked-com, as quais serão detalhadas a seguir.

Os participantes do grupo Yoked-com foram informados que receberiam o CR em quantidade e momento determinado pelo software; dessa maneira, o fornecimento de CR poderia ou não ocorrer em todas as tentativas. Nas tentativas com fornecimento de CR, o tempo de permanência da informação do CR na tela do computador era controlado da mesma maneira que o grupo Auto-com, por meio do pressionamento do botão 1 do mouse. No caso das

tentativas sem recebimento de CR, o tempo de intervalo entre o pressionamento do botão do mouse e o início da próxima tentativa foi padronizado para 800 ms.

5.2.5 Medidas

As medidas de desempenho foram as mesmas descritas no item 3.2.5. Adicionalmente, para melhor compreender o comportamento dos grupos foi adicionada uma medida descritiva denominada de taxa de reposta.

No que se refere às medidas complementares, retirou-se a medida de CR escolha, frequência total e momento de solicitação, uma vez que foram relatadas no experimento 1 para o grupo Auto-com. Dessa maneira, nesse experimento, foi utilizada apenas a medida de “tempo observando CR na tela” - tempo de permanência do CR na tela até o participante pressionar o mouse para o início de uma nova tentativa - para inferir sobre o uso da informação do CR.

5.2.6 Organização dos dados e análises estatísticas

Os mesmos procedimentos adotados no item 3.2.6 foram utilizados para organização e análise dos dados.

Para obtenção do valor da taxa de resposta foi subtraído o valor médio do EA entre os blocos do baseline e o último bloco da AQ, o último da AQ e o RETi, o RETi e o RETa e o RETa e o TR, para cada participante, e a partir dela foi realizado o cálculo do valor do delta absoluto e relativo entre os blocos. Dessa maneira, quando maior a taxa de resposta do EA apresentado, menor o ganho obtido.

Os pressupostos da normalidade, homogeneidade de variância e distribuição dos dados foram conferidos antes da realização da análise paramétrica. Para a aplicação dos procedimentos estatísticos foi utilizado o

Software R (R Core Team, 2016) e o Software Statistical Package for Social Sciences (SPSS 20.0), adotando-se um nível alfa de significância de 5%.

5.3 Resultados

As mesmas comparações estatísticas descritas no item 3.3 foram utilizadas nesse experimento.

5.3.1 Erro Absoluto

Ambos os grupos diminuíram a magnitude do EA entre o baseline e a AQ10 (Figura 12), iniciando o experimento com desempenho semelhante. A análise inferencial revelou efeito na interação dos fatores Grupo x Bloco, $F(1, 38) = 4,56$, $p < 0,05$, $\eta^2 = 0,04$, sendo que o grupo Auto-com apresentou desempenho superior ao grupo Yoked-com - menor discrepância temporal entre a chegada do alvo móvel e a resposta. Pelo valor relativo e absoluto do delta, é possível observar que o grupo Auto-com apresentou uma maior taxa de mudança e menos casos de silêncio de respostas (Figura 13), quando comparado ao grupo Yoked-com.

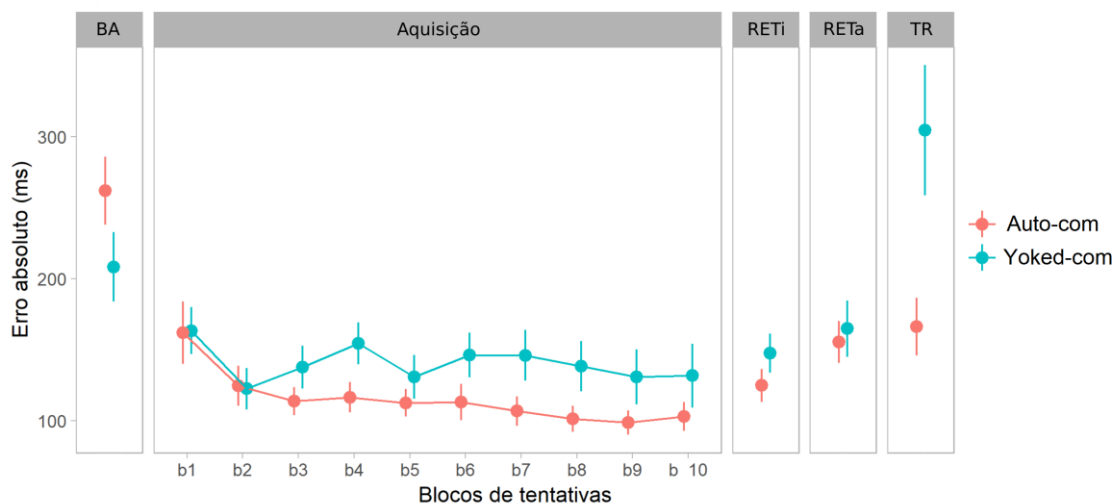


Figura 12 – EA dos blocos de tentativas no baseline (BA), fase de aquisição (b1 - b10), testes de retenção imediato (RETi), retenção atrasada (RETa) e transferência (TR) do grupo Auto-com e Yoked-com. As barras de erro representam o erro padrão das médias.

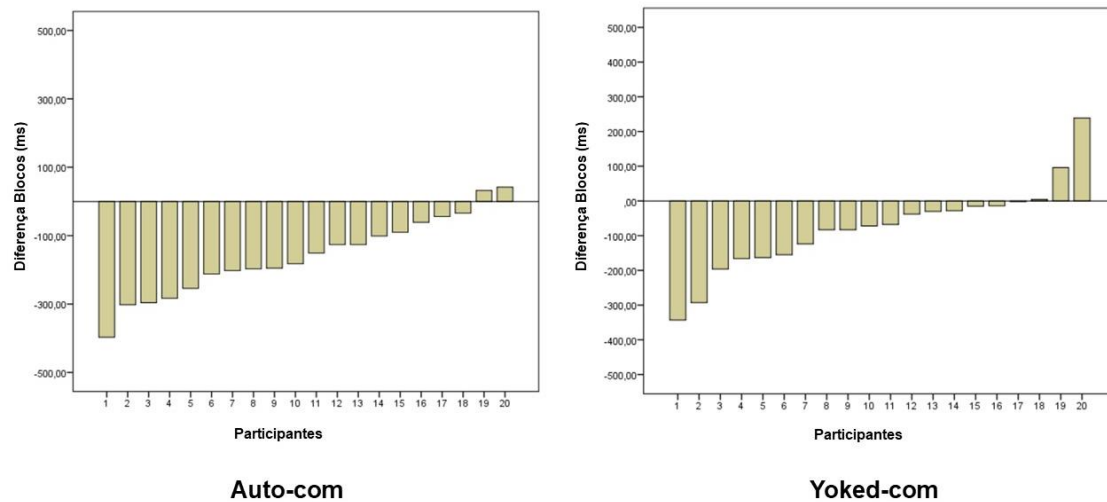


Figura 13 – Diferença, entre os valores da média do erro absoluto (EA), do bloco do baseline com o último bloco da fase de aquisição, de cada participante do grupo autocontrolado com estimativa de erro (Auto-com) e seu respectivo grupo Yoked com estimativa (Yoked-com).

Tabela 5 – Valores da média e desvio padrão do erro absoluto (EA), delta e porcentagem delta, em milésimos de segundos, do grupo autocontrolado com estimativa de erro (Auto-com) e seu respectivo grupo Yoked com estimativa (Yoked-com), no baseline e no último bloco da AQ (AQ10).

Grupo	Baseline	Bloco 10	Delta(ms)	Delta % (ms)
Auto -com	261±107	102±45	159	60,91
Yoked-com	208±109	131±100	77	37,01

A análise inferencial entre o último bloco da aquisição e o RETi revelou efeito no fator Bloco, $F(1, 38) = 2,92$, $p < 0,05$, $\eta^2 = 0,01$, com ambos os grupos aumentando em magnitude semelhante o EA (Figura 12), não sendo revelado efeito no fator Grupo, $F(1, 38) = 1,90$, $p > 0,05$ e na interação dos fatores Grupo x Bloco, $F(1, 38) = 0,07$, $p > 0,05$. É possível observar, pelo valor absoluto e relativo de delta, que ambos os grupos apresentaram

manutenção dos ganhos obtidos na AQ (Tabela 6), com os participantes apresentando perdas semelhantes de desempenho (Figura 14).

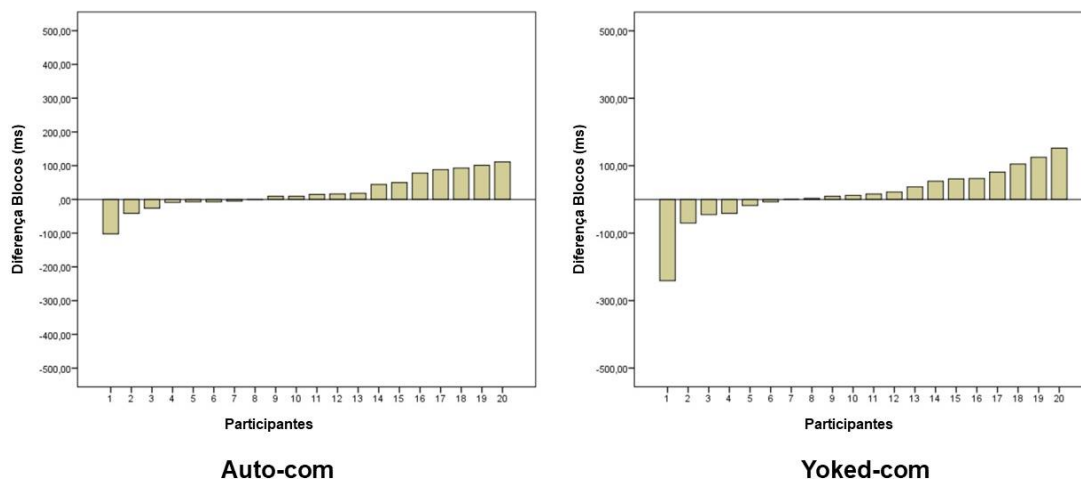


Figura 14 – Diferença, entre os valores da média do erro absoluto (EA), do último bloco da aquisição com o bloco do teste de retenção imediata, de cada participante do grupo autocontrolado com estimativa de erro (Auto-com) e seu respectivo grupo Yoked com estimativa (Yoked-com).

Tabela 6 – Valores da média e desvio padrão do EA, delta e porcentagem delta em milésimos de segundos do grupo autocontrolado com estimativa de erro (Auto-com) e seu respectivo grupo Yoked com estimativa (Yoked-com), no último bloco da AQ (AQ10) e teste de retenção imediato (RET_i).

Grupo	Bloco 10	RET _i	Delta(ms)	Delta % (ms)
Auto -com	102±45	124±52	22	21,56
Yoked-com	131±100	147±61	16	12,21

Na comparação entre o RET_i e o RET_a, não foi revelado efeito no fator Bloco, $F(1, 38) = 3,47$, $p > 0,05$, no fator Grupo, $F(1, 38) = 0,83$, $p > 0,05$ e na interação dos fatores Grupo x Bloco, $F(1, 38) = 0,26$, $p > 0,05$. Verifica-se na Figura 15 que os participantes apresentaram comportamentos semelhantes, e

pele valor do delta absoluto e relativo pode-se inferir que houve manutenção do desempenho alcançado (Tabela 7).

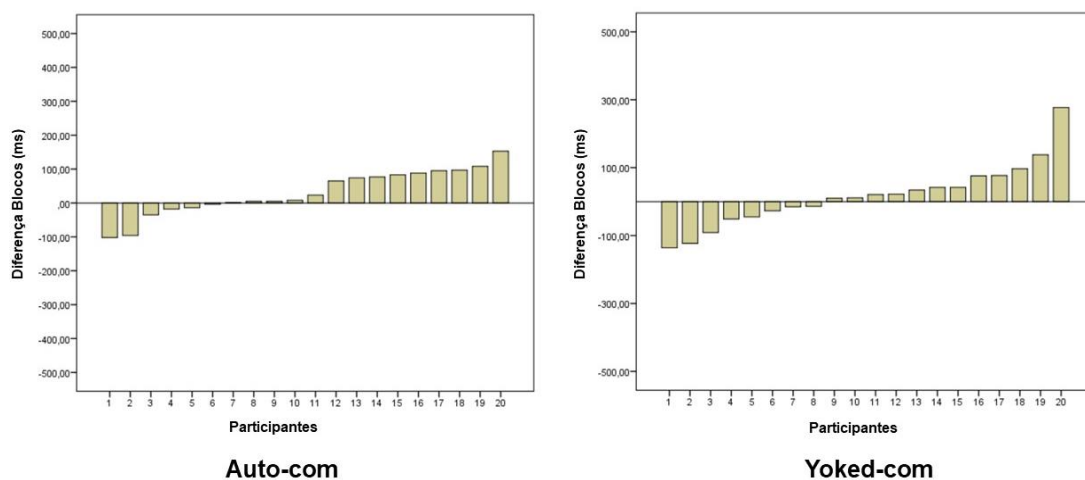


Figura 15 – Diferença, entre os valores da média do erro absoluto (EA), do bloco do teste de retenção imediata com o bloco do teste de retenção atrasada, de cada participante do grupo autocontrolado com estimativa de erro (Auto-com) e seu respectivo grupo Yoked com estimativa (Yoked-com).

Tabela 7 – Valores da média e desvio padrão do EA, delta e porcentagem delta em milésimos de segundos do grupo autocontrolado com estimativa de erro (Auto-com) e seu respectivo grupo Yoked com estimativa (Yoked-com), no teste de retenção imediato (RETi) e no teste de retenção atrasado (RETa).

Grupo	RETi	RETa	Delta(ms)	Delta % (ms)
Auto-com	124±52	155±66	31	25
Yoked-com	147±61	164±88	17	11,56

A análise inferencial entre o RETa e o TR revelou efeito na interação dos fatores Grupo x Bloco, $F(1, 38) = 7,54$, $p < 0,05$, $\eta^2 = 0,06$, sendo que o grupo Yoked-com apresentou um aumento na magnitude do tempo das respostas, indicando piora do desempenho com o aumento da oclusão do alvo móvel (Figura 12). Enquanto isso, o grupo Auto-com apresentou uma menor discrepância temporal entre a chegada do alvo móvel e o pressionamento do botão do mouse. É interessante observar que a manutenção do desempenho

alcançado no RETa foi maior para o grupo Auto-com (Tabela 8), com os participantes apresentando menor magnitude de erro entre o RETa e o TR (Figura 16). Em conjunto, esses resultados indicam maior capacidade de extrapolar o tempo de deslocamento do alvo móvel com o aumento da oclusão.

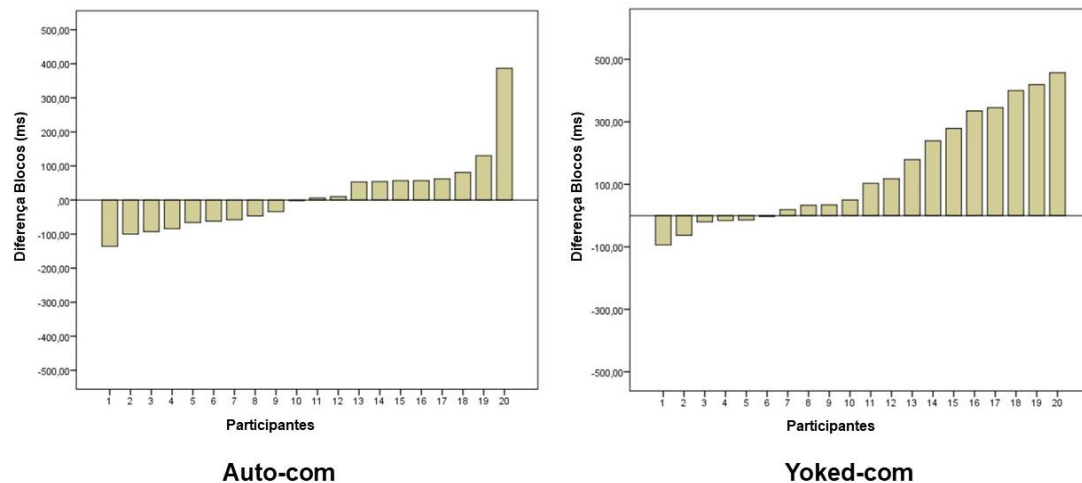


Figura 16 – Diferença, entre os valores da média do erro absoluto (EA), do bloco do teste de retenção atrasada com o bloco do teste de transferência, de cada participante do grupo autocontrolado com estimativa de erro (Auto-com) e seu respectivo grupo Yoked com estimativa (Yoked-com).

Tabela 8 – Valores da média e desvio padrão do EA, delta e porcentagem delta em milésimos de segundos do grupo autocontrolado com estimativa de erro (Auto-com) e seu respectivo grupo Yoked com estimativa (Yoked-com), no teste de retenção atrasado (RETa) e no teste de transferência (TR).

Grupo	RETa	TR	Delta(ms)	Delta % (ms)
Auto -com	155±66	166±90	11	7,09
Yoked-com	164±88	304±204	140	85,36

5.3.2 Erro Constante

Os resultados indicaram que ambos os grupos iniciaram o experimento antecipando suas respostas de maneira semelhante e diminuíram essa

antecipação entre os blocos do baseline e o último bloco da AQ (Figura 17). A análise inferencial confirma essa observação revelando efeito apenas no fator Bloco, $F(1, 38) = 18,67$, $p < 0,00$, $\eta^2 = 0,06$ não revelando efeito no fator Grupo, apesar do p ficar perto do valor marginal (especificamente $p = 0,05$), $F(1, 38) = 4,09$, $p > 0,05$, $\eta^2 = 0,15$, e no fator interação Grupos x Blocos, $F(1, 38) = 0,54$, $p > 0,05$.

Tabela 9 – Valores da média e desvio padrão, em milésimo de segundos, do erro constante do grupo Autocontrolado com estimativa (Auto-com) e do seu respectivo grupo Yoked com estimativa de erro (Yoked-com), no bloco do baseline, no último bloco da aquisição (Bloco 10) e no teste de retenção imediata (RETi), teste de retenção atrasada (RETa) e teste de transferência (TR)

Grupo	Baseline	Bloco 10	RETi	RETa	TR
Auto -com	-187±203	-30±68	-42±100	-107±115	42±170
Yoked-com	-81±198	29±143	15±133	-37±174	224±286

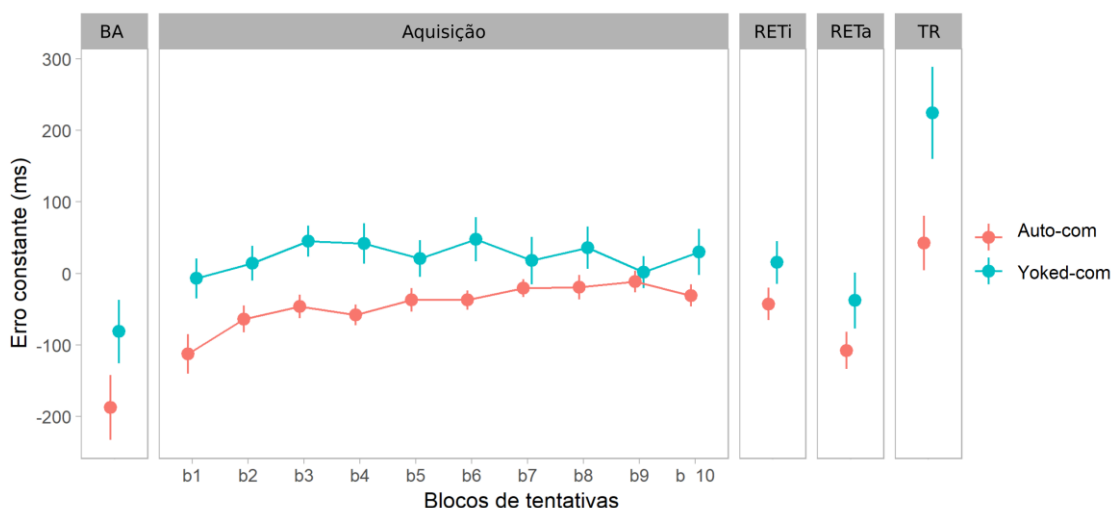


Figura 17 – Erro constante (EC) dos blocos de tentativas no baseline (Base), na fase de aquisição (b1 - b10), e no teste de retenção imediato (RETi), teste de retenção atrasado (RETa) e teste de transferência (TR), do grupo autocontrolado com estimativa de erro (Auto-com) e do seu respectivo grupo Yoked com estimativa de erro (Yoked-com). As barras de erro representam o erro padrão das médias.

Descritivamente, é possível observar que ambos os grupos mantiveram o EC apresentado no último bloco da AQ e no RETi (Tabela 9). O grupo Auto-com manteve o comportamento de antecipação das respostas e o grupo Yoked-com manteve um comportamento de atraso nas respostas. A análise inferencial não revelou efeito no fator Bloco, $F(1, 38) = 0,47$, $p > 0,05$, no fator Grupo, $F(1, 38) = 3,64$, $p > 0,05$ e na interação entre os fatores Grupo x Bloco, $F(1, 38) = 0,00$, $p > 0,05$. Adicionalmente, na análise entre os blocos da AQ, os grupos foram diferentes no quarto bloco ($p < 0,05$), sendo que o grupo Auto-com apresentou respostas antecipatórias (média = -57ms) e o grupo Yoked-com apresentou atraso nas respostas (média de 41ms).

Na comparação entre o RETi e o RETa, ambos os grupos apresentaram respostas antecipatórias, sendo que o grupo Yoked-com mudou o seu comportamento de atraso para antecipação. A análise inferencial revelou que esse aumento foi significativo detectando efeito no fator Bloco, $F(1, 38) = 8,91$, $p < 0,05$, $\eta^2 = 0,04$, porém não revelou efeito no fator Grupo, $F(1, 38) = 2,91$, $p > 0,05$ e na interação entre os fatores Grupo x Bloco, $F(1, 38) = 0,08$, $p > 0,05$.

Na comparação entre o RETa e o TR, a análise inferencial revelou efeito de interação no fator Grupo x Bloco, $F(1, 38) = 4,33$, $p < 0,05$, $\eta^2 = 0,02$, sendo que o grupo Auto-com apresentou uma menor magnitude na antecipação diante da manipulação do tempo de oclusão do alvo móvel, comparado com o grupo Yoked-com (Tabela 9). Esse resultado, juntamente com o encontrado no mesmo bloco para o EA, indica melhor capacidade do grupo Auto-com de estimar o tempo de deslocamento do alvo móvel, com o aumento da demanda por extrapolação.

5.3.3 Erro Variável

Na comparação entre os blocos do baseline com o último bloco da AQ, nenhuma diferença foi encontrada no fator Bloco, $F(1, 38) = 2,47$, $p > 0,05$, no fator Grupo, $F(1, 38) = 1,32$, $p > 0,05$, e na interação entre os fatores Grupo x Bloco, $F(1, 38) = 0,08$, $p > 0,05$. Descritivamente, observa-se que o grupo Auto-

com apresentou uma possível estabilização do desempenho do oitavo para o décimo bloco, com um menor valor médio do EV. Enquanto isso, o grupo Yoked-com apresentou uma variação semelhante entre o quinto, sexto e sétimo bloco e entre o oitavo e nono bloco (Figura 18).

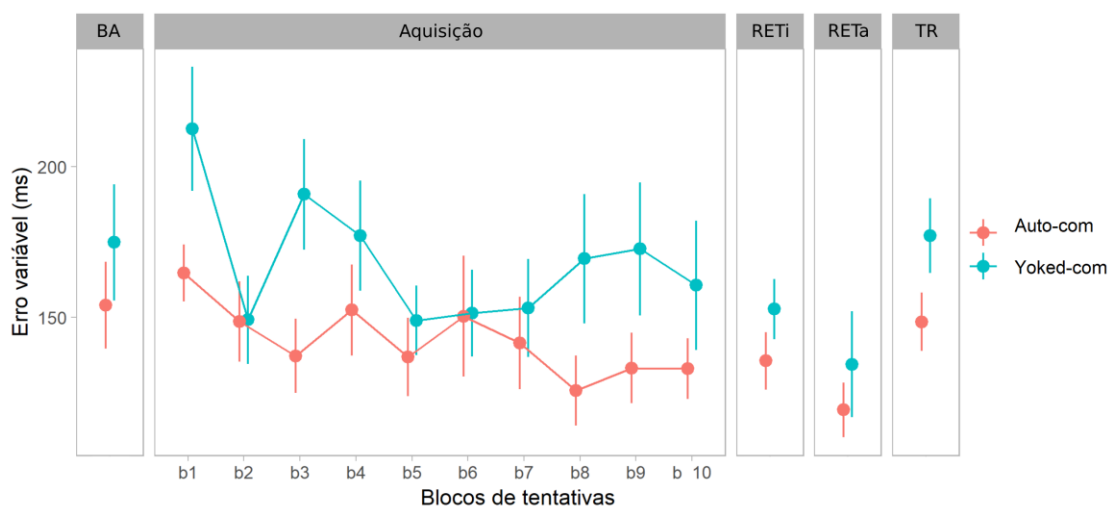


Figura 18 – Erro variável (EV) dos blocos de tentativas no baseline (Base), na fase de aquisição (b1 - b10), e no teste de retenção imediato (RETi), teste de retenção atrasado (RETa) e teste de transferência (TR), do grupo autocontrolado com estimativa de erro (Auto-com) e do seu respectivo grupo Yoked com estimativa de erro (Yoked-com). As barras de erro representam o erro padrão das médias.

Tabela 10 – Valores da média e desvio padrão, em milésimo de segundos, do erro variável do grupo Autocontrolado com estimativa (Auto-com) e do seu respectivo grupo Yoked com estimativa de erro (Yoked-com), no bloco do baseline, no último bloco da aquisição (Bloco 10) e no teste de retenção imediata (RETi), teste de retenção atrasada (RETa) e teste de transferência (TR).

Grupo	Baseline	Bloco 10	RETi	RETa	TR
Auto-com	154±64	133±45,13	135±42,62	119±40	148±43
Yoked-com	174±86	160±95,85	152±44	134±78	177±55

Ambos os grupos mantiveram o nível de variabilidade do último bloco da AQ para o bloco do RETi (Figura 18). A análise inferencial confirmou essa

observação, não revelando efeito no fator Bloco, $F(1, 38) = 0,07$, $p > 0,05$, no fator Grupo, $F(1, 38) = 1,79$, $p > 0,05$ e na interação entre os fatores Grupo x Bloco $F(1, 38) = 0,28$, $p > 0,05$.

Embora se observe uma diminuição da variabilidade do RETi para o RETa para ambos os grupos, essa diminuição não foi significativa. A análise inferencial não revelou efeito no fator Bloco, $F(1, 38) = 3,60$, $p > 0,05$ - salienta-se que o valor de “p” ficou perto do valor marginal, ou seja, $p = 0,06$. Não foi encontrada diferença no fator Grupo, $F(1, 38) = 1,25$, $p > 0,05$ e na interação entre os fatores Grupo x Bloco, $F(1, 38) = 0,12$, $p > 0,05$.

Ambos os grupos apresentaram um aumento da variabilidade do RETa para o TR, o que revelou efeito no fator Bloco, $F(1:38) = 21,08$, $p < 0,05$, $\eta^2 = 0,09$. Foi possível observar uma tendência descritiva, de maior consistência nas respostas do grupo Auto-com, entretanto, não foi encontrada diferença no fator Grupo, $F(1, 38) = 1,85$, $p > 0,05$ e na interação entre os fatores Grupo x Bloco, $F(1, 38) = 0,73$, $p > 0,05$.

5.3.4 Diferença constante

Em relação à medida de DC, descritivamente, os grupos partiram do mesmo nível de precisão, sendo o grupo Auto-com mais preciso durante a AQ e no TR (Figura 19). A análise inferencial revelou efeito de interação entre os fatores Grupo x Bloco, $F(12:456) = 2,00$, $p < 0,05$; $\eta^2 = 0,04$. O grupo Auto-com foi mais preciso na estimativa de erro que o grupo Yoked-com do primeiro bloco para o bloco de transferência. Esse resultado, em conjunto com os resultados obtidos no EA e no EC, mostra uma possível relação entre a melhora da precisão da estimativa de erro e os ganhos de aprendizagem da condição autocontrolada de CR.

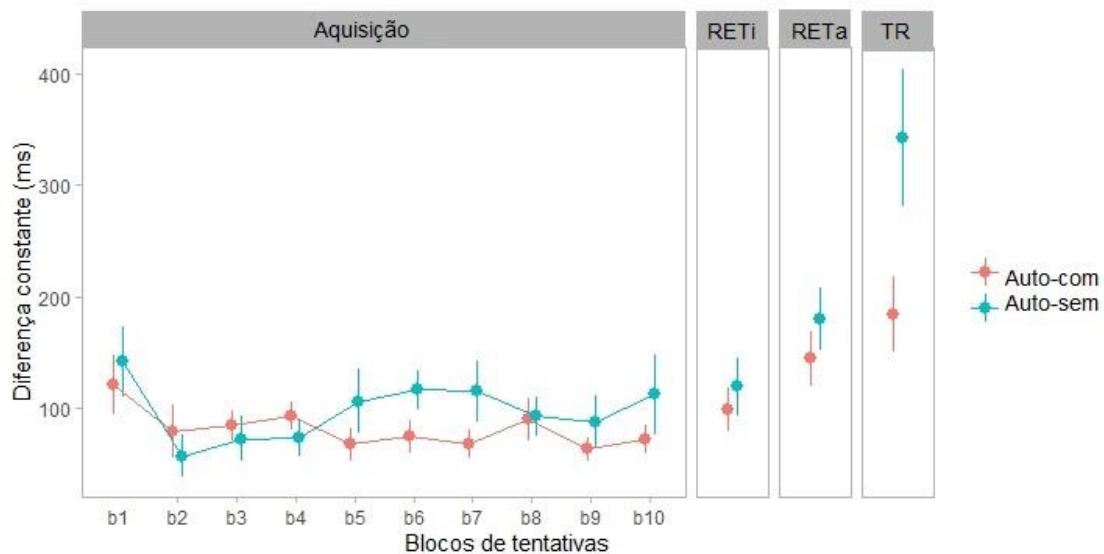


Figura 19 - Média da medida de diferença constante (DC) da fase de aquisição (b1 - b10), do teste de retenção imediato (RETi), no teste de retenção atrasado (RETa) e no teste de transferência (TR), para o grupo autocontrolado com estimativa de erro (Auto-com) e para o autocontrolado sem estimativa de erro (Auto-sem). As barras de erro representam o erro padrão das médias.

5.3.6 Tempo observando CR

A análise inferencial revelou efeito no fator Bloco, $F(9,342) = 79,22$; $p < 0,05$, $\eta^2 = 0,49$ e no fator Grupo, $F(1,38) = 8,03$, $p < 0,05$, $\eta^2 = 0,10$, não sendo encontrado efeito de interação dos fatores Grupo x Bloco, $F(9,342) = 1,60$; $p > 0,05$, $\eta^2 = 0,01$. O post hoc localizou diferença no segundo, terceiro, quarto, oitavo e décimo bloco da AQ; já no primeiro, sexto e nono bloco, o valor de p foi marginal (especificamente, $p = 0,05$). O grupo Auto-com apresentou um menor tempo de observação do CR tela (Figura 20), indicando que a possibilidade de escolha do momento de recebimento de CR tem efeito no tempo de processamento dessa informação.

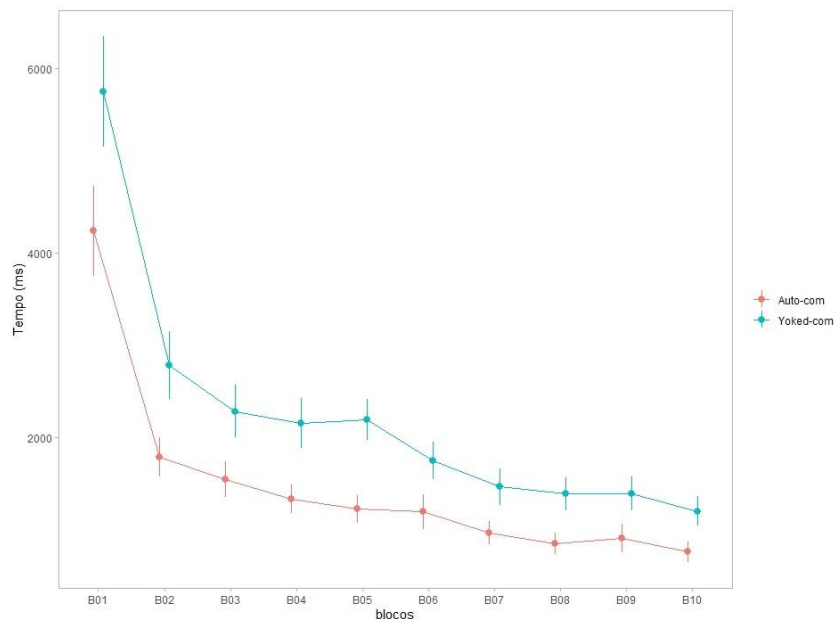


Figura 20 – Média do tempo observando o CR na tela nos blocos da fase de aquisição (b1-b10), do grupo autocontrolado com estimativa de erro (Auto-com) e seu respectivo grupo Yoked com estimativa de erro (Yoked-sem). As barras de erro representam o erro padrão das médias.

5.4 Discussão

O objetivo do experimento 2 foi investigar o efeito da precisão da estimativa de erro na aprendizagem motora autocontrolada de CR. Os resultados indicaram superioridade do grupo autocontrolado no último bloco da aquisição e no teste de transferência em relação ao seu respectivo grupo yoked. Adicionalmente, no teste de transferência foi revelado maior precisão na estimativa do erro para o grupo Auto-com.

Esses resultados são semelhantes aos encontrados por Carter, Carlsen, Ste-Marie (2014) e de Carter e Ste-Marie (2017b) para uma tarefa de timing coincidente. Em ambos os estudos o grupo autocontrolado foi superior ao seu respectivo grupo yoked no teste de retenção e no teste de transferência. Adicionalmente, foi encontrada uma maior precisão entre o desempenho manifesto e o desempenho alcançado no teste de transferência. No entanto, nos referidos estudos foi solicitado o desempenho percebido e não a estimativa de erro. Além disso, essa informação foi requisitada somente no teste de

transferência, limitando a análise do comportamento do mecanismo de detecção e correção de erro ao longo da prática.

Na presente tese, a estimativa de erro foi investigada ao longo do processo de aquisição. Os resultados não revelaram diferença na precisão da estimativa entre o primeiro e o último bloco da aquisição entre os grupos. Contudo, quando a oclusão do alvo móvel foi aumentada, o grupo Auto-com apresentou maior precisão da estimativa de erro em conjunto com uma menor discrepância temporal entre chegada do alvo móvel e o pressionamento do botão do mouse. Uma possível explicação seria que, ao terem liberdade para escolha de CR, os participantes do grupos Auto-com utilizaram a informação do desempenho alcançado com o desempenho almejado para fortalecer a referência de correção ao longo da prática (CHIVIACOWSKY; WULF, 2005). Dessa maneira, quando o CR foi retirado e a oclusão aumentada o desempenho foi mantido, indicando a aprendizagem do tempo de deslocamento do alvo móvel.

Dessa maneira, é plausível supor que a condição autocontrolada de CR levou a uma referência de correção mais consistente e, como consequência, aos ganhos de aprendizagem. Uma discussão mais detalhada sobre essa hipótese explicativa será feita na discussão geral a seguir.

6. Discussão geral

O objetivo do estudo foi investigar se a estimativa de erro constitui um fator que explica os ganhos observados na condição de CR autocontrolada. Para isso, foram realizados dois experimentos. O primeiro mostrou ser possível acessar a informação da estimativa de erro por meio da sua solicitação verbal, sem que essa solicitação resultasse em maiores ganhos de aprendizagem. Adicionalmente, foi possível verificar que ambos os grupos em condição autocontrolada apresentaram uma referência de correção semelhante, uma vez que manifestaram precisão equivalente na medida de diferença constante nos testes de aprendizagem, acompanhado de um desempenho próximo da meta da tarefa. Os resultados dessas duas medidas permitem inferir uma referência de correção consistente (TANI, 1989), indicando uma possível relação entre o

mecanismo de detecção de erro e os ganhos da condição autocontrolada de CR. Contudo, havia necessidade de um segundo experimento para investigar a precisão da estimativa de erro, em condição autocontrolada e yoked, ao longo da fase de aquisição e nos testes de aprendizagem. A hipótese levantada foi que, participantes que praticassem na condição de CR autocontrolado, apresentariam ganhos de aprendizagem associados à maior precisão da estimativa de erro, quando comparados aos do grupo yoked.

Os resultados das medidas de erro absoluto e diferença constante confirmaram essa hipótese. Especialmente no teste de transferência, no qual foi verificada uma maior precisão da estimativa de erro, além de uma menor discrepância temporal entre a chegada do alvo móvel e o pressionamento do botão do mouse. Os resultados da medida de erro constante indicaram que os participantes do grupo autocontrolado aprenderam o tempo de deslocamento do alvo móvel, pois mesmo com o aumento da oclusão não houve aumento na antecipação das respostas.

Ainda em relação à aprendizagem do tempo de deslocamento do alvo móvel, é plausível supor que os participantes do grupo Auto-com foram mais capazes de perceber a desaceleração do alvo e, dessa maneira, realizar as estimativas de tempo com mais precisão (MARINOVIC; ARNOLD, 2012; SMEETS; BRENNER, 1995). E embora o grupo Yoked-com tenha apresentado atraso nas respostas, a magnitude do erro foi maior que a apresentada no bloco do baseline. Complementarmente, pode-se inferir, pelo valor delta, que o grupo Auto-com apresentou maior manutenção do desempenho entre o RETa e o TR.

Outro ponto a ser destacado é a relação entre os resultados dos experimentos realizados. O primeiro experimento mostrou que, independentemente da manifestação verbal da estimativa de erro numa condição autocontrolada, os ganhos e a precisão da estimativa são semelhantes. Enquanto, no segundo experimento, o grupo autocontrolado foi superior ao grupo yoked, com ambos estimando e recebendo CR no mesmo momento, tendo a atenção direcionada para a avaliação do desempenho.

Analisando o resultado do momento de solicitação, precisão da estimativa e erro absoluto, verifica-se que no experimento 2, no primeiro e segundo bloco, o grupo Auto-com solicitou uma quantidade maior de CR e ambos os grupos utilizaram a informação de CR para correção (Auto-com e Yoked-com), mostrando uma melhora na precisão da estimativa e no desempenho. Todavia, é interessante observar que nos blocos seguintes, o grupo Yoked-com continua apresentando precisão da estimativa, porém, a magnitude do seu erro é aumentada, indicando, possivelmente, a não utilização da informação do CR para correção, mesmo detectando-a com maior precisão. Após o quinto bloco, quando há diminuição de solicitação do grupo Auto-com, o grupo Yoked-com apresenta uma menor precisão nas estimativas realizadas.

A literatura tem apontado que uma frequência mais alta de CR externamente controlada (perto de 100%) pode levar a dependência dessa informação, inibindo a utilização adequada do feedback intrínseco para o fortalecimento da capacidade de detecção e correção de erros (SALMONI; SCHMIDT; WALTER, 1984). Todavia, mesmo diminuindo a frequência de CR, o grupo Auto-com permaneceu numa média de sete requisições por bloco, o que poderia ser considerado uma frequência de alta para intermediária. Ao considerar que a manifestação verbal da estimativa de erro não leva a ganhos de aprendizagem, poder-se-ia especular que uma frequência maior de solicitação, no caso 70%, atrelada a tomada de decisão por essa solicitação parece não trazer prejuízo à aprendizagem, corroborando os resultados do estudo de Drews (2017). Nesse estudo, uma frequência intermediária de 74% de solicitação foi benéfica para os ganhos da condição a autocontrolada. Segundo o autor, é possível que essa frequência tenha permitido a quantidade ideal de informação para o alcance do esforço cognitivo ótimo (GUADAGNOLI; LEE, 2004). Para o grupo Yoked-com do presente estudo, essa mesma frequência parece ter gerado dependência.

Uma possível explicação seria que, o fato de o participante receber CR não necessariamente significa que irá processá-lo, mesmo manifestando a sua estimativa. Poder-se-ia especular que os ganhos da condição autocontrolada estariam atrelados à tomada de decisão. Isto porque, na tomada de decisão

por solicitação de CR estaria embutido o desejo de utilizar essa informação, o que poderia não ocorrer em todas as tentativas recebidas numa condição yoked. A literatura utiliza o termo intenção para apontar o desejo de se realizar uma atividade no futuro. Por esse motivo, as intenções são frequentemente chamadas de memórias prospectivas, pois essa memória seria armazenada e codificada com o intuito de ser usado em algum momento ou lugar específico no futuro (BADETS et al., 2006). Fazendo uma analogia, com ressalvas, do “efeito da intenção” com a condição autocontrolada, é plausível supor que a liberdade de escolher sobre algo levou o participante a tomar a decisão de solicitar CR (uma informação sobre algo realizado no passado) com a intenção de utilizar no futuro (nesse caso, próxima tentativa), presumidamente para formar e fortalecer uma referência de correção que levasse aos ganhos de aprendizagem.

Outro ponto seria que o fato de o participante receber CR, não garante a sua efetiva utilização. O CR pode ser entendido como uma informação, ou seja, diminuição de incerteza para quem o recebe. Entretanto, sabe-se que a informação é transmitida apenas quando a incerteza é reduzida (EPSTEIN, 1986). Nesse sentido, a redução da incerteza depende da capacidade do participante em utilizar essa informação, o que poderia ser inferido por meio da precisão da estimativa de erro associada à melhora no desempenho. No caso do presente estudo, pode-se fazer um paralelo com os blocos em que o grupo Yoked-com apresentou maior erro além de menor precisão da estimativa. Destarte, o CR pode estar disponível, mas o participante ser incapaz de interpretá-lo adequadamente, por ainda não ter uma referência de correção ou por não ter o desejo de utilizá-lo.

Adicionalmente, é possível supor que no caso do grupo Auto-com, ao tomar a decisão por solicitação de CR, o participante o fez baseado na avaliação do desempenho e, ao receber a informação do CR, buscou pelas informações armazenadas na memória com intuito de comparar com o resultado das tentativas anteriores (SCHMIDT; LEE, 2011). Esse processo pode ter resultado em maior fortalecimento do mecanismo de detecção e correção do erro, inferido, por exemplo, pela diminuição e manutenção do EA

ao longo dos blocos da AQ em conjunto com a maior precisão da estimativa do erro, resultando em ganhos de aprendizagem.

Numa perspectiva cognitiva de processamento de informações, a tomada de decisão é influenciada pelas informações armazenadas na memória. Assim sendo, é plausível argumentar que a tomada de decisão por solicitação teve o intuito de comparar com as informações armazenadas das tentativas anteriores. Contudo, na fase inicial o participante ainda não possuía uma referência de correção consistente da habilidade. Conseqüentemente, podia se esperar que a sua solicitação ocorresse com o intuito de fortalecer essa referência. Assim, poder-se-ia argumentar que, quando o participante toma a decisão por solicitação de CR, o faz buscando informação para utilizá-la como base para correção em relação à meta da tarefa. O CR irá auxiliar na comparação entre as informações das condições iniciais, como por exemplo, o tempo entre o aperto do mouse para iniciar a próxima tentativa e a mudança de cor do alvo móvel - indicando o início do seu deslocamento - e as informações da velocidade percebida de deslocamento do alvo móvel (ADAMS, 1971; SCHMIDT, 1975). Dessa maneira, é plausível supor que o participante solicitou CR para ter acesso a essas informações, fortalecendo o mecanismo de detecção e correção de erro. Se assim fosse, seria esperado um maior número de solicitação de CR no início da prática, o que de fato foi observado na medida de momento de solicitação de CR, tanto no experimento 1 como no experimento 2. No caso do experimento 2, para o grupo autocontrolado, no primeiro o bloco foi encontrada uma menor precisão da estimativa, indicando a requisição do CR com o possível intuito de se ter uma referência de correção. Após o segundo bloco, foi observado uma diminuição na magnitude de erro associada a uma maior precisão da estimativa de erro. A partir desses resultados, seria razoável supor que essa referência de correção foi sendo aperfeiçoada, aumentando em consistência e precisão. Assim sendo, se os participantes do grupo autocontrolado foram capazes de estimar o erro com precisão, significa que provavelmente o critério para solicitação de CR foi a avaliação do desempenho.

Contudo, para maior respaldo para essa discussão seria interessante a realização de uma análise da magnitude do erro do desempenho e da precisão da estimativa nas tentativas com solicitação de CR. O estudo de Drews (2017) mostrou que, numa condição autocontrolada, os participantes requisitaram por CR após tentativas de sucesso e tentativas mal sucedidas indistintamente. Segundo o autor, as estratégias de solicitação podem não estar relacionadas à magnitude do erro. Entretanto, o resultado da resposta não necessariamente fornece indicativos da estimativa do desempenho ao solicitar o CR.

Por fim, em relação à medida de tempo observando CR, os resultados revelaram um maior tempo de observação do grupo Yoked-com, porém não acarretando ganhos de aprendizagem. Poder-se-ia argumentar que um tempo maior de observação seria devido à maior demanda atencional na busca e no processamento da informação, especificamente sobre o desempenho alcançado (ADAMS, 1971). Contudo, a partir dos resultados da medida de precisão da estimativa atrelada à medida de desempenho, é possível supor que essa busca não foi suficiente para fortalecer o mecanismo de detecção e correção de erro, a ponto de levar a mais ganhos do que os encontrados numa condição autocontrolada de CR.

O presente trabalho não está isento de limitações. É possível supor que, solicitar aos participantes a estimativa de erro nas tentativas do baseline, permitiria uma melhor compreensão da utilização da informação do CR para o fortalecimento do mecanismo de detecção e correção de erro. Outra possível limitação pode ter sido o número de tentativas da fase de aquisição. Embora tenha se aumentado o número de tentativas quando comparado aos estudos que utilizaram uma tarefa semelhante de timing coincidente (90 tentativas) (DREWS, 2017; BASTOS, et al., 2018), um número maior de tentativas talvez possibilitasse verificar diferença na medida de precisão da estimativa de erro entre os blocos da aquisição. Adicionalmente, é possível supor que essa diferença fosse verificada, caso a oclusão do retângulo fosse maior durante toda a fase de aquisição.

Baseado na diferença de frequência e momento de solicitação de CR entre o grupo Auto-com e o grupo Auto-sem, um ponto que necessita de maior

esclarecimento é se a requisição da manifestação verbal da estimativa de erro não leva ao aumento no número de solicitação. Para isso, a requisição da verbalização da estimativa de erro em diferentes frequências poderia ser investigada.

Outro ponto seria o efeito de diferentes frequências de solicitação de CR na precisão da estimativa de erro. Os resultados da presente tese indicaram que o fortalecimento de uma referência de correção consistente parece ser o mecanismo responsável pelos ganhos da condição autocontrolada. O estudo de Drews (2017) mostrou que a frequência de solicitação é um fator que tem efeito nos ganhos observados na aprendizagem autocontrolada de CR. Frequências menores, por exemplo, não trazem ganhos para aprendizagem motora autocontrolada. A partir do conjunto desses resultados, é possível supor que frequências menores de solicitação não permitem o fortalecimento de uma referência de correção consistente. Investigar a precisão da estimativa de erro em diferentes frequências de solicitação de CR é o nosso próximo passo.

7. CONCLUSÃO

Os resultados do experimento 1 possibilitam concluir que a manifestação da estimativa de erro não leva a ganhos de aprendizagem numa condição autocontrolada de CR.

Os resultados do experimento 2 indicaram que a precisão da estimativa de erro foi maior numa condição autocontrolada de CR. Especificamente, com o aumento da oclusão do alvo móvel o grupo autocontrolado apresentou maior precisão na estimativa associada a uma superioridade no desempenho. No que se refere aos critérios de solicitação de CR, há necessidade de mais estudos para investigar essa questão, visto que pelos resultados da precisão da estimativa de erro, do desempenho e do momento de solicitação do CR, pode-se supor que a tomada de decisão pela solicitação teria relação com a busca por uma referência de correção consistente.

REFERÊNCIAS

ABDOLLAHIPOUR, R.; NIETO, M. P.; PSOTTA, R.; WULF, G. External focus of attention and autonomy support have additive benefits for motor performance in children. **Psychology of Sport and Exercise**, v. 32, p.17-24, 2017.

ABERNETHY, B.; SPARROW, W. A. The rise and fall of dominant paradigms in motor behavior research. In: SUMMERS, J. J. (Ed.). **Approaches to the study of motor control and learning**. Amsterdam: North-Holland, 1992.

ALBERNETHY, B. Attention. In: SINGER, R.; MURPHEY, M.; TENNANT, L. K. (Ed). **Handbook of research on Sport Psychology**. New York: Mcmillan, p.127-170, 1993.

ADAMS, J. A. Closed-loop theory of motor learning. **Journal of Motor Behavior**, v. 3, n. 2, p. 111-150, 1971.

_____. Response feedback and learning. **Psychological Bulletin**, v. 70, n. 6, p. 486-504, 1968.

_____. Theoretical issues for knowledge of results. In: STELMACH, G. E. (Ed). **Informational processing in motor control and learning**. New York: Academic Press, p. 87-107, 1978.

_____. Historical review and appraisal of research on the learning, retention, and transfer of human motor skills. **Psychological Bulletin**, v. 101, n.1, p. 41-74, 1987.

ALCÂNTARA, L. B.; ALVES, M. A.; SANTOS, R. C.; DE MEDEIROS, L. K.; GONÇALVES, W. R.; FIALHO, J. V. A.; UGRINOWITSCH, H.; BENDA, R. N. Efeito do conhecimento de resultados autocontrolado na aprendizagem de habilidades motoras em idosos. **Brazilian Journal of Motor Behavior**, v. 2, n. 1, p. 22-30, 2007.

ALI, A.; FAWVER, B.; KIM, J.; FAIRBROTHER, J.; JANELLE, C. M. Too much of a good thing: random practice scheduling and self-control of feedback lead to unique but not additive learning benefits. **Frontiers in Psychology**, v. 3, 2012.

BADETS, A.; BLANDIN, Y.; BOUQUET, C. A.; SHEA, C. H. The intention superiority effect in motor skill learning. **Journal of Experimental Psychology. Learning, Memory, and cognition**, v. 32, n. 3, p. 491-505, 2006.

BANDURA, A. Self-efficacy: Toward a unifying theory of behavioral change. **Psychological Review**, v. 84, n. 2, p. 191-215, 1977.

_____. **Social foundations of thought and action: a social cognitive theory**. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1986.

BARROS, A. C.; YANTHA, Z. D.; CARTER, M. J.; HUSSIEN, J.; STE-MARIE, D. M. Examining the impact of error estimation on the effects of self-controlled feedback. **Human Movement Science**, v. 63, p. 182-198, 2019.

BASTOS, F. H. **Efeitos da meta de aprendizagem na aprendizagem motora autocontrolada**. 2010. 106f. Tese (Doutorado em Educação Física) - Escola de Educação Física e Esporte, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

BASTOS, F. H.; MARINOVIC, W.; RUGY, A.; TANI, G. Prior knowledge of final testing improves sensorimotor learning through self-scheduled practice. **Human Movement Science**, v. 32, n. 1, p. 192-202, 2013.

BASTOS, F. H.; TANI, G.; DREWS, R.; RIEK, S.; MARINOVIC, W. Do we know what we need? Preference for feedback about accurate performances does not benefit sensorimotor learning. **Journal of experimental psychology-human perception and performance**, v. 44, n.8, p. 1294-1303, 2018.

BENJAMINI, Y.; HOCHBERG, Y. Controlling the False Discovery Rate: A Practical and powerful approach to multiple testing. **Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological)**, v. 57, n. 1, p. 289-300, 1995.

BOKUMS, R. M.; MEIRA JUNIOR, C. M.; NEIVA, J. F. O.; OLIVEIRA, T.; MAIA, J. F. Self-controlled feedback and trait anxiety in motor skill acquisition. **Psychology**, v. 3, n. 5, p. 406-409, 2012.

BOYCE, B. A. Effects of assigned versus participant-set goals on skill acquisition and retention of a selected shooting task. **Journal of Teaching in Physical Education**, v.11, n. 3, p. 220-234, 1992.

BOYCE, B. A.; WAYDA, V. K. The effects of assigned and self sets goals on task performance. **Journal of Sport e Exercise Psychology**, v. 16, n.3, p. 258-269, 1994.

BOYCE, B. A.; WAYDA, V. K.; BUNKER, L. K.; ELIOT, J.; JOHNSTON, T. The effects of three types of goal setting conditions on tennis performance a field-base study. **Journal Teaching in Physical Education**, v. 20, n. 2, p. 188-200, 2001.

BRYAN, W. L.; HARTER, N. Studies in the physiology and psychology of telegraphic language. **Psychological Review**, Princeton, v. 4, p. 27-53, 1897.

BUND, A.; WIEMEYER, J. Self-controlled learning of a complex motor skill: Effects of the learner's preferences on performance and self-efficacy. **Journal of Human Movement Studies**, v. 47, n. 3, p. 215-236, 2004.

CARTER, M. J.; CARLSEN, A. N.; STE-MARIE, D. M. Self-controlled feedback is effective if it is based on the learner's performance: a replication and

extension of Chiviawsky and Wulf (2005). **Frontiers in Psychology**, v. 5, p.1-10, 2014.

CARTER, M. J.; PATTERSON, J. T. Age-related differences in motor learning, strategies, and error detection. **Human Movement Science**, v. 31, n. 6, p. 1459-1472, 2012.

CARTER, M. J.; RATHWELL, S.; STE-MARIE, D. M. Motor skill retention is modulated by strategy choice during self-controlled knowledge of results schedules. **Journal of Motor Learning and Development**, v. 4, n. 1, p. 100-115, 2016.

CARTER, M. J.; STE-MARIE, D. M. An interpolated activity during the knowledge-of-results delay interval eliminates the learning advantages of self-controlled feedback schedules. **Psychological Research**, v. 81, n. 2, p. 1-8, 2017a.

CARTER, M. J.; STE-MARIE, D. M. Not all choices are created equal: Task-relevant choices enhance motor learning compared to task-irrelevant choices. **Psychonomic Bulletin & Review**, v. 24, n. 6, 2017b.

CARTER, M. J.; SMITH, V.; CARLSEN, A. N.; STE-MARIE, D. M. Anodal transcranial direct current stimulation over the primary motor cortex does not enhance the learning benefits of selfcontrolled feedback schedules. **Psychological Research**, v. 82, n.3, p. 496-506, 2017.

CHEN, D. D.; HENDRICK, J. L.; LIDOR, R. Enhancing self-controlled learning environments: the use of self-regulated feedback information. **Journal of Human Movement Studies**, v. 43, n. 1, p. 69-86, 2002.

CHIVIACOWSKY, S. Frequência de conhecimento de resultados na aprendizagem motora: linhas atuais de pesquisa e perspectivas. In: TANI, G. (Ed.). **Comportamento Motor: Aprendizagem e Desenvolvimento**. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan, p. 185-207, 2005.

_____. Self-controlled practice: Autonomy protects perceptions of competence and enhances motor learning. **Psychology of Sport and Exercise**, v. 15, p. 505-510, 2014.

CHIVIACOWSKY, S.; DREWS, R. Efeito do feedback autocontrolado na aprendizagem motora. In: TANI, G. (Ed.). **Comportamento Motor: Conceitos, Estudo e Aplicações**. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan, p. 111-116, 2016.

CHIVIACOWSKY, S.; GODINHO, M.; TANI, G. Self-controlled knowledge of results: Effects of different schedules and task complexity. **Journal of Human Movement Studies**, v. 49, n. 4, p. 277-296, 2005.

CHIVIACOWSKY, S.; LESSA, H. F. Choices over feedback enhance motor learning in older adults. **Journal of Motor Learning and Development**, v. 5, n. 2, p. 304-318, 2017.

CHIVIACOWSKY, S.; MEDEIROS, F. L.; KAEFER, A. "Feedback" autocontrolado e aprendizagem de uma tarefa motora com demanda de força. **Revista Brasileira de Educação Física e Esporte**, v. 21, n. 1, p. 27-33, 2007.

CHIVIACOWSKY, S.; MEDEIROS, F. L. D.; SCHILD, J. F.; AFONSO, M. R. Feedback autocontrolado e aprendizagem de uma habilidade motora discreta em idosos. **Revista Portuguesa de Ciências do Desporto**, v. 6, n. 3, p. 275-280, 2006.

CHIVIACOWSKY, S.; NEVES, C.; LOCATELLI, L.; OLIVEIRA, C. Aprendizagem motora em crianças: efeitos da frequência autocontrolada de conhecimento de resultado. **Revista Brasileira de Ciências do Esporte**, v. 26, n. 3, p. 177-90, 2005.

CHIVIACOWSKY, S.; PINHO, S. T.; ALVES, D.; SCHILD, J. F. G. Feedback autocontrolado: efeitos na aprendizagem de uma habilidade motora específica do golfe. **Revista Brasileira de Educação Física e Esporte**, v. 22, n. 4, p. 265-271, 2008.

CHIVIACOWSKY, S.; TREPTOW, J. G.; TANI, G.; MEIRA JUNIOR, C.; SCHILD, J. F. G. Conhecimento de resultados autocontrolado: efeitos na aprendizagem de diferentes programas motores generalizados. **Revista Portuguesa de Ciências do Desporto**, Porto, v. 9, n. 2, p. 175-182, 2009.

CHIVIACOWSKY, S.; WULF, G. Feedback after good trials enhances learning. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, v. 78, n. 2, p. 40-47, 2007.

CHIVIACOWSKY, S.; WULF, G. Self-controlled feedback: Does it enhance learning because performers get feedback when they need it? **Research Quarterly for Exercise and Sport**, v. 73, n.4, p. 408-415, 2002.

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

CHIVIACOWSKY, S.; WULF, G.; LEWTHWAITE, R. Self-controlled learning: the importance of protecting perceptions of competence. **Frontiers in Psychology**, v. 3, p. 458-466, 2012.

CHIVIACOWSKY, S.; WULF, G.; MACHADO, C.; RYDBERG, N. Self-controlled feedback enhances learning in adults with down syndrome. **Revista Brasileira de Fisioterapia**, v. 16, n. 3, p. 191-196, 2012.

CHIVIACOWSKY, S.; WULF, G.; MEDEIROS, F. L.; KAEFER, A.; TANI, G. Learning benefits of self-controlled knowledge of results in 10-year-old children. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, v. 79, n. 3, p. 405-410, 2008.

CHUA, L. K.; WULF, G.; LEWTHWAITE, R. Onward and upward: Optimizing motor performance. **Human Movement Science**, v. 60, p. 107-114, 2018.

COUVILLION, K. F.; BASS, A. D.; FAIRBROTHER, J. T. Increased cognitive load during acquisition of a continuous task eliminates the learning effects of self-controlled knowledge of results. **Journal of Sports Sciences**, v. 38, n. 1, p. 1-6, 2019.

DECI, E. L.; RYAN, R. M. The what and why of goal pursuits: Human needs and self-determination of behavior. **Psychological Inquiry**, v. 11, n. 4, p. 227-268, 2000.

DREWS, R. **Efeitos de diferentes frequências de feedback autocontrolado na aprendizagem de uma tarefa de timing coincidente**. 2017. 241f. Tese (Doutorado em Educação Física) - Escola de Educação Física e Esporte, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.

EPSTEIN, I. **Teoria da informação**. São Paulo: ÁTICA, 1986. (Série Princípios).

ERGEN, B.; SKANADLI, S. The Effect of self-regulated learning strategies on academic achievement: A Meta-analysis study. **Eurasian Journal of Educational Research**, v. 69, p. 55-74, 2017.

FAIRBROTHER, J. T.; LAUGHLIN, D. D.; NGUYEN, T. V. Self-controlled feedback facilitates motor learning in both high and low activity individuals. **Frontiers in Psychology**, v. 31, p. 323, 2012.

FERREIRA, G. M.; ALBUQUERQUE, M. R.; AMBRÓSIO, N. F. A.; BRUZI, A. T.; PALHARES, L. R. Effects of self-controlled knowledge of results in motor learning. **Motriz: Revista de Educação Física**, v. 18, n. 3, p. 495-504, 2012.

FERREIRA, G. M.; MALLOY-DINIZ, L. F.; PARMA, J. O.; NOGUEIRA, N. G. H. M. APOLINÁRIO-SOUZA, T.; UGRINOWITSCH, H.; LAGE, G. M. Self-controlled feedback and learner impulsivity in sequential motor learning. **Perceptual and Motor Skills**, v. 126, n. 1, p. 1-23, 2018.

FIELD, A. **Discovering statistics using SPSS**. London: Sage publications, 2009.

FIGUEIREDO, L. S.; UGRINOWITSCH, H.; FREIRE, A. B.; SHEA, J. B.; BENDA, R. N. External Control of Knowledge of Results: Learner Involvement Enhances Motor Skill Transfer. **Perceptual and Motor Skills**, v. 125, n. 2, p. 1-17, 2018.

FITTS, P. M.; POSNER, M. I. **Human performance**. England: Brooks/Cole Human performance, 1967.

GRAND, K. F.; BRUZI, A. T.; DYKE, F. B.; GODWIN, M. M.; LEIKER, A. M.; THOMPSON, A. G.; Buchanan, T. L.; MILLER, M. W. Why self-controlled feedback enhances motor learning: Answers from electroencephalography and indices of motivation. **Human Movement Science**, v. 43, p. 23-32, 2015.

GRAND, K. F.; DAOU, M.; LOHSE, K. R.; MILLER, M. W. Investigating the mechanisms underlying the effects of an incidental choice on motor learning. **Journal of Motor Learning and Development**, v. 5, p. 207-226, 2017.

GUADAGNOLI, M. A.; KOHL, R. M. Knowledge of results for motor learning: relationship between error estimation and knowledge of results frequency. **Journal of Motor Behavior**, v. 33, p. 217-224, 2001.

GUADAGNOLI, M. A.; LEE, T. D. Challenge point: a framework for conceptualizing the effects of various practice conditions in motor learning. **Journal of Motor Behavior**, v. 36, n. 2, p. 212-224, 2004.

HANSEN, S.; PFEIFFER, J.; PATTERSON, J. T. Self-control of feedback during motor learning: accounting for the absolute amount of feedback using a yoked group with self-control over feedback. **Journal of Motor Behavior**, v. 43, n. 2, p. 113-119, 2011.

HEMAYATTALAB, R. Effects of self-control and instructor-control feedback on motor learning in individuals with cerebral palsy. **Research in Developmental Disabilities**, v. 35, n. 11, p. 2766-72, 2014.

HEMAYATTALAB, R.; ARABAMERI, E.; POURAZAR, M.; ARDAKANI, M. D.; KASHEFI, M. Effects of self-controlled feedback on learning of a throwing task in children with spastic hemiplegic cerebral palsy. **Research in Developmental Disabilities**, v. 34, n. 9, p. 2884-2889, 2013.

HOGAN, J. C.; YANOWITZ, B. A. The role of verbal estimates of movement error in ballistic skill acquisition. **Journal of Motor Behavior**, v. 10, n. 2, p. 133-138, 1978.

JANELLE, C. M.; BARBA, D. A.; FREHLICH, S. G.; TENNANT, L. K.; CAURAUGH, J. H. Maximizing performance feedback effectiveness through videotape replay and a self-controlled learning environment. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, v. 68, n. 4, p. 269-79, 1997.

JANELLE, C. M.; KIM, J.; SINGER, R. N. Subject-controlled performance feedback and learning of a closed motor skill. **Perceptual and Motor Skills**, Missoula, v.81, p.627-34, 1995.

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

JIMENEZ-DIAZ, J.; CHAVES-CASTRO, K.; MORERA-CASTRO, M. Effect of Self-Controlled and Regulated Feedback on Motor Skill Performance and Learning: A Meta Analytic Study. **Journal of Motor Behavior**, p. 1-13, 2020.

KAEFER, A.; CHIVIACOWSKY, S.; MEIRA JUNIOR, C. D. M.; TANI, G. Self-controlled practice enhances motor learning in introverts and extroverts. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, v. 85, n. 3, p. 226-233, 2014.

KEELE, S. W. Movement control in skilled motor performance. **Psychological Bulletin**, v. 70, n. 6, p. 387-403, 1968.

KEETCH, K. M.; LEE, T. D. The effect of self-regulated and experimenter imposed practice schedules on motor learning for tasks of varying difficulty. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, v. 78, n. 3, p. 476-486, 2007.

KIM, Y.; KIM, J.; KIM, H.; KWON, M.; LEE, M.; PARK, S. Neural mechanism underlying self-controlled feedback on motor skill learning. **Human Movement Science**, v. 66, p. 198-208, 2019.

LEE, T. D.; SWINNEN, S. P.; SERRIEN, D. J. Cognitive effort and motor learning. **Quest**, v. 46, n. 3, p. 328-344, 1994.

LEWTHWAITE, R.; CHIVIACOWSKY, S.; DREWS, R.; WULF, G. Choose to move: the motivational impact of autonomy support on motor learning. **Psychonomic Bulletin & Review**, v. 22, n. 5, p. 1383-1388, 2015.

LIM, S.; ALI, A.; KIM, W.; KIM, J.; CHOI, S.; RADLO, S. J. Influence of self-controlled feedback on learning a serial motor skill. **Perceptual and Motor Skills**, v. 120, n. 2, p. 462-474, 2015.

LIU, J.; WRISBERG, C. A. The effect of knowledge of results delay and the subjective estimation of movement form on the acquisition and retention of a motor skill. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, v. 68, n. 2, p. 145-151, 1997.

MAGILL, R. A. The influence of augmented feedback on skill learning depends on characteristics of the skill and the learner. **Quest**, v. 46, n. 3, p. 314-27, 1994.

MARINOVIC, W.; ARNOLD, D. H. Separable temporal metrics for time perception and anticipatory actions. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Science**, v. 279, p. 854-859, 2012.

MARQUES, P. G.; CORRÊA, U. C. The effect of learner's control of self-observation strategies on learning of front crawl. **Acta Psychologica**, v. 164, p. 151-156, 2016.

MARQUES, P. G.; WALTER, C.; TANI, G.; CORRÊA, U.C. The effect of self-goal setting on the acquisition of a motor skill. **Motricidade**, v. 10, n. 4, p. 56-63, 2014.

MCKAY, B.; STE-MARIE, D. M. Autonomy Support via Instructionally Irrelevant Choice Not Beneficial for Motor Performance or Learning. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, p. 1-13, 2020.

MEIJER, O.; ROTH, P. **Complex movement behavior**: the motor-action controversy. Amsterdam: North-Holland, 1988.

PATTERSON, J. T.; CARTER, M. Learner regulated knowledge of results during the acquisition of multiple timing goals. **Human Movement Science**, v. 29, n. 2, p. 214–227, 2010.

PATTERSON, J.T.; CARTER, M. J.; HANSEN, S. Self-controlled KR schedules: Does repetition order matter? **Human Movement Science**, v. 32, p.567-579, 2013.

PATTERSON, J. T.; CARTER, M.; SANLI, E. Decreasing the proportion of self-control trials during the acquisition period does not compromise the learning advantages in a self-controlled context. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, v. 82, n. 3, p. 624-633, 2011.

PATTERSON, J. T.; MCRAE, M.; LAI, S. Accuracy of subjective performance appraisal is not modulated by the method used by the learner during motor skill acquisition. **Perceptual and Motor Skills**, v. 122, n. 2, p. 650-656, 2016.

PEW, R.W. Toward a process-oriented theory of human skilled performance. **Journal of Motor Behavior**, v. 2, n. 1, p. 8-24, 1970.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing (Version 3.3.2)**. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing, 2016.

SALMONI, A. W.; SCHMIDT, R. A.; WALTER, C. B. Knowledge of results and motor learning: a review and critical reappraisal. **Psychological Bulletin**, v. 95, n. 3, p. 355-386, 1984.

SANLI, E. A.; PATTERSON, J. T.; BRAY, S. R.; LEE, T. D. Understanding self-controlled motor learning protocols through the self-determination theory. **Frontiers in Psychology**, v. 3, n. 611, p. 1-17, 2013.

SCHMIDT, R. A. A schema theory of discrete motor skill learning. **Psychological Review**, v. 82, n. 4, p. 225-260, 1975.

_____. Frequent augmented feedback can degrade learning: Evidence and interpretations. In: REQUIN, J.; STELMACH, G. E. (Eds.). **Tutorials in motor neuroscience**. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers, p. 59-75, 1991.

_____. **Motor control and learning: A behavioral emphasis.** 2th ed. Champaign, IL: Human Kinetics, 1988.

SCHMIDT, R. A.; LEE, T. **Motor control and learning: a behavioral emphasis.** 4 th ed. Champaign, IL: Human Kinetics, 2011.

SCHMIDT, R. A.; WHITE, J. L. Evidence for an error detection mechanism in motor skills: A test of Adams' closed-loop theory. **Journal of Motor Behavior**, v. 4, n. 3, p. 143-153, 1972.

SHERWOOD, D. Detecting and correcting errors in rapid aiming movements: effects of movement time, distance, and velocity. **Research Quarterly for Exercise and Sports**, v. 81, n. 3, p. 300-339, 2010.

_____. Generalization of error detection across motor tasks by men and women. **Perceptual and Motor Skills**, v. 106, p. 557-572, 2008.

_____. Spational error detection in rapid unimanual and bimanual aiming movements. **Perceptual and Motor Skills**, v. 108, p. 3-14, 2009.

SIQUEIRA, A. K. M.; HENRIQUE, R. S.; BELTRÃO, N. B.; CATTUZZO, M. T. Efeito do autocontrole de conhecimento de resultados na aquisição de uma habilidade motora. **Journal of Physical Education**, v. 21, n. 4, p. 593-561, 2010.

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

STE-MARIE, D. M.; VERTES, K. A.; LAW, B.; RYMAL, A. M. Learner-controlled self-observational is advantageous for motor skill acquisition. **Frontiers in Psychology**, v. 3, 2013.

SWINNEN, S. P. Interpolated activities during the knowledge-of-results delay and post- knowledge-of-results interval: Effects of performance and learning. **Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition**, v. 16, p. 692-702, 1990.

_____. Information feedback for motor skill learning: a review. In: ZELAZNIK, H. N. (Ed.). **Advances in motor learning and control.** Champaign, IL: Human Kinetics, p. 37-66, 1996.

_____. Post-performance activities and skill learning. In O. G. Meijer & K. Roth (Eds), **Complex movement Behavior: "The" motor-action controversy.** Amsterdam: Elsevier Science Publishers, p. 315-338, 1988.

SWINNEN, S. P.; SCHMIDT, R. A.; NICHOLSON, D. E.; SHAPIRO, D. C. Information feedback for skill acquisition: instantaneous knowledge of results

degrades learning. **Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition**, v.16, n. 4, p.706-16, 1990.

TANI, G. Aprendizagem motora: Tendências, perspectivas e problemas de investigação. In: TANI, G. (Ed.). **Comportamento motor: aprendizagem e desenvolvimento**. São Paulo: Guanabara Koogan, p. 17-33, 2005.

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

THOMAS, J. R.; NELSON, J. K. **Métodos de pesquisa em atividade física**. Porto Alegre: Artmed, 2005.

THORNDIKE, E. L. The law of effect. **The American Journal of Psychology**, v.39, p. 212-222, 1927.

TITZER, R.; SHEA, J.; ROMACK, J. The effect of learner control on the acquisition and retention of a motor task. **Journal of Sport and Exercise Psychology**, v. 15, n. SUPPL., 1993.

TSAI, M. J.; JWO, H. Controlling absolute frequency of feedback in a self-controlled situation enhances motor learning. **Perceptual and Motor Skills**, v. 121, n. 3, p. 746-758, 2015.

WALTER, C.; BASTOS, F. H.; ARAUJO, U. O.; SILVA, J. A. O.; CORRÊA, U. C. Estrutura de prática e liberdade de escolha na aprendizagem de habilidades motoras. **Revista Portuguesa de Ciências do Desporto**, v. 8, n. 3, p. 323-331, 2008.

WALTER, C.; BASTOS, F. H.; TANI, G. Fatores que afetam a aprendizagem motora: uma síntese. In: TANI, G.; CORRÊA, U. C. (Eds.). **Aprendizagem Motora e o Ensino do Esporte**. São Paulo: Blucher, p. 43-71, 2016.

WATAMANIUK; S. N. J.; HEINEN, S. J. Perceptual and oculomotor evidence of limitations on processing accelerating motion. **Journal of Vision**, v. 3, p. 698-709, 2000.

WIENER; N. **Cybernetics**. New York: John Wiley & Sons, 1948.

WOODWORTH, R. S. The accuracy of voluntary movement. **Psychological Review Princeton**, v. 3, 1989.

WRISBERG, C. A.; PEIN, R. L. Note on learners' control of the frequency of model presentation during skill acquisition. **Perceptual and Motor Skills**, v. 94, n. 3, p. 792-794, 2002.

WU, W.; MAGILL, R. A. Allowing learners to choose: self-controlled practice schedules for learning multiple movement patterns. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, v. 82, n. 3, p. 449-457, 2011.

_____. To dictate or not: The exploration of a self-regulated practice schedule. **Journal of Sport & Exercise Psychology**, v. 26, SUPPL., 2004.

WULF, G. Self-controlled practice enhances motor learning: implications for physiotherapy. **Physiotherapy**, v. 93, n. 2, p. 96–101, 2007.

WULF, G.; IWATSUKI, T.; MACHIN, B.; KELLOGG, J.; COPELAND, C.; LEWTHWAITE, R. Lassoing skill through learner choice. **Journal of Motor Behavior**, v.50, n.3, p. 285-292, 2018.

WULF, G.; LEWTHWAITE, R. Optimizing performance through intrinsic motivation and attention for learning: The OPTIMAL theory of motor learning. **Psychonomic Bulletin & Review**, v. 23, n.5, p. 1382-1414, 2016.

WULF, G.; RAUPACH, M.; PFEIFFER, F. Self-controlled observational practice enhances learning. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, v. 76, n. 1, p. 107-111, 2005.

WULF, G.; TOOLE, T. Physical assistance devices in complex motor Skill learning: Benefits of self-controlled practice schedule. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, v.70, n.3, p. 265-272, 1999.

YANTHA, F. Z.; MCKAY, B.; CARTER, M. J.; STE-MARIE, D. A. The Effects of Choice on Motor Skill Learning Meta-analysis of Self-controlled Research. **North American Society for psychology of Sport and Physical Activity**, SUPPL., 2019.

ZIMMERMAN, B. J. A social cognitive view of self-regulated academic learning. **Journal of Educational Psychology**, v. 81, n. 3, p. 329-339, 1989.

ZIMMERMAN, B. J.; PONS, M. M. Development of a structured interview for assessing student use of self-regulated learning strategies. **American Educational Research Journal**, v. 23, n. 4, p. 614-628, 1986.

ANEXOS

Anexo A – Termo de Consentimento livre e esclarecido

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**I - DADOS DE IDENTIFICAÇÃO DO SUJEITO DA PESQUISA OU RESPONSÁVEL LEGAL****1. DADOS DO INDIVÍDUO**

Nome completo _____

Sexo Masculino
 Feminino

RG _____

Data de
nascimento _____Endereço
completo _____

CEP _____

Fone _____

e-mail _____

2. RESPONSÁVEL LEGAL

Nome completo _____

Natureza (grau de parentesco, tutor,
curador, etc.) _____Sexo Masculino
 Feminino

RG

Data de
nascimento

Endereço
completo

CEP

Fone

e-mail

II - DADOS SOBRE A PESQUISA CIENTÍFICA

1. Título do Projeto de Pesquisa

Efeitos do feedback autocontrolado e externamente controlado na aprendizagem motora

2. Pesquisador Responsável

Prof. Dr. Go Tani

3. Cargo/Função

Professor Doutor

4. Avaliação do risco da pesquisa:

RISCO MÍNIMO RISCO BAIXO RISCO MÉDIO RISCO MAIOR

(probabilidade de que o indivíduo sofra algum dano como consequência imediata ou tardia do estudo)

5. Duração da Pesquisa

A pesquisa terá duração de 4 anos.

III - EXPLICAÇÕES DO PESQUISADOR AO INDIVÍDUO OU SEU REPRESENTANTE LEGAL SOBRE A PESQUISA, DE FORMA CLARA E SIMPLES, CONSIGNANDO:

Esta pesquisa procura entender como as pessoas utilizam a informação de erro na aprendizagem de uma habilidade motora. Você praticará uma tarefa de computador que se parece com um jogo de videogame simples. Não é esperado qualquer tipo de desconforto ou risco em sua participação. Após o término do experimento serão explicadas as ideias que nos levaram a fazer este estudo, para que você possa

conhecer mais sobre o comportamento motor humano. Não será oferecido nenhuma recompensa financeira pela sua participação.

IV - ESCLARECIMENTOS DADOS PELO PESQUISADOR SOBRE GARANTIAS DO SUJEITO DA PESQUISA:

1. Você terá acesso, a qualquer tempo, às informações sobre procedimentos, riscos e benefícios relacionados à pesquisa, inclusive para dirimir eventuais dúvidas;
2. Você terá liberdade de retirar seu consentimento a qualquer momento e de deixar de participar do estudo, sem que isto traga prejuízo à continuidade da assistência;
3. Você terá salvaguarda da confidencialidade, sigilo e privacidade; e
4. Você terá disponibilidade de assistência no HU ou HCFMUSP, por eventuais danos à saúde, decorrentes da pesquisa.

V - INFORMAÇÕES DE NOMES, ENDEREÇOS E TELEFONES DOS RESPONSÁVEIS PELO ACOMPANHAMENTO DA PESQUISA, PARA CONTATO EM CASO DE INTERCORRÊNCIAS CLÍNICAS E REAÇÕES ADVERSAS.

Maria Teresa da Silva Pinto Marques

Escola de Educação Física e Esporte da Universidade São Paulo

Av. Professor Mello Moraes, 65, Cidade Universitária, São Paulo – SP

Cep: 05508-030

Telefone: (011) 3091-2147

Comitê de Ética da EEFÉ-USP

Escola de Educação Física e Esporte - USP

Av. Prof. Mello Moraes, 65 - Cidade Universitária

CEP: 05508-030 - São Paulo – SP

Telefone (011) 3091-3097

E-mail: cep39@usp.br

VI - OBSERVAÇÕES COMPLEMENTARES

VII - CONSENTIMENTO PÓS-ESCLARECIDO

Declaro que, após convenientemente esclarecido pelo pesquisador e ter entendido o que me foi explicado, consinto em participar do presente Projeto de Pesquisa.

São Paulo, ____/____/____

assinatura do sujeito da pesquisa
ou responsável legal

assinatura do pesquisador
(carimbo ou nome legível)