

# CONTROLE DE MOVIMENTOS RÁPIDOS E PRECISOS

KELYN ROSINHOLI MATHIAS  
CRISTIANE REGINA COELHO CANDIDO  
BRUNO SECCO FAQUIN  
FLÁVIO JÚNIOR GUIDOTTI  
VICTOR HUGO ALVES OKAZAKI

Universidade Estadual de Londrina – Londrina – Paraná - Brasil  
[kelyn\\_ibipa@hotmail.com](mailto:kelyn_ibipa@hotmail.com)

## INTRODUÇÃO

O controle de movimentos rápidos e precisos é tradicionalmente explicado pela Lei de Fitts (FITTS, 1954). Este autor demonstrou uma relação inversa entre velocidade e precisão. Desta forma, quanto maior a exigência de precisão em uma dada tarefa motora menor é a velocidade de movimento observada (maior tempo de movimento) e vice-versa. Fitts (1954) apresentou, por meio de três experimentos, nos quais foram manipulados o tamanho dos alvos ( $A$ ) e a distância entre eles ( $D$ ), que o tempo de movimento ( $TM$ ) é uma função linear do índice de dificuldade ( $ID$ ) do movimento, este último sendo expresso pela equação:  $ID = \log_2(2D/A)$ . Assim, um aumento no  $ID$  gera um aumento proporcional no  $TM$ . Vários modelos de controle motor foram explorados para explicar a relação inversa entre velocidade e precisão.

Os modelos que tentaram explicar a origem da relação inversa velocidade-precisão utilizaram explicações fundamentadas em: uso do *feedback* (WOODWORTH, 1899), geração de ruído (MEYER; SMITH; WRIGHT, 1982; SCHMIDT et al., 1979), capacidade limitada de processar informações (FITTS, 1954), modulação das fases de aceleração-desaceleração (TEIXEIRA, 2000) e organização das sinergias agonistas-antagonistas no movimento (PLAMONDON; ALIM, 1997). Entretanto, estes modelos não conseguiram explicar o fato de muitas vezes um movimento poder apresentar ambos, grande velocidade e precisão. Uma possível explicação seria baseada na hipótese de dimensões (componentes) independentes velocidade-precisão (OKAZAKI, 2009).

Esta hipótese aponta que, quando a geração de velocidade ocorre predominantemente numa dimensão espacial e a precisão em outra, o movimento poderia ser tanto veloz quanto preciso. Uma vez que, a velocidade gerada seria resultado de fontes de restrição diferentes das encontradas na precisão durante o movimento. Por conseguinte, magnitudes de velocidades específicas seriam geradas e resultariam em variabilidades de movimento específicas, principalmente em relação à dimensão espacial em que as fontes de restrição ocorrem. Dentro deste escopo, foi analisada a hipótese dos componentes independentes velocidade-precisão como uma possível alternativa para entender a regulação do controle de movimentos rápidos e precisos.

## MÉTODOS

### *Participantes*

A amostra foi composta por 12 universitários destros, com idade média de 23 anos ( $DP=2,67$ ) de ambos os sexos. Antes do início dos testes os participantes assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido. Os procedimentos experimentais foram aprovados pelo Comitê de Ética em Pesquisa da universidade local (Protocolo n. 215/10, Folha de Rosto n. 368584, CAAE n. 0197.0.268.000-10).

### *Equipamentos e tarefa*

Os participantes realizaram uma tarefa de mover um cursor de mouse, utilizando uma caneta e uma mesa digitalizadora (C3 Tech), em direção a alvos espaciais. Foi manipulado o

tamanho dos alvos (10, 20 e 40 u.m.) e a distância em que houve mudança de direção no movimento (0%, 33%, 66%) por meio do software *Spatial Constraint Task* (v.1.0; OKAZAKI, 2011). O índice de dificuldade da tarefa foi calculado por meio da distância (D) entre os alvos e do tamanho dos alvos (A), de acordo com a equação originalmente proposta por Fitts (1954):  $ID = \log_2(2 \times D/A)$ .

### Procedimentos

O início da tarefa foi determinado pelo pressionamento da ponta da caneta na mesa digitalizadora sobre o primeiro alvo e terminado após o cursor percorrer toda a área delimitada pelo software até pressionar a ponta da caneta sobre o segundo alvo. Os participantes foram instruídos para realizarem a tarefa o mais rápido e preciso possível.

Foram utilizadas mudanças de direção nas porções de 66,6% da trajetória (condição A), 33,3% (condição B) e 0% (condição C, sem mudança de direção) do movimento. Ou seja, um movimento linear horizontal era realizado, até que esta proporção fosse percorrida, a partir daí, havia uma mudança de direção no movimento perpendicularmente para cima até o segundo alvo (figura1).

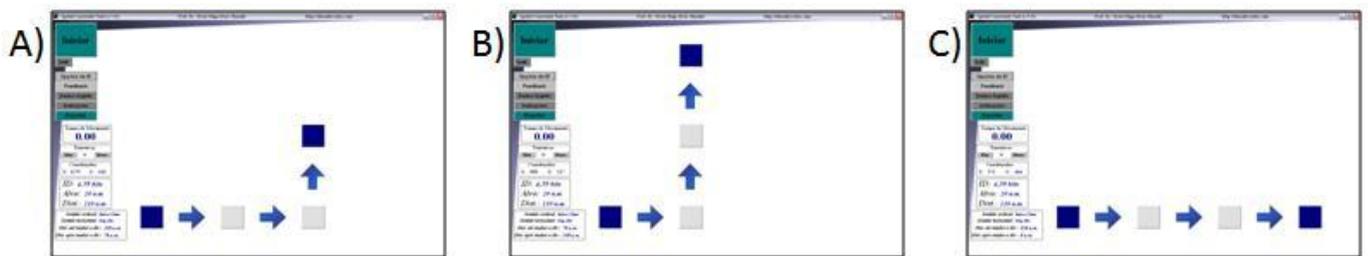


Figura1. Representação esquemática das condições experimentais com as mudanças na direção da trajetória: A (66%), B (33%) e C (0%).

A análise descritiva dos dados foi realizada por meio de médias e desvios padrões. A comparação entre as diferentes condições foi realizada por meio do teste de ANOVA com dois fatores, 3 (ID) x 3 (Direção), ambos com medidas repetidas. Para as comparações posteriores foi utilizado o teste de Tukey. A significância adotada foi de 5% ( $P < 0,05$ ).

## RESULTADOS

Os resultados demonstraram efeito para o fator Direção ( $F_{2,22}=93,13$ ;  $P < 0,01$ ), fator ID ( $F_{2,22}=15,71$ ;  $P < 0,01$ ) e para a interação entre Direção e ID ( $F_{4,44}=4,11$ ;  $P < 0,01$ ). O TM no ID 3,39 bits ( $M=2,09$  s;  $DP=1,27$ ) foi menor em comparação ao ID 4,39bits ( $M=2,61$  s;  $DP=1,23$ ) e ID 5,39 bits ( $M=3,72$ s;  $DP=1,48$ ) na condição A ( $P < 0,05$ ). O TM no ID 3,39 bits foi diferente entre as três condições ( $P < 0,05$ ), no qual houve menor TM na condição C ( $M=1,71$ s;  $DP=0,98$ ), seguido pelo maior TM na condição B ( $M=1,93$ s;  $DP=1,08$ ) e com ainda maior TM foi na condição A ( $M=2,09$ s;  $DP=1,27$ ). O TM com o ID 4,39 bits também demonstrou diferença entre as três condições ( $P < 0,05$ ), no qual, houve menor TM na condição C ( $M=2,43$ s;  $DP=1,32$ ), seguido pela condição B ( $M=2,59$  s;  $DP=1,23$ ) e com maior TM na condição A ( $M=2,61$ s;  $DP=1,23$ ). Também foi encontrada diferença no ID 5,39 bits entre todas as condições ( $P < 0,05$ ), nas quais, houve menor TM na condição C ( $M=2,89$ s;  $DP=1,14$ ), seguido pela condição B ( $M=3,57$ s;  $DP=1,36$ ) e com maior TM na condição A ( $M=3,72$ s;  $DP=1,48$ ).

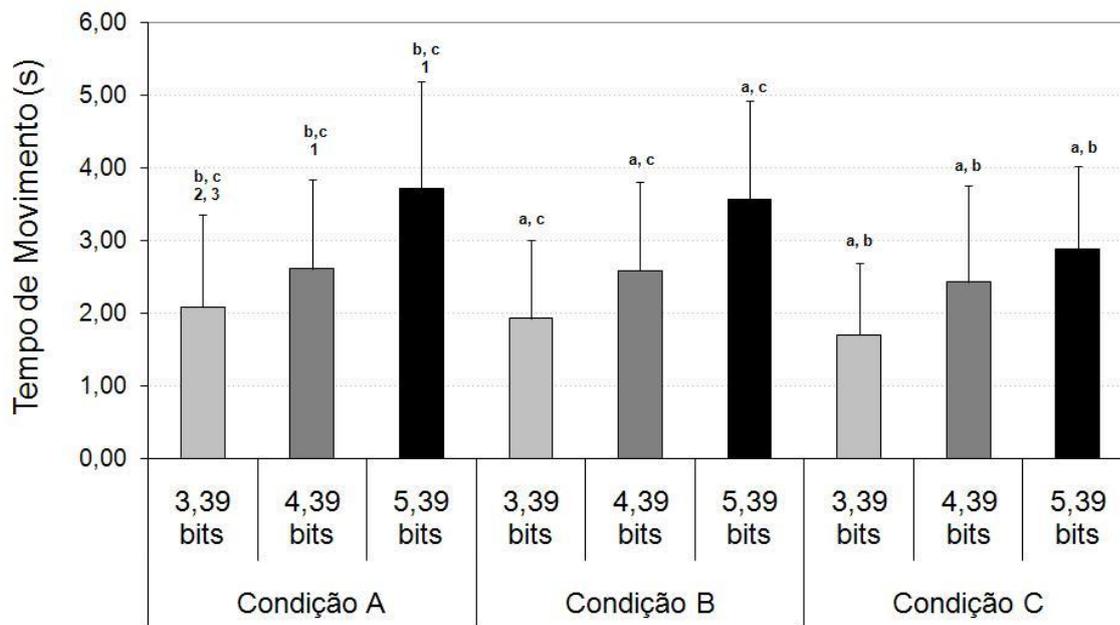


Figura 2. Tempo de movimento (TM) de cada condição de mudança de direção (A, B e C), em função do Índice de Dificuldade da tarefa (ID). *Legenda: diferença significativa ( $P < 0,05$ ) comparado o mesmo ID entre as condições: <sup>a</sup>Condição A, <sup>b</sup>Condição B e, <sup>c</sup>Condição C; e para comparação entre os diferentes IDs na mesma condição: <sup>1</sup>ID 3,39 bits, <sup>2</sup>ID 4,39 bits e <sup>3</sup>ID 5,39 bits.*

## DISCUSSÃO

O objetivo do presente estudo foi analisar a hipótese dos componentes independentes velocidade-precisão como uma possível alternativa para entender a regulação do controle de movimentos rápidos e precisos. Os resultados do presente estudo apontaram para maior restrição sobre o TM quando houve mudança de direção no movimento. Portanto, os componentes de velocidade e precisão não foram controlados independentemente. Esta ausência de suporte para a hipótese de componentes independentes foi explicada pela maior restrição proporcionada pelas condições com mudança de direção e pelo fato dos movimentos lineares do *software* serem resultado de ações angulares das articulações dos membros superiores.

As características particulares das condições A e B, com a geração de velocidade ocorrendo predominantemente em uma dimensão espacial (eixo x, horizontal) e a restrição da precisão em outra dimensão (eixo y, vertical) não foi suficiente para confirmar a hipótese da independência entre o componente de velocidade e o de precisão no controle do movimento (OKAZAKI, 2009). Portanto, a restrição que ocorreu sobre a velocidade seria referente apenas à dimensão espacial em que ela foi desempenhada (eixo x, que na condição A representou 66% da trajetória total da tarefa e na condição B representou 33%). Ao passo que, a restrição da precisão (eixo y) ocorreu em outra dimensão espacial perpendicular à dimensão em que a geração de velocidade foi realizada. Todavia, na condição C (velocidade e precisão no eixo x), semelhante às tarefas mais simples unidimensionais analisadas no paradigma da relação inversa entre velocidade-precisão (FITTS, 1954; OKAZAKI et al., 2008b; PEREIRA; OKAZAKI, 2008), foram verificados menores tempos de movimento em comparação as condições A e B com mudança de direção em todos os IDs. Portanto, a manipulação das dimensões espaciais das restrições (como na tarefa analisada no presente estudo), os componentes de velocidade e de precisão não foram regulados independentemente.

As condições A e B, com mudança de direção, apresentaram maiores tempos de movimento, isto pode ser explicado porque as mudanças na direção causaram restrições gerando duas fases de desaceleração, ou seja, uma fase de desaceleração na mudança de direção e outra fase de desaceleração no momento de contato (precisão), assim gerando um aumento no tempo de movimento. Na condição A com mudança de direção na porção de 66% da trajetória apresentou maiores tempo de movimento em todos os IDs em comparação às outras condições. A porção de 66% (eixo x) na condição A, em que houve maior geração de velocidade, não foi suficiente para compensar a fase de precisão na porção final de 33% (eixo y) que foi prejudicada por uma segunda fase de desaceleração e pela redução do controle via *feedback*. Desta forma, a maior fase de aceleração (eixo x) para o desenvolvimento da velocidade resultou em menor possibilidade de ajustes na fase de desaceleração (eixo y) do movimento na condição A.

## CONCLUSÃO

Foi verificado maior TM em função do acréscimo no ID, conforme a lei de Fitts (1954). Todavia, quando o componente linear de desenvolvimento da velocidade (eixo x) se encontrou em uma dimensão espacial diferente do controle da precisão (eixo y), as condições A e B com mudança de direção, demonstraram maior TM. Tais resultados não fornecem indicativos a favor da hipótese dos componentes independentes. Mais estudos foram sugeridos para testar a hipótese de componentes independentes em outras habilidades motoras.

**Palavras-chave:** alvos espaciais; velocidade-precisão; lei de Fitts.

## REFERÊNCIAS

- FITTS, P. The information capacity of the human motor system in controlling the amplitude of movement. **Journal of Experimental Psychology**, v.47, n.6, p.381-391, 1954.
- WOODWORTH, R.S. The accuracy of voluntary movement. **Psychological Review (Monograph Supplement)**, v.3, p.1-119, 1899.
- MEYER, D.E.; SMITH, J.E.K.; WRIGHT, C.E. Models for the Speed and Accuracy of Aimed Movements. **Psychological Review**, v.89, n.5, 1982.
- OKAZAKI, V.H.A. **Controle de movimentos rápidos e precisos direcionados a alvos espaciais**. Tese de Doutorado apresentada como requisito para obtenção do grau de Doutor em Biodinâmica do Movimento Humano – Universidade de São Paulo. Orientador: prof. Dr. Luis Augusto Teixeira, p. 181, 2009.
- OKAZAKI, V.H.A. **Software Spatial Constraint Task (v.1.0)**. Disponível em: <http://okazaki.webs.com>. Acessado em: 05/07/2011.
- PLAMONDON, R.; ALIM, A.M. Speed/Accuracy trade-offs in target-directed movements. **Behavioral and Brain Sciences**, v.20, p.279-349, 1997.
- SCHMIDT, R.A.; ZELAZNIK, H.; HAWKINS, B.; FRANK, J.S.; QUINN, J.T. Motor-output variability: a theory for the accuracy of rapid motor acts. **Psychological Review**, v.86, n.5, p.415-451, 1979.
- TEIXEIRA, L.A. Sobre a generalidade de estratégias de controle sensorio motor. **Revista Paulista de Educação Física**, v.3, p.89-96, 2000.

Endereço autor principal:

kelyn Rosinholi Mathias

End: Rodovia Celso Garcia CID/PR 445 KM 380, Num.: KM380

Bairro: Campus Universitário- Londrina-PR

Fone: (43) 3371-5857

[kelyn\\_ibipa@hotmail.com](mailto:kelyn_ibipa@hotmail.com)