

## **VISÃO COMPUTACIONAL: UM NOVO CAMPO DE PESQUISA EM COGNIÇÃO VISUAL \***

Nilton Pinto Ribeiro Filho\*\*  
*Universidade Federal do Rio de Janeiro\*\*\**

RESUMO - O presente artigo objetiva apresentar um novo campo de pesquisa para especialistas em percepção visual. A partir da ciência da cognição e, em uma de suas áreas a inteligência artificial, diferencia-se um novo campo de pesquisa, denominado visão computacional. A chamada morfologia matemática é destacada para evidenciar, através dos conceitos do formalismo de Fourier, uma similaridade entre a visão humana e a computacional. Os problemas são discutidos para uma pesquisa no processamento da imagem, e apresenta-se uma forma de minimizar os elevados custos para a realização das pesquisas nesta área. O desenvolvimento de novos modelos para a cognição visual é o objetivo principal para este novo campo de pesquisa.

### COMPUTER VISION: A NEW FIELD OF RESEARCH IN VISUAL COGNITION

ABSTRACT - The purpose of the present article is to present a new field of work for specialists in visual perception. Following cognition science and one of its areas - artificial intelligence - a new field of research emerges, which is called computer vision. Mathematical morphology is emphasized in order to evidence the similarity between human and computer vision, by means of the concepts of Fourier formalism. The problems involved in image processing research are discussed and a way of reducing high costs of conducting studies in the field is then presented. The main scope of this new field of research is the development of new models for visual cognition.

\* Gostaria de dedicar este artigo ao Prof. Dr. Rolf Preuss (in memoriam - UFRJ), por incentivar-me a militar nesta área e ao Prof. Dr. José Aparecido da Silva (USP - campus Ribeirão Preto), por suas sugestões durante a execução deste artigo. Gostaria também de agradecer a um revisor anônimo, pelo préstimo do material bibliográfico e suas enriquecedoras críticas e sugestões.

\*\* Endereço para correspondência:

R. Ephigênio de Salles, 120 - Apt 202 - Cosme Velho - CEP. 22.241 - Rio de Janeiro - RJ.

\*\*\* Instituto de Psicologia/Dept. Psic. Geral e Experimental.

Linguagem, pensamento e comportamento inteligente são áreas de estudo que por sua natureza apresentam um elevado nível de importância nas disciplinas acadêmicas. Psicólogos, cientistas da computação, neurocientistas, educadores, filósofos e epistemólogos, todos têm um interesse em esclarecer como também em modelar algum aspecto do comportamento humano que possa ser produto das suas funções cognitivas.

As disciplinas científicas apresentam diferentes origens e tradições, sendo que essas partem de algo em comum acerca de uma sobreposição de problemas, tais como representação do conhecimento, produção e compreensão da linguagem, solução de problemas e a natureza da imagem e percepção. Nas últimas décadas os estudiosos desses problemas têm crescido e estabeleceram uma emergência para uma nova disciplina, cuja característica é a pesquisa interdisciplinar, conhecida como ciência da cognição.

Pode-se afirmar que o nascimento da ciência da cognição deve-se aos estudos da lógica e da teoria da computação, através dos quais Newell e Simon (In Schank & Childers, 1984 e Slack, 1984) criaram a noção de sistemas de símbolos físicos, definidos como "uma classe geral dos sistemas, genericamente estruturas simbólicas, que existam como entidades físicas" (In Slack, 1984, p. 156).

Inicialmente, o cientista da cognição deve desenvolver seus interesses para uma determinada classe de problemas que relacionam a inteligência artificial e a inteligência humana. Estes problemas incluem áreas da representação do conhecimento, inferências, compreensão e produção da linguagem, compreensão da percepção e da imagem, aprendizagem, planejamento e solução de problemas. Para abordar tais problemas, o cientista da cognição utiliza-se de construtos semelhantes às redes semânticas, sistemas de reproduções, protótipos, pesquisas heurísticas e linguagens "goal oriented" (Ritchie & Thompson, 1984).

Esta ciência da cognição inicia uma forma interdisciplinar de pesquisa, sendo necessária a utilização de uma grande variedade de conhecimentos e técnicas por parte do pesquisador ou da equipe. A variedade de conhecimento caracteriza o campo desta disciplina, que necessita do "uso de evidências a partir das ciências naturais, da sociologia e antropologia da cognição e dos estudos clínicos do ser humano" (Norman, 1980, p. 01). O cientista da cognição busca a interação de evidências das mais diversas fontes e deve possuir habilidade para integrar uma variabilidade de disciplinas inicialmente independentes (Schanck & Slade, 1986).

Segundo Norman (1980) as evidências se apresentam como produto de um sistema complexo de componentes interativos e para compreendê-los é necessário que se faça uma pesquisa instrumental, que permita inicialmente ao pesquisador chegar à complexidade das interações. Ao abordá-las, o pesquisador da ciência da cognição pode se utilizar dos recursos desenvolvidos por simulação e modelos através do computador. As interações caracterizam-se pela semelhança de um instrumento e a observação direta de vários processos, como os programas cujas subrotinas se interagem. A simulação deve ser compreendida como a "representação de um sistema físico ou abstrato pelo computador de um outro sistema" (Roth, 1976, p. 1259). Outra forma de estudar os processos referidos é através de programas computacionais, cuja função é permitir aos cientistas da cognição manterem uma seqüência de numerosos componentes comportamentais e suas interações.

Um exemplo de pesquisa em ciência da cognição é ilustrado por Slack (1984), que apresenta uma classe de instrumentos para a elaboração de programas especí-

ficos de pesquisa. O objetivo da pesquisa é explorar os processos cognitivos fundamentais para uso das imagens mentais. Esta pesquisa permitirá uma explicação de como as imagens são produzidas, como são usadas e como transformá-las. A construção de um modelo para uma imagem mental visual que especifique a importância das estruturas de conhecimento e sua operação permitirá um sensível avanço da ciência da cognição.

Enfim, a possibilidade de interagir com as mais diversas disciplinas científicas, permite, ao cientista da cognição, produzir pesquisas em um campo que ultimamente apresenta muitas questões para o estudo da visão, que é a visão computacional ou artificial.

A visão computacional tem como desafio mostrar "que uma análise automática é possível... e um grande espectro de tarefas do processamento de informação visual podem ser compreendidos e automatizados" (tanimoto & Klinger, 1980, p. ix). No presente artigo pretendemos oferecer uma introdução geral à pesquisa em visão computacional e descrever alguns dos principais problemas que estão sendo investigados pelos especialistas em processos cognitivos.

## **A Visão Computacional**

A visão computacional ou visão artificial é uma parte integrante da inteligência artificial. Ultimamente, um grande número de pesquisas vem sendo realizado neste domínio. A visão computacional requisita um vasto número de disciplinas para estudá-las. Os psicólogos, neurofisiologistas, matemáticos, físicos, engenheiros especializados em iluminação, e outros estudiosos, são alguns especialistas que atuam neste campo de pesquisa em inteligência artificial. A visão computacional é um termo geral que compreende uma variedade de aspectos da análise visual computacional (Brown, 1984).

A meta da pesquisa em visão computacional é demonstrar a capacidade visual semelhante a do ser humano. A máquina pode sentir o ambiente em seu campo de visão, compreender o que está sendo sentido e realizar ações apropriadas através de programas computacionais (Besl & Jain, 1985). A discussão da similaridade entre a visão humana e a da máquina, segundo Braunstein (1981) não se esgota na busca da relação entre os processos biológicos da visão e da relação entre os programas computacionais de análises de imagens. No entanto, tem sido através desta relação que as pesquisas em visão computacional têm direcionado seus objetivos (Fischeler & Firschein, 1986 e Fu, Gonzalez & Lee, 1987). A visão computacional compreende os campos do processamento da imagem, modelos de reconhecimento, análises da cena, interpretação da cena, processamento óptico, processamento de vídeo e a compreensão da imagem (Cohen & Feigenbaum, 1984; Havens & Macworth, 1983 e Vámos, 1986).

Do sistema visual, segundo Riggs (1983), quando estudado por pesquisadores da visão computacional, deve-se destacar os conceitos de óptica e visão. Compreende-se óptica, como um sistema de processamento de imagem e seus sinais, através de um equipamento físico, o hardware. Os sistemas ópticos para os computadores são alvos de pesquisas que consistem na construção de sensores, isto é, unidades ópticas, e de um meio de iluminação (Colffet, 1983). Dois tipos de sensores óticos artificiais, denominados de olhos artificiais, são apresentados por Jackson (1985): o "Imaging-spot eye e o Jumping-spot eye". Estes dois tipos de meios

ópticos têm a função de produzir uma descrição das irradiações eletromagnéticas, provenientes da cena, e do espaço que a compreende. A visão é definida como um processo análogo ao processo da informação que ocorre dentro do meio óptico e do cérebro, cuja tarefa é abranger uma cena a partir da imagem projetada (Cohen & Feigenbaum, 1984). A atividade visual dar-se-ia pelo funcionamento das células visuais, sendo que a arquitetura destas é compatível àquela de um computador (Winston, 1975; Nelsser, 1976; Arbib, 1982; Blackmore, 1982; Marr, 1982, e Jackson, 1985). Essa arquitetura permite um acesso às informações de uma forma seqüencial e paralela. A forma seqüencial é caracterizada pela transferência de dados de tempos em tempos. Por exemplo: dois sinais são apresentados seguidamente, sendo que o segundo sinal será processado somente se o processamento do primeiro sinal já estiver completado. A forma paralela é dada simultaneamente: o processamento é o de sincronização.

A implementação destas formas de processamento está diretamente relacionada ao desenvolvimento do hardware e aos programas computacionais que o efetuam, nesta arquitetura. A velocidade de transferência de dados, é o motivo principal para as pesquisas em arquitetura dos computadores (Adams, Driscoll & Reader, 1984). A propósito, Mulholland (1986) e Stephaneck (1986) apresentam, em suas pesquisas sobre o processamento da informação, como essas formas de processamentos, seqüencial e paralelo, são estudadas no comportamento humano.

A partir da pressuposição de ser o cérebro um meio paralelo, com milhões de entradas paralelas que permitem a visão, e em função os resultados de pesquisas neurofisiológicas que descrevem a existência de filtros redutores de ruídos no processamento da imagem, no córtex dos mamíferos, pode-se afirmar que há semelhança nos níveis, quanto ao processamento da informação, entre o sistema visual dos seres vivos e a máquina (Feldman, 1985).

A discussão sobre um possível hardware biológico e a visão, humana, não se esgota na simples comparação entre as formas operacionais do computador, mas também possibilita introduzir novos modelos para a compreensão da visão, oferecendo um vasto número de pesquisas sobre o sistema visual humano; desta maneira emitindo respostas a estes problemas, como a velocidade de operação do comportamento visual humano. Portanto, a relevância do estudo da visão computacional é permitir a construção automática e a descrição de um padrão de imagens, pela entrada de dados provenientes de uma cena (Mayhew & Frisby, 1984; Landy, Cohen & Sperling, 1984a, e Winston, 1975).

A introdução do conceito de imagem é necessária a uma compreensão das pesquisas em visão computacional. Coiffet (1983), define imagem a partir de uma matriz de números positivos, o que permite a manipulação através do computador digital de um grande número de operações lineares e não-lineares, isto é, uma manipulação de matrizes para o processamento da imagem. Outra definição de imagem é apresentada por Ahuja e Schater (1981), mediante uma disposição conveniente dos elementos da composição de uma configuração. Este elemento é denominado-pixel, a menor unidade da imagem (Hunt, 1984). Uma imagem então, será entendida como uma função bi-dimensional, isto é, o registro do valor numérico para uma imagem do objeto, de todos os pontos  $[P(x,y)]$ . Os valores são caracterizados na forma binária para as tonalidades preto e branco, como também para o brilho e intensidade pelo nível cinza, definindo uma medida de iluminação ou irradiação da imagem. Os valores são coordenadas cartesianas, transformadas para uma forma digital, pelo com-

putador, e ordenadas, determinando a representação da imagem do objeto (Cohen & Feigenbaum, 1984). Portanto, a imagem deve ser conceituada como "uma função variável" (Ballard & Brown, 1982, p. 24).

O início das pesquisas em visão computacional ocorreu na década de cinquenta, com os estudos sobre o reconhecimento visual através dos modelos estocásticos (Ballard & Brown, 1982). A finalidade era o acesso, por programas geradores de imagens, a um pequeno número de categorias da cena. A característica dessas categorias para o reconhecimento da imagem é uma aplicação representativa: a simulação (Brown, 1984 e Poggio, 1984).

Com o desenvolvimento da tecnologia dos computadores digitais, nos anos sessenta, permitiu-se um crescimento nas análises em visão computacional, como: a restauração, a seletividade e a transmissão de imagens. Tal crescimento dirigiu as pesquisas à compreensão dos padrões de cenas complexas com características tridimensionais. As pesquisas realizadas nesta década produziram importantes resultados, como a noção de detectores para padrões visuais e de regiões limítrofes dos objetos, suas bordas. (Winston, 1984). Neste domínio destaca-se o trabalho de Guzman, apresentado em 1968 (Winston, 1975), que caracteriza uma forma de processamento de padrões de imagens, através de um "programa que consolida as regiões dos corpos (Winston, 1975, p. 07). Os vértices de um objeto são formados por um ou mais pares de regiões, sugerindo uma determinada característica quando analisados em conjunto, segundo a sua função.

Na década de setenta, aumentaram as pesquisas sobre o processamento de imagens digitais, que apresentaram três objetivos: a ordenação, melhoria de restauração e a análise da imagem (Andrews & Patterson, 1976). A ordenação permite ao computador manipular padrões de imagens, estabelecendo um processamento para minimizar os excessos requeridos na estocagem de informações. A melhoria de restauração estabelece a condição de inverter efeitos indesejáveis pela falta de foco, manchas e ruídos. A análise digital prevê a medida da quantidade de certos aspectos de uma imagem, como a análise da textura, detecção do objeto, reconhecimento das imagens.

Diversos programas computacionais se destacam na literatura especializada em visão computacional. Estes programas são denominados programas para reconhecimento do mundo em blocos por Cohen e Feigenbaum (1984). Destacam-se os programas de Roberts, Guzman, Falk, Huffman e Clowes, Waltz, Shirai, Macworth e o de Kanada citados por Cohen e Feigenbaum (1984).

As pesquisas em visão computacional podem se caracterizadas pelos problemas relacionados ao processamento de informação, enfatizando o tipo de visão de baixo-nível, como a manifestação de problemas relativos ao processamento do reconhecimento de padrões. A descrição e manipulação dos objetos sólidos, representam o alto-nível de visão. Esses problemas são solucionados por um grande número de processos simultâneos cujas interações estabelecem a performance para a obtenção da imagem. Muitas pesquisas correntes neste campo tratam da extração das propriedades físicas, tais como, os aspectos relacionados à profundidade, orientação e reflexão da superfície das imagens componentes de uma cena (Brown, 1984).

Para obter uma imagem, o pesquisador deve se utilizar de um grande número de suposições acerca do campo da cena. A extração física dos padrões de uma configuração é obtida através das partes ou unidades das operações hierárquicas,

isto é, de uma coleção disposta em uma ordem para a ação da máquina, um sistema programado, processamentos, processos, etc. (Jackson, 1985). Estas unidades são necessárias à transformação dos dados para a geração da imagem. Por intermédio das operações hierárquicas, pode-se realizar transformações ou representações de padrões das configurações (Charniak & Mc Dermott, 1985 e Ekstron, 1984).

Como exemplo de um suporte lógico de programação, software, para o processamento de imagem, pode-se citar o HIPS (Human Information Processing Laboratory's Image Processing System). Trata-se de um sistema de software que envolve o estudo da percepção do American Sign Language (ASL), que é definido como "uma linguagem de gestos para comunicação entre surdos" (Landy, Cohen & Sperling, 1984b, p. 331). O processamento da imagem é acessado sob o sistema de operação UNIX, através dos comandos shell (Pavel, 1982). O HIPS apresenta uma articulação flexível e de uso simplificado, é dotado de uma documentação automática de suas ações e uma independência relativa de equipamentos especiais, possibilitando o acesso às imagens das ilusões ópticas, reconstrução de imagens tri-dimensionais, redução de ruídos - filtragens, análise de Fourier, detecção de margens, manipulação de cenas por linhas e computação de imagens por estatística (Riedl, 1984).

A semelhança entre as ondas eletromagnéticas e os impulsos registrados nas células visuais torna propício o uso de métodos matemáticos, como a transformada de Fourier simplificada (FFT) (Caelli, 1982; Julesz & Caelli, 1979; Julesz & Chang, 1979; Legge, 1976; Pinker, 1984; Pribam, Nuwer & Baron, 1974; Royer, Rzeszotarski & Gilmore, 1983; Rzeszotarski, Royer & Gilmore, 1983, Sekuler & Armstrong, 1978 e Simas, 1986).

A transformada de Fourier simplificada é aplicada em pesquisas de visão computacional com o objetivo de eliminar ou reduzir os níveis de ruídos em um espectro de altas frequências, visto que o sinal apropriado é usualmente o de baixa frequência, portanto, pode-se obter, utilizando-se esta análise, um dado próximo ao original sem ruídos. Os níveis de ruídos devem ser polidos, isto é, atenuados, a fim de que a imagem não seja formada com perturbações em suas características. Estas perturbações são tendências naturais do processo de diferenciação das partes da imagem (Aubanej & Oldham, 1985). O objetivo do formalismo de Fourier em visão artificial é o de realizar uma "transformação de intensidade da imagem dentro do domínio da frequência espacial" (Ballard & Brown, 1982, p. 24). Esta morfologia matemática expressa uma função como a soma de ondas senoidais de diferentes frequências e fases.

Nas pesquisas de Royer et al (1983) e Rzeszotarski et al (1983) são destacadas diversas aplicações da transformada de Fourier simplificada no processamento da imagem bi-dimensional em computadores digitais. As pesquisas permitem a verificação de como certos atributos do processamento visual são compatíveis ao conceito de frequência espacial múltipla. Como, por exemplo, é citado o conceito de brilho, definido como "o nível cinzento na imagem digital" (Rzeszotarski et al, 1983, p. 308), que é representado de forma matemática através das coordenadas polares.

Quando uma imagem é processada pelo computador, esta é representada por uma matriz de números positivos, cuja função é a representação da intensidade das frequências das ondas eletromagnéticas produzidas sobre detectores de um canal visual ou um sensor artificial. Esta intensidade ao ser detectada pelo sistema óptico é transformada em valores numéricos, o que permite o acesso a um conjunto de ro-

tinhas ou programas computacionais que contém subrotinas representativas do formalismo de Fourier e produzem o polimento destas ondas eletromagnéticas, gerando a imagem do objeto físico.

De uma forma geral, os sensores ópticos artificiais têm a função de um meio receptor da radiação eletromagnética proveniente do objeto físico e de um iluminador, com função de direcionar as radiações das ondas eletromagnéticas do ambiente. O sinal é captado, estocado e processado pelos meios de composição do sensor óptico artificial e transformado em sinais elétricos. Como as trocas de radiações eletromagnéticas se dão de forma rápida, devem ser ordenadas em seus níveis de tonalidade, segundo o elemento padrão da imagem no ponto ou conjunto de pontos, para uma direção dada pelo comportamento das coordenadas espaciais que determinam a imagem. Esta descrição é semelhante ao conceito de derivada de primeira ordem.

A localização para a posição de um valor máximo de intensidade, nível cinza no ponto, torna-se de grande importância, pois permite determinar o posicionamento e o local do brilho para uma margem da cena. A luminosidade da margem (bordas ou contorno) é correspondente à região limítrofe de uma superfície física. A mudança do nível de intensidade da margem, isto é, as variações das radiações eletromagnéticas (adições de intensidade luminosa), permite a introdução da teoria dos filtros. Aqui entende-se filtro, de uma forma geral, como um elemento transformador da intensidade responsável por uma ênfase ou não em determinado detalhe da configuração (Ballard & Brown, 1982). A filtragem é responsável pelo efeito da dilatação aleatória, nos diferentes estágios da intensidade luminosa, quando da formatação da imagem no canal visual natural ou artificial sendo, portanto, um elemento responsável pela qualidade da imagem. Esta qualidade poderá ser obtida através das técnicas ou processos matemáticos denominados operadores de bordas ou de contorno.

A função dos operadores é permitir a mensuração das possíveis trocas de gradientes nas intensidades luminosas, em um ponto da superfície da imagem, isto é, permitir uma equalização do sinal recebido pelos sensores artificiais. Os operadores, denominados gaussiano ou de gradiente e laplaciano, são utilizados para solucionar alguns problemas nas pesquisas em visão computacional. O laplaciano é aplicado quando o atributo que se quer destacar, numa imagem, é o da profundidade das imagens tri-dimensionais. Este operador, apesar de ser destacado nas pesquisas em visão computacional (Geiger, 1985), apresenta algumas desvantagens quando manipulado como medida de contorno. Ballard e Brown (1982) apresentam as desvantagens apresentadas pelo operador laplaciano, tais como, a perda da avaliação da informação direcional da margem e as características de uma derivada de segunda ordem, isto permite a presença de algum ruído na imagem.

Ultimamente, também por ter uma certa importância, as representações hierárquicas e o paralelismo visual têm sido destacados nas pesquisas em visão computacional, devido a uma ação simultânea destes fenômenos, conforme Poggio (1984). Isto deverá favorecer sensivelmente os estudos da visão humana e uma contribuição à robótica.

## CONCLUSÕES

Um novo campo de pesquisa é apresentado para especialistas em percepção visual. A flexibilidade dos instrumentos e técnicas, como também uma característica

interdisciplinar, destacam uma nova disciplina, a ciência da cognição.

A inteligência artificial é uma das principais áreas de investigação dessa nova ciência. A principal proposta da inteligência artificial, apresentada por Schank e Slade (1986), é a esquematização de métodos formais e de técnicas especiais para representar e processar o conhecimento na máquina. A contribuição da inteligência artificial está na elaboração de um procedimento eficaz para um desempenho de uma tarefa cognitiva. Segundo Longuet-Higgins (1981), isto permite a reconstrução de um mundo visual através das pesquisas sobre as imagens mentais.

As pessoas podem reconhecer um grande número de objetos, dependendo de suas características pessoais. O número de objetos a ser reconhecido por um sistema depende da relação objeto-conhecimento. A obtenção da relação é dada por uma aplicação deste objeto a um sistema de treinamento com origem no sistema de coordenadas polares, isto é, forma-se uma base de conhecimento acerca do objeto para que este seja reconhecido. Este sistema permite uma descrição do objeto e o que o cerca. O objeto físico será representado em um computador através do processamento de sua imagem que se define como uma análise envolvendo numerosas técnicas e que tem por objetivo principal, organizar uma seqüência pré-estabelecida para uma extração de informações. O objetivo será alcançado desde que se tenha planejado e estudado um modelo cognitivo. O modelo de Fourier (Pinker, 1984) tem sido destacado por pesquisadores em psicofísica e psicofisiologia, como um dos mais eficientes modelos cognitivos para o estudo da visão humana.

O destaque para esse modelo são as evidências encontradas na semelhança entre a visão dos seres vivos e as arquiteturas dos computadores. O método matemático da transformada de Fourier simplificada é destacado nas principais pesquisas em visão, por permitir um polimento das frequências altas das radiações eletromagnéticas provenientes do objeto e do ambiente. Estas frequências serão captadas por um meio óptico artificial e processadas pelo computador digital, gerando uma matriz de números positivos. Um programa computacional é acessado e, logo em seguida, este processará a imagem do objeto captado pelo meio óptico.

Os programas computacionais são compreendidos como modelos psicofísicos. Estes modelos, representados pelo computador, permitem uma série de vantagens para as pesquisas em psicologia experimental e novas metodologias na formulação de teorias da visão. Uma das teorias da visão que recorre aos recursos enfatizados é a teoria de Marr (1982), que salienta a importância da escolha apropriada, na representação para diferentes níveis de processamento da visão. Pode-se dividir a teoria de Marr em dois níveis: no primeiro, especifica-se o que o computador deve processar, e o recurso utilizado é o método matemático derivado da transformada de Fourier simplificada. No segundo é acessado um algoritmo particular que execute uma ordenação pré-estabelecida, conforme os objetivos que se deseja atingir; por exemplo, a representação de uma cena.

Os custos para a realização de uma pesquisa em visão computacional são elevados, pois uma configuração básica envolve meios físicos sofisticados como cameras especiais, unidades periféricas e um software que possa ser acessado por uma unidade computacional. Não obstante, tais pesquisas podem ser desenvolvidas por diversas metodologias, a partir da flexibilidade permitida pelos computadores. Um exemplo de ação para o desenvolvimento das pesquisas é apresentado por Badler e Bajcsy (1979), mediante as técnicas apresentadas na teoria da computação gráfica. A representação visual do computador, pode ser realizada através da

representação de uma cena, pelas primitivas tri-dimensionais dos objetos, que constituem esta cena. O estudo é feito através da simulação ou de modelos obtidos pelas técnicas ou ferramentas da computação gráfica (Hearn & Baker; 1986 e Loomis, 1986).

Os esforços da pesquisa em visão computacional, nesta década estão dirigidos à implementação de meios físicos, que permitam uma ação simultânea, paralela e com maior velocidade de resolução, o que, provavelmente, permitirá um padrão superior ao processamento de imagens. Uma das razões para a ação na melhoria do hardware, deve-se ao desenvolvimento de novos algoritmos.

Conclui-se que a maturidade das pesquisas em visão computacional permitirá a construção de novas teorias visando uma explicação da visão humana, já que os recentes resultados vêm evidenciando que este será o caminho futuro para uma possível representação do comportamento visual. Tal como a teoria computacional da visão, proposta por Marr (1982), novas teorias serão necessárias às futuras transformações, pois segundo Kosslyn (1985) "de qualquer maneira, o ponto da reformulação de uma teoria não é somente explicar a utilidade de um resultado, mas também prever e colaborar com pesquisadores, a coletar resultados novos e interessantes. O computador constrói uma série de modelos para prever esses resultados" (p. 28).

Um dado deve ser salientado neste artigo: os resultados obtidos pelas pesquisas anteriores, em cognição visual, não foram abandonados pelos pesquisadores em visão computacional; entretanto, não se pode negar que o progresso tecnológico trouxe uma nova informação aos estudos em cognição visual. Pode-se colocar a condição de que as pesquisas em visão computacional através dos altos níveis de procedimento, introduzindo novas ferramentas, permitirão, assim, um avanço considerável para o progresso científico da psicologia da visão. Afinal, como bem afirmou Marr (1982) "o sistema visual humano é uma máquina admirável". (p. 79).

## REFERÊNCIAS

- ADAMS, J. R., DISCROLL, E. C, JR, & READER, C. (1984). Image processing systems. Em M. P. Ekstrom (Ed.), *Digital Images processing techniques*. New York: Academic Press. 289 - 360.
- AHUJA, N.. & SCHACHTER, B. L. (1981). Image models. *Computing Surveys*, 13 (4), 373-397.
- ANDREWS, H. C, & PATTERSON, C L. (1976). Outer product expansions and uses in digital image processing. *IEEE Transactions on Computer*, c - 25 (2), 140-143.
- ARBIB, M. A. (1982). Cérebro, máquinas y matemáticas. In E. S. Manes (Trad.), *Brain, machines and mathematics*. Madrid: Alianza Editorial: (Trabalho original publicado em 1964).
- AUBANEL, E. E., & OLDHAM, K. B. (1985). Fourier smoothing: without the fast Fourier transform. *Byte*, 10(2), 207-240.

- BADLER, N., & BAJCSY, R. (1978). Three-dimensional representations for computer vision. *Computer Graphics*, 12 (3), 153 -160.
- BALLARD, D. H., & BROWN, C. M. (1982). *Computer vision*. New York: Prentice - Hall.
- BESL, P. J., & JAIN, R. C (1985), Three-dimensional object recognition. *Computing Surveys*, 17(1), 75-145.
- BLACKMORE, W. R. (1982). Human software. *Behavior Research Methods & Instrumentation*, 13 (4), 533-570.
- BRAUNSTEIN, M. L. (1981). Contrast between human and machine vision: should technology recapitulate phylogony? In J. Beck & A. Rosenfeld (Eds.), *Human and Machine Vision*. Denver: Academic Press. 1-21.
- BROWN, C. M. (1984). Computer vision and natural constraints. *Science*, 224 (4648), 1299-1305.
- CAELLI, T. (1982). On discrimination visual texture and image. *Perception & . Psychophysics*, 31 (2), 149-159.
- CHARNIAK, E., & McDERMOTT, D. (1985). *Introduction to artificial intelligence*. Massachusetts: Addison - Wesley.
- COHEN, P. R., & FEIGENBAUM, E. A. (1984). *The handbook of artificial intelligence* (vol. 3). Callifornia: Willian Kaufman.
- COIFFET, P. (1983). *Robot technology: Interaction with the enviroment* (vol. 2). New York: Prentice - Hall.
- EKSTRON, M. P. (1984). *Digital image processing techniques*. New York: Academic Press.
- FELDMAN, J. A. (1985). *Connections*. *Byte*, 10 (4), 277 - 284.
- FISCHELER, M. A., & FIRSCHEIN, O. (1986). Intelligence and the computer. *AI Expert*, 1 (4), 43 -49.
- FU, K. S., GONZALES, R. C, & LEE, C S. G. (1987). *Robotics: control, sensing, vision, and intelligence*. New York: McGraw - Hill.
- GEIGER, D. (1985). *Visão computacional*. Conferência no Laboratório Nacional de Computação Científica. Rio de Janeiro.
- HAVENS, D., & BAKER, M. P. (1986). *Computer graphics*. London: Prentice - Hall.

- HUNT, B. R. (1984). Image restoration. In M. P. Ekstron (Ed.). Digital image processing techniques (pp. 53 - 76). New York: Academic - Press.
- JACKSON, P. C, Jr. (1985). Introduction to artificial intelligence. New York.
- JULESZ, B., & CAELLI, T. (1979). On limits of Fourier decomposition in visual texture perception. *Perception*, 8 (1), 69 - 73.
- JULESZ, B., & CHANG, J. J. (1979). Symetry perception and spatial-frequency channels. *Perception*, 8 (6), 711 - 718.
- KOSSLYN, S. M. (1985). Stalking the mental image. *Psychology Today*, 19 (5), 22 - 28.
- LANDY, M. S., COHEN, Y., & SPERLING, G. (1984a). HIPS: image processing under UNIX, software and applications. *Behavior Research Methods, Instruments & Computers*, 16 (2), 199 - 216.
- LANDY, M. S., COHEN, Y., & SPERLING, G. (1984b). HIPS: a UNIX based image processing system. *Computer Vision, Graphics, and Image Processing*, 25 (3), 331 - 347.
- LEGGE, G. E. (1979). Adaptation to a spatial impulse: implications for Fourier transform models of visual processing. *Vision Research*, 16 (12), 1407 - 1418.
- LONGUET-HIGGINS, H. C (1981). Artificial Intelligence - a new theoretical psychology? *Cognition*, 10 (1 - 3), 197 - 200.
- LOOMIS, J. H. (1986). Application of the computer in Psychological research (Rel. Tec). In J. A. da Silva & S. M. de Carvalho (Eds.). Ribeirão Preto. Universidade de São Paulo. Departamento de Psicologia e Educação.
- MAYHEW, J., & FRISBY, J. (1984). Computer vision. In T. O'Shea & M. Eisenstadt (Eds), *Artificial Intelligence: tools, techniques, and applications*. New York: Harper & Row. 301 - 357.
- MARR, D. (1982). *Vision*. New York: Freeman.
- MULHOLLAND, T. M. (1986). Processamento de informação em busca visual. *Ciência e Cultura*, 38 (6), 1414-1417.
- NEISSER., U. (1976). *Psicologia Cognoscitiva*. Em S. Mercado (Trad.), *Cognitive Psychology*. Mexico: Editorial Trillas: (Trabalho original publicado em 1967).
- NORMAN, D. A. (1980). Twelve issues for cognitive science. *Cognitive Science*, 4 (1), 1-12.
- PAVEL, M. (1982). Introduction to UNIX. *Behavior Research Methods & Instrumentation*, 14 (2), 135 -136.

- PINKER, S. (1984). Visual cognition: an introduction. *Cognition*, 18 (1 - 3), 1 - 12.
- POGGIO, T. (1984, april). Vision by man and machine. *Scientific American*, 250 (4), 68-78.
- PRIBAM, K. H., NUWER, M., & BARON, R. J. (1974). The holographic hypothesis of memory structures in brain function and perception. In D. H. Krantz, R. C Atkinson, R. D. Luce, & R. Suppes (Eds.), *Contemporary development in mathematical Psychology: measurement, psychophysics, and neural, information processing* (vol. 2). San Francisco: Freeman. 416 - 457.
- RIEDL, T. R. (1984). HIPS in action: applications of HIPS in research. *Behavior Research Methods, Instruments & Computers*, 16 (2), 217 - 222.
- RIGGS, L. A. (1983). Optics, the eye and brain. *Journal of the Optical Society of America*, 70 (6), 736 - 741.
- RITCHIE, G., & THOMPSON, H. (1984). Natural language processing. In T. O'Shea & M. Eisenstadt (Eds.), *Artificial intelligence: tools, techniques, and applications*. New York: Harper & Row. 358 - 388.
- ROTH, P. H. (1976). Simulation. In A. Ralston & C. L. Meek (Eds.), *Encyclopedia of computers and science* (1<sup>st</sup> ed.). New York: Nostrand Reinhold. 1259 - 1278.
- ROYER, F. C, RZESZOTARSKI, M. S., GILMORE, G. C (1983). Applications of two-dimensional Fourier transforms to problems of visual perception. *Behavior Research Methods & Instrumentation*, 15 (2), 319 - 326.
- RZESZOTARSKI, M. S., ROYER, F. C., GILMORE, G. C (1983). An Introduction to two-dimensional fast Fourier transformations and their applications. *Behavior Research Methods & Instrumentation*, 15 (2), 308 - 318.
- SCHANK, R. C, & CHILDERS, P. G. (1984). The cognitive computer on the language, learning, and artificial intelligence. Massachusetts: Addison - Wesley.
- SCHANK, R. C, & SLADE, S. S. (1986). Social and economic impacts of artificial intelligence. In R. Trappl (Ed.), *Impacts of artificial intelligence*. New York. Elsevier Science. 124 - 130.
- SEKULER, R., & ARMSTRONG, R. (1978). Fourier analysis of polar coordinate data in visual psychology and psychophysics. *Behavior Research Methods & Instrumentation*, 10 (1), 8 - 14.
- SIMAS, M. L. B. (1986). Análise de sistemas lineares aplicada à percepção visual. In R. Gorayeb (Ed.). *Anais da XVI Reunião Anual de Psicologia*. Ribeirão Preto, São Paulo. 248 - 252.

- SLACK, J. M. (1984). Cognitive science research. In T. O'Shea & M. Eisenstadt (Eds.), *Artificial Intelligence: tools, techniques, and applications*. New York: Harper & Row. 155-177.
- STEPHANECK, P. (1986). Carga mental e processamento de informação. *Ciência e Cultura*, 38 (6), 1017-1020.
- TANIMOTO, S., & KLINGER, A. (eds.) (1980). *Structured computer vision: machine perception through hierarchical computation structures*. New York: McGraw-Hill.
- WINSTON, P. H. (Ed.) (1975). *The psychology of computer vision*. New York: McGraw-Hill. In R. Trappi (Ed.), *Impacts of artificial intelligence*. New York: Elsevier Science. 131-139.

## NOTAS

- 1 - Uma pesquisa bibliográfica permite demonstrar a importância de alguns livros, como obras introdutórias ao estudo e pesquisa em visão computacional. O livro editado por Winston (1975) é destacado por apresentar um coletânea dos principais programas computacionais introduzidos por seus autores. Winston (1984) pode ser considerado uma obra introdutória para o estudo em inteligência artificial. Em destaque, o capítulo "Image Understanding", onde podem ser encontradas interessantes informações sobre a representação da imagem e o contraste com a visão humana. Também o livro de Ballard e Brown (1982) pode ser considerado como uma obra imprescindível para uma ação em pesquisas nesta área de estudo. Os conceitos fundamentais, nesta obra, encontram-se claramente expostos e há um apêndice sobre as análises matemáticas necessárias à realização da pesquisa em visão computacional, sendo que alguns comentários correlatos são introduzidos. Continuando a apresentação bibliográfica, Cohen e Feigenbaum (1984) apresentam uma excelente visão dos algoritmos aplicados nas pesquisas em visão artificial.
- 2 - Alguns periódicos são importantes para o acompanhamento de novas técnicas e ferramentas nestas pesquisas. Os mais frequentes nas referências da literatura específica são:  
AGM Transactions on Graphics, Artificial Intelligence, Behavior Research Methods Instruments and Computers, Cognitive Science, Computer, Computer Graphics, Computer Graphics and Applications, Computer Graphics and Image Processing, Computing Surveys, IEEE Computer Graphics and Applications, IEEE Transactions Computer, IEEE Transactions Graphics, IEEE Spectrum, Optical Spectra, Pattern Recognition e Simulation.
- 3 - Os resumos de periódicos especializados nesta área podem ser encontrados nos seguintes sumários:  
Computer Abstracts e Computer and Control Abstracts.

---

Texto recebido em 12/7/86