

GISELE BRAGA PINHEIRO

**CONTRIBUIÇÃO SENSORIAL NA FACILITAÇÃO
DO ESTÍMULO PRECEDENTE**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fisiologia e Biofísica do Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade de São Paulo, para obtenção do Título de Doutor em Ciências.

Área de Concentração: Fisiologia Humana.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Eduardo Ribeiro do Valle.

São Paulo
2010
RESUMO

PINHEIRO, G. B. Contribuição sensorial na facilitação do estímulo precedente. 2010. 70 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Instituto de Ciências Biomédicas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

A ocorrência de um estímulo auditivo imediatamente antes de um estímulo alvo visual reduz o tempo de reação em dezenas de milissegundos, um efeito atribuído a atenção temporal automática. O presente estudo investigou se este efeito é resultante de uma facilitação de mecanismos sensoriais. Dois experimentos foram realizados. No primeiro, foi realizada uma tarefa de tempo de reação simples por meio da resposta a estímulos alvos visuais com variações em sua detectabilidade. Esperava-se que o tamanho do efeito facilitador pudesse aumentar com o aumento da dificuldade de detecção do alvo. No segundo experimento foi realizada uma tarefa de acurácia. Os dados foram analisados pela teoria de detecção de sinal. Esperava-se que o estímulo precedente possibilitasse o aumento da detectabilidade do alvo e redução do critério de resposta. No primeiro experimento, não houve influência do estímulo precedente no aumento da detectabilidade do alvo. Os resultados do segundo experimento indicaram haver influência do estímulo precedente no aumento da detectabilidade do alvo e redução do critério pra a resposta. Esses resultados reforçam a teoria de que a atenção temporal automática facilita o processamento sensorial.

Palavras-chave: Atenção temporal. Tempo de reação. Acurácia. Detecção. Estímulo precedente.

ABSTRACT

PINHEIRO, G. B. **Facilitation by automatic temporal expectation**. 2010. 70 f. Ph. D. Thesis (Physiology and Biophysics) - Instituto de Ciências Biomédicas, Universidade de São Paulo, São Paulo 2010.

The occurrence of an auditory stimulus immediately before a visual target stimulus shortens reaction time by tens of milliseconds, an effect attributed to automatic temporal expectation. The present study investigated whether this effect results from a facilitation of sensory mechanisms. Two experiments were performed. In the first one the volunteers performed a simple reaction time task. They responded to visual targets which differ in detectability. It was expected that the size of the facilitatory effect would increase with the difficulty of target detection. In the second experiment the volunteers performed an accuracy task. Its data were analyzed on basis of signal detection theory. It was expected that the warning stimulus would increase the detectability of the target and lower the criterion to respond. The results of the first experiment did not indicate any influence of target detectability. The results of the second experiment indicate that both the detectability of the target and the criterion to respond were affected by the warning stimulus. These results provide support to the idea that automatic temporal expectancy facilitates sensory processing.

Key-words: Automatic temporal expectation. Temporal attention. Reaction time. Accuracy. Detection. Warning stimulus,.

1 INTRODUÇÃO

Final de um *grand slam* de uma partida de tênis. Cada ponto é fundamental. Os adversários estão com a atenção focada um no outro. Saques e rebatidas são a essência para o resultado positivo e, portanto, servem como referências espaciais e temporais. Ao fazer uma descrição da tarefa desempenhada em uma partida de tênis, pode ser considerado que a ação esperada na tarefa é a batida na bola com a raquete de tênis o mais rápido e assertivamente possível. Tomando como referência uma partida de tênis com dois jogadores, representados como Jogador A e Jogador B, o estímulo alvo para desencadear a resposta desta tarefa seria o momento em que o Jogador A (adversário) bate com sua raquete na bola. O momento em que o corpo do adversário se movimenta, previamente ao momento de sua batida na bola, pode ser caracterizado como estímulo temporal que facilite a reação do Jogador B (futuro rebatedor), como indicador da velocidade da bola, por exemplo. Quando o Jogador A está na extrema direita da quadra (visão do Jogador B) com o corpo posicionado lateralmente, e a quadra encontra-se à sua esquerda, o movimento do seu braço e a posição do seu corpo sugerem que a bola será rebatida para a esquerda do campo do Jogador B. Essa posição assumida pelo Jogador A, anterior à batida, já pode gerar uma ação antecipatória que fará com que o Jogador B reaja mais rapidamente ao estímulo alvo (batida com a raquete na bola pelo adversário).

Conhecer as bases fisiológicas de situações comportamentais, como a partida de tênis descrita, há muito tempo vem sendo objeto de investigação. O que leva o ser humano a desempenhar uma ação de maneira mais rápida na presença de algum estímulo prévio à tarefa, ainda que este estímulo não esteja relacionado diretamente à tarefa a ser desempenhada, é algo que desperta questionamentos. Por exemplo, de que modo pode ser explicada essa facilitação proporcionada pelo estímulo prévio? Que mecanismos do aspecto sensorio-motor poderiam predispor essa facilitação? Seria uma facilitação de processos perceptivos? Seria uma facilitação do planejamento motor ou da execução de uma resposta motora?

Para que esses questionamentos possam ser investigados, faz-se necessário considerar alguns conceitos já definidos na literatura sobre o efeito facilitador do estímulo precedente, o contexto temporal em que ocorre e os diferentes

posicionamentos existentes acerca dos mecanismos neurais envolvidos neste processo.

1.1 Efeito facilitador do estímulo precedente

Pinheiro (2006) já fez referência ao fato de que a ocorrência de um estímulo sensorial (visual, auditivo) precedendo o estímulo alvo visual geralmente reduz o tempo de reação de algumas dezenas de milissegundos (DAVIS e GREEN, 1969; FERNANDEZ-DUQUE e POSNER, 1997; KEUSS, 1972; LANSING et al., 1959) e de que a magnitude deste efeito facilitador depende da modalidade do estímulo precedente, pois estímulos auditivos causam, em geral, efeitos maiores do que estímulos visuais (DAVIS e GREEN, 1969; FERNANDEZ-DUQUE e POSNER, 1997; LETOURNEAU et al., 1986; SANABRIA; LUPIÁÑEZ; SPENCE, 2007). A intensidade do estímulo precedente também seria importante, já que estímulos auditivos intensos produzem efeitos maiores do que estímulos auditivos fracos (KEUSS, 1972; ULRICH e MATTES, 1996; MILLER et al., 1999).

O efeito facilitador do estímulo precedente também está relacionado em certa medida com o intervalo que o separa do estímulo alvo. Lansing et al. (1959) comparou os tempos de reação a um estímulo visual apresentado entre 50 e 1000 ms após um estímulo auditivo. Eles encontraram uma redução progressiva do tempo de reação à medida que o intervalo entre os dois estímulos aumentava. Esta redução já era evidente quando o intervalo entre os estímulos era de 150 ms e atingia um máximo para um intervalo entre os estímulos de 300 a 400 ms. Usando também um estímulo precedente auditivo e um estímulo alvo visual, Davis e Green (1969) encontraram um efeito facilitador máximo em 200 ms. De acordo com Niemi e Näätänen (1981), o efeito facilitador de um estímulo precedente aumentaria com o intervalo entre os estímulos quando este é menor do que 1000 ms. Para intervalos mais longos (por exemplo, 1000 a 4000 ms) o efeito facilitador decresceria na medida em que a incerteza temporal aumentasse.

Experimentos realizados por Del Fava e Ribeiro-do-Valle (2004) forneceram evidências de que o efeito facilitador de um estímulo precedente não informativo espacialmente se deve a um preparo para responder de uma determinada forma a um determinado estímulo alvo em um determinado momento, e não a um aumento

inespecífico da responsividade do organismo como sugerido por alguns autores (BERTELSON e TISSEYRE, 1969; KEUSS, 1972). Correa, Lupiáñez e Tudela (2005) também se referem à orientação da atenção temporal como um preparo específico e relacionado à expectativa temporal. Los, Knol e Boers (2001) atribuíram o efeito facilitador a uma preparação temporal, porém o consideraram inespecífico do ponto de vista sensorial e motor.

1.2 Atenção temporal e Preparação temporal

A preparação temporal resultaria da orientação da atenção no tempo, que ocorre quando um evento relevante é esperado. Ela otimiza o comportamento. A atenção temporal parece depender de processos elementares da decodificação do tempo, que ocorrem por exemplo no cerebelo, núcleos da base e córtex frontal (COULL e NOBRE, 1998). A atenção temporal também está associada com a expectativa da ocorrência de um evento. Ao alocar a atenção no tempo tende-se a gerar uma expectativa para a ocorrência de um evento futuro. Esta expectativa envolve áreas como o córtex pré-frontal bilateral, os córtices pré-motores e o córtex parietal inferior esquerdo (COULL et al., 2000).

Werner, Parrish e Holmer (2009) realizaram um estudo investigativo de atenção temporal sobre como a detectabilidade de um som por crianças e adultos pode ser afetada pela incerteza e expectativa temporal. Utilizaram em seus experimentos somente pistas e alvos auditivos, e os resultados foram submetidos a análise da teoria de detecção de sinal. Com o foco sobre os aspectos temporais deste estudo, é interessante relatar os achados de que pistas auditivas aumentaram a eficiência da detecção. Além disso, com as pistas seguidas de intervalos que gerassem expectativa temporal proporcionaram melhor detecção do som do que os intervalos sem expectativa temporal. Ou seja, a incerteza temporal diminuiu a detectabilidade.

Pestilli, Viera e Carrasco (2007) descreveram que atenção e adaptação são ambos os mecanismos que melhoram o desempenho de uma atividade visual. A atenção melhora o desempenho por aumentar a sensibilidade ao contraste e por aumentar as respostas neurais para os estímulos atendidos enquanto diminui as respostas neurais para os estímulos não atendidos. A adaptação melhora o

desempenho de detecção pelo aumento da sensibilidade ao contraste por diminuir as respostas neurais para os estímulos que não se modificam. Eles investigaram se, e como, a adaptação e o efeito atencional interagem na sensibilidade ao contraste. Constataram que a atenção aumenta a saliência do estímulo, enquanto a adaptação reduz a saliência do estímulo, de modo que a adaptação não modula a magnitude do efeito atencional. A atenção pode sobrepor a adaptação e restaurar a sensibilidade ao contraste.

Dados obtidos com potenciais evocados sugerem que estágios do processamento perceptual contribuem para os benefícios aos estímulos influenciados pela atenção temporal. A existência de efeitos entre modalidades cruzadas (*cross-modal*) ressalta a importância do tempo como promovedor de melhorias no desempenho em diferentes modalidades (ALAIS; MORRONE e BURR, 2006; LANGE e RODER, 2006). Na análise de modalidades cruzadas, a entrada de sinais auditivos afetam o processamento de sinais visuais nas etapas precoces do processamento sensorio-motor ao invés de nas suas etapas tardias. (BAIER; KLEINSCHMIDT; MÜLLER, 2006; CIARAMITARO, et al., 2007; ROBINSON e SLOUTSKY, 2007).

Nobre, Correa e Coull (2007) descrevem que a certeza temporal pela ocorrência de um evento pode modular limiares perceptivos para luminâncias, e pode aumentar a discriminabilidade perceptiva de um estímulo visual, bem como pode proporcionar facilitações no comportamento motor.

Na possibilidade de haver uma ênfase atencional maior no processamento sensorial ou no processamento motor na dependência das exigências das tarefas sendo realizadas, Henderson e Dittrich (1998) discutiram a importância relativa de uma facilitação do processamento sensorial e de uma facilitação do processamento motor para a ocorrência do efeito facilitador do estímulo precedente. Tarefas mais difíceis do ponto de vista sensorial mobilizariam mais recursos atencionais para o processamento sensorial, enquanto que tarefas mais difíceis no aspecto motor mobilizariam mais recursos atencionais para o processo motor.

1.3 Mecanismos neurais do efeito facilitador do estímulo precedente

Com base nas idéias de Henderson e Dittrich (1998), Pinheiro (2006) investigou a influência do estímulo precedente no processamento sensorial em tarefas em que a dificuldade de detecção do estímulo alvo variava, e no processamento motor em tarefas em que havia a variação da dificuldade de execução da resposta.

O trabalho de Pinheiro (2006) teve como propósito reavaliar a importância relativa de uma facilitação do processamento sensorial e de uma facilitação do processamento motor para a ocorrência do efeito facilitador do estímulo precedente. Mais especificamente, pretendia esclarecer o envolvimento dos mecanismos sensoriais e dos mecanismos motores no efeito facilitador que um estímulo auditivo produz sobre a responsividade a um estímulo alvo visual, com utilização de tarefas de tempo de reação simples e de escolha.

Como a complexidade da resposta é maior em uma tarefa de tempo de reação de escolha, observado pelo aumento do tempo de reação (KLAPP, 1995; MILLER e ANBAR, 1981), era possível que a contribuição dos mecanismos sensoriais e dos mecanismos motores fosse diferente entre as duas tarefas. Em particular, o envolvimento adicional do processo de seleção da resposta na segunda tarefa permitiria verificar se haveria uma influência do estímulo precedente sobre este processo.

Tarefas de tempo de reação simples e de escolha permitem adicionalmente a análise da condição de compatibilidade entre a mão de resposta e o local de aparecimento do estímulo alvo. A disposição espacial relativa do estímulo e da resposta é considerada pelos mecanismos de registro da entrada da informação sensorial (MAGEN e COHEN, 2002) e de seleção da resposta, o que afeta a velocidade e a eficiência do processamento sensório-motor (HOMMEL, 1996).

O efeito da compatibilidade em uma tarefa de TRE, segundo Miller e Anbar (1981), está relacionado com a utilização de um código espacial que associa o estímulo à resposta. A existência de correspondência entre a codificação espacial do estímulo e a codificação espacial da resposta tende a reduzir o tempo de resposta do que quando comparado a ausência da referida correspondência, condição dita incompatível.

O método de fatores aditivos (MFA), proposto por Sternberg (1969), foi utilizado com a finalidade de determinar a etapa do processamento sensório-motor influenciada pela estimulação precedente. O MFA de Sternberg foi desenvolvido após o método de subtração de Donders. Este pretendia a mensuração da duração dos estágios de processamento entre estímulo e resposta. No entanto, não fornecia garantia de que, com o acréscimo ou retirada de alguns estágios do processamento, outros estágios não fossem alterados. O MFA não permite saber a duração dos estágios de processamento, mas possibilita conhecer a existência dos estágios (quais são eles) e algumas de suas características. Por meio de determinadas mudanças nas condições dos experimentos seria possível influenciar determinados estágios do processamento sensório-motor, pois parte do princípio de que os estágios deste processamento são independentes. Um estágio corresponde a uma série de processos sucessivos que operam, a partir da aferência de um estímulo, na produção de uma resposta. A média da duração de um estágio depende somente da entrada dos estímulos e os níveis dos fatores que o influenciam e não necessariamente da média de duração dos demais estágios.

O esquema apresentado na figura 1 abaixo permite a visualização do possível local de ação de fatores importantes no processamento sensório-motor. O fator consiste em uma influência que, ao variar, causa uma alteração na resposta. Cada fator pode exercer sua influência em um estágio específico do processamento, sem agir em um estágio comum. Quando isso ocorre espera-se que os efeitos dos fatores sejam independentes e aditivos. Porém, quando dois ou mais fatores exercem seus efeitos sobre ao menos um estágio em comum, ou seja, influenciam a mesma etapa do processamento, espera-se que haja uma interação dos seus efeitos.

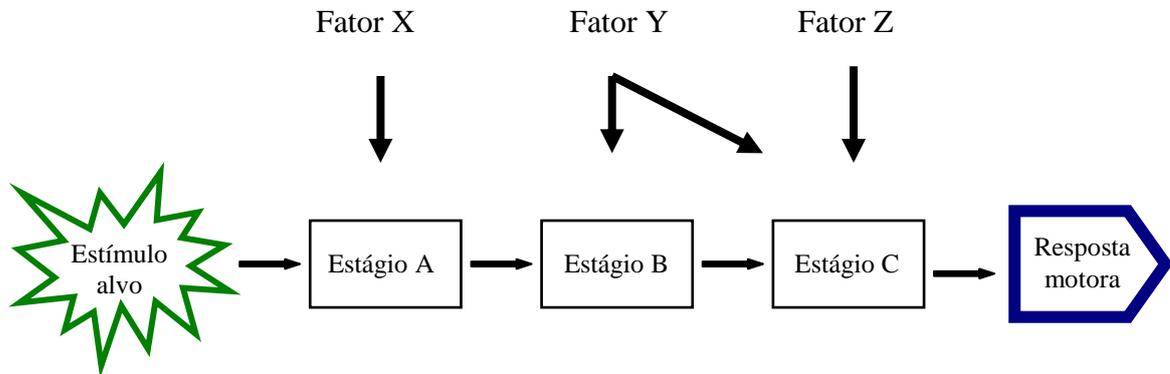


Figura 1: Esquema representativo do método de fatores aditivos sobre o processamento da via estímulo-resposta.

Ao considerar que a presença de um estímulo precedente auditivo reduz o tempo de reação ao estímulo visual, pode-se concluir que o estímulo precedente exerce influência em um ou mais estágios do processamento visuo-motor. Se for adicionado um outro fator que modifica o processamento como, por exemplo, a variação da dificuldade do estímulo ou da dificuldade da resposta, e houver uma interação de efeitos, isso possibilitaria o conhecimento sobre qual estágio o som atua.

Esperava-se que quanto maior fosse a dificuldade sensorial ou motora, maior seria o tempo de reação, tanto para a condição em que há a presença do estímulo precedente auditivo quanto na sua ausência. Em uma representação gráfica, uma ascensão paralela do tempo de reação, para as condições sem som e com som, em função da dificuldade indicaria que apesar do estímulo precedente reduzir o tempo de reação, ele beneficiaria as diferentes dificuldades sensoriais ou motoras igualmente (Figura 3 A). Uma ascensão divergente do tempo de reação, para as condições sem e com som, em função da dificuldade indicaria que o estímulo precedente beneficiaria mais as dificuldades sensoriais e motoras maiores (Figura 3 B). Sendo assim, a condição em que fosse encontrada tal interação indicaria qual o mecanismo responsável por esse efeito, se sensorial ou motor.

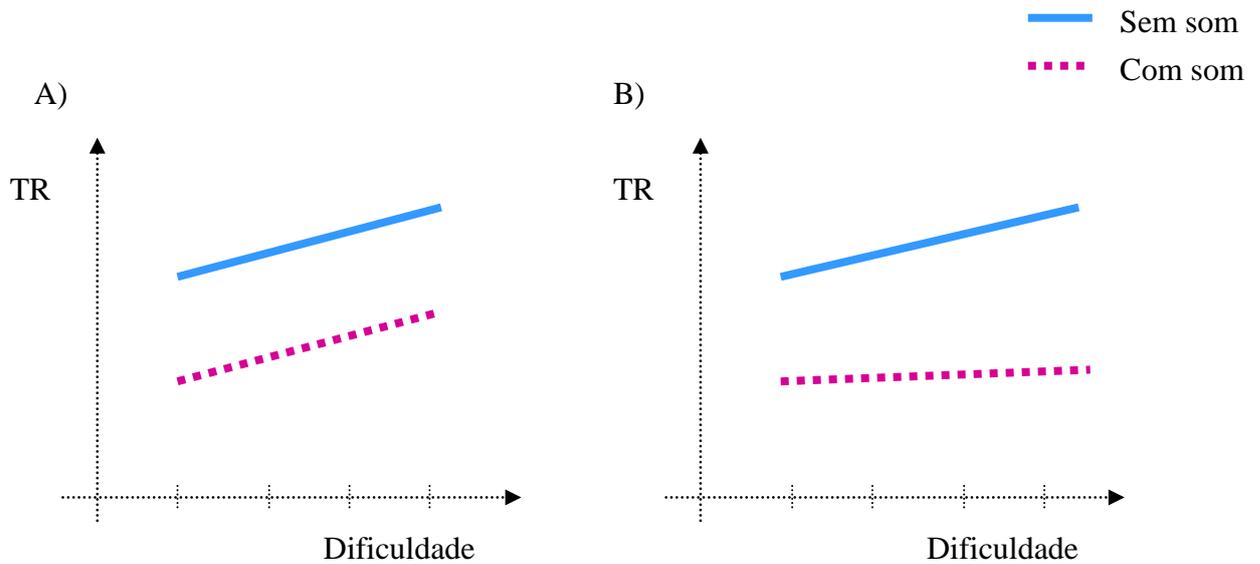


Figura 2: Representação gráfica do método de fatores aditivos. A) Condição em que não ocorre interação do estímulo precedente e a dificuldade sensorial ou motora; B) Condição em que ocorre interação do estímulo precedente e a dificuldade.

A figura 3 tem como propósito auxiliar na compreensão da razão da influência facilitadora do som ser maior para estímulos alvos mais difíceis de serem detectados ou respostas motoras mais difíceis de serem executadas. Cada quadro representa uma população neuronal e cada disco corresponde a um neurônio. Um estímulo alvo intenso (A) produz a ativação de uma população neuronal grande (discos vermelhos). Um estímulo alvo de baixa intensidade (B) produz a ativação de uma população neuronal pequena (discos vermelhos). Os neurônios vizinhos aos neurônios ativos ficam apenas facilitados (discos cinzas), ou seja, com seu potencial de membrana próximo ao limiar de deflagração do potencial de ação. A apresentação prévia do som possibilita que esses neurônios que seriam apenas facilitados pelo estímulo alvo tornem-se ativos (discos amarelos), o que no fim resulta em uma resposta neuronal maior. O número de neurônios adicionais passíveis de serem mobilizados por um estímulo alvo fraco é maior do que aquele por um estímulo intenso. Dessa forma, o processamento de um estímulo alvo de baixa intensidade obterá maior benefício do som do que o processamento de um estímulo alvo de grande intensidade. Raciocínio semelhante pode ser feito para respostas motoras mais simples e mais difíceis.

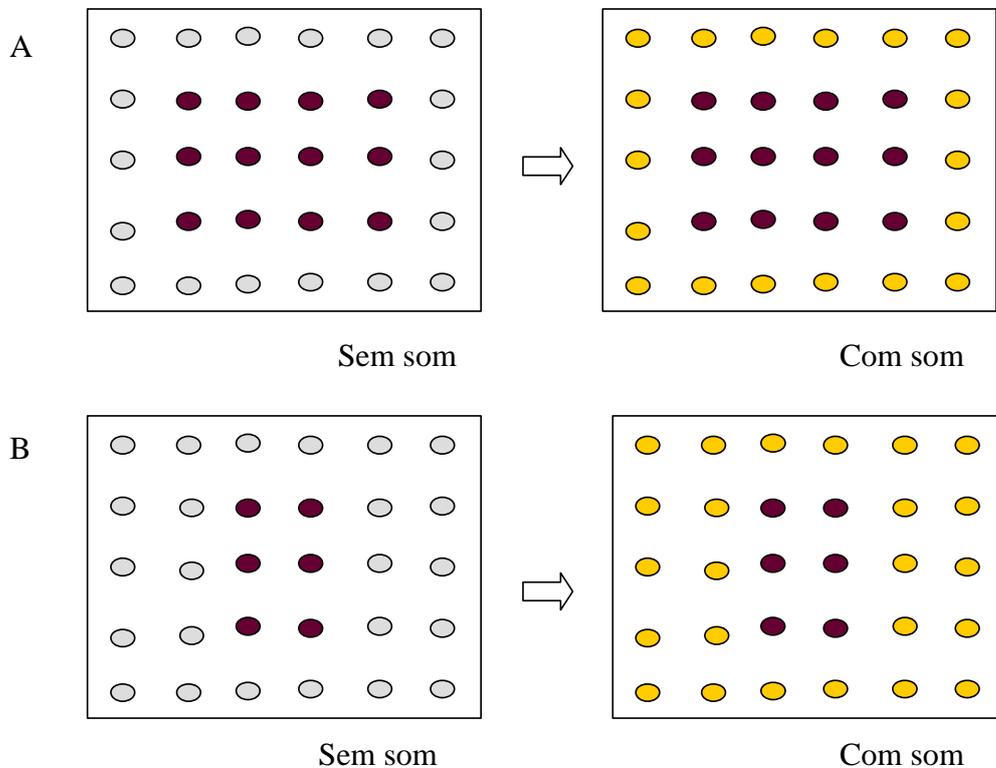


Figura 3: Representação esquemática da ativação de uma população neuronal por um estímulo sensorial intenso (A) e fraco (B) na ausência (quadros à esquerda) e na presença (quadros à direita) de uma estimulação precedente auditiva.

A possível influência sobre o processamento sensorial foi testada no estudo de Pinheiro (2006) com a utilização de quatro intensidades (quatro luminâncias) diferentes de estímulos alvos apresentados. Mudança na característica de um estímulo como, por exemplo, na sua intensidade geralmente altera o desempenho em estudos psicofísicos (MAUK e BUONOMANO, 2004). O estímulo precedente auditivo ocorreu aleatoriamente em metade das tentativas, com cada intensidade. Um grupo de voluntários realizou esta situação experimental em uma tarefa de tempo de reação simples e um outro em uma tarefa de tempo de reação de escolha. Caso o efeito facilitador dependesse de modo importante de uma facilitação do processamento sensorial, deveria aparecer uma interação dos dois fatores

considerados (intensidade do alvo e estimulação precedente) (STERNBERG, 1969). A figura 4 representa esquematicamente essa situação.

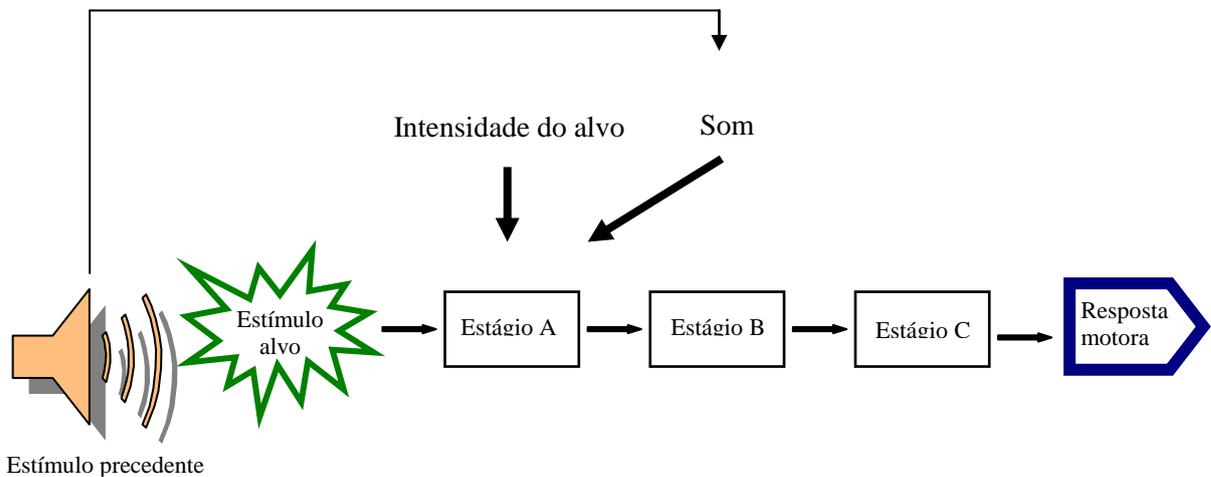


Figura 4: Representação esquemática da interação sensorial do estímulo precedente auditivo e a intensidade do alvo sobre o “estágio A” da via estímulo-resposta.

Os resultados encontrados foram o aumento do tempo de reação diante do aumento da dificuldade para detecção do alvo. Um efeito facilitador do estímulo precedente foi evidenciado no tempo de reação. No entanto, este efeito não diferiu significativamente entre as quatro intensidades testadas. Estes resultados, em princípio, contrariam a hipótese de que a facilitação promovida pelo estímulo precedente resulta de um aumento da eficiência do processamento sensorial. Por outro lado, o efeito facilitador tendeu a aumentar na intensidade mais baixa do estímulo alvo.

Verificou-se que na ausência do som o tempo de reação para as condições incompatíveis foi maior do que para as compatíveis. Em geral, quando a dimensão espacial ou simbólica de um estímulo coincide com a resposta, pode ocorrer seleção rápida e direta. Acredita-se que cada par de estímulo-resposta compatível é processado automaticamente. Basta um comando de “vai”, fornecido pelo estímulo para que ocorra a execução motora. Quando existe conflito entre as dimensões, como na condição incompatível, o estímulo tende a iniciar a resposta que contém as mesmas dimensões que as suas, porém esta resposta é incorreta. A necessidade de inibir a resposta incorreta, selecionar e programar a resposta correta implicaria em

mais tempo para sua execução (MILLER e ANBAR, 1981; STOFFELS, 1996). Na presença do estímulo precedente auditivo não houve diferença entre os tempos de reação para a condição compatível e para a incompatível. Considerando que a diferença entre as condições compatível e incompatível foi encontrada na ausência do estímulo precedente auditivo, os dados são sugestivos de que houve influência do som neste processo.

A presença do som parece ter proporcionado uma preparação ótima dos circuitos neurais sensório-motores de modo a beneficiar mais a condição incompatível do que a compatível. Além disso, o efeito facilitador do som aumentou com a diminuição da intensidade do estímulo alvo, tanto para a condição compatível quanto para a incompatível. Estes resultados conferem suporte à idéia de que o estímulo precedente exerce sua influência na mesma etapa do processamento que a intensidade do estímulo alvo, ou seja, na etapa sensorial.

A possível influência sobre o processamento motor foi testada pela emissão de resposta com 1, 2, 3 ou 4 submovimentos. A manipulação da dificuldade da resposta leva à alteração da programação e execução motora (KLAPP, 1995). Também neste caso o estímulo precedente ocorreu aleatoriamente em metade das tentativas em que havia o estímulo alvo, com cada extensão de resposta. Um dos grupos de voluntários realizou esta situação experimental em uma tarefa de tempo de reação simples e o outro em uma tarefa de tempo de reação de escolha. Caso o efeito facilitador dependesse de modo importante de uma facilitação do processamento motor, deveria aparecer uma interação dos dois fatores considerados (extensão da resposta e estimulação precedente) (STERNBERG, 1969). A figura 5 representa esquematicamente esta situação.

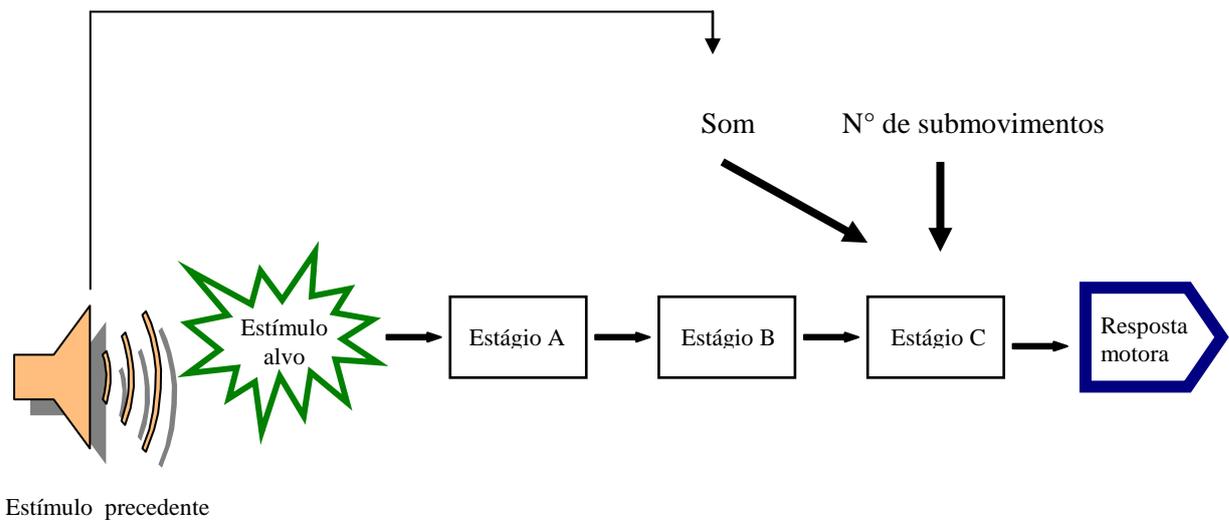


Figura 5: Representação esquemática da interação motora entre o estímulo precedente auditivo e o número de submovimentos sobre o “estágio C” da via de processamento estímulo-resposta.

O resultado da investigação realizada no trabalho anterior para verificar se a influência facilitadora sobre o tempo de reação de um estímulo precedente informativo temporalmente pudesse depender de uma modulação do processamento motor indicou que o tempo de reação aumentou proporcionalmente à dificuldade da resposta (aumento do número de submovimentos) e a presença do estímulo auditivo reduziu o tempo de reação, reafirmando sua influência facilitadora. O efeito facilitador do estímulo precedente, no entanto, não diferiu significativamente entre os quatro níveis de dificuldade da resposta (independente dela ser compatível ou incompatível), o que contraria a hipótese de que a facilitação promovida pelo estímulo precedente pudesse ser devido à maior eficiência do processamento motor.

Os resultados encontrados nesses experimentos demonstram que um estímulo precedente auditivo facilita o tempo de reação a um estímulo alvo visual. Eles são consistentes com os achados anteriores do laboratório (DEL FAVA e RIBEIRO-DO-VALLE, 2004) e com achados de diversos outros estudos (DAVIS e GREEN, 1969; FERNANDEZ-DUQUE e POSNER, 1997; KEUSS, 1972; LANSING et al., 1959) mostrando uma redução do tempo de reação de algumas dezenas de milissegundos pela ocorrência de um estímulo visual ou auditivo precedendo o

estímulo alvo visual. O efeito facilitador observado foi o máximo, considerando os achados de Davis e Green (1969) e Muller-Gethmann, Ulrich e Rinkeauer (2003).

Pinheiro (2006) obteve no experimento com tarefa de tempo de reação simples uma evidência de interação da estimulação precedente e a intensidade do alvo, o que sugere uma ação facilitadora do estímulo precedente auditivo na etapa sensorial ou em etapa sensório-motora do processamento. Hackley e Valle-Inclán (2003), Leuthold (2003), Muller-Gethmann, Ulrich e Rinkeauer (2003) avaliaram potenciais corticais relacionados com eventos, especialmente o potencial de prontidão lateralizado. Também concluíram que a influência facilitadora de um estímulo precedente modularia etapas anteriores ao processamento motor, ou seja, a etapa sensorial e/ou de integração sensório-motora. Posteriormente, Correa, Lupiáñez e Tudela (2005) fizeram uso da teoria de detecção de sinal e obtiveram evidências de que a focalização da atenção em intervalos temporais promove melhora do desempenho de processos perceptivos.

Cardoso-Leite, Mamassian e Gorea (2009) descrevem a proposta de que decisões sensoriais ou motoras operam no mesmo modelo interno para respostas, mas em diferentes momentos e níveis de ativações internas. Fazem uma citação ao trabalho de Sternberg e Knoll (1973) no qual propõem que as respostas motoras são disparadas pela ativação neural evocada pelo estímulo que atinge o limiar para respostas motoras, enquanto que os julgamentos perceptivos ocorreriam no intervalo temporal entre os valores de pico dessas respostas internas evocadas.

Para Cardoso-Leite, Mamassian e Gorea (2009) as variações nas respostas motoras ou perceptivas diminuiriam na proporção da intensidade dos estímulos e aumentariam de acordo com a construção dessas respostas ao longo do tempo. Ressalta, portanto, o processo de decisão motora e perceptiva envolvido nessas relações.

Pinheiro (2006) não observou qualquer interação da estimulação precedente e a extensão da resposta motora, nem facilitação pelo estímulo precedente auditivo do tempo para executar os movimentos de flexão em resposta ao alvo. Estes achados são contrários à idéia de que a ação facilitadora do estímulo precedente auditivo ocorra na etapa motora do processamento visuo-motor, em oposição às conclusões de Coull et al. (1999, 2000). Para estes autores a estimulação precedente promoveria especificamente uma preparação motora.

Com base na sugestão de uma ação facilitadora do estímulo precedente auditivo na etapa sensorial, ou em uma etapa integrativa do processamento visuomotor, tornou-se relevante confirmar esse achado.

1.4 Envolvimento de mecanismos sensoriais no efeito facilitador do estímulo precedente

Vários autores defendem na literatura o envolvimento dos processos perceptivos no efeito facilitador proporcionado pelo estímulo precedente na orientação temporal (CORREA; LUPIÁÑEZ ; TUDELA, 2005; CORREA, et al, 2006; LANGE e RÖDER, 2006; LANGE; RÖSLER; RÖDER, 2003; ROLKE e HOFMANN, 2007; SANDERS e ASTHEIMER, 2008). Outros defendem o envolvimento de processos motores (CORREA e NOBRE, 2008; COULL et al, 2000; MINIUSI et al, 1999; MULLER-GETHMANN; ULRICH; RINKENAUER, 2003).

Recentemente, Correa et al (2010) investigaram se a orientação temporal pode facilitar o controle executivo e encontram evidências de que o efeito facilitador pode modular o processamento de estímulos para a preparação da resposta, porém não conseguem definir como a orientação temporal influencia o controle executivo.

Considerando a existência de ainda alguma controvérsia sobre os mecanismos neurais envolvidos no efeito facilitador proporcionado pelo estímulo precedente e os achados obtidos em experimentos anteriores, o presente trabalho se propõe a reexaminar esta questão, particularmente a contribuição relativa dos processos sensoriais.

O objetivo deste trabalho foi, portanto, verificar a contribuição relativa de processos sensoriais na facilitação proporcionada pelo estímulo precedente auditivo. Para esta análise foram realizados dois experimentos. O Experimento 1 consistiu em um experimento de tempo de reação simples, nos quais os estímulos alvos visuais foram apresentados em diferentes níveis de dificuldade de detecção e de maneira randomizada. O experimento 2 consistiu em uma tarefa de acurácia, na qual deveria ser feita a detecção de estímulo visual e cujos resultados foram submetidos à análise da teoria de detecção de sinal (ANEXO A). Em ambos experimentos houve a presença de estímulo precedente auditivo.

O primeiro experimento visou avaliar em que medida o efeito facilitador é ampliado quando a dificuldade sensorial varia ao longo de um mesmo bloco de

tentativas, em uma tarefa de tempo de reação simples. Acreditava-se que este procedimento fosse mais eficiente que o empregado anteriormente por Pinheiro (2006) para evidenciar uma interação da estimulação precedente e a intensidade do alvo, uma vez que se uniformizam a estratégia atencional e o critério adotado pelo voluntário, fatores importantes na determinação da responsividade. Neste primeiro experimento foi utilizado o método de fatores aditivos de Sternberg pela possibilidade de mudança nas condições experimentais, de modo a envolver mais um determinado estágio do processamento, de acordo com a variável controlada. A ocorrência de maior facilitação para estímulos mais difíceis indicaria se a etapa sensorial seria a responsável pelo efeito facilitador do estímulo precedente auditivo.

Devido ao fato de tarefas de tempo de reação simples e tempo de reação de escolha envolverem complexidades diferentes do processamento sensorial e sensório-motor (KLAPP, 1995; MILLER e ANBAR, 1981), inicialmente foi pensado em realizar os dois modelos de tarefa. Entretanto, os resultados do primeiro experimento, realizado com a tarefa de tempo de reação simples, desestimularam a realização subsequente do experimento em que a tarefa de tempo de reação de escolha seria empregada, uma vez que não foi encontrada evidência do estímulo precedente exercer sua influência facilitadora sobre mecanismos sensoriais.

Em busca de uma resposta para a origem fisiológica da influência facilitadora do estímulo precedente, houve mudança no método psicofísico de investigação. No segundo experimento, a teoria de detecção de sinal utilizada para avaliar em que medida a influência facilitadora do estímulo precedente auditivo melhora a detectabilidade e diminui o critério de resposta, caracterizando uma facilitação por processos sensoriais. Foi apresentado um estímulo alvo com intensidade próximo ao limiar sensório. Este estímulo deveria ser detectado pelo observador. Foram consideradas as alterações na detectabilidade (d') e no critério (C) frente a presença do estímulo precedente. Uma alteração (aumento) da detectabilidade e não do critério reforçaria a hipótese da contribuição sensorial na facilitação proporcionada pelo estímulo precedente.

2 CONCLUSÃO

Os resultados obtidos nos experimentos realizados indicam que a melhora no desempenho proporcionada pelo estímulo precedente se deve à facilitação da etapa sensorial do processamento sensório-motor.

REFERÊNCIAS¹

BAIER, B.; KLEINSCHMIDT, A.; MÜLLER, N. Cross-modal processing in early visual and auditory cortices depends on expected statistical relationship of multisensory information. **The Journal of Neuroscience**, v. 22, n. 47, p. 12260-12265, 2006.

BERTELSON, P.; TISSEYRE, F. The time-course of preparation: Confirmatory results with visual and auditory warning signals. **Acta Psychologica**, v. 30, p. 145-154, 1969.

CARDOSO-LEITE, P.; MAMASSIAN, P.; GOREA, A. Comparasion of perceptual and motor latencies via antecipatory and reactive response times. **Attention, Perception & Psychophysics**, n. 71, v. 1, p. 82-94, 2009.

CIARAMITARO, V. M.; BURACAS, G. T.; BOYNTON, G. M. Spatial and cross-modal attention alter responses to unattended sensory information in early visual and auditory human cortex. **Jounal of Neurophysiological**, v. 98, p. 2399-2413, 2007.

CORREA, À.; LUPIÁÑEZ, J.; TUDELA, P. Attentional preparation based on temporal expectancy modulates processing at the perceptual level. **Psychonomic Bulletin & Review**, v. 12, n. 2, p. 328-334, 2005.

CORREA, A.; LUPIÁÑEZ, J.; TUDELA, P. The attentional mechanism of temporal orienting: determinants and attributes. **Experimental Brain Research**, v. 169, n. 1, p. 58-68, 2006.

CORREA, A.; SANABRIA, D.; SPENCE, C.; TUDELA, P.; LUPIÁÑEZ, J. Selective temporal attention enhances the temporal resolution of visual perception: Evidence from a temporal order judgment task. **Brain research**, p. 202-205, 2006

CORREA, A.; CAPPUCCI, P.; NOBRE, A. C.; LUPIÁÑEZ, J. The two sides of temporal orienting. Facilitating perceptual selection, disrupting response selection. **Experimental Psychology**, v. 57, n. 2, p.142-148, 2010.

¹ De acordo com:

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6023**: Informação e documentação: referências: elaboração. Rio de Janeiro, 2002.

COULL, J. T.; FRITH, C. D.; BUCHEL, C.; NOBRE, A. C. Orienting attention in time: behavioural and neuroanatomical distinction between exogenous and endogenous shifts. **Neuropsychologia**, v. 38, p. 808-819, 2000.

COULL, J. T.; NOBRE, A. C. Where and when to pay attention: the neural systems for directing attention to spatial locations and to time intervals as revealed by both PET and fMRI. **Journal of Neuroscience**, v. 18, n. 18, p. 7426-7435, 1998.

DAVIS, R.; GREEN, F. A. Intersensory differences in the effect of warning signals on reaction time. **Acta Psychologica**, v. 30, p. 155-167, 1969.

DEL FAVA, F.; RIBEIRO-DO-VALLE, L. E. Relative contribution of expectancy and immediate arousal to the facilitatory effect of an auditory accessory stimulus. **Brazilian Journal Medical Biological Research**, v. 37, p. 1161-1174, 2004.

DOETSCH, G. S. Patterns in the brain: neuronal population coding in the somatosensory system. **Physiology & Behavior**, v. 69, p. 187-201, 2000.

FERNANDEZ-DUQUE, D.; POSNER, M. I. Relating the mechanisms of orienting and alerting. **Neuropsychologia**, v. 35, p. 477-486, 1997.

GAZZANIGA, M. S.; HEATHERTON, T. F. **Ciência psicológica: mente, cérebro e comportamento**. Porto Alegre: Artmed, 2005. 624 p.

GESCHEIDER, G. A. **Psychophysics: the fundamentals**. 3rd ed. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, 1997. 435 p.

HACKLEY, S. A.; VALLE-INCLÁN, F. Which stages of processing are speeded by a warning signal? **Biological Psychology**, v. 64, p. 27-45, out 2003.

HENDERSON, L.; DITTRICH, W. H. Preparing to react in the absence of uncertainty: I. New perspectives on simple reaction time. **British Journal of Psychology**, v. 89, p. 531-554, 1998.

HOMMEL, B. No prevalence of right-left over top-bottom spatial codes. **Perception & Psychophysics**, v. 58, n. 1, p. 102-110, 1996.

KEUSS, P. J. G. Reaction time to the second of two shortly spaced auditory signals both varying in intensity. **Acta Psychologica**, v. 36, p. 226-238, 1972.

KLAPP, S. T. Motor response programming during simple and choice reaction time: the role of practice. **Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance**, v. 21, n. 5, p. 1015-1027, 1995.

LANGE, K.; RÖDER, B. Orienting attention to points in time improves stimulus processing both within and across modalities. **Journal of Cognitive Neuroscience**, v. 18, n. 5, p. 715-729, 2006.

LANGE, K.; RÖSLER, F.; RÖDER, B. Early processing stages are modulated when auditory stimuli are presented at an attended moment in time: An event-related potential study.. **Psychophysiology**, v. 40, p. 806-817, 2003.

LANSING, R. W.; SCHWARTZ, E.; LINDSLEY, D. B. Reaction time and EEG activation under alerted and nonalerted conditions. **Journal of Experimental Psychology**, v. 58, p. 1-7, 1959.

LETOURNEAU, J. E.; DENIS, R.; LONDORF, D. Influence of auditory or visual warning on visual reaction time with variations of subjects' alertness. **Perceptual and Motor Skills**, v. 62, p. 667-674, 1986.

LEUTHOLD, H. Programming of expected and unexpected movements: effects on the onset of the lateralized readiness potential. **Acta Psychologica**, v. 114, p. 83-100, 2003.

LIPPERT, M.; LOGOTHESIS, N. K.; KAYSER, C. Improvement of visual contrast detection by a simultaneous sound. **Brain Research**, v. 1173, p. 102-109, 2007.

LOS, S. A.; KNOL, D. L.; BOERS, R. M. The foreperiod effect revisited: conditioning as a basis for nonspecific preparation. **Acta Psychologica**, v. 106, p. 121-145, 2001.

MACMILLAN, N. A.; CREELMAN, C. D. **Detection theory: a user's guide**. 2nd ed. London: Lawrence Erlbaum Associates, 2005. 492 p.

MAGEN, H.; COHEN, A. Action-based and vision-based selection of input: two sources of control. **Psychological Research**, v. 66, p. 247-259, 2002.

MAUK, M. D.; BUONOMANO, D. V. The neural basis of temporal processing. **Annual Review of Neuroscience**, v. 27, p. 307-340, 2004.

MILLER, J.; ANBAR, R. Expectancy and frequency effects on perceptual and motor systems in choice reaction time. **Memory and Cognition**, v. 9, p. 631-641, 1981.

MILLER, J.; FRANZ, V.; ULRICH, R. Effects of auditory stimulus intensity on response force in simple, go/no-go, and choice RT tasks. **Perception and Psychophysics**, v. 61, p. 107-119, 1999.

MINIUSSI, C.; WILDING, E. L.; COULL, J. T.; NOBRE, A. C. Orienting attention in time-modulation of brain potentials. **Brain**, v. 122, p. 1507-1518, 1999.

MULLER-GETHMANN, H.; ULRICH, R.; RINKENAUER, G. Locus of effect of temporal preparation: evidence from the lateralized readiness potential. **Psychophysiology**, v. 40, p. 597-611, 2003.

NIEMI, P.; NÄÄTÄNEN, R. Foreperiod and simple reaction time. **Psychological Bulletin**, v. 89, p. 133-162, 1981.

NOBRE, A. C.; CORREA, A.; COULL, J. T. The hazards of time. **Current Opinion in Neurobiology**, v. 17, p. 465-470, 2007.

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

PALMER, S. E. **Vision Science – photons to phenomenology**. England: MIT Press, 1999.

PESTILLI, F.; VIERA, G.; CARRASCO, M. How do attention and adaptation affect contrast sensitivity? **Journal of Vision**, v. 7, n. 9, p. 1-12, 2007.

PESTILLI, F.; LING, S.; CARRASCO, M. A population-coding model of attention's influence on contrast response: estimating neural effects from psychophysical data. **Vision Research**, 2008.

PINHEIRO, G. B. **Envolvimento de mecanismos sensoriais e motores na facilitação do tempo de reação produzida por um estímulo precedente**. 2006. 90

f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Instituto de Ciências Biomédicas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

ROBINSON, C.; SLOUTSKY, V. Visual processing speed: effects of auditory input on visual processing. **Developmental Science**, v. 10, n. 6, p. 734-740, 2007.

ROLKE, B.; HOFMANN, P. Temporal uncertainty degrades perceptual processing. **Psychonomic Bulletin & Review**, v. 14, n. 3, p. 522-526, 2007.

SANABRIA, D.; LUPIÁÑEZ, J.; SPENCE, C. Auditory motion affects visual motion perception in a speed discrimination task. **Experimental Brain Research**, v. 178, p. 415-421, 2007.

SMITH, P. L.; RATCLIFF, R. An integrated theory of attention and decision making in visual signal detection. **Psychological Review**, v. 116, n. 2, p. 283-317, 2009.

SANDERS, L. D.; ASTHEIMER, L. B. Temporally selective attention modulates early perceptual processing: Event-related potential evidence. **Perception & Psychophysics**, v. 70, n. 4, p. 732-742, 2008.

SIMOLA, J.; STENACKA, L.; VANNI, S. Topography of attention in the primary visual cortex. **European Journal of Neuroscience**, v. 29, p. 188-196, 2009.

SQUELLA, S. A. F.; RIBEIRO-DO-VALLE, L. E. Priming effects of a peripheral visual stimulus in simple and go/no-go tasks. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, v. 36, p. 247-261, 2003.

STELMACH, G. E. Information-processing framework for understanding human motor behavior. In: KELSO, J. A. S. (Ed). **Human motor behavior: an introduction**. New Jersey: Lawrence Erlbaum, 1982. p. 63-91.

STERNBERG, S. The discovery of processing stages: extensions of Donders' method. **Acta Psychologica**, v. 30, p. 276-315, 1969.

STOFFELS, E. J. On stage robustness and response selection routes: further evidence. **Acta Psychologica**, v. 91, p. 67-88, 1996.

ULRICH, R.; MATTES, S. Does immediate arousal enhance response force in simple reaction time? **The Quarterly Journal of Experimental Psychology**, v. 49A, p. 972-990, 1996.

WERNER, L. A.; PARRISH, H. K.; HOLMER, N. M. Effects of temporal uncertainty and temporal expectancy on infant's auditory sensitivity. **Journal of Acoustical Society of America**, v. 125, n. 2, p. 1040-1049, 2009.

WRIGHT, D. B.; HARRY, R.; SKAGERBERG, E. M. Functions for traditional and multilevel approaches to signal detection theory. **Behavior Research Methods**, v. 2, n. 41, p. 257-267, 2009.