

# Feixes de luz e os efeitos compatibilidade espacial e cruzamento

Luiz G Gawryszewski  
Fernanda Maciel Ferreira  
Germano Flavio Santos Martins  
Maria Luíza Rangel  
Rachel Silva-Machado  
Allan Pablo Lameira

*Universidade Federal Fluminense, UFF  
Niterói, RJ, Brasil*

Antonio Pereira Jr.

*Universidade Federal do Rio Grande do Norte, UFRN  
Natal, RN, Brasil*

## RESUMO

Em tarefas de compatibilidade espacial, o cruzamento das mãos aumenta os tempos de reação manual (TRM). Isto ocorre porque a posição das mãos deve ser processada antes da execução da resposta. Este trabalho empregou apontadores luminosos para investigar se a posição do local iluminado corresponde ao local da projeção da ação da mão. Comparando a localização dos estímulos, a posição das mãos e a projeção da ação das mãos (local iluminado) identificamos os efeitos compatibilidade e cruzamento pela comparação dos TRMs nas condições compatível (estímulo e local iluminado no mesmo lado) e incompatível (estímulo e local iluminado em lados opostos) e nas condições cruzada (feixe dirigido para o lado oposto) e não-cruzada (feixe dirigido para o mesmo lado). Os resultados mostram que estes efeitos dependem do local iluminado e não do local de ação imediata da mão (a tecla).

**Palavras-chave:** Compatibilidade espacial; efeito cruzamento; tempo de reação manual; facilitação; inibição.

## ABSTRACT

*Light beams for the study of compatibility and crossed-hand effects*

The crossing of hands increases Manual Reaction Time (MRT) in spatial compatibility tasks. This occurs because the position of the hands has to be first taken into account by the brain before response is executed. This study tested the influence of two parameters on MRT: the position of the effector hand and the location of its projected action, both properly dissociated with the aid of laser pointers. While hands were kept on their respective sides the laser beam was either directed towards the stimulus (compatible condition) or to the opposite side (incompatible condition). Besides, the laser beam could be either directed towards the effector (hand) side or across the midline towards the opposite hemifield (uncrossed and crossed conditions). Our results show both compatibility and crossed effects on MRTs, indicating that spatial interactions occur between the projected action and both the stimulus (compatibility effect) and response key (crossed effect) positions.

**Keywords:** Spatial compatibility; crossed-hand effect; manual reaction time; inhibition; facilitation.

## RESUMEN

*Estudio de los efectos de compatibilidad y cruzamiento usando haces luminosos*

En tareas de compatibilidad espacial, el cruzamiento de las manos aumenta el Tiempo de Reacción Manual. Esto ocurre porque la posición de las manos debe ser procesada antes que se ejecute la respuesta. Este trabajo utilizó punteros láser para investigar si la posición del área iluminada corresponde al sitio de proyección de la acción de la mano. Comparando la localización de los estímulos, la posición de las manos e la proyección de la acción de las manos (área iluminada) identificamos los efectos de compatibilidad y cruzamiento por la comparación de TRMs en las condiciones compatible (estímulo y área iluminada en el mismo lado) e incompatible (estímulo y área iluminada en lados opuestos) e condiciones de manos cruzadas (haz luminoso dirigido para el lado opuesto) e no cruzada (haz luminoso dirigido para el mismo lado).

**Palabras clave:** compatibilidad espacial; efecto cruzamiento; tiempo de reacción manual; inhibición; facilitación.

O uso de ferramentas, embora presente em outras espécies animais (Byrne, 1995, Darwin, 1871/1981), é uma característica conspícua dos seres humanos nas suas atividades cotidianas. Segundo alguns autores (Iriki, 2005, Luria, 1992, Vigotski, 1984), a fabricação e o emprego de ferramentas influenciou a evolução do cérebro e das mãos e foi um elemento importante no processo de hominização (ver revisão em Iriki, 2005, Lewin, 1993). A ferramenta pode ser considerada como uma extensão da mão (Maravita e Iriki, 2004), fazendo com que o local efetivo da ação esteja afastado da superfície cutânea, provocando mudanças na relação do sujeito com o espaço próximo. Com efeito, a representação do espaço no córtex do macaco Rhesus modifica-se pelo uso de instrumentos para alcançar alimentos localizados além da extensão das suas patas (ver revisão em Iriki, 2006).

Neste trabalho, empregamos feixes de luz gerados por apontadores luminosos (laser-pointers) como ferramentas para estudar a interação entre estímulo e resposta em testes de compatibilidade espacial (Anzola, Bertoloni, Buchtel e Rizzolatti, 1977, Umiltà e Nicoletti, 1985, 1990; Kornblum, Hasbroucq e Osman, 1990; Vu, Proctor e Pick, 2000; Vu e Proctor, 2001; Rubichi, Nicoletti, Pelosi e Umiltà, 2004, Gawryszewski et al., 2006). Segundo estes autores, as localizações são codificadas no cérebro e o código da posição do estímulo é comparado com o código da posição da tecla de resposta influenciando tanto a latência quanto a precisão da resposta do sujeito: latências e taxas de erros menores são geradas quando esses códigos são compatíveis e vice-versa.

Anzola e colaboradores (1977) mostraram que além da compatibilidade espacial entre estímulo e resposta outra relação espacial influencia o tempo de reação a estímulos visuais: a relação entre o lado da

tecla de resposta e o lado anatômico da mão que responde (efeito cruzamento). No trabalho destes autores, os estímulos ocorriam aleatoriamente à esquerda ou à direita do ponto de fixação e as respostas eram executadas pressionando-se as teclas à esquerda ou à direita da linha média do corpo com a mão esquerda ou direita. Existiam, por exemplo, as seguintes combinações para um estímulo ocorrendo à esquerda do ponto de fixação (Figura 1):

1. estímulo à esquerda e resposta com a tecla esquerda empregando o dedo indicador esquerdo (condição *compatível não-cruzada* – *Comp-NCR*). A condição é compatível porque o estímulo e a tecla de resposta estão no mesmo lado e não-cruzada porque a mão esquerda responde com a tecla esquerda;
2. estímulo à esquerda e resposta com a tecla direita empregando o dedo indicador direito (condição *incompatível não-cruzada* – *Inc-NCR*). A condição é incompatível porque o estímulo e a tecla de resposta estão em lados opostos e não-cruzada porque a mão direita responde com a tecla direita;
3. estímulo à esquerda e resposta com a tecla esquerda empregando o dedo indicador direito (condição *compatível cruzada* – *Comp-CR*). A condição é compatível porque o estímulo e a tecla de resposta estão no mesmo lado e cruzada porque a mão direita responde com a tecla esquerda;
4. estímulo à esquerda e resposta com a tecla direita empregando o dedo indicador esquerdo (condição *incompatível cruzada* – *Inc-CR*). A condição é incompatível porque o estímulo e a tecla de resposta estão em lados opostos e cruzada porque a mão esquerda responde com a tecla direita.

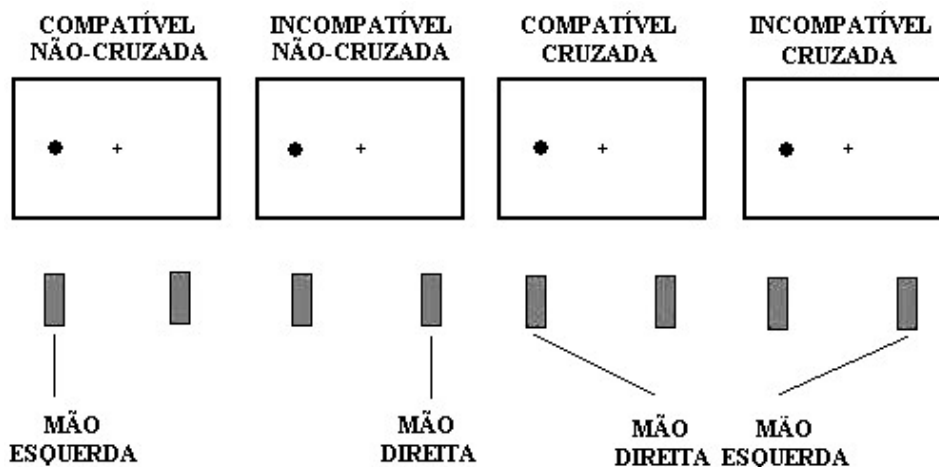


Figura 1 – Esquema representando as quatro condições do experimento quando o estímulo ocorre à esquerda: Compatível não-cruzada, Incompatível não-cruzada, Compatível cruzada e Incompatível cruzada. Cada condição era testada em um bloco de testes e as mesmas condições existiam para um estímulo ocorrendo à direita.

Os resultados obtidos por Anzola e colaboradores (1977) mostraram que os Tempos de Reação Manual (TRMs) nas condições incompatíveis são maiores do que nas condições compatíveis (efeito *compatibilidade*) e que os TRMs nas condições cruzadas são maiores do que nas condições não-cruzadas (efeito *cruzamento*). Os dois efeitos são aditivos e, no experimento em questão, o efeito compatibilidade no TRM foi de 37ms e o efeito cruzamento de 26 ms. Tais efeitos foram estudados por Matsumoto, Misaki e Miyauchi (2004) empregando técnicas de Ressonância Magnética Nuclear funcional para mapear as ativações das áreas cerebrais durante a realização de testes que variaram em relação à compatibilidade e ao cruzamento. Seus resultados sugeriram que a atividade nas regiões fronto-parietais estão relacionadas a 2 funções: a relação espacial entre as posições do estímulo e da resposta (efeito compatibilidade) e a relação entre o local da resposta e a parte do corpo que responde (efeito cruzamento), sendo que não existe sobreposição completa entre as áreas ativadas nas duas tarefas.

Tendo em vista o uso generalizado de ferramentas pelos seres humanos, o que possibilita uma dissociação entre o local de ação da mão e o lado anatômico da mão, Riggio, Gawryszewski e Umiltá (1986) realizaram dois experimentos nos quais cada mão era mantida no seu hemi-espaço, mas a ação da mão podia ser dirigida para o mesmo hemi-espaço ou para o hemi-espaço oposto. Isto permitiu verificar se os resultados obtidos por Anzola e colaboradores (1977) foram devidos ao cruzamento das mãos (mãos em lados opostos aos anatômicos) por si só ou ao fato das mãos agirem no lado oposto ao seus lados anatômicos. No primeiro experimento, os sujeitos eram testados nas 4 condições descritas acima, mas em vez de cruzarem (ou não) as mãos, cruzavam (ou não) os dedos indicadores, os quais pressionavam as teclas “V” ou “N” do teclado de um microcomputador. No

segundo experimento, os sujeitos eram testados nas 4 condições descritas acima, mas em vez de cruzarem (ou não) as mãos, cruzavam (ou não) pequenos bastões que pressionavam as teclas “V” ou “N” do teclado de um microcomputador.

Os resultados mostraram que o cruzamento dos dedos ou dos bastões provocava o mesmo efeito que o cruzamento das mãos (Anzola et al., 1997), indicando que o efeito *cruzamento* ocorre quando a mão (esquerda ou direita) age sobre uma tecla localizada no hemi-espaço contralateral à localização anatômica da mão, e não porque a mão está *localizada* no hemi-espaço oposto.

## OBJETIVO

O objetivo deste trabalho foi verificar se um feixe de luz pode ser considerado como uma “extensão da mão” que se projeta para uma posição do espaço, gerando os efeitos de compatibilidade espacial e cruzamento. Para testar esta hipótese, mantivemos as mãos em posições constantes e consideramos o local iluminado pelo feixe como o local da ação da mão. Assim, empregamos a relação espacial entre as posições do estímulo e do local iluminado para calcular o efeito de compatibilidade e a relação entre as posições do local iluminado e da tecla para calcular o efeito cruzamento. Mais especificamente, na condição compatível, o voluntário devia iluminar o estímulo, e na condição incompatível, iluminar o lado oposto ao do estímulo (Figura 2). Na condição não-cruzada, o voluntário iluminava o mesmo lado da tecla e na condição cruzada iluminava o lado oposto ao da tecla (Figura 2). Assim, existiam quatro condições (duas compatíveis e duas incompatíveis). É importante observar que as mãos permaneciam sempre no seu lado anatômico, tal como no experimento de Riggio et al. (1986).

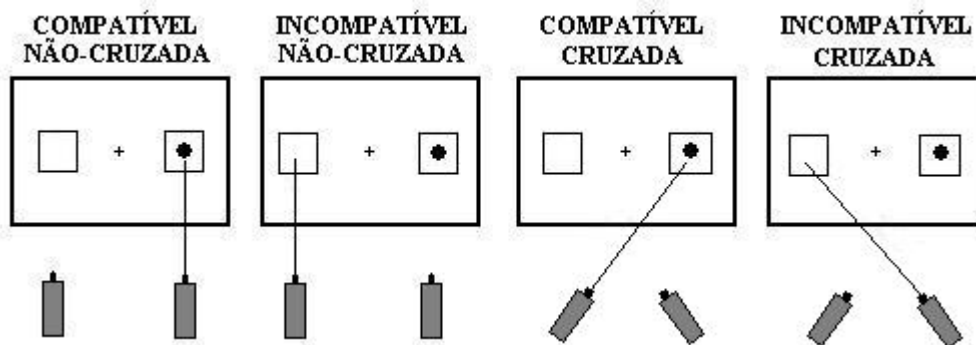


Figura 2 – Esquema representando as quatro condições: Compatível não – cruzada, Incompatível não-cruzada, Compatível cruzada e Incompatível cruzada. Cada condição era testada em um bloco de testes e as mesmas condições existiam para um estímulo ocorrendo à esquerda.

Neste trabalho, o atributo do estímulo usado para a seleção da resposta é a sua posição espacial. Em outros estudos sobre os efeitos da correspondência estímulo-resposta (tarefa de Simon), a posição do estímulo é irrelevante para a seleção da resposta, a qual é determinada por uma característica física do estímulo tal como a cor ou a forma. Apesar disso, a posição do estímulo não pode ser ignorada e influencia a seleção da resposta (Tsal e Lavie, 1993). Isto gerou a hipótese de que um estímulo ativaria duas vias de processamento, uma automática, relacionada à posição do estímulo e outra voluntária, relacionada à característica relevante para a seleção da resposta. (Hommel, 1993; De Jong, Liang e Lauber, 1994). Quando o estímulo relevante ocorre no mesmo lado da tecla, a resposta é facilitada. Quando as posições do estímulo e da resposta estão em lados opostos, a resposta automática deve ser inibida antes da execução da resposta correta. Além disso, estes autores investigaram a dinâmica temporal do efeito da correspondência (ou não) entre o estímulo e a resposta na tarefa de Simon através da análise distribucional (Ratcliff, 1979; Ridderinkhof, 2002).

No presente estudo, empregamos essa ferramenta analítica para avaliar as características temporais da correspondência espacial estímulo-resposta numa tarefa onde a localização do estímulo é o atributo relevante para a seleção da resposta.

## MÉTODO

### Participantes

Participaram do experimento oito voluntários (3 homens e 5 mulheres com idade média de 20,6 anos). Todos apresentavam acuidade visual normal (ou corrigida com lentes de contato) e eram destros segundo o inventário de Oldfield (1971).

### Equipamentos e estímulos

Os testes foram realizados em uma sala com atenuação sonora e luminosidade controlada. Um microcomputador IBM PC 486 apresentava os estímulos num monitor de 20 polegadas e media os tempos de reação. Os/as voluntários/as apoiavam a cabeça em um apoiador de frente e mento de modo a existir uma distância aproximada de 57 cm entre os olhos e a tela do monitor e eram orientados a fixar o olhar em um ponto central (ponto de fixação – PF) durante todo o teste. Além disso, deviam responder a estímulos periféricos que surgiam 9° à direita ou à esquerda do PF, projetando um feixe de luz sobre o mesmo ou sobre o lado oposto (Figura 2). Este feixe era gerado ao se pressionar a tecla de apontadores luminosos (*laser-pointers*) posicionados nas mãos direita e

esquerda. A detecção da resposta era realizada no momento em que o/a voluntário/a pressionava a tecla de um dos apontadores. O feixe devia incidir na região do estímulo ou na região oposta ao mesmo. A fixação do voluntário era registrada através de um sistema que utiliza emissor e detectores de raios infra-vermelhos (Eye Track System – Modelo 210-Applied Science Laboratories).

### Procedimento

Foi realizada uma única sessão composta por quatro blocos, com setenta testes cada. Precedendo os blocos era realizado um pequeno treino para a familiarização com as condições. O/a voluntário/a, em cada bloco, era testado/a em uma das seguintes condições: a) Compatível não cruzada, b) Incompatível não cruzada, c) Compatível cruzada e d) Incompatível cruzada (Figura 2). Uma condição era dita não cruzada se o feixe luminoso incidisse no mesmo lado em que foi emitido, por exemplo: mão direita iluminando o lado direito. As condições cruzadas eram aquelas em que o feixe luminoso incidia no lado oposto ao que foi emitido, ex: mão direita iluminando o lado esquerdo. A posição das mãos era mantida sempre constante e a ordem dos blocos contrabalanceada para compensar efeitos de treinamento e de fadiga.

## ANÁLISES

### Medida de tendência central

As médias dos Tempos de Reação Manual (TRM) para cada uma das condições descritas acima foram calculadas e submetidas a uma Análise de Variância (ANOVA) com os fatores *Compatibilidade* e *Cruzamento*. Quando necessário, realizamos comparações post-hoc utilizando o método Newman-Keuls. O nível de significância foi estabelecido em  $\alpha < 0,05$ . Os valores dos TRMs serão expressos como MÉDIA  $\pm$  EPM.

### Análise distribucional

#### *Vincentização*

Utilizamos o procedimento da *vincentização* (Ratcliff, 1979) para observar a dinâmica temporal do efeito compatibilidade espacial e do efeito cruzamento. Os valores médios do TRM das respostas corretas nas condições compatíveis (não-cruzada e cruzada) e incompatíveis (não-cruzada e cruzada) foram organizados separadamente em ordem crescente para cada sujeito. A seguir, estas distribuições foram divididas em 5 quintilhos proporcionais de modo que cada intervalo continha a mesma proporção (um

quinto) de testes para as quatro condições (Comp-NC, Comp-Cr, Inc-NC e Inc-Cr) separadamente. As médias dos TRM em cada quintilho foram empregadas em uma segunda ANOVA com os fatores Compatibilidade, Cruzamento e Quintilho.

## RESULTADOS

### Porcentagem de erros

A porcentagem de erros foi de 1,6% (0,4 a 2,9%) do total dos testes e a ANOVA não mostrou efeito significativo ( $p > 0,05$ ) dos fatores Compatibilidade e Cruzamento nem tampouco da interação dos mesmos sobre a porcentagem de erros.

### Medida de tendência central

Tanto o fator Compatibilidade quanto o Cruzamento influenciaram significativamente os TRM (Figura 3). As respostas na condição incompatível ( $390\text{ms} \pm 14,2$ ) tinham latência maior ( $F_{1,7} = 33,75$ ;  $p < 0,001$ ) do que as respostas na condição compatível ( $348\text{ms} \pm 13,7$ ), gerando um efeito compatibilidade de 42 ms

Quando o voluntário iluminava o lado oposto ao da tecla, o TRM ( $396\text{ms} \pm 15,2$ ) era maior ( $F_{1,7} = 36,19$ ;  $p < 0,001$ ) do que quando o lado iluminado era o mesmo da tecla/mão ( $342\text{ms} \pm 11,0$ ), ocorrendo um efeito cruzamento de 54ms.

Não existiu interação significativa ( $F_{1,7} = 0,64519$ ;  $p = 0,4482$ ) entre estes dois efeitos, ilustrados na Figura 3. Isto mostra que os dois efeitos são aditivos, sugerindo que eles são gerados por mecanismos neurais diversos.

### Análise distribucional

A análise distribucional mostrou que os fatores Compatibilidade ( $F_{1,7} = 34,04$ ;  $p < 0,001$ ), Cruzamento ( $F_{1,7} = 36,20$ ;  $p < 0,001$ ) e Quintilho ( $F_{4,28} = 104,03$ ;  $p < 0,001$ ) tiveram influência significativa sobre o TRM. O TRM na condição compatível ( $348\text{ms} \pm 13,7$ ) foi 42 ms mais rápido que na condição incompatível ( $390\text{ms} \pm 14,2$ ). O TRM na condição não-cruzada ( $342\text{ms} \pm 11,0$ ) eram 54 ms mais rápido do que na condição cruzada ( $396\text{ms} \pm 15,2$ ).

Foram significativas as interações entre Compatibilidade e Quintilho ( $F_{4,28} = 2,96$ ;  $p = 0,036$ ) e entre Cruzamento e Quintilho ( $F_{4,28} = 15,51$ ;  $p < 0,001$ ). Em relação à interação Compatibilidade e Quintilho, a análise post-hoc mostrou que existe diferença entre os TRMs compatíveis e incompatíveis em todos os quintilhos (Figura 4, Tabela 1).

Em relação à interação Compatibilidade e Quintilho, a análise post-hoc mostrou que os TRM não-cruzados diferiram dos cruzados em todos os quintilhos (Figura 5 e Tabela 2).

### Variação dos efeitos compatibilidade e cruzamento em função do quintilho

As diferenças entre os TRM nas condições incompatível e compatível para cada quintilho foram empregadas em uma ANOVA com os fatores: amplitude do efeito compatibilidade e quintilho. Foi encontrado um efeito significativo ( $F_{4,28} = 2,96$ ;  $p < 0,0369$ ) e a análise post-hoc mostrou que a amplitude do efeito compatibilidade no primeiro quintilho (30ms) é menor ( $p < 0,05$ ) do que no quinto quintilho (56ms). Isto mostra um aumento da amplitude do efeito compatibilidade quando os TRM são maiores.

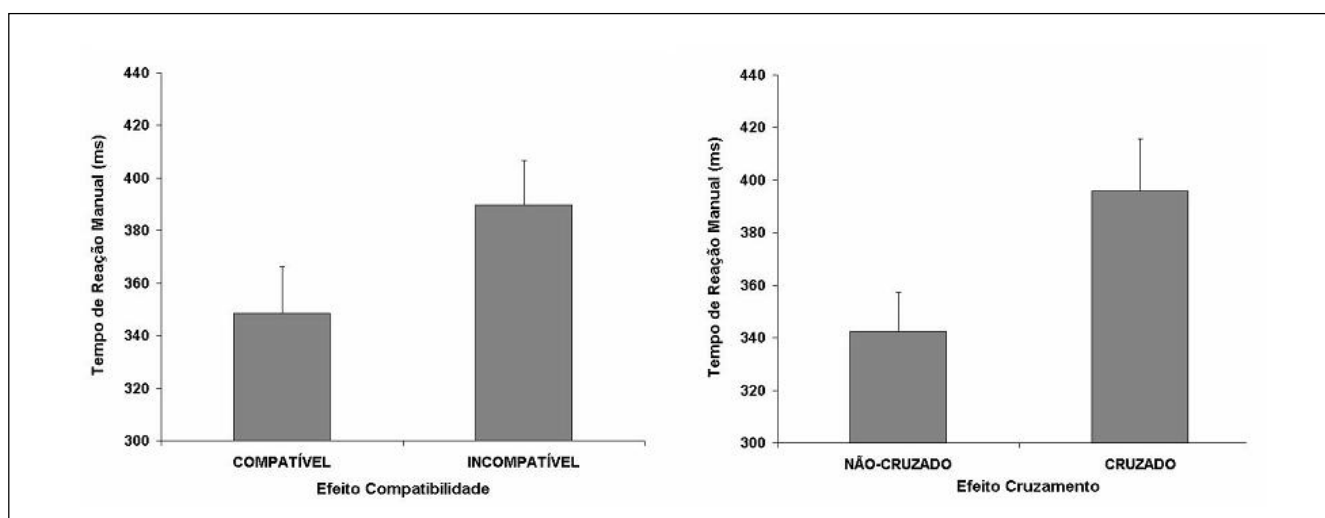


Figura 3 – Influência dos efeitos Compatibilidade (ilustrado à esquerda) e Cruzamento sobre os TRM.

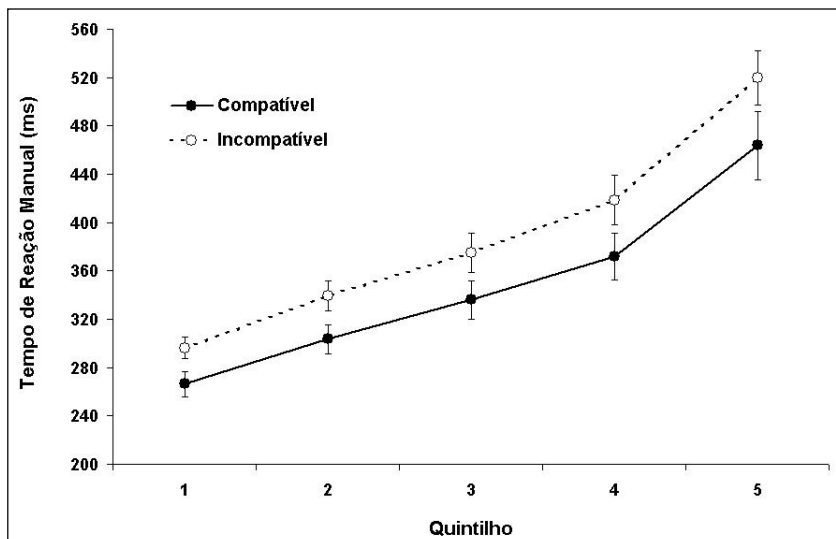


Figura 4 – Variação dos TRMs nas condições compatíveis e incompatíveis para cada quintilho.

TABELA 1

Média e EPM dos TRM (em ms) em cada quintilho para as condições compatíveis e incompatíveis e a diferença entre elas.

	<i>Quartilho 1</i>	<i>Quartilho 2</i>	<i>Quartilho 3</i>	<i>Quartilho 4</i>	<i>Quartilho 5</i>
Compatível	266±10,4	303±12,2	336±15,9	372±19,4	464±28,4
Incompatível	296±9,0	339±12,4	375±16,4	419±20,6	519±22,5
Diferença	30	36	39	47	55

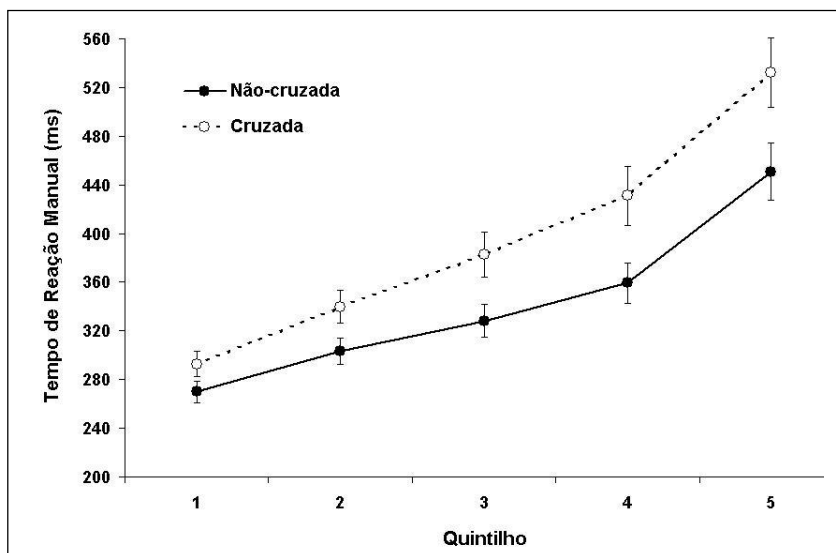


Figura 5 – Variação dos TRMs nas condições não-cruzadas e cruzadas para cada quintilho.

TABELA 2

Média e EPM dos TRM (em ms) em cada quintilho para as condições não-cruzadas e cruzadas e a diferença entre elas.

	<i>Quartilho 1</i>	<i>Quartilho 2</i>	<i>Quartilho 3</i>	<i>Quartilho 4</i>	<i>Quartilho 5</i>
Não-cruzado	270±9,2	303±10,9	328±13,4	359±16,3	451±23,4
Cruzado	293±10,5	340±13,4	383±18,5	431±24,0	532±28,3
Diferença	23	37	54	72	81

As diferenças entre os TRM nas condições não-cruzada e cruzada para cada quintilho foram empregadas em uma ANOVA com os fatores: efeito cruzamento e quintilho. Também foi encontrado um efeito significativo ( $F_{4,28} = 15.52$ ;  $p < 0.0000$ ) e a análise *post-hoc* mostrou que a amplitude do efeito cruzamento no primeiro quintilho (23ms) é menor ( $p < 0,05$ ) do que o efeito no terceiro (54ms), quarto (72 ms) e quinto (81ms) quintilhos. O efeito cruzamento no segundo quintilho (37ms) é menor do que o efeito no terceiro, quarto e quinto quintilhos. O efeito cruzamento no terceiro quintilho (54ms) é menor do que o efeito no quinto quintilho. As outras comparações não resultaram em efeito significativo. Isto mostra que a amplitude do efeito cruzamento cresce quando os TRM aumentam.

Estes resultados são diferentes dos obtidos em estudos anteriores sobre o efeito Simon, nos quais a diferença entre o TRM na condição correspondente e não correspondente tende a diminuir com os quintilhos crescentes (De Jong et al., 1994).

## DISCUSSÃO

Os efeitos compatibilidade espacial e cruzamento têm sido estudados com o objetivo de se compreender os efeitos da correspondência ou não entre o local do estímulo, local de resposta e posição do órgão efector. O efeito de compatibilidade espacial ocorre pela formação e comparação de dois códigos espaciais: do estímulo e das posições da resposta (Wallace, 1971). Quando esses códigos espaciais do estímulo e da resposta não coincidem, os TRM são mais lentos do que quando os códigos coincidem. Existem duas variantes dessa hipótese: a hipótese da translação (Umiltà e Nicoletti, 1990; 1992) e a hipótese da ativação automática (Kornblum et al., 1990).

A hipótese da translação de Umiltà e Nicoletti (1992) propõe que a posição do estímulo é transformada num código espacial (geralmente direito ou esquerdo). Na condição compatível, esse código pode ser usado imediatamente para acionar a resposta correta, enquanto que na condição incompatível, esse código deve ser primeiro transformado em um código inverso para se iniciar a resposta correta. Assim, na condição incompatível, um passo adicional de processamento neural é necessário, gerando o efeito de compatibilidade espacial.

A hipótese da ativação automática de Kornblum e colaboradores (1990) propõe que a formação do código espacial do estímulo é seguida por dois processos independentes: processo de ativação e processo de confirmação. O processo de ativação é automático e aciona a resposta compatível caso não seja inibida pelo

processo de confirmação. Essa inibição acontece na condição incompatível. Então, o efeito de compatibilidade espacial é devido à diferença entre facilitação e inibição de uma resposta ativada automaticamente. Entretanto, é importante ressaltar que o efeito de compatibilidade depende da relação espacial entre resposta e estímulo e não da posição da mão (Riggio et al, 1986).

Em relação ao efeito cruzamento, foi proposto inicialmente que o aumento dos tempos de reação na condição cruzada era devido a um conflito entre os códigos da posição relativa da mão e de seu lado anatômico (Anzola et al. 1977). Todavia, os resultados de Riggio et al. (1986) mostraram que o conflito, na verdade, ocorria entre os códigos do local de ação da mão e de seu lado anatômico.

No presente estudo, apontadores luminosos foram utilizados como ferramentas para indicar um local de ação. Estes apontadores permitiram uma clara distinção entre a posição da mão, o local da ação imediata da mão (a tecla) e o local para onde se projeta a ação da mão (local iluminado).

Ou seja, os resultados deste trabalho mostram que a mão na sua posição anatômica agindo sobre uma tecla localizada no mesmo lado pode produzir efeito cruzamento através da projeção de um feixe de luz no hemisfério contralateral. Isto demonstra que não é somente a relação entre a posição do estímulo e a posição da tecla de resposta que gera tempos de reação mais curtos ou mais longos. O local da ação em relação à posição da tecla, ou seja, o direcionamento dos feixes luminosos, também influencia na execução da tarefa.

Estudos anteriores (Hommel, 1993; De Jong et al., 1994) investigaram a dinâmica temporal da correspondência espacial entre o estímulo e a resposta em tarefas onde a localização do estímulo era um atributo irrelevante para selecionar a resposta correta (tarefa de Simon). O efeito Simon é reduzido ou eliminado quando o TRM aumenta (Hommel, 1993; Wascher, 2005; Wascher, Verleger, Jaskowski e Wauschkuhn, 1996; Wiegand e Wascher, 2005). Este resultado pode ser explicado pelo modelo das Duas Rotas proposto por De Jong e colaboradores (1994) que afirma que as características do estímulo influenciam a performance de duas formas independentes. Primeiro, o estímulo pode acionar uma resposta automática ipsilateral através de uma rota automática e incondicional. Essa ativação é transiente e desaparece com o passar do tempo (De Jong et al., 1994). Segundo, existe uma rota condicional, baseada nas instruções da tarefa. Essa rota atribui um código espacial de resposta à característica relevante do estímulo (cor ou forma) através de um processo de translação. Como a ativação

automática é fásica, seu efeito é máximo nos TRM curtos provocando uma diferença maior entre as condições não correspondente e correspondente (efeito Simon). Com TRM mais longos, o efeito da ativação automática diminui ou desaparece e a resposta baseia-se na rota condicional levando a uma redução do efeito Simon.

No presente estudo, empregamos a mesma ferramenta analítica, a análise distribucional (Ridderinkhof, 2002), para avaliar as características temporais da correspondência espacial estímulo-resposta numa tarefa onde a localização do estímulo é o atributo relevante para a seleção da resposta. Esse procedimento foi introduzido por Ratcliff em 1979 e empregado subsequentemente por De Jong e colaboradores (1994), para o estudo do efeito Simon.

Nossos resultados mostraram que os efeitos compatibilidade e cruzamento aumentam com os TRM mais longos. Por outro lado, os estudos empregando a tarefa de Simon mostraram que a amplitude do efeito Simon tende a diminuir com os TRM mais longos. É importante ressaltar que nos testes de compatibilidade espacial, a posição do estímulo é o parâmetro relevante para a seleção da resposta enquanto que na tarefa de Simon o mesmo é irrelevante e uma característica não-espacial (cor ou forma) determinava a resposta. O aumento dos efeitos compatibilidade e cruzamento nos TRM mais longos é mais evidente no efeito cruzamento que no efeito compatibilidade. Isto mostra que respostas mais lentas provocam uma maior interferência do código da posição anatômica da mão sobre o código do local da intenção da ação (Matsumoto et al., 2004).

Concluindo, o emprego de apontadores luminosos permitiu demonstrar o efeito cruzamento observado previamente com o cruzamento das mãos, dos dedos ou de bastões (Anzola et al., 1977, Riggio et al., 1986) através de um sistema que dissocia claramente a posição da mão e o efeito da sua ação. Deste modo, é a projeção da ação para uma posição do espaço e não a posição da mão que é codificada pelos circuitos neurais envolvidos com a compatibilidade espacial. Além disso, a análise distribucional mostrou que o efeito cruzamento, ao contrário do efeito Simon, aumenta com TRM mais longos. Isto indica que uma variável irrelevante da resposta (relação lado da mão-lado da ação) gera uma inibição maior à medida que o componente voluntário da resposta se torna mais predominante.

## REFERÊNCIAS

- Anzola, G.P., Bertoloni, G., Buchtel, H.A., & Rizzolatti, G. (1977). Spatial compatibility and anatomical factors in simple and choice reaction time. *Neuropsychologia*, 15, 295-302.
- Byrne, R.W. (1995). *The Thinking Ape: The evolutionary origins of intelligence*, (1ª ed.). New York: Oxford University Press.
- Darwin, C. (1871/1981). *The descent of man and selection in relation to sex*, (reimpressão da edição de 1871, J. Murray, Londres). Princeton: Princeton University Press.
- De Jong, R., Liang, C.C., & Lauber, E. (1994). Conditional and un-conditional automaticity: A dual-process model of effects of spatial stimulus-response correspondence. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, 20, 731-750.
- Gawryszewski, L.G., Lameira, A.P., Ferreira, F.M., Guimarães-Silva, S., Conde, E., Pereira, A. (2006). A compatibilidade estímulo-resposta como modelo para o estudo do comportamento motor. *Psicologia USP*, 17, 103-121.
- Hommel, B. (1993). The relationship between stimulus processing and response selection in the Simon task: Evidence for a temporal overlap. *Psychological Research*, 55, 280-290.
- Iriki, A. (2005). A prototype of Homo faber: a silent precursor of human intelligence in the tool-using monkey brain. In S. Dehaene, J-R. Duhamel, M.D. Hauser, G. Rizzolatti. *From monkey brain to human brain* (pp. 253-271). Cambridge: MIT Press.
- Iriki, A. (2006). The neural origins and implications of imitation, mirror neurons and tool use. *Current Opinion in Neurobiology*, 16, 6, 660-667.
- Kornblum, S., Hasbroucq, T., & Osman, A. (1990). Dimensional Overlap: Cognitive basis for stimulus-response compatibility – A model and taxonomy. *Psychological reviews*, 97, 253-270.
- Lewin, R. (1993). *The origin of modern humans*, (1ª ed.). New York: Scientific American Library.
- Luria, A.R. (1992). *A construção da mente*, (1ª ed.). São Paulo: Ícone.
- Maravita, A., & Iriki, A. (2004). Tools for the body (schema). *Trends in Cognitive Sciences*, 8, 79-86.
- Matsumoto, E., Misaki, M., & Miyauchi S. (2004). Neural mechanisms of spatial stimulus-response compatibility: the effect of crossed-hand position. *Experimental Brain Research*, 158, 9-17.
- Oldfield, R.C. (1971). The assessment and analysis of handedness: the Edinburgh inventory. *Neuropsychologia*, 9, 97-113.
- Ratcliff, R. (1979). Group reaction time distributions and an analysis of distribution statistics. *Psychological Bulletin*, 86, 446-461.
- Ridderinkhof, K. R. (2002). Activation and suppression in conflict tasks: Empirical clarification through distributional analyses. In W. Prinz & B. Hommel. *Common mechanisms in perception and action. Attention and performance*, (pp. 494-519). Oxford: Oxford University Press.
- Riggio, L., Gawryszewski, L.G., & Umiltà, C. (1986). What is crossed in crossed hands effects? *Acta Psychologica*, 62, 89-100.
- Rubichi, S., Nicoletti, R., Pelosi, A., & Umiltà, C. (2004). Right-left prevalence effect with horizontal and vertical effectors. *Perception & Psychophysics*, 66, 255-263.
- Tsal, Y., & Lavie, N. (1993). Location Dominance in Attending to Color and Shape. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 19, 131-139.
- Umiltà, C., & Nicoletti, R. (1985). Attention and coding effects in S-R compatibility due to irrelevant spatial cues. In M.I. Posner & O.S.M. Marin. *Attention and Performance XI* (pp. 457-471). Hillsdale: L. Erlbaum Associates.



- Umiltà, C., Nicoletti, R. (1990). Spatial stimulus-response compatibility. In R.W. Proctor, & T.G. Reeve. *Stimulus response compatibility: An integrated perspective* (pp. 89-116). Amsterdam: North-Holland.
- Umiltà, C., & Nicoletti, R. (1992). An integrated model of the Simon effect. In J. Alegria, D. Holender, J. Junca de Moraes, & M. Radeau. *Analytic approaches to human cognition* (pp. 331-350). Amsterdam: North-Holland.
- Vu, K.L., & Proctor, R. (2001). Determinants of right-left and top-bottom prevalence for two-dimensional spatial compatibility. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 27, 813-828.
- Vu, K.L., Proctor, R., & Pick, D.F. (2000). Vertical versus horizontal spatial compatibility: Right-left prevalence with bimanual responses. *Psychological Research*, 64, 25-40.
- Vigotsky, L.S. (1984). *Formação social da mente*, (1ª ed.). São Paulo: Martins Fontes.
- Wallace, R.J. (1971). S-R compatibility and the idea of a response code. *Journal of Experimental Psychology*, 88, 354-360.
- Wascher, E. (2005). The timing of stimulus localisation and the Simon effect: an ERP study. *Experimental Brain Research*, 163, 430-439.
- Wascher, E., Verleger, R., Jaskowski, P., & Wauschkuhn, B. (1996). Preparation for action: an ERP study about two tasks provoking variability in response speed. *Psychophysiology*, 33, 262-272.
- Wiegand, K., & Wascher, E. (2005). Dynamic aspects of stimulus-response correspondence: evidence for two mechanisms involved in the Simon effect. *Journal Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 31, 453-464.

Agências de financiamento: CNPq, CAPES, FAPERJ, PROPP-UFF, PIBIC-UFF/CNPq.

Recebido em: 17/07/2008. Aceito em: 08/09/2008.

#### **Autores:**

Luiz G Gawryszewski – Médico. Professor Associado do Departamento de Neurobiologia, Universidade Federal Fluminense.

Fernanda Maciel Ferreira – Fisioterapeuta. Departamento de Neurobiologia, Universidade Federal Fluminense.

Germano Flavio Santos Martins – Psicólogo. Departamento de Neurobiologia, Universidade Federal Fluminense.

Maria Luíza Rangel – Fisioterapeuta. Departamento de Neurobiologia, Universidade Federal Fluminense.

Rachel Silva-Machado – Estudante de Psicologia. Departamento de Neurobiologia, Universidade Federal Fluminense.

Antonio Pereira Jr. – Professor do Departamento de Neurociências da Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

Allan Pablo Lameira – Fisioterapeuta. Departamento de Neurobiologia, Universidade Federal Fluminense.

#### **Endereço para correspondência:**

LUIZ G GAWRYSZEWSKI  
Departamento de Neurobiologia, UFF  
Caixa postal 100.180  
CEP 24001-970, Niterói, RJ, Brasil  
Tel.: (21) 2629-2271  
E-mail: gawryszewski\_lg@yahoo.com.br