

PERÍODOS DE LATÊNCIA PARA UTILIZAÇÃO DE INFORMAÇÃO VISUAL EM CONDIÇÕES DE BAIXA E ALTA INCERTEZA TEMPORAL

Luis Augusto TEIXEIRA*

RESUMO

O período de latência para utilização de informação visual na execução de tarefas motoras foi investigado em duas condições experimentais, que diferiram em relação à incerteza temporal. Na primeira condição os sujeitos ($n = 25$) foram submetidos a uma série de tentativas em que tinham que responder o mais rapidamente possível ao surgimento de um sinal luminoso, num paradigma típico de tempo de reação simples. Após um intervalo de repouso, os mesmos sujeitos foram testados em uma tarefa sincronizatória, na qual tinham que acionar um interruptor manual simultaneamente ao acendimento do último diodo de uma seqüência, que simulava o deslocamento do sinal luminoso. Na tarefa sincronizatória foram empregadas sete condições visuais, abrangendo desde visibilidade completa do deslocamento aparente do sinal até oclusão de 242 ms da porção final de seu deslocamento. Os resultados indicaram um tempo de reação visual de 208 ms, enquanto que na tarefa sincronizatória os períodos de oclusão empregados não foram suficientes para provocar declínio de desempenho em relação à condição de visibilidade completa. Esses resultados sugerem um aproveitamento da informação visual em tarefas sincronizatórias sendo limitado mais por aspectos funcionais do que estruturais do sistema sensorio-motor.

UNITERMOS: Utilização de informação visual; Tempo de reação visual; Sincronização.

INTRODUÇÃO

Em respostas motoras envolvendo reação a um estímulo existe um período de atraso entre o surgimento do sinal sensorial e a execução de movimentos. Parte desse período de atraso é devida ao tempo necessário para que contrações musculares sejam efetuadas, produzindo deslocamentos do corpo e de suas partes, a fim de que o objetivo seja alcançado (tempo de movimento). O outro período de latência, foco central de preocupação neste estudo, é o atraso correspondente ao período entre a apresentação de um estímulo sensorial e o início do movimento¹. Esse período abrange o tempo necessário para estimulação de um receptor sensorial, transmissão aferente até os centros superiores de controle, processamento referente à percepção-decisão-programação, e transmissão eferente para ativação das fibras musculares. Considerando-se as variações desse período de latência em função da idade, extensão do período preparatório para a resposta, estado emocional e fatores relativos à organização do movimento, torna-se importante salientar que essas variações são devidas ao período pré-motor do tempo de reação (Weiss, 1965), mostrando que atrasos adicionais para responder são originários do processamento central de informação e não de processos periféricos de ativação muscular.

Keele & Posner (1968), investigando o tempo mínimo para processamento de "feedback" visual em tarefa motora balística de contatação de um alvo, treinaram os sujeitos a realizar o movimento em quatro tempos diferentes: 150 ms, 250 ms, 350 ms e 450 ms. Na etapa seguinte os sujeitos procuravam reproduzir os tempos de movimento em uma condição de 50% de incerteza sobre a disponibilidade de

* Escola de Educação Física da Universidade de São Paulo.

informação visual, ou seja, em metade das tentativas as luzes eram mantidas acesas durante todo o movimento e na outra metade as luzes eram apagadas logo após a perda de contato com uma placa metálica colocada em local correspondente à posição inicial. Os tempos de movimento reais mostraram que os sujeitos realizaram o movimento mais rápido em 190 ms ao invés de 150 ms, e o segundo menor tempo de movimento em 260 ms ao invés de 250 ms, como haviam praticado. A análise do desempenho, comparando-se as condições de disponibilidade versus indisponibilidade de informação visual, mostrou que o prejuízo pela ausência de aferência visual aumentou com a elevação do tempo de movimento, exceto na condição de tempo de movimento igual a 190 ms, única condição onde não foi observado declínio de desempenho na ausência de visibilidade ambiental. Esses resultados levaram à conclusão de que o tempo de reação visual encontra-se entre 190 e 260 ms.

Estudos posteriores têm corroborado os achados de Keele & Posner (1968), indicando mais precisamente que o tempo de reação visual se encontra por volta de 200 ms tanto para o processamento de informação de "feedback" (Cordo & Flanders, 1989; Flanders, Cordo & Anson, 1986) quanto para a apresentação de respostas simples a um estímulo luminoso (Wilkinson & Allison, 1989, para a faixa etária de 20-29 anos), em condição de incerteza temporal.

A latência para processamento de sinais sensoriais tem profundas implicações para o controle não apenas de habilidades motoras discretas, onde deve-se reagir o mais rapidamente possível após a apresentação de um estímulo (como em provas de velocidade no atletismo e natação), mas no controle de qualquer habilidade motora. Isso deve-se ao fato de que essa latência impõe ao executante um período em que ele não pode exercer controle, ou promover modificações, conscientemente sobre seus movimentos, exercendo assim um controle intermitente sobre suas respostas (Craik, 1947, 1948). Tal característica de controle pode ser facilmente observada em tarefas de perseguição manual de um alvo com trajetória irregular, uma vez que mudanças imprevisíveis da trajetória do alvo levam a atrasos na produção de movimentos corretivos (Miall, Weir & Stein, 1993).

Na verdade, as tarefas motoras balísticas são aquelas que mais são prejudicadas pela intermitência de controle consciente, uma vez que muitas tarefas dessa categoria são executadas com tempos de movimento inferiores ao tempo de reação, o que exige que a resposta seja completamente pré-programada, não sendo passível de correções em função da informação de "feedback". A mesma limitação se impõe à fase final de respostas de precisão com tempos de movimento maiores, o que corresponde dizer que a fase final de execução dessas tarefas é efetivada em circuito aberto de processamento de "feedback" e, portanto, refratária a correções durante sua execução.

Essa limitação na velocidade neural de controle pode impor sérias restrições à precisão de respostas à medida que o objeto móvel adquire velocidades relativamente altas. Em condições experimentais, por exemplo, têm sido empregadas tarefas sincronizatórias com velocidade de bola atingindo $22,4 \text{ m.s}^{-1}$ em tarefa relacionada ao "basebol" (Dunham, 1989; Dunham & Reeve, 1990) e 30 m.s^{-1} em tarefa relacionada ao críquete (McLeod, 1987). Essas velocidades de deslocamento de um estímulo visual são uma amostra das velocidades observadas em situações onde se exige mais da antecipação temporal, o que representa respectivamente 4,5 e 6,0 m de extensão da trajetória da bola, na fase pré-contato, em que a informação visual a princípio seria de pouca utilidade considerando-se um tempo de reação visual de 200 ms.

Uma análise mais detalhada dos estudos acima citados, no entanto, revela diferenças críticas sobre o uso de informação visual em tarefas sincronizatórias com diferentes níveis de incerteza. Nos experimentos de Dunham (1989) e Dunham & Reeve (1990) a tarefa consistia em elevar o braço, acionando uma célula fotoelétrica, no momento em que uma bola lançada por máquina passasse sobre um local pré-determinado. O sujeito observava toda a trajetória da bola, cuja variação era determinada apenas por forças naturais como gravidade e resistência do ar, tornando o evento bastante previsível. Já no experimento de McLeod (1987) a bola contactava um solo irregular à frente do rebatedor, o que tornava a trajetória final da bola altamente imprevisível em boa parte das tentativas. Os resultados mostraram que na condição de baixa incerteza (experimentos de Dunham, 1989; e Dunham & Reeve, 1990) os sujeitos não apresentaram piora de execução quando a velocidade da bola foi elevada de $15,7 \text{ m.s}^{-1}$ para $22,4 \text{ m.s}^{-1}$ ao passo que a incerteza produzida pelo contato da bola com um terreno irregular no experimento de McLeod (1987) impediu que os sujeitos conseguissem rebater a bola quando o seu contato com o solo ocorria a menos de 200 ms do tempo para o contato com o bastão²

A comparação desses resultados sugere um uso qualitativamente diferenciado da informação visual em função da quantidade de incerteza presente em cada situação. Nas condições em que se pode

acompanhar a trajetória da bola e perceber um padrão de deslocamento, na ausência de variações inesperadas, o sujeito é capaz de prever com alguma precisão quando e onde a bola chegará, o que torna os sinais sensoriais da fase pré-interceptação relativamente redundantes. Uma possível estratégia de controle do sistema visomotor para lidar com tarefas envolvendo rápidos deslocamentos de objetos a serem interceptados é tirar proveito dessa redundância do sinal visual, utilizando-os de forma mais confirmatória do que informativa, levando a uma diminuição do período de latência para o uso de informação visual. No caso de situações com alta incerteza o sistema sensório-motor não teria essa estratégia disponível, tendo que utilizar um sinal com mínima redundância, estando assim sujeito a um período de latência mais prolongado (cf. Carlton, 1981; Zelaznik, Hawkins & Kisselburgh, 1983, para períodos de latência reduzidos em condições de baixa incerteza em tarefas envolvendo precisão espacial).

Uma vez que o período de latência para a utilização de aferência visual é crítico para a determinação da magnitude dos intervalos de intermitência no controle de atos motores, esse estudo possui como propósito a comparação do tempo de reação visual (TRV), estimado a partir do paradigma clássico de incerteza temporal, com o período de latência para uso de informação visual referente a um estímulo em deslocamento possuindo velocidade e trajetória constantes, condição que coloca à disposição do sujeito uma redundância de sinal que não está presente na tarefa anterior. Como existem diversas variáveis que influenciam o TRV, tais como intensidade do sinal luminoso (Niemi & Lehtonen, 1982; Osaka & Yamamoto, 1978), modalidade do sinal preparatório (Letourneau, Denis & Londorf, 1986), e área de iluminação do sinal luminoso (Teichner & Krebs, 1972), procurou-se igualar as características sensoriais e motoras de ambas as tarefas para que apenas a incerteza temporal variasse de uma condição para outra.

MÉTODO

Sujeitos

Participaram como sujeitos 26 alunos (13 do sexo masculino e 13 do sexo feminino) da Escola de Educação Física da Universidade de São Paulo (EEF-USP). A faixa etária foi de 17 a 30 anos de idade ($M = 22,5$; $SD \pm 3,1$). Todos relataram possuir visão normal. A participação foi voluntária, de forma que os sujeitos não receberam crédito em disciplina ou remuneração por sua participação.

Instrumento e tarefa

O instrumento utilizado foi o Bassin Anticipation Timer (Modelo 50-575 da Lafayette Instrument, EUA), constituído por uma estrutura metálica de 152 cm de comprimento, 8,5 cm de largura e 6,5 cm de altura. Essa estrutura metálica suporta 32 diodos emissores de luz (DELs), dispostos em seqüência sobre seu eixo longitudinal mediano, abrangendo uma distância de 143 cm entre o primeiro e o último DEL, com intervalos de 4,5 cm entre eles. O acendimento seqüenciado dos DELs gera a percepção de movimento do estímulo luminoso, que é controlado por um dispositivo eletrônico capaz de regular a velocidade de deslocamento aparente do estímulo, e o intervalo entre o sinal preparatório (acendimento do primeiro DEL) e o início do deslocamento aparente. O aparelho registra o desempenho em cada tentativa, indicando a diferença em milissegundos entre o acendimento do último DEL da seqüência e o acionamento do interruptor ligado ao final da estrutura metálica.

Para o teste de tempo de reação visual (TRV) o aparelho foi colocado horizontal e frontalmente ao sujeito, com apenas o primeiro DEL (sinal preparatório) e os últimos 54 cm da seqüência expostos à visão. A porção intermediária (89 cm) foi ocluída com papel cartão preto, tornando indisponível a visão do estímulo luminoso nessa porção da trajetória (FIGURA 1a).

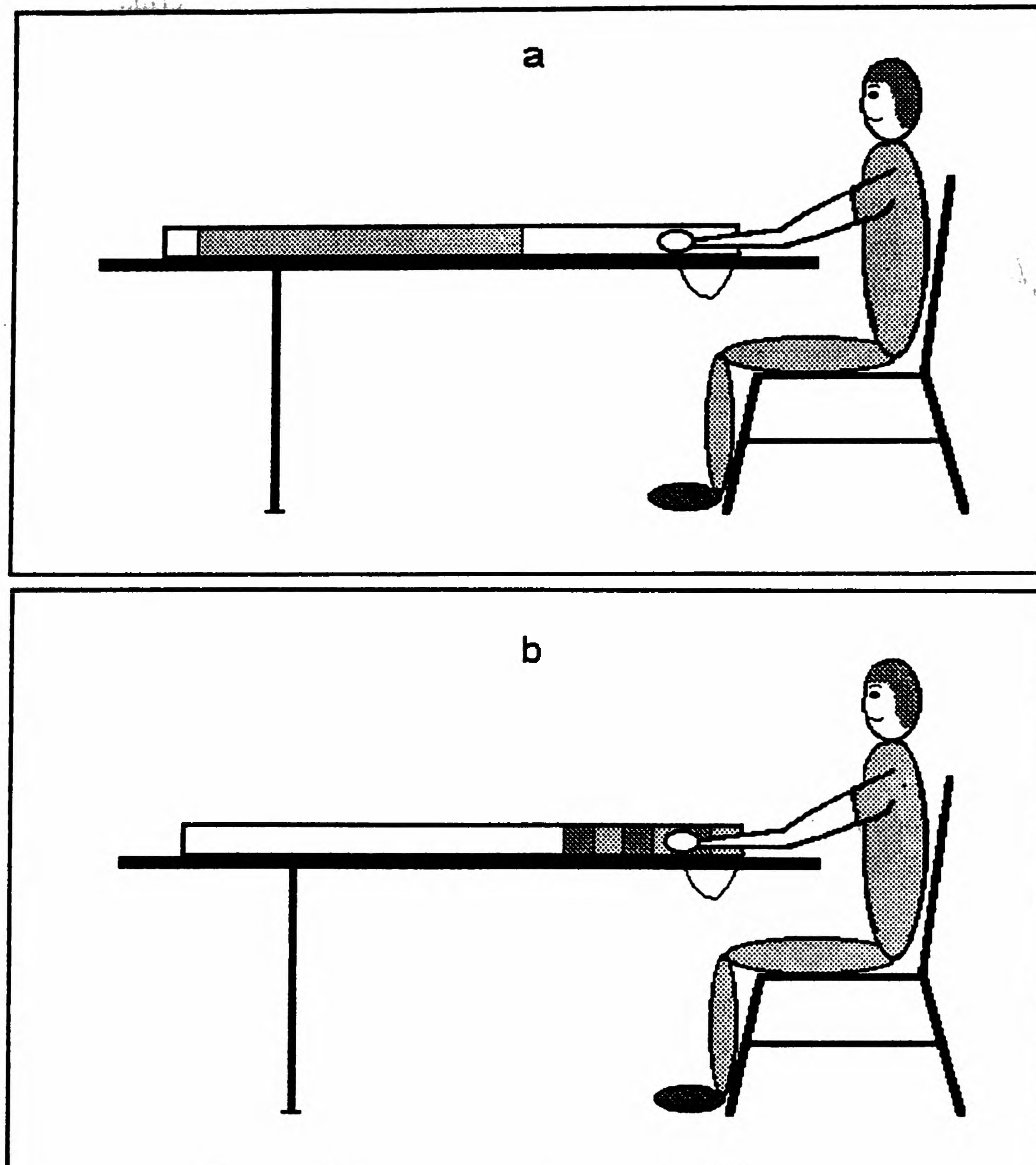


FIGURA 1 - Representação das tarefas de a) tempo de reação visual e b) sincronizatória, com as respectivas porções de oclusão da trajetória do estímulo luminoso.

A velocidade de deslocamento aparente foi alternada pseudo-aleatoriamente entre 134 cm.s^{-1} , 224 cm.s^{-1} e 313 cm.s^{-1} durante a série de tentativas, o que corresponde respectivamente a intervalos de oclusão de 664 ms, 396 ms e 284 ms entre o acendimento do primeiro DEL e o aparecimento do estímulo luminoso após sua passagem pela porção ocluída da trajetória. Tal procedimento tornou imprevisível o tempo de aparecimento do estímulo, dificultando a antecipação por parte do sujeito. Nestas condições a tarefa do sujeito consistia em acionar o interruptor, mantido em sua mão de preferência, colocada próxima ao último DEL da seqüência, o mais rapidamente possível ao detectar o surgimento do estímulo visual.

Na segunda parte do experimento, a tarefa consistia em sincronizar o acionamento do interruptor, seguro na mão de preferência do sujeito ao lado do final do trilho, com o acendimento do último DEL da seqüência. A tarefa foi executada com uma velocidade fixa de deslocamento aparente do estímulo visual de 224 cm.s^{-1} com diferentes extensões da porção final da trajetória do estímulo visual ocluídas: a) oclusão dos últimos 54 cm, equivalente a 242 ms (396 ms de exposição visual); b) oclusão dos últimos 45 cm, equivalente a 201 ms (437 ms de exposição visual); c) oclusão dos últimos 36 cm, equivalente a 161 ms (477 ms de exposição visual); d) oclusão dos últimos 27 cm, equivalente a 121 ms (517 ms de exposição visual); e) oclusão dos últimos 18 cm, equivalente a 81 ms (557 ms de exposição visual); f) oclusão dos últimos 9 cm, equivalente a 40 ms (598 ms de exposição visual), e g) sem oclusão (visibilidade completa; 638 ms de exposição visual) (FIGURA 1b). Para que o sujeito soubesse onde se encontrava o DEL critério, havia uma marca vermelha circular tridimensional, não iluminada, sobre o último DEL.

Procedimentos

Os sujeitos foram informados sobre os objetivos e procedimentos a que seriam submetidos durante o transcorrer da experimentação, através da leitura e assinatura de um formulário de consentimento. Logo após, receberam explicações sobre a tarefa de TRV, onde foi enfatizado que, ao detectar o estímulo luminoso após o anteparo de oclusão, deveriam reagir o mais rapidamente possível. Também foi enfatizado que não deveriam tentar antecipar o surgimento do estímulo, mas caso acionassem o interruptor antes do momento correto deveriam comunicar ao experimentador.

Uma vez completadas as instruções, o ambiente era levemente escurecido, a fim de aumentar a visibilidade do estímulo luminoso. Antes das tentativas válidas para mensuração, eram realizadas seis tentativas (duas tentativas em cada velocidade de estímulo) para familiarização do sujeito com a tarefa e certificação de que havia entendido as instruções, utilizando-se como seqüência o final da série empregada no teste propriamente dito. Imediatamente após, foi realizada uma seqüência de 30 tentativas, com 10 tentativas em cada velocidade. A seqüência de velocidades foi pseudo-aleatorizada, através de sorteio, impondo-se a restrição de que duas tentativas com mesma velocidade de estímulo não fossem feitas consecutivamente. A mesma seqüência de velocidades de estímulo foi adotada para todos os sujeitos, com um intervalo intertentativas de aproximadamente 7,5 s. Em cada tentativa o sujeito recebia um sinal preparatório verbal, que era sucedido por outro sinal preparatório visual (acendimento do primeiro DEL por 1 s), e após um período variável o estímulo luminoso surgia depois do anteparo de oclusão.

Como a medida do tempo de reação pode ser bastante distorcida pelas tentativas em que o sujeito tenta antecipar o surgimento do estímulo, ou naquelas tentativas em que a devida atenção não é dirigida à execução da tarefa, foram utilizados três critérios para a repetição de tentativas. As tentativas eram refeitas imediatamente quando: a) o sujeito comunicava a antecipação; b) o experimentador, observando a execução, percebia que o interruptor tinha sido acionado antes do surgimento do estímulo; ou c) o resultado obtido era considerado muito acima ou muito abaixo dos desempenhos anteriores. Ao final da série conferia-se os resultados, e detectando-se um desempenho discrepante em uma ou mais tentativas estas eram refeitas.

Os 54 cm finais em que a informação visual estava disponível correspondem, respectivamente para as velocidades de deslocamento baixa, intermediária e alta, aos seguintes tempos para o estímulo luminoso atingir o DEL critério: 403 ms, 241 ms e 173 ms. Como o instrumento fornece a discrepância entre o tempo de iluminação do DEL critério e o tempo de acionamento do interruptor, acrescentando-se o tempo de deslocamento visível do estímulo luminoso ao respectivo valor obtido em cada tentativa, calculou-se o período de latência para a reação ao estímulo visual.

Após um intervalo de repouso de cinco minutos, os sujeitos passaram à segunda parte do experimento, sendo submetidos às diferentes condições de disponibilidade de informação visual na tarefa sincronizatória. A seqüência de condições de visibilidade foi contrabalançada entre os sujeitos, com a finalidade de se evitar um possível efeito de aprendizagem durante o teste. Como o número de combinações das condições de visibilidade excede o número de sujeitos utilizados, cada sujeito foi submetido a uma seqüência particular. O estabelecimento dessas seqüências foi pseudo-aleatorizado, utilizando-se a técnica de sorteio, com a restrição de que cada seqüência poderia ser efetuada por somente um único sujeito.

O sujeito sentava-se de frente para o instrumento, com o interruptor seguro na mão de preferência, ao lado dos últimos DELs da seqüência. Novas instruções eram dadas, enfatizando-se a diferença da nova tarefa, que agora requeria não mais uma reação rápida mas uma resposta ajustada

temporalmente ao estímulo visual. Novamente a sala era levemente escurecida e, antes de iniciarem as tentativas válidas para registro, realizavam sete tentativas para familiarização com a nova tarefa (uma tentativa em cada condição visual), na seqüência que posteriormente seria utilizada para o registro do desempenho. Foi fornecido conhecimento de resultados, com precisão de milissegundos, imediatamente após cada uma dessas tentativas.

Uma vez que o experimentador estivesse certificado de que o sujeito tinha compreendido a tarefa e que estava familiarizado com a mesma tinha início a seqüência de tentativas válidas para registro, com a execução de 10 tentativas na primeira condição visual. Essas 10 tentativas eram sucedidas por outras 10 na condição visual seguinte, e assim por diante até que fossem executadas as 10 tentativas da última condição visual, completando um total de 70 tentativas válidas para registro. Durante a realização dessas tentativas não foi fornecido conhecimento de resultados. O intervalo intertentativas foi de aproximadamente 7,5 s, exceto nas mudanças de condição visual, onde esse intervalo foi um pouco superior (entre 10 e 15 s).

As instruções dadas no início do experimento enfatizaram a importância de se tentar obter o desempenho mais preciso possível em cada execução e, conseqüentemente, a importância de se manter a atenção durante todo o transcorrer do experimento.

RESULTADOS

Tempo de reação visual

Os resultados aqui apresentados correspondem ao desempenho de 25 sujeitos, uma vez que um dos sujeitos (sexo feminino) foi eliminado do experimento por apresentar um desempenho médio muito discrepante do grupo. Uma "filtragem" dos dados foi feita através de um critério estatístico, eliminando-se os valores que ficaram dois desvios padrão abaixo ou acima da média individual em cada velocidade. Esse procedimento resultou na anulação de sete tentativas na velocidade de 134 cm.s^{-1} , oito tentativas na velocidade de 224 cm.s^{-1} e oito tentativas na velocidade de 313 cm.s^{-1} o que equivale a 3% das tentativas realizadas. Cinco sujeitos tiveram duas tentativas canceladas (média individual calculada com base em 28 tentativas), 13 tiveram uma tentativa cancelada (média individual calculada com base em 29 tentativas), e os sete restantes não tiveram nenhuma tentativa cancelada (média individual calculada com base nas 30 tentativas). A análise dos resultados indicou um tempo de reação visual médio de 208 ms, com desvio padrão de 15,4 ms.

Tarefa sincronizatória

Para se analisar o efeito da extensão de oclusão da porção final da trajetória, foi efetuada uma análise de variância de um fator (Condição visual) com medidas repetidas. O nível de significância foi estabelecido em 5%.

A análise estatística foi conduzida para duas variáveis dependentes: erro absoluto (medida de precisão temporal do desempenho), e erro variável (medida de consistência do desempenho). A análise da precisão de desempenho mostrou que todas as condições de visibilidade conduziram a um mesmo nível de "performance" uma vez que a análise de variância não indicou diferença significativa [$F(6,144) = 0,41$]. O gráfico apresentando média e desvio padrão (FIGURA 2a) reforça a conclusão extraída a partir da análise inferencial, mostrando uma grande similaridade de desempenho entre as condições visuais.

A consistência de desempenho mostrou um comportamento semelhante àquele da precisão, com as diferentes condições de visibilidade levando à mesma variância de desempenho. Essa conclusão parece bastante confiável, à medida que tanto o valor não significativo obtido na análise de variância [$F(6,144) = 1,42$] quanto a observação da análise descritiva (ver FIGURA 2b) indicam uma grande semelhança entre os desempenhos nas várias condições de visibilidade.

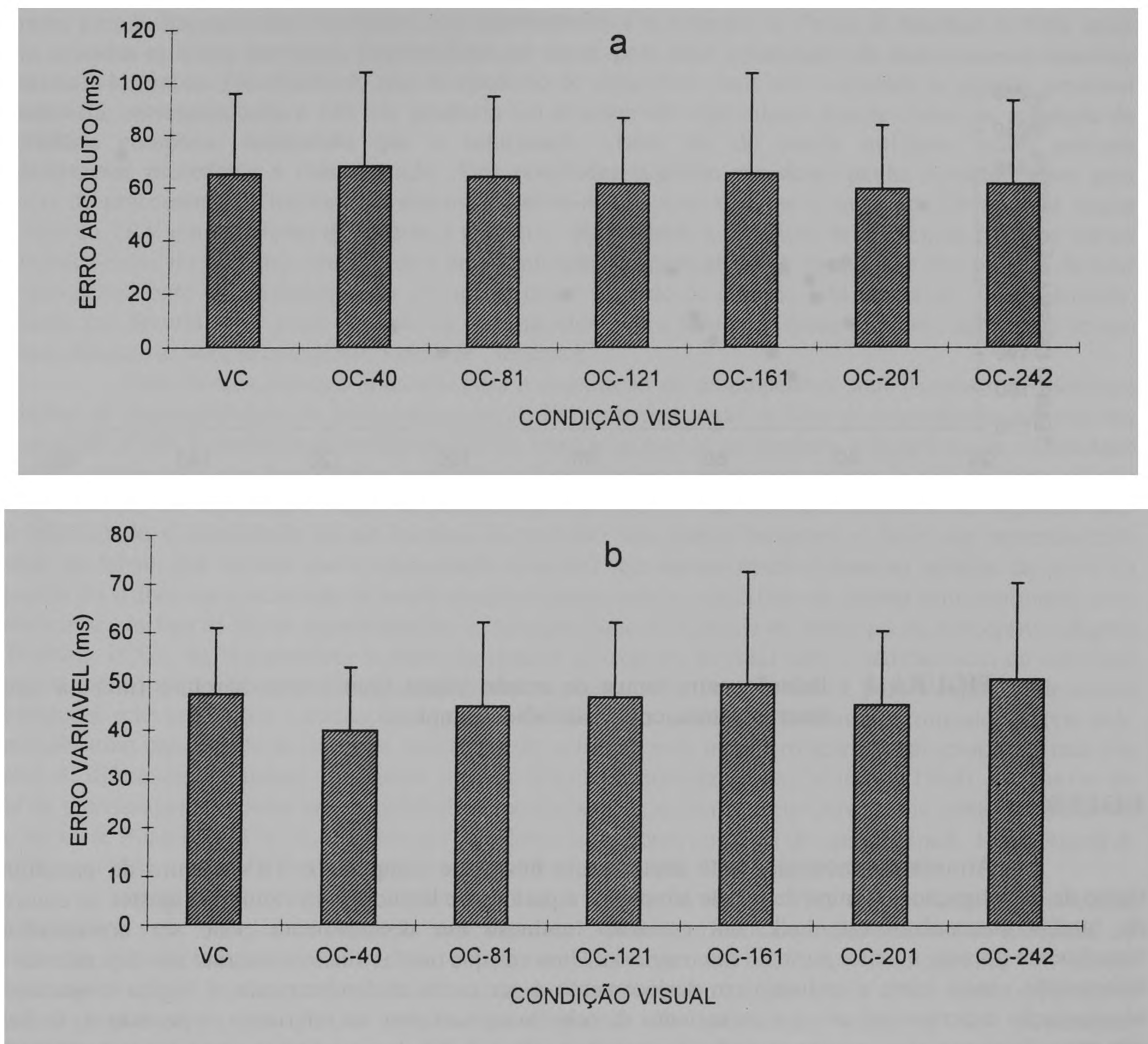


FIGURA 2 - Erros a) absoluto e b) variável (ms), com os respectivos desvios padrão (barras verticais), em cada condição visual na tarefa sincronizatória; visibilidade completa (VC) até oclusão de 242 ms da porção final da trajetória do estímulo (OC-242).

Considerando-se que o tempo de reação é um dos principais fatores a limitar a extração de informação visual para o controle de tarefas sincronizatórias, seria de se esperar que, caso os sujeitos conseguissem converter uma disponibilidade extra de informação visual em melhoria de desempenho, os menores períodos de latência para se reagir a sinais visuais deveriam estar associados a desempenhos

superiores. Para testar essa hipótese foi efetuado o teste de correlação de Pearson entre o TRV e o desempenho na tarefa sincronizatória em condição de visibilidade completa, resultando em um $r = 0,198$ ($r^2 = 0,039$). Isto é, os dois fatores mostraram possuir aproximadamente 4% de variância em comum, indicando uma associação extremamente fraca (ver FIGURA 3). Assim, apesar de ter sido observada entre os sujeitos uma diferença de TRV de até 50 ms, parece que esse período adicional em que o estímulo pôde ser observado antes de se acionar o interruptor não foi aproveitado para obtenção de um melhor desempenho.

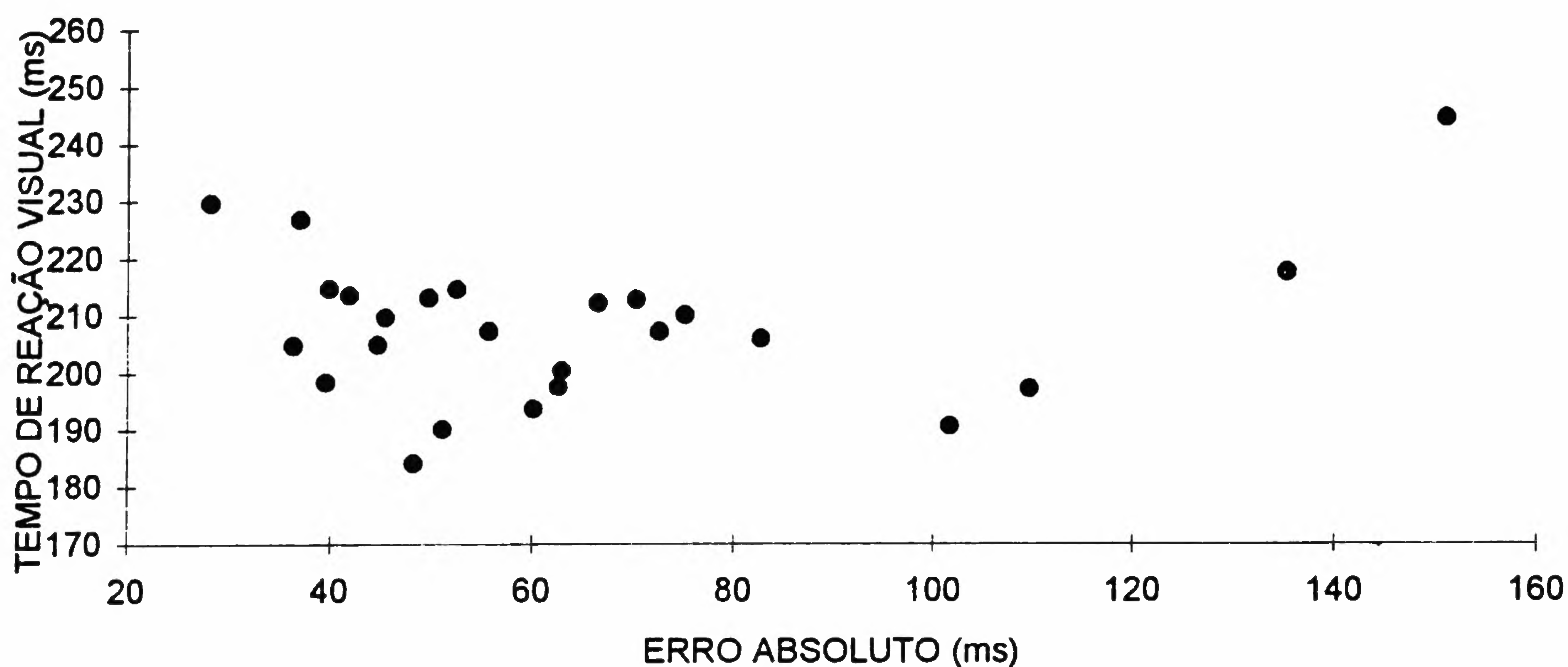


FIGURA 3 - Relação entre tempo de reação visual (ms) e erro absoluto (ms) na tarefa sincronizatória com visibilidade completa.

DISCUSSÃO

Através da execução deste experimento buscou-se comparar o TRV, dentro do paradigma típico de investigação do tempo de reação simples, e o período de latência para efetuar-se ajustes no controle de tarefas sincronizatórias, onde um estímulo luminoso em deslocamento pôde ser acompanhado visualmente durante a maior parte de sua trajetória. Uma vez que tarefas sincronizatórias são dependentes de informação visual sobre o estímulo em deslocamento a ser contatado/interceptado, a lógica subjacente à manipulação experimental era que os períodos de oclusão equivalentes ou inferiores ao período de latência não prejudicariam o desempenho em relação à condição de visibilidade completa, enquanto que as condições visuais com oclusão superior ao período de latência conduziriam a um declínio de desempenho, indicando assim o TRV aproximado para o controle dessa tarefa motora.

Os resultados do teste de TRV mostraram-se compatíveis com achados anteriores (p.e., Keele & Posner, 1968), corroborando o valor de aproximadamente 200 ms como o período de latência mínimo para se reagir a um estímulo visual em condição de incerteza temporal. Entretanto, a variação das condições visuais partindo-se de visibilidade completa até a oclusão dos 242 ms finais da trajetória do estímulo não produziram qualquer alteração do desempenho, tanto em termos de precisão quanto de consistência.

Diversas investigações têm evidenciado o efeito deletério da redução da disponibilidade de informação visual no controle de tarefas que possuem um forte componente temporal, como agarrar ou rebater uma bola em deslocamento. Em tarefas motoras desse tipo tem sido mostrado que a oclusão de parte da trajetória (Alderson & Whiting, 1974; DeLucia & Cochran, 1985; Dorfman, 1977; Wade, 1980; Whiting & Sharp, 1974), redução do período de observação (Nessler, 1973; Whiting, Gill & Stephenson, 1970).

assim como a interação entre os dois fatores (Sharp & Whiting, 1974, 1975), na interceptação de um objeto, leva a um pior desempenho quando comparado à condição de visibilidade completa. Contudo, parece haver determinadas condições de menor demanda perceptiva em que a redução de disponibilidade de informação visual não provoca alteração do desempenho. Evidências empíricas a esse fenômeno foram apresentadas por Whiting (1968) e Lamb & Burwitz (1988), onde foi observado um desempenho inalterado em tarefas de agarrar bolas com visibilidade parcial de sua trajetória em relação à visibilidade completa. De particular interesse para a discussão dos resultados aqui apresentados é o trabalho de Payne & Michael (1990), onde foram ocluídos os terços proximal, intermediário ou distal, para duas velocidades de deslocamento aparente do estímulo luminoso. Foi observado que na condição de velocidade mais alta a oclusão da porção proximal da trajetória, correspondendo a 220 ms, produziu um desempenho equivalente àquele obtido na condição de visibilidade completa, mostrando que a informação visual foi de pouca utilidade nesse período imediatamente precedente à interceptação. Tais resultados sugerem um desempenho limitado mais pela latência de processamento inerente ao sistema sensorio-motor, uma vez que o valor de 220 ms está muito próximo do TRV em condições de incerteza temporal. No entanto, a ausência de diferenças entre as várias condições visuais no presente estudo indica uma limitação primariamente da capacidade dos sujeitos de tirar proveito dessa fonte de aferência, uma vez que o maior período de oclusão está acima do TRV estimado, condição que deveria levar a um declínio de desempenho caso a limitação fosse referente apenas ao tempo mínimo necessário para se completar o ciclo de "feedback"

Dois fatores parecem interagir para a explicação de desempenhos semelhantes em diferentes condições de disponibilidade de informação visual. Em primeiro lugar, a falta de experiência dos sujeitos com a tarefa aliada à ausência de conhecimento de resultados parece ter anulado o benefício da visibilidade completa, produzindo um desempenho impreciso e inconsistente o bastante a ponto de não ter sido afetado pela diminuição da informação visual na porção final da trajetória do estímulo luminoso. O segundo fator está relacionado à capacidade do ser humano de perceber um padrão temporal e fazer sua representação mental, de forma que mesmo que a estimulação sensorial seja interrompida (como na oclusão de parte da trajetória do trilha) um executante de tarefa sincronizatória tem a capacidade de ajustar temporalmente seus movimentos em função de tal representação. Essa capacidade é chamada de antecipação perceptiva (depois de Poulton, 1952a, b), e representa o poder do sistema perceptivo de lidar com a redundância de um sinal sensorial, permitindo a liberação dos principais sistemas sensoriais, como o visual, para a captação de outras informações relevantes para a execução da tarefa. De fato, não apenas em tarefas sincronizatórias tem sido observada uma capacidade de controle relativamente refinada sem monitorização visual contínua, mas em tarefas de diferentes naturezas, tais como: agarrar (Lamb & Burwitz, 1988; Whiting, 1968), estimativa do local de aterrissagem de bolas em modalidades esportivas onde se usa raquete (Abernethy 1988, 1989, 1990; Abernethy & Russell, 1987a, b), rebatida por jogadores habilidosos em tênis de mesa (Ripoll, 1989; Ripoll & Fleurance, 1988), e controle locomotor (Laurent & Thomson, 1988; Thomson, 1980, 1983).

Além dos fatores acima expostos, a baixa correlação entre o TRV e o desempenho na tarefa sincronizatória com visibilidade completa indica que os menores períodos de indisponibilidade funcional de informação visual (menores TRVs) não estiveram associados aos melhores desempenhos na tarefa sincronizatória. Esse fato vem reforçar a idéia de que o executante no estágio inicial de aprendizagem não é capaz de aproveitar uma parcela relativamente grande da informação visual à sua disposição, particularmente aquela imediatamente anterior à "interceptação" a fim de tornar seu desempenho o mais preciso possível. Em estudo subsequente³ foi observado que o aproveitamento de informação visual é um fenômeno dependente de prática prévia da tarefa, com diminuição do período de latência à medida que o executante aumenta a quantidade de prática, de tal forma que um desempenho originalmente não perturbado com a oclusão de até 302 ms após extensa quantidade de prática passou a ser prejudicado com a oclusão de apenas 101 ms. Essa capacidade de reduzir o período de latência para uso de informação visual em função da aprendizagem pode estar por trás de períodos de latência tão reduzidos quanto aqueles encontrados por Carlton (1981) e Zelaznik et alii (1983) - entre 100 e 135 ms - em tarefas de contatação de um alvo fixo, visto que se trata de tarefas motoras realizadas em ambiente estável e bastante semelhantes à diversas tarefas efetuadas usualmente pela maioria das pessoas, como estender o braço para tocar ou agarrar um objeto. Torna-se possível assim alguma transferência de controle para a tarefa experimental, o que resulta num grau de incerteza inferior em relação à tarefa empregada no presente estudo, e maximiza a capacidade de tirar proveito da redundância dos sinais aferentes.

Em conjunto, esses resultados sugerem que o aproveitamento de informação visual no controle de tarefas sincronizatórias, no início da aquisição da habilidade, é limitado mais por fatores funcionais do que estruturais. Isto é, o uso de sinais aferentes no controle de movimentos certamente é limitado pelo atraso de condução de impulsos neurais inerente à estrutura física do sistema sensório-motor. No entanto, a conversão de sinais ópticos em comandos eferentes, ajustados temporalmente ao deslocamento do estímulo, parece ser mais dependente da capacidade do sistema sensório-motor de tirar proveito do fluxo aferente à sua disposição, integrando-o ao fluxo eferente de comandos motores. Tal capacidade mostrou-se muito pouco desenvolvida neste estágio inicial de aprendizagem.

ABSTRACT

LATENCY PERIODS FOR USING VISUAL INFORMATION IN CONDITIONS OF LOW AND HIGH TEMPORAL UNCERTAINTY

The latency period for using visual information in the execution of motor tasks was investigated in two experimental conditions, differing in regard to temporal uncertainty. At the first condition the subjects ($n = 25$) were submitted to a series of trials in which they had to respond as fast as possible to the appearance of a bright signal, within a typical simple reaction time paradigm. After a resting interval, the same subjects were tested in an anticipatory timing task, in which a hand-held switch had to be pressed simultaneously with the lighting up of the last diode of a sequence simulating a stimulus displacement. Seven visual conditions were used in the anticipatory timing task, ranging from full vision of the signal displacement to occlusion of the last 242 ms. The results indicated a visual reaction time equal to 208 ms, while at the anticipatory timing task the occluding periods used were not sufficient to bring about a performance decline, regarding the full vision condition. These results suggest a visual information use in anticipatory timing tasks being limited more by functional than structural aspects of the visuomotor system.

UNITERMS: Use of visual information; Visual reaction time; Anticipatory timing.

NOTAS

1. Como a reação só pode ser detectada a partir do início do movimento, sempre há uma pequena parte do tempo de movimento embutida nesta medida, cuja extensão depende da sensibilidade do instrumento sendo utilizado.
2. O que tem sido mostrado, de fato, é que em tarefas sincronizatórias as velocidades mais baixas são aquelas que induzem ao pior desempenho (Dunham & Reeve, 1990; Haywood, 1977, 1983; Payne & Michael, 1990; Teixeira, Santos & Andreysuk, 1992).
3. L.A. TEIXEIRA, Visuomotor integration in anticipatory timing tasks. /em preparação/

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABERNETHY, B. The effects of age and expertise upon perceptual skill development in a racquet sport. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, v.59, n.3, p.210-21, 1988.
- _____. Expert-novice differences in perception: how expert does the expert have to be? *Canadian Journal of Sport Science*, v.14, n.1, p.27-30, 1989.
- _____. Expertise, visual search, and information pick-up in squash. *Perception*, v.19, p.63-77, 1990.
- ABERNETHY, B.; RUSSELL, D.G. Expert-novice differences in an applied selective attention task. *Journal of Sport Psychology*, v.9, p.326-45, 1987a.
- _____. The relationship between expertise and visual search strategy in a racquet sport. *Human Movement Science*, v.6, p.283-319, 1987b.
- ALDERSON, G.J.K.; WHITING, H.T.A. Prediction of linear motion. *Human Factors*, v.16, n.5, p.495-502, 1974.

- CARLTON, L.G. Processing visual feedback information for movement control. **Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance**, v.7, n.5, p.1019-30, 1981.
- CORDO, P.J.; FLANDERS, M. Sensory control of target acquisition. **Trends in Neurosciences**, v.12, n.3, p.110-7, 1989.
- CRAIK, K.J.W. Theory of the human operator in control systems I: the operator as an engineering system. **The British Journal of Psychology**, v.38, n.2, p.56-61, 1947.
- _____. Theory of the human operator in control systems II: man as an element in a control system. **The British Journal of Psychology**, v.38, n.3, p.142-8, 1948.
- DeLUCIA, P.R.; COCHRAN, E.L. Perceptual information for batting can be extracted throughout a ball's trajectory. **Perceptual and Motor Skills**, v.61, p.143-50, 1985.
- DORFMAN, P.W. Timing and anticipation: a developmental perspective. **Journal of Motor Behavior**, v.9, n.1, p.67-79, 1977.
- DUNHAM, P. Coincidence-anticipation performance of adolescent baseball players and nonplayers. **Perceptual and Motor Skills**, v.68, p.1151-6, 1989.
- DUNHAM, P.; REEVE, J. Sex, eye preference and speed of stimulus effect on anticipation of coincidence. **Perceptual and Motor Skills**, v.71, p.1171-6, 1990.
- FLANDERS, M.; CORDO, P.J.; ANSON, J.G. Interaction between visually and kinesthetically triggered voluntary responses. **Journal of Motor Behavior**, v.18, n.4, p.427-48, 1986.
- HAYWOOD, K.M. Eye movements during coincidence-anticipation performance. **Journal of Motor Behavior**, v.9, n.4, p.312-8, 1977.
- _____. Response to speed changes in coincidence-anticipation judgements after extended practice. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, v.54, n.1, p.28-32, 1983.
- KEELE, S.W.; POSNER, M.I. Processing of visual feedback in rapid movements. **Journal of Experimental Psychology**, v.77, n.1, p.155-8, 1968.
- LAMB, K.L.; BURWITZ, L. Visual restriction in ball-catching: a re-examination of early findings. **Journal of Human Movement Studies**, v.14, p.93-9, 1988.
- LAURENT, M.; THOMSON, J.A. The role of visual information in control of a constrained locomotor task. **Journal of Motor Behavior**, v.20, n.1, p.17-37, 1988.
- 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.66, n.2, p.667-74, 1986.
- McLEOD, P. Visual reaction time and high-speed ball games. **Perception**, v.16, p.49-59, 1987.
- MIALL, R.C.; WEIR, D.J.; STEIN, J.F. Intermittency in human manual tracking tasks. **Journal of Motor Behavior**, v.25, n.1, p.53-63, 1993.
- NESSLER, J. Length of time necessary to view a ball while catching it. **Journal of Motor Behavior**, v.5, n.3, p.179-85, 1973.
- NIEMI, P.; LEHTONEN, E. Foreperiod and visual stimulus intensity: a reappraisal. **Acta Psychologica**, v.50, p.73-82, 1982.
- OSAKA, N.; YAMAMOTO, M. VEP latency and RT as power functions of luminance in the peripheral visual field. **Electroencefalography and Clinical Neurophysiology**, v.44, n.6, p.785-8, 1978.
- PAYNE, V.G.; MICHAEL, D. Effects of location of stimulus occlusion, stimulus velocity, and gender on coincidence-anticipation timing performance. **Journal of Human Movement Studies**, v.18, n.1, p.243-50, 1990.
- POULTON, E.C. The basis of perceptual anticipation in tracking. **British Journal of Psychology**, v.43, n.4, p.295-302, 1952a.
- _____. Perceptual anticipation in tracking with two-pointer and one-pointer displays. **British Journal of Psychology**, v.43, n.3, p.222-9, 1952b.
- RIPOLL, H. Uncertainty and visual strategies in table tennis. **Perceptual and Motor Skills**, v.68, p.507-12, 1989.
- RIPOLL, H.; FLEURANCE, P. What does keeping one's eye on the ball mean? **Ergonomics**, v.31, n.11, p.1647-54, 1988.
- SHARP, R.H.; WHITING, H.T.A. Exposure and occluded duration effects in a ball-catching skill. **Journal of Motor Behavior**, v.6, n.3, p.139-47, 1974.
- _____. Information-processing and eye movement behavior in a ball catching skill. **Journal of Human Movement Studies**, v.1, p.124-31, 1975.
- TEICHNER, W.H.; KREBS, M.J. Laws of simple reaction time. **Psychological Review**, v.79, n.4, p.344-58, 1972.
- TEIXEIRA, L.A.; SANTOS, V.A.; ANDREYSUK, R. Tarefas que envolvem timing antecipatório: seriam as velocidades mais baixas as mais fáceis para sincronizar? **Revista Paulista de Educação Física**, v.6, n.2, p.21-8, 1992.
- THOMSON, J.A. How do we use visual information to control locomotion? **Trends in Neurosciences**, v.3, n.10, p.247-50, 1980.

- _____. Is continuous visual monitoring necessary in visually guided locomotion? **Journal of Experimental Psychology**, v.9, n.3, p.427-43, 1983.
- WADE, M.G. Coincidence anticipation of young normal and handicapped children. **Journal of Motor Behavior**, v.12, n.2, p.103-12, 1980.
- WEISS, A.D. The locus of reaction time change with set, motivation and age. **Journal of Gerontology**, v.20, p.60-4, 1965.
- WHITING, H.T.A. Training in a continuous ball throwing and catching task. **Ergonomics**, v.11, n.4, p.375-82, 1968.
- WHITING, H.T.A.; GILL, E.B.; STEPHENSON, J.M. Critical time intervals for taking in flight information in a ball-catching task. **Ergonomics**, v.13, n.2, p.265-72, 1970.
- WHITING, H.T.A.; SHARP, R.H. Visual occluding factors in a discrete ball-catching task. **Journal of Motor Behavior**, v.6, n.1, p.11-6, 1974.
- WILKINSON, R.T.; ALLISON, S. Age and simple reaction time: decade differences for 5,325 subjects. **Journal of Gerontology**, v.22, n.2, p.29-35, 1989.
- ZELAZNIK, H.N.; HAWKINS, B.; KISSELBURGH, L. Rapid visual feedback processing in single-aiming movements. **Journal of Motor Behavior**, v.15, n.3, p.217-36, 1983.

Recebido para publicação em: 23 ago. 1995

1a. revisão em: 20 out. 1995

2a. revisão em: 22 nov. 1995

Aceito em: 23 nov. 1995

ENDEREÇO: Luis Augusto Teixeira
Av. Prof. Mello Moraes, 65
05508-900 - São Paulo - SP - BRASIL