

**ABORDAGENS COGNITIVA (PROCESSAMENTO DE  
INFORMAÇÕES) E ECOLÓGICA NA AÇÃO  
INTERCEPTIVA DA PEGADA: UMA REVISÃO**

**COGNITIVE (INFORMATION PROCESSING) AND  
ECOLOGICAL APPROACHES ON CATCHING: A REVIEW**

G.P.J.Savelsbergh<sup>1</sup>, H.T.A.Whiting<sup>1</sup>, J.T.Canfield<sup>2</sup>

Uma revisão de experimentos sobre ações interceptivas (pegada de uma bola com uma das mãos) foi realizada tendo como suporte teórico duas abordagens - a Cognitiva (Processamento de Informações) e a Ecológica. A abordagem Cognitiva procurando determinar experimentalmente a importância de certas variáveis de entrada para o desempenho numa tarefa, entre elas o tempo de visualização, sua extensão, o momento mais adequado de ocorrência, os mecanismos responsáveis pela determinação das trajetórias de voo da bola, o tempo mínimo requerido para seu processamento. A abordagem Ecológica sustentando a hipótese de que toda a informação que o sujeito necessita para interceptar uma bola com sucesso está disponível no *arranjo ótico*.

A review of experiments on interceptive actions (one-handed catching) was done based upon two major approaches - Cognitive (Information Processing) and Ecological. The Cognitive approach trying to experimentally determine the importance of some input variables for task performance, among them, visualization time, its extension, the most adequate moment of occurrence, the mechanisms responsible for determining ball flight trajectories, and minimal processing time required. The Ecological approach hypothesizing that all information the subject needs to intercept successfully a ball is available to him in the *optic array*.

**ABORDAGEM COGNITIVA**

No final dos anos 60, início de 70, Whiting e seus colaboradores estiveram empenhados em elucidar a seguinte questão: é necessário permanecer olhando a bola para o sucesso na pegada? O programa de pesquisa foi dirigido especificamente para o efeito da restrição nas

---

<sup>1</sup>Department of Psychology/Free University of Amsterdam/Holland.

<sup>2</sup>CEFD/Universidade Federal de Santa Maria/Brasil.

oportunidades em captar informações do voo da bola (velocidade, espaço percorrido) no desempenho<sup>3</sup> da pegada.

O que inicialmente pareceu ser uma simples questão, tornou-se complexa, apresentando muito mais implicações teórico-práticas do que havia sido originalmente antecipado.

Em 1974, Alderson, Sully e Sully, no laboratório de Whiting, demonstraram que a pegada de uma bola (a uma velocidade de 10 m/sec) envolve ambas predições, espacial e temporal:

a) orientação espacial ampla (colocar a mão na posição espacial aproximada para a pegada), que ocorre cerca de 200 ms antes da bola tocar a mão, seguida por:

b) orientação fina (ajustamento espacial ótimo para encontrar a bola em aproximação), que ocorre entre 150 e 200 ms antes do contato com a palma da mão, seguida por:

c) pegada e prensão, que ocorre entre 32 e 50 ms antes do contato.

O aspecto mais significativo da análise de Alderson e colaboradores foi em demonstrar o reduzido tempo ( $\pm 30$  ms, àquela velocidade da bola) disponível para realizar uma pegada efetiva.

Fechando os dedos  $\pm 15$  ms mais cedo a bola baterá na ponta ou no dorso destes e afastar-se-á. Fechando os dedos  $\pm 15$  ms mais tarde, a bola baterá na palma da mão, retornando antes que aconteça a ação de pegar.

Em um dos seus primeiros experimentos envolvendo a pegada da bola em voo livre sob condições de visualização restrita, Whiting, Gill e Stephenson (1970) demonstraram um desempenho progressivamente melhor na pegada, com o aumento do tempo de exposição da bola. Entretanto, alguns sujeitos foram capazes de realizar bons desempenhos quando lhes foi permitido ver a bola por apenas  $\pm 100$  ms mais cedo em sua trajetória de voo. As implicações deste estudo não são, entretanto, completamente claras, uma vez que a redução dos períodos de visualização da bola não foram manipulados em relação a sua ocorrência nos diferentes estágios da trajetória.

Sharp, associando-se ao grupo, assinalou ser esta uma questão importante e levantou um questionamento: pelo paradigma experimental utilizado, pode ter acontecido um *efeito de mascaramento* na quantidade de tempo em que a bola foi visualizada e a quantidade de tempo em que ela ficou no escuro - a manipulação experimental de uma, ocasionando automaticamente uma mudança na outra.

Este ponto tornar-se-á mais compreensível se observarmos a Fig. 1, que apresenta uma visão esquematizada do paradigma utilizado nos experimentos a seguir discutidos.

<sup>3</sup>Tradução para "performance".

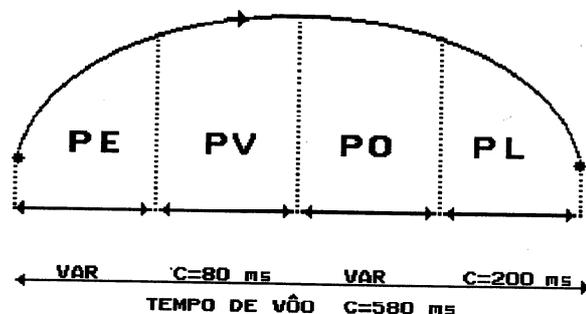


FIG. 1 - PE- período de escuridão; PV- período de visualização; PO- período de oclusão; PL- período de latência; VAR- variável; C- constante.

Numa série de experimentos (Sharp & Whiting, 1974, 1975; Whiting & Sharp, 1974) confirmaram-se estes *efeitos de mascaramento* e ficou também demonstrado que, dentro de certos limites temporais (foram manipulados somente os tempos totais entre 20 ms e 400 ms), o tempo total disponível (uma combinação do período de visualização PV e o período de oclusão PO) foi mais importante do que PV e PO *per se*. Assim, a melhoria do desempenho, dentro destes limites, pode ser conseguido pelo aumento de PV ou PO mantendo-se o tempo total constante. Uma interpretação destes resultados, naquela época, foi feita em termos de processamento de informações - possibilitar uma ótima quantidade de tempo para apanhar a informação do voo da bola, seguido por uma ótima quantidade de tempo para processar esta informação.

Esta relação sistemática entre o desempenho da pegada e o tempo total não foi, entretanto, confirmada para PO maior do que 80 ms. Isto pode parecer que um tempo de processamento adicional ganho pelo incremento de PO além dos 80 ms é sobrepujado por outros fatores, prejudiciais ao desempenho. A explicação mais simples é que estes fatores tem a ver com erros de predição do movimento. Já é sabido que erros de predição do movimento aumentam com a extensão do período de predição. Foot (1969, 1972) demonstrou que erros na predição do ponto de coincidência de dois alvos móveis aumentaram linearmente com a extensão do período de predição, e Poulton (1963) demonstrou que erros de rastreamento aumentaram a medida que *retardos* entre a entrada e a reprodução também aumentaram; aumentando PO pode-se proporcionar tempo de processamento adicional que por sua vez aumenta o tempo para que as predições possam ser extrapoladas e a medida que este torna-se mais longo, sobrepuja a vantagem ganha pelo aumento concomitante no tempo de processamento.

Dois outros assuntos interessantes emergiram desta série de experimentos. Primeiro, é aparente que dentro dos limites de tempo utilizados, o desempenho não foi ótimo - em média, um máximo de 50%

de bolas pegadas - embora todos os sujeitos fossem capazes de pegar 100% delas nas condições que permitissem visualizar a bola através de toda a sua trajetória (Sharp & Whiting, 1974). Segundo, o desempenho foi melhor quando o tempo total disponível (PO + PV) excedeu a 200 ms. Assim, o baixo desempenho dos sujeitos no experimento de Sharp & Whiting (1974) pode ser explicado pela específica combinação de PO e PV usada no experimento. Sugerem os autores, que o último resultado está relacionado aos dois sistemas visuais - o sistema *retina-imagem* e o sistema *cabeça-olho* - disponíveis para captar as informações do voo da bola.

A velocidade dos objetos cruzando o campo visual, estando os olhos estacionários (sistema retina-imagem) é subestimada em comparação com as condições que permitem movimentos oculares regulares de rastreamento (Dichgans & Brandt, 1972). O sistema de detecção de movimentos *cabeça-olho*, que pode vir atuar quando o tempo disponível está na região dos 200 ms, proporciona informações mais precisas do que o sistema *retina-imagem*. Sharp & Whiting (1975) produziram alguma evidência em favor desta hipótese, ao demonstrarem melhores desempenhos na pegada em alguns sujeitos, quando usado rastreamento ocular. Eles chamam, entretanto, atenção para o alcance limitado destes experimentos, difíceis de serem realizados e para a necessidade de replicá-los.

Com uma amplitude de possibilidades disponível (Sharp & Whiting, 1975), foi possível demonstrar desempenhos da pegada, próximas a 100% para certas combinações de PV e PO.

Estes resultados permitem levantar uma questão que precisa ser experimentalmente abordada - a posição ótima na trajetória da bola que proporciona informação sobre o voo da bola. Um provável candidato a isto é o *ponto de peculiaridade*.<sup>4</sup> Beek (1988) produziu alguma evidência a este respeito em seu estudo sobre prestidigitadores.

Estes resultados experimentais de Whiting e seus colaboradores permaneceram relativamente adormecidos na literatura até aproximadamente 1982 quando Smyth e Marriott pensaram estender o paradigma acrescentando uma questão adicional: é necessário olhar a mão e também a bola para uma pegada bem sucedida?

Uma vez que a propriocepção articular é geralmente considerada como provedora de informação precisa sobre a posição dos membros, particularmente em destrezas com bola em que os olhos, pensa-se, estão ocupados em rastrear a bola, a tese é que: eliminar a visualização da mão que pega, em princípio, não deve causar efeito prejudicial no desempenho da pegada.

Smyth (1986) salienta que uma das limitações dos estudos anteriores de Whiting e colaboradores foi a falha em levar em consideração a qualidade da pegada. Estas informações seriam proporcionadas pela análise dos erros

<sup>4</sup> O ponto mais alto da trajetória parabólica de uma bola (velocidade zero).

espaciais e temporais feitos sob várias condições de visualização restrita. A questão: "isto é uma pegada ou uma ação desajeitada?", colocada por Smyth não pode, com as evidências disponíveis, ser respondida adequadamente.

Este ponto importante, apreciado por Whiting e seus colaboradores em 1970, recebeu limitada análise experimental por Sharp (1975):

Deve ser salientado também que neste experimento a tarefa foi pegar a bola. A qualidade da pegada não foi importante. Em outras situações em que a tarefa determina fazer algo com a bola após esta ter sido pega, a qualidade da pegada pode afetar a eficiência na execução da parte subsequente da tarefa. Olhar a bola por longo período de tempo antes desta chegar à mão pode influenciar a qualidade da pegada.

(Whiting, Gill, & Stephenson, 1970)

Smyth e Marriott (1982) perseguiram este tipo de análise mais sistematicamente. Eles excluíram a visualização da mão utilizando uma tela plástica preto-fosca fixada por elástico na cabeça do sujeito e estendida 25 cm para a frente no lado direito da face, obscurecendo aproximadamente 70% do campo visual. Isto também impedia a visão da bola nos últimos 150 ms de seu voo. Foram tomados cuidados em relação a intervenção da tela *per se*, criando-se uma condição onde foi utilizada uma tela transparente de dimensões similares. Os sujeitos testados, de ambos os sexos, não tinham experiência nesta tarefa laboratorial de pegada. Smyth e Marriott puderam demonstrar que o desempenho com a tela opaca foi pior do que com a tela transparente ou do que na condição em que não foi utilizada uma tela. O efeito prejudicial de uma tela *per se* foi evidenciado pela diferença significativa entre o número de bolas pegadas nas condições de tela transparente e sem tela. A análise dos erros mostrou que foram feitos mais erros de posição do que de tempo com a tela fosca, sendo o contrário verdadeiro para a tela transparente e pegada normal.

Os autores concluem que a visão da mão é necessária para uma pegada eficiente, pois foram feitos mais erros no posicionamento da mão do que no tempo da pegada, isto é, os sujeitos tinham um conhecimento impreciso da posição da mão.

Fischman e Schneider (1985) retornaram a questão da relação entre visão e propriocepção na pegada simples com uma das mãos, acrescentando o parâmetro nível de destreza. Eles utilizaram como sujeitos, experientes jogadores de baseball e softball (experimento 1) e iniciantes (experimento 2) num paradigma similar ao de Smyth e Marriott - velocidade e distâncias (da máquina arremessadora da bola ao sujeito) similares, usando entretanto uma tela preto-fosca em forma de um quadro suspenso. Eles afirmam que seus resultados proporcionam somente um limitado suporte para a controvérsia de Smyth e Marriott, de que a visualização da mão é necessária para uma pegada bem sucedida com uma das mãos.

Enquanto Fischman e Schneider foram capazes de mostrar, no experimento 1, que o desempenho na pegada sem a tela ( $M=19,00$ ,

S.D.=1,2; num máximo de 20 pegadas) foi melhor do que com a tela (M=16,31, S.D.=2,2), há um número de razões do porquê seus resultados não apoiam, necessariamente a controvérsia de Smyth e Marriott relativamente a necessidade de visualizar a mão (Whiting, 1986).

Em primeiro lugar, Fischman e Schneider falharam no estabelecimento da condição de controle envolvendo uma tela transparente, independente do fato de Smyth e Marriott terem demonstrado o efeito prejudicial desta sobre o desempenho.

A Tabela 1 sugere que as diferenças que eles encontraram com e sem a presença de uma tela opaca, pode ser explicada em termos do efeito prejudicial da tela *per se* ao invés de ter algo a ver com a impossibilidade de olhar a mão.

Tabela 1  
Comparação entre pegadas e erros sob condições de tela opaca e transparente

Pegadas/Erros	Opaca	Transparente
% Pegadas:		
Fischman e Schneider	81,5	
Smyth e Marriott		75,2
% Erros de Posição:		
Fischman e Schneider	5,6	
Smyth e Marriott		10,0
% Erros de Preensão:		
Fischman e Schneider	12,9	
Smyth e Marriott		14,8

As populações experimentais nos dois estudos foram muito diferentes. Qualquer comparação feita, por conseguinte, deve somente ser baseada nos resultados do experimento 2 de Fischman e Schneider e no experimento de Smyth e Marriott.

É interessante notar que aqueles autores, em contraste com Smyth e Marriott, reportam mais erros de preensão do que erros de posição ao utilizarem a tela opaca. Uma vez que os esquemas de classificação dos experimentos foram os mesmos, questiona-se (Smyth, 1986): em que medida estes dois estudos podem ser comparados?

A afirmação sobre a necessidade de ver a mão é, de qualquer forma, muito genérica, uma vez que presumidamente os sujeitos não puderam ver a mão de pegada em ambos os estudos, o de Fischman e Schneider, e o de Smyth e Marriott.

Assim, mais uma questão surge: em que estágio da ação total, é necessário visualizar a mão?

Nos dois estudos em questão foi permitido aos sujeitos verem a bola mas não a mão, até um período entre 150 ms e 200 ms (chamado período de latência PL) antes do contato bola-mão. Num período posterior eles não puderam ver nem a bola nem a mão. A proposição de Fischman e Schneider de que perdendo a visão da bola durante o período de latência afeta a fase de posicionamento em iniciantes, mas não em experientes, mesmo que verdadeira necessita ser limitada, uma vez que no estudo de Alderson, Sully e Sully (1974), que eles citam, o posicionamento amplo da mão acontece por volta de 200ms antes do contato bola-mão. Se alguma coisa é entretanto afetada, esta será a orientação fina, que acontece entre 150 ms e 200 ms antes do contato. Nenhuma distinção é feita por Smyth e Marriott, nem Fischman e Schneider entre estes dois parâmetros espaciais.

Num estudo de Sharp e Whiting (1975), não referenciado por Smyth e Marriott, e Fischman e Schneider, os sujeitos (estudantes universitários, não selecionados como aquela população usada no estudo de Smyth e Marriott e no experimento 2 de Fischman e Schneider) não puderam ver a mão de pegada sob nenhuma das condições (uma vez que a sala estava escura) pelo menos nos últimos 200 ms do voo da bola. Todavia, sob o bloco de condições em que os sujeitos puderam ver a bola por períodos de 480 ms, 440 ms, ou 400 ms o sucesso das pegadas foi de 91,3%, 85,8% e 85,8% respectivamente ( $M=87,6\%$ ), equivalente aqueles obtidos por Smyth e Marriott sob condições de pegada normal e, sob a condição de 480 ms, muito próxima do desempenho dos experimentos do estudo de Fischman e Schneider.

Deve ser salientado, pelos resultados destas três últimas condições, que aumentando PO antes do contato bola-mão, por um período adicional de 80 ms, isto é, a mão não podendo ser vista pelo menos 280 ms antes do contato, somente resultou na redução no sucesso da pegada de 91,3% para 85,8%. Assim, não sendo permitido olhar a mão ou a bola, naquelas tarefas, durante os últimos 280 ms do voo da bola fez muito pouca diferença na quantidade de bolas pegadas. Infelizmente não foram realizadas análises dos erros (de posição ou tempo), portanto, afirmações sobre a qualidade da pegada não podem ser feitas.

A crítica posterior a ser apontada no estudo de Fischman e Schneider é que eles confundiram aquilo que chamaram de diferenças culturais com as diferenças intra-tarefas na ação da pegada.

No estudo de Whiting, Alderson e Sanderson (1973), que eles citam, não são observadas diferenças significativas na pegada com uma das mãos sob condições restritivas entre jogadores de críquet (exímios pegadores) e não-jogadores de críquet. Quando os jogadores e não-jogadores de críquet foram reclassificados com base numa medida de tarefa-específica (pegada com uma mão numa situação de laboratório), em três grupos com níveis de habilidade distintos, diferenças significativas foram aparentes no desempenho da pegada, entre os grupos.

Uma crítica final endereçada aos estudos de Smyth e Marriott e Fischman e Schneider é que ambos usaram amostras que incluíram sujeitos de

ambos os sexos. Não são apresentadas comparações de desempenho e nem feitas sugestões sobre possíveis interações com habilidades e/ou variáveis de diferenças individuais. Há diferenças entre sexos na habilidade de pegada? Se positivo, como são elas manifestadas?

Uma vez que a variável habilidade na tarefa parece ser crucial para a seleção da amostra e ela mesma é responsável por todas as diferenças encontradas nos estudos já citados, Whiting, Savelsbergh & Faber (1988) realizaram um experimento endereçado a este aspecto. Pegadores persistentemente bons e fracos foram usados para constituir os dois grupos comparativos. A amostra inicial de 89 sujeitos foi reduzida para 15 (8 homens e 7 mulheres) após os procedimentos de estabilização (teste de persistência) dos resultados dos dois grupos experimentais. Os grupos foram testados na ação de pegar uma bola de tênis com uma das mãos, projetadas por uma máquina à velocidade de 974 m/s e a uma distância de 6,4 m em direção a um círculo de 30 cm de diâmetro. Duas câmaras de vídeo e sistema de espelhos registravam a pegada em ambos os lados e pela frente. Os sujeitos usaram uma luva cirúrgica branca e preta. Foram estabelecidas cinco condições, três em iluminação total e duas em luz ultravioleta: C1 (TESTE), luz total, bola e mão visíveis; C2 (TS), luz total, bola e mão visíveis, com uma tela plástica flexível transparente ajustada ao ombro dos excutantes; C3 (BS), luz total, somente bola visível (exceto nos últimos 150 ms), com uma tela plástica flexível preta; C4 (UVBA), luz ultravioleta, bola e mão visíveis; C5 (UVB), luz ultravioleta, somente a bola visível.

As variáveis dependentes foram: a) o número de bolas pegadas em 30 tentativas; b) erros de posicionamento - falha em fazer contato com a bola na região da cabeça dos metacarpos; c) erros de apreensão - contato da bola com a região metacarpiana, mas a apreensão feita muito cedo ou muito tarde.

Não foram encontradas diferenças significativas entre o número de pegadas feitas sob condições de iluminação (TESTE) e as feitas sob ambas condições de tela (TS e BS), nem entre as duas condições de tela (TS - SB) para ambos os grupos (pegadores bons e fracos).

Para a categoria de bons pegadores os resultados obtidos (erros de posicionamento) e a comparação entre os efeitos das várias condições refletem precisamente aqueles reportados para número de pegadas. Para erros de posicionamento a única diferença foi que agora as duas condições, TESTE e UVHB foram também significativamente diferentes ( $p < 0,05$ ). Nos erros de apreensão para a categoria de bons pegadores a única diferença significativa ( $p < 0,05$ ) encontrada foi entre as condições TESTE e UVB.

Enquanto as descobertas deste estudo proporcionam suporte limitado as de Smyth e Marriot (1982) e Fischman e Schneider (1985), elas também mostram que a classificação de sujeitos com base no critério de desempenho na tarefa conduz a diferentes resultados. Evitando a visualização da mão pelo uso de um anteparo (flexível), resulta em mais erros de posicionamento nos pegadores fracos, entretanto, o anteparo

transparente *per se* não causa efeito significativo. Não há efeito nos erros de prensão em ambos pegadores, bons e fracos, quando da restrição da visualização da mão pelo uso de um anteparo (flexível) preto.

Embora o número de erros de posicionamento aumente significativamente quando a visualização da mão é obstruída (BS), não é claro em que medida isto também resultaria em erros de prensão, assim, estas descobertas podem ser devidas a manipulação do equipamento.

A inclusão da condição UV proporciona o levantamento de novas e interessantes hipóteses. Há uma tendência em direção a deterioração no desempenho através das condições (como apresentadas) do TESTE para UVB. Uma vez que esta ordem pode também ser construída para representar uma degradação sucessiva da informação do meio ambiente, a idéia é que efeitos prejudiciais aparentes sob algumas condições são o resultado da exiguidade da informação do meio ambiente que tem efeitos diferenciados em pegadores mais ou menos experientes. Este assunto está sendo atualmente explorado nos Laboratórios da Free University of Amsterdam.

#### ABORDAGEM ECOLOGICA

O estabelecimento de uma abordagem de processamento de informações para o movimento humano ao final dos anos 60 (Fitts & Posner, 1967; Keele, 1968) suscitou uma série de experimentos em ações interceptivas tais como, pegada (Alderson, Sully e Sully, 1974; Sharp e Whiting, 1974, 1975; Whiting, Alderson e Sanderson, 1973; Whiting, Gill e Stephenson, 1970; Whiting e Sharp, 1974) e batida (Tyldesley, 1979; Tyldesley e Whiting, 1975).

Estes experimentos procuravam determinar experimentalmente a importância de selecionadas variáveis de entrada para o desempenho numa tarefa. A variável que mais recebeu atenção foi o tempo de visualização, sua extensão e momento mais adequado de ocorrência.

Os resultados foram interpretados dentro da abordagem do processamento de informações em termos dos mecanismos responsáveis pela determinação das trajetórias de voo da bola e do tempo mínimo requerido para processamento.

A partir de agora será apresentada uma justificação ecológica da pegada, baseada em descobertas e idéias teóricas de vários pesquisadores (Fitch e Turvey, 1977; Gibson, 1966, 1979; Lee, 1976, 1980; Todd, 1981) que estabelecem que toda a informação que o sujeito necessita para interceptar com sucesso uma bola está diretamente disponível ao executante no *arranjo ótico*.<sup>5</sup>

<sup>5</sup> Optic array- termo introduzido por Gibson e refere-se ao padrão da luz num ponto do espaço vindo de todas as direções. Em diferentes regiões do arranjo ótico o padrão espacial da luz diferirá de acordo com a natureza da

Gibson (1966, 1979) tomou como ponto de partida para uma teoria da percepção visual não numa *imagem da retina*, mas no *arranjo ótico* que animais (e pessoas) efetivamente vasculham em busca das informações necessárias para guiar seus movimentos. É esta riqueza de informações contida na estrutura da luz que é relevante para o controle das ações.

Uma perspectiva ecológica no controle da pegada atribui importância primordial ao fato de, para uma pegada bem sucedida de uma bola, viajando numa trajetória relativamente imprevisível, toda a informação necessária sobre o posicionamento e sincronização da preensão deve, por definição, estar disponível no arranjo ótico.

O curto espaço de tempo dentro do qual a preensão tem que ser iniciada para a ocorrência de uma pegada bem sucedida determina que o executante deve de alguma forma ter acesso à informação temporal preditiva.

Em trabalhos experimentais realizados por Schiff foi demonstrado que a expansão da projeção de sombras provoca reação de afastamento em macacos rhesus (Schiff, Cavinnes & Gibson, 1962), caranguejos adultos e pintos de duas semanas (Schiff, 1965).

Bower, Bronghton e Moore (1970) relatam reações de afastamento em bebês de dez dias, produzidas pela aproximação de objetos que causam, conseqüentemente, a expansão ótica.

Foi Lee (1976, 1980) entretanto, que demonstrou que o padrão da expansão ótica causada pela aproximação relativa entre o executante e a estrutura ambiental de interesse, continha informação temporal preditiva. Esta informação, o inverso da razão relativa da dilatação do contorno ótico fechado de uma superfície gerada no arranjo ótico, especifica uma relação temporal de primeira ordem entre o executante e o meio ambiente, chamada de *tempo-para-contato*, se a velocidade da aproximação relativa mantiver-se constante.

Nos estudos mencionados, a expansão da projeção ótica especificou a colisão eminente e conseqüentemente evocou o comportamento de afastamento. Entretanto, o inverso da razão relativa da dilatação, chamada *tau*<sup>6</sup> (Lee, 1976, 1980), não é somente útil nos comportamentos de afastamento mas também em circunstâncias tais como, a regulação da passada durante a fase de elevação do salto em distância (Lee, Lishman & Thompson, 1982); o fechamento das asas do mergulhão ao projetar-se ao mar (Lee e Reddish, 1981); o salto vertical para bater uma bola em queda (Lee, Young, Reddish, Lough & Clayton, 1983); e a batida dirigida da bola de tênis de mesa (Bootsma, 1988).

---

superfície refletora.

<sup>6</sup>  $\tau = Z(t)/V$ , onde  $Z(t)$  = distância entre o foco da lente e objeto e,  $V$  = velocidade do objeto.

Um estudo de Lee, Young, Reddish, Lough e Clayton (1983) demonstrou que os sujeitos encaixam suas ações em *tau* e não no *tempo-para-contato* real no caso de uma discrepância entre os dois produzida por uma aproximação relativa não constante. Assim *tau* parece ser um candidato provável para o tempo de início (e orientação) da preensão na pegada da bola. A medida que a bola aproxima-se, sua imagem na retina expande-se e o inverso desta razão relativa de dilatação especifica a informação direta sobre o *tempo-para-contato*, e portanto, quando iniciar a preensão. Entretanto, pegar a bola, como até aqui discutido, mais do que sincronização, requer precisão espacial no sentido de ter a mão no lugar correto e sem dúvida, no tempo certo.

Tentaremos mostrar que a informação necessária para fazer previsões espaciais, também está diretamente disponível no meio ambiente.

Uma série de experimentos realizados por Todd (1981) demonstrou que os sujeitos podem prever com precisão se um objeto em aproximação, através da simulação num monitor de computador, numa trajetória de vôo parabólica, aterrissará na frente ou atrás deles, mesmo quando apenas uma parte da trajetória ascendente do vôo pode ser observada. Todd demonstrou que tal informação é especificada pela razão (o chamado número Todd) dos dois componentes do tempo-para-contato, ou seja, *tempo-para-contato* com o plano vertical TVC (longitudinal) relativo ao ponto de observação e o tempo-para-contato com o plano horizontal (sagital) TCH relativo ao ponto de observação.

O número Todd (Solomon, Carello e Turvey, 1984; Turvey e Carello, 1988) estabelece que:

$TCV/TCH = 1$ , a bola cairá no ponto de observação;  
 $TCV/TCH > 1$ , a bola cairá atrás do ponto de observação;  
 $TCV/TCH < 1$ , a bola cairá na frente do ponto de observação.

Incluindo-se um terceiro plano ao trabalho de Todd pode-se, por extensão, determinar se a bola passará pelo lado esquerdo ou direito.

Duas outras fontes de informação espacial preditiva tem sido sugeridas, embora elas não tenham sido tratadas experimentalmente em sua totalidade. Em primeiro lugar Lee (1980), Lee e Young (1985), verificaram que um objeto em aproximação que atingirá exatamente o ponto de observação, gera um foco estacionário de expansão no *arranjo ótico*.

Um deslocamento do centro de expansão, por outro lado, especifica quantitativamente a direção do vôo da bola em relação ao observador.

Fitch e Turvey (1977) atacaram o problema em termos do que acontece fora do contorno da bola em aproximação. Eles argumentam que uma poderosa informação sobre a trajetória de uma bola pode ser percebida pelas diferentes proporções de aumento e supressão da textura ótica fora do contorno da bola em aproximação. Se a textura do fundo é suprimida

igualmente em todas as direções fora do contorno da bola em aproximação, esta atingirá o pegador exatamente entre os olhos.

Se a expansão do contorno ótico da bola resulta numa quantidade diferenciada de supressão da textura de fundo, a direção do vôo da bola, em relação ao observador será também assim especificada.

Enquanto as análises de Todd e Lee indicam que a informação espacial preditiva está disponível dentro do contorno ótico expandível de uma bola em aproximação, Fitch e Turvey (1977) argumentam que o fornecimento de um fundo texturizado enriquece a informação contida no *arranjo ótico*.

Em situações onde não exista um fundo texturizado é possível, de acordo com as análises de Todd e Lee, fazer predições corretas sobre a direção do vôo da bola.

Os experimentos citados mostram que o desempenho na pegada sob condições de escuridão (UV) foi consideravelmente afetada, quando comparada com as condições de luz (veja também Savelsbergh e Whiting, 1988). Foi encontrada deterioração no desempenho como consequência da redução da informação do meio ambiente.

Uma vez que a informação especificando o *tempo-para-contato* (Lee, 1976, 1980), deslocamento do centro de expansão e a razão do tempo de chegada longitudinal, sagital e transversal (Todd, 1981), estava disponível sob ambas as condições TEST e UV, não somente o número de erros de posicionamento aumentou na ausência de um fundo texturizado mas também o número de erros de preensões (timing).

Na tentativa de explicar estes resultados, Fitch e Turvey (1977) argumentam que deve ser considerada a informação espacial preditiva que é disponível em graus diferenciados de supressão e aumento da textura de fundo fora do contorno da bola em aproximação.

Os resultados aqui descritos suportam a afirmação de que, na pegada, este tipo de informação é na verdade usada, uma vez que a remoção do fundo texturizado resulta consistentemente num aumento de erros de posicionamento. Entretanto, o aumento no número de erros de preensão indicam que não somente problemas espaciais mas também temporais estão presentes quando as informações de fundo não são disponíveis.

Reconsiderando a análise de Fitch e Turvey, torna-se claro que o padrão de supressão/aumento da textura de fundo também proporciona informação (adicional) sobre o grau relativo da dilatação do contorno ótico fechado, gerado complementarmente no *arranjo ótico* pela bola em aproximação.

No experimento de Schiff e Detwiler (1979) foram introduzidas manipulações de fundo para proporcionar informações sobre a expansão e mudança de distâncias através de uma grade térrea (inclinada horizontalmente) ou proporcionar informações de expansão e mudança angular através de uma grade aérea (vertical). Os sujeitos foram instruídos que o objeto em aproximação (mostrado através da projeção de um

filme) desapareceria e que eles deveriam apertar uma tecla quando julgassem que o objeto, a uma velocidade constante, atingiria-os.

Em contradição a hipótese formulada, ambas as grades (térrea e aérea) falharam como variáveis influenciadoras no julgamento. Recentemente Bootsma (in press) questionou a validade de obtenção de informação precisa sobre sincronização pela utilização de respostas tipo apertar-uma-tecla. Em seu estudo os sujeitos foram solicitados a: a) bater uma bola de squash vinda de um percurso fixo; b) acionar um braço artificial para bater a bola; c) apertar uma tecla se a bola alcançasse o ponto de contato (sincronização de coincidência visual). Todas as três ações foram realizadas sob um padrão similar de fluxo ótico. Os resultados indicam que a variabilidade do momento de início foi consideravelmente maior sob a condição de apertar-uma-tecla do que sob a condição do braço artificial, que por sua vez foi maior do que a condição natural de batida. Quanto mais a ação solicitada foi separada da situação natural (acoplamento ação-percepção) menos precisa (timing) foi a resposta. Resultado este também corroborado pelos estudos de McLeod, McLaughlin e Nimmo-Smith (1986).

Assim, os resultados de Schiff e Detweiler (1979) não podem ser considerados decisivos.

Recentes experimentos conduzidos por Savelsberg e Whiting (não publicados) procuraram avaliar a influência da presença de diferentes tipos de fundos texturizados no desempenho da pegada.

Uma bola relativamente rígida de isopor luminosa (com 6,5 cm de diâmetro) fixada a um pêndulo de alumínio, preso a um ponto no teto, permitindo livre oscilação. O sujeito sentado numa cadeira com o seu braço direito colocado num apoio de metal preto, permitindo liberdade para a mão pegadora, fixado a uma mesa e ajustável ao comprimento do ante-braço. Através do sistema MILCU, foram registradas as posições de três fontes luminosas infra-vermelhas (LEDS) fixadas na porção terminal do pêndulo, na primeira falange do polegar e na primeira falange do indicador da mão direita. Para poder controlar o período de visualização, os sujeitos usaram óculos de cristal líquido, que permitiam a mudança de opaco para transparente através de um sinal gerado no pêndulo em movimento, por meio de um célula foto-elétrica. O período de visualização foi de 350 ms e a velocidade da bola de 3,8 m/s. Em uma das cinco condições experimentais, os sujeitos foram solicitados pegar a bola em condições de luz total. As outras quatro condições envolveram estruturas diferenciadas do meio ambiente, numa sala completamente escura. A manipulação do meio ambiente efetuou-se pela utilização ou não de grades auto-luminosas (fosforescentes). A bola era visível (tinta luminosa) contra: a) fundos texturizados em forma de uma grade com inclinações horizontal e vertical; b) um fundo vertical texturizado ou, c) um fundo horizontal (inclinado) texturizado.

Os resultados indicam que a apreensão não foi iniciada ao mesmo tempo antes da chegada da bola na mão, sob as cinco condições. Testes Post Hoc mostraram que o início da apreensão foi retardada quando o fundo vertical

texturizado (484 ms) estava presente em comparação as condições de luz total (467 ms) e a condição de fundo horizontal texturizado (464 ms).

Diferenças entre condições ( $p < 0,04$ ) também foram observadas no tempo de movimento, definido como o tempo entre o início da preensão (abertura máxima da mão) e o contato bola-mão (pegada). Testes Post Hoc mostraram diferenças significativas entre as condições: luz total (138 ms) e somente a bola visível (121 ms); luz total e fundo vertical (123 ms); fundo texturizado horizontal (136 ms) e fundo texturizado vertical.

Tenta-se concluir destes resultados que a forma como o meio ambiente é texturizado afeta a ambos, a ação de sincronização (timing) da pegada e o tempo de movimento da ação de preensão.

Aparentemente os sujeitos fazem uso da informação de fundo disponível para sincronizar suas ações de preensão, independente do fato de que, em princípio, eles somente necessitam informações proporcionadas pela razão relativa do inverso da dilatação do contorno ótico gerado no *arranjo ótico* pela bola em aproximação (uma vez que o delineamento experimental removeu toda a incerteza espacial).

De estudos experimentais (Lee, Young, Reddish, Lough, & Clayton, 1983; Todd, 1981) e considerações teóricas (Fitch e Turvey, 1977) parece que toda a informação necessária para a sincronização e posicionamento da mão e sincronização da preensão na ação da pegada encontra-se disponível no *arranjo ótico*.

Independente da presença de informação especificando o *tempo-para-contato* (Lee, 1976, 1980), deslocamento do centro de expansão e a razão do tempo de chegada longitudinal, sagital e transversal (Todd, 1981), foi observada uma redução no desempenho da pegada na ausência de um meio ambiente texturizado (Savelsbergh e Whiting, não publicado; Whiting, Savelsberg & Faber, 1988). Esta redução manifestou-se nos erros espaciais e temporais. Portanto, conclui-se que a existência de um meio ambiente texturizado, contra o qual a expansão ótica da bola em aproximação pode ser vista, melhora o desempenho da pegada.

Um experimento subsequente com o pêndulo, que eliminou a incerteza espacial, indicou que a sincronização da ação de pegar e o tempo de movimento da preensão são afetados pela ausência de informação do fundo texturizado; um resultado que é indicativo de uma estratégia de múltipla fonte na pegada. Estes resultados estão sendo investigados numa série de experimentos nos Laboratórios da Free University of Amsterdam.

## CONCLUSÕES

Este artigo ao revisar alguns experimentos dirigidos as ações interceptivas da pegada de uma bola com uma das mãos sob a luz das abordagens Cognitiva (Processamento de Informações) e Ecológica, permite concluir

que muitos problemas na *pegada* ainda persistem e que ambas as abordagens, embora distintas, são promissoras na tentativa de elucidar as questões ainda não respondidas satisfatoriamente.

#### REFERENCIAS

- Alderson,G.J.K., Sully,D.L. & Sully,H.G. (1974). An operational analysis of one-handed catching task using high speed photography. *Journal of Motor Behavior*,6, 217-226.
- Beek,P.J. (1988). Exploring the dynamics of juggling. In A.M.Colley and J.R. Beech (Eds.), *Cognition and Action in Skilled Behaviour*. Amsterdam: North-Holland.
- Bootsma,R.J. (1988). *The timing of Rapid Interceptive Actions*. Ph.D. thesis, Amsterdam: Free University Press.
- Bootsma,R.J. (in press). Accuracy of perceptual processes subserving different perception-action systems. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*.
- Bower,T.G.R., Broughton,J.M. & Moore,M.K. (1970). Infants responses to approaching objects: An indicator of reponse to distal variables. *Perception & Psychophysics*, 9, 193-196.
- Dichgans,J. & Brandt,T. (1972). Visual-vestibular interaction and motion perception. *Bibliographia Ophthalmologica*, 82, 327-338.
- Fischman,M.G. & Schneider,T. (1985). Skill level, vision and proprioception in simple one-handed catching. *Journal of Motor Behavior*, 17, 219-229.
- Fitch,H.L. & Turvey,M.T. (1977). On the control of activity: some remarks from an ecological point of view. In D. Landers and R.Cristina (Eds.), *Psychology of Motor Behaviour and Sport*, Champaign, Ill: Human Kinetics.
- Fitts,P.M. & Posner,M.I. (1967). *Human Performance*. Belmont, CA: Brooks-Cole.
- Foot,H.C. (1969). Visual prediction of the point of coincidence of two moving targets. *Ergonomics*, 12, 723-733.
- Foot,H.C. (1972). Intermittent viewing in a study of visual prediction. *Perceptual and Motor Skill*, 34, 223-226.
- Gibson,J.J. (1966). *The Senses Considered as Perceptual Systems*. Boston: Houghton-Mifflin.
- Gibson,J.J. (1979). *The Ecological Approach to Visual Perception*. Boston: Houghton-Mifflin.
- Keele, S.W. (1968). Movement control in skilled performance. *Psychological Bulletin*, 70, 387-403.
- Lee,D.N. (1976). A theory of visual control of braking based on information about time-to-collision. *Perception*, 5, 437-459.
- Lee,D.N. (1980). Visuo-motor coordination in space-time. In G.E. Stelmach and J. Requin (Eds.), *Tutorials in motor behavior*, Amsterdam: North-Holland.

- Lee, D.N., Lishman, J.R. & Thomson, J.A. (1982). Regulation of gait in long jumping. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 8, 448-459.
- Lee, D.N. & Reddish, P.E. (1981). Plummeting gannets: A paradigm of ecological optics. *Nature*, 293, 293-294.
- Lee, D.N. & Young, D.S. (1985). Visual timing of interceptive actions. In D.J. Ingle, M. Jeannerod and D.N. Lee (Eds.), *Brain Mechanisms and Spatial Vision*. Dordrecht: Martinus Nijhoff.
- Lee, D.N., Young, D.S., Reddish, D.E., Lough, S. & Clayton, T.M.H. (1983). Visual timing in hitting an accelerating ball. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 35a, 333-346.
- McLeod, P., McLaughlin, C. & Nimmo-Smith, I. (1986). Information encapsulation and automaticity: Evidence from the visual control of finely-timed actions. In M. Posner and O. Malin (Eds.), *Attention and Performance II*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Poulton, E.C. (1963). Sequential short-term memory: some tracking experiments. *Ergonomics*, 6, 518-522.
- Savelsbergh, G.J.P. & Whiting, H.T.A. (1988). The effect of skill level, external frame of reference and environmental changes on one handed catching. *Ergonomics*, 31, (11), 1655-1663.
- Schiff, W. (1965). Perception of impending collision: A study of visually directed avoidance behaviour. *Psychological Monographs*, 79, (whole no.604).
- Schiff, W., Caviness, J.A. & Gibson, J.J. (1962). Persistent fear responses in rhesus monkeys to the optical stimulus of 'looming'. *Science*, 136, 982-983.
- Schiff, W. & Detweiler, M.L. (1979). Information used in judging impending collision. *Perception*, 8, 647-658.
- Sharp, R.H. (1975). *Skill in fast ball games: some input considerations*. Unpublished Ph.D. thesis, Department of Physical Education, University of Leeds.
- Sharp, R.H. & Whiting, H.T.A. (1974). Exposed and occluded duration effects in a ball-catching skill. *Journal of Motor Behavior*, 3, 139-147.
- Sharp, R.H. & Whiting, H.T.A. (1975). Information-processing and eye-movement behaviour in ball catching skill. *Journal of Human Movement Studies*, 1, 124-131.
- Smyth, M.M. (1986). A note: is it a catch or a fumble? *Journal of Motor Behavior*, 18, 492-496.
- Smyth, M.M. & Marriot, A.M. (1982). Vision and proprioception in simple catching. *Journal of Motor Behavior*, 14, 143-152.
- Solomon, J., Carello, C. & Turvey, M.T. (1984). Flow fields: The optical support for skilled activities. In W.F. Strauss and J.M. Williams (Eds.), *Cognitive Sport Psychology*. New York: Lansing.
- Todd, J.T. (1981). Visual information about moving objects. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 7, 795-810.
- Turvey, M.T. & Carello, C. (1988). Exploring a law-based ecological approach to skilled action. In A.M. Colley and J.R. Beech (Eds.), *Cognition and Action in Skilled Behaviour*. Amsterdam: North-Holland.
- Tyldesley, D.A. (1979). *The timing of discrete and phasic movements in the acquisition of perceptual-motor skill*. Unpublished Ph.D. thesis, Department of Physical Education, University of Leeds.

- Tyldesley, D.A. & Whiting, H.T.A. (1975). Operational timing. *Journal of Human Movement Studies*, 1, 172-177.
- Whiting, H.T.A. (1986). Isn't there a catch in it somewhere? *Journal of Motor Behavior*, 18, 486-491.
- Whiting, H.T.A., Alderson, G.J.K. & Sanderson, F.H. (1973). Critical time intervals for viewing and individual differences in performance on a ball-catching task. *International Journal of Sport Psychology*, 4, 155-166.
- Whiting, H.T.A., Gill, B. & Stephenson, J. (1970). Critical time intervals for taking in flight information in a ball-catching task. *Ergonomics*, 13, 265-272.
- Whiting, H.T.A., Savelsbergh, G.J.P., & Faber, C.M. (1988). Catch questions and incomplete answers. In A.M. Colley and J.R. Beech (Eds.), *Cognition and Action in Skilled Behaviour*. Amsterdam: North-Holland.
- Whiting, H.T.A. & Sharp, R.H. (1974). Visual occlusion factors in a discrete ball catching task. *Journal of Motor Behavior*, 6, 11-16.

(Amsterdam/Holanda, maio.1989).  
(Submetido para publicação em dezembro.1989).

TRABALHO PUBLICADO FORA DAS NORMAS GERAIS PARA  
PUBLICAÇÃO NA REVISTA KINESIS, EM FUNÇÃO DA  
EXPERIÊNCIA NO USO DE IMPRESSORA LAZER.