

1 Introdução à Computação Gráfica

Os computadores tornaram-se uma ferramenta poderosa na produção de imagens de maneira rápida e econômica. Atualmente a Computação Gráfica é utilizada em diversas áreas como ciência, engenharia, medicina, indústria, arte, entretenimento, educação, treinamento, etc.

A Computação Gráfica pode ser definida como a área da ciência da computação que estuda a geração, manipulação e interpretação de modelos e imagens de objetos utilizando computador. Tais modelos vêm de uma variedade de disciplinas, como física, matemática, engenharia, arquitetura, etc.

A Computação Gráfica é à base da Visualização de Dados. Praticamente podemos dizer que visualização é o processo que transforma dados em conjuntos de primitivas gráficas e que as técnicas de computação gráfica são usadas para converter estas primitivas em figuras ou animações (Schroeder, 1996). A utilização das técnicas de Computação Gráfica para visualizar informações tem como objetivo facilitar o entendimento de conjunto de dados numéricos de alta complexidade. Exemplos de áreas de aplicação são: visualização de imagens médicas, meteorologia, dados financeiros, visualização de programas, dinâmica de fluidos e muitas outras. Nelas, o que existe em comum é que as representações gráficas (superfícies, partículas, ícones) são geradas automaticamente a partir do conjunto de dados. Ao usuário cabe definir parâmetros e atributos da imagem para melhor "navegar" no seu conjunto de dados. Dessa maneira, a visualização de dados partilha de características da síntese, do processamento e da análise de dados.

Pode-se subdividir a Computação Gráfica em 3 sub-áreas (Persiano, 1989):

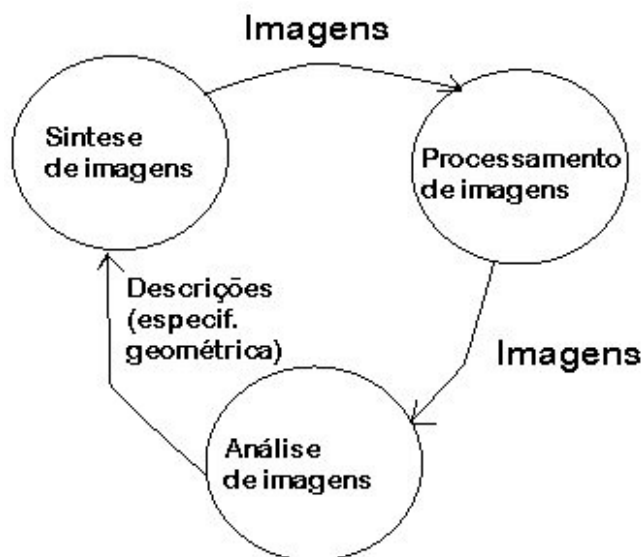
Síntese de Imagens: sub-área que se preocupa com a produção de representações visuais a partir das especificações geométrica e visual de seus componentes. É freqüentemente confundida com a

própria Computação Gráfica. As imagens produzidas por esta sub-área são colocadas nos chamados *Display-File*.

Processamento de Imagens: envolve as técnicas de transformação de Imagens, em que tanto a imagem original quanto a imagem resultado apresentam-se sob uma representação visual (geralmente matricial). Estas transformações visam melhorar as características visuais da imagem (aumentar contraste, foco, ou mesmo diminuir ruídos e/ou distorções). As imagens produzidas/utilizadas por esta sub-área são colocadas/recuperadas nos chamados *Raster-File*.

Análise de Imagens: sub-área que procura obter a especificação dos componentes de uma imagem a partir de sua representação visual. Ou seja, através da informação pictórica da imagem (a própria imagem!) produz uma informação não pictórica da imagem (por exemplo, as primitivas geométricas elementares que a compõem).

Figura 1. Relacionamento entre as três subáreas da Computação Gráfica.



Atualmente a Computação Gráfica é altamente interativa: o usuário controla o conteúdo, a estrutura e a aparência dos objetos e suas imagens visualizadas na tela, usando dispositivos como o

teclado e o mouse. Entretanto, até o início dos anos 80, a computação gráfica era uma disciplina restrita e altamente especializada. Devido principalmente ao alto custo do hardware, poucos programas aplicativos exploravam gráficos. O advento dos computadores pessoais de baixo custo, como o IBM-PC e o *Apple Macintosh*, com terminais gráficos de varredura (*raster graphics displays*), popularizou o uso de gráficos na interação usuário-computador. Os displays gráficos de baixo custo possibilitaram o desenvolvimento de inúmeros aplicativos baratos e fáceis de usar, que dispunham de interfaces gráficas - planilhas, processadores de texto, programas de desenho... As interfaces evoluíram e introduziu-se o conceito de *desktop* - uma metáfora para uma mesa de trabalho. Nessas interfaces gráficas, através de um gerenciador de janelas (*window manager*) o usuário pode criar e posicionar janelas que atuam como terminais virtuais, cada qual executando aplicativos independentemente. Isto permite que o usuário execute vários aplicativos simultaneamente, e selecione um deles a um simples toque no mouse. Ícones (*icons*) são usados para representar arquivos de dados, programas e abstrações de objetos de um escritório - como arquivos, caixas de correio (*mailboxes*), impressoras, latas de lixo - nas quais são executadas operações análogas às da vida real. Para ativar os programas, o usuário pode selecionar ícones, ou usar *buttons* e menus dinâmicos. Objetos são manipulados diretamente através de operações de *pointing* e *clicking* feitas com o mouse. Atualmente, mesmo aplicativos que manipulam texto (como processadores de texto) ou dados numéricos (como planilhas) usam interfaces desse tipo, reduzindo sensivelmente a interação textual através de teclados alfanuméricos. A computação gráfica não é mais uma raridade: é parte essencial de qualquer interface com o usuário, é indispensável para a visualização de dados em 2D e 3D e tem aplicações em áreas como educação, ciências, engenharia, medicina, publicidade, lazer, militar,... A computação gráfica cuida da síntese de imagens de objetos reais ou imaginários a partir de modelos computacionais. Processamento de imagens é uma área

relacionada que trata do processo inverso: a análise de cenas, ou a reconstrução de modelos de objetos 2D ou 3D a partir de suas imagens. Note que a síntese de imagens parte da descrição de objetos tais como segmentos de reta, polígonos, poliedros, esferas, etc; e produz uma imagem que atende a certas especificações e que pode, em última instância, ser visualizada em algum dispositivo (terminal de vídeo, *plotter*, impressora, filme fotográfico...). As imagens em questão constituem uma representação visual de objetos bi-ou tri-dimensionais descritos através de especificações abstratas. O processamento de imagens parte de imagens já prontas para serem visualizadas, as quais são transferidas para o computador por mecanismos diversos - digitalizações de fotos, tomadas de uma câmera de vídeo, ou imagens de satélite - para serem manipuladas visando diferentes objetivos.

2. Sistemas Gráficos

No sentido de padronizar a construção de aplicativos que utilizam recursos gráficos e de torná-los o mais independente possível das máquinas, e, portanto facilmente portáteis, voltou-se para o desenvolvimento dos chamados Sistemas Gráficos. A padronização de interfaces de programas de aplicação com funções gráficas foi criada com o objetivo de eliminar os principais problemas existentes na década de 60 na área de CG, uma vez que os programas da época usavam comandos específicos do próprio terminal, ou seja, escreviam diretamente na memória gráfica e utilizavam rotinas fornecidas pelos fabricantes. Esta metodologia gerava problemas na transferência de programas gráficos de uma instalação para outra, ou seja, os programas eram dependentes dos equipamentos. Sendo assim, houve a necessidade da elaboração de programas gráficos compatíveis com qualquer equipamento.

A primeira tentativa foi o Sistema Core - *Core Graphics System* - (1977 e 1979) pelos americanos. Mas a primeira especificação gráfica realmente padronizada foi o GKS - *Graphical*

Kernel System, pela ANSI e ISO em 1985. O GKS é uma versão mais elaborada que o Core. O GKS suporta um conjunto de primitivas gráficas interrelacionadas, tais como: desenho de linhas, polígonos, caracteres, etc., bem como seus atributos. Mas não suporta agrupamentos de primitivas hierárquicas de estruturas 3D. Um sistema gráfico mais completo chamado PHIGS - *Programmer's Hierarchical Interactive Graphics System* - que suporta todo o tratamento 3D de primitivas geométricas (escala, rotação e translação), está se tornando padrão para suporte a gráficos 3D.

O sistema de janelas chamado XWindow desenvolvido pelo MIT (1988), vem se tornando um padrão de fato, como software de suporte ao desenvolvimento de sistemas gráficos interativos.

3. Aplicações da CG

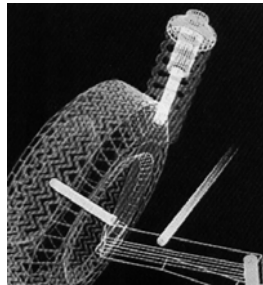
A lista de aplicações é enorme, e cresce rapidamente. Uma amostra significativa inclui:

Interfaces: a maioria dos aplicativos para computadores pessoais e estações de trabalho atualmente dispõem de interfaces gráficas baseadas em janelas, menus dinâmicos, ícones, etc.

Traçado interativo de gráficos: aplicativos voltados para usuários em ciência, tecnologia e negócios geram gráficos que ajudam na tomada de decisões, esclarecem fenômenos complexos e representam conjuntos de dados de forma clara e concisa.

Automação de escritórios e editoração eletrônica: o uso de gráficos na disseminação de informações cresceu muito depois do surgimento de software para editoração eletrônica em computadores pessoais. Este tipo de software permite a criação de documentos que combinam texto, tabelas e gráficos - os quais tanto podem ser "desenhados" pelo usuário ou obtidos a partir de imagens digitalizadas.

Projeto e desenho auxiliado por computador: em CAD, sistemas gráficos interativos são utilizados para projetar componentes, peças e sistemas de dispositivos mecânicos, elétricos, eletros-mecânicos e eletrônicos. Isto inclui edifícios, carcaças de automóveis, aviões e navios, chips VLSI, sistemas óticos, redes telefônicas e de computador. Eventualmente, o usuário deseja apenas produzir desenhos precisos de componentes e peças. Mais freqüentemente, o objetivo é interagir com um modelo computacional do componente ou sistema sendo projetado, de forma a testar propriedades estruturais, elétricas ou térmicas, até atingir um



projeto satisfatório.

Figura 2. Exemplo de *Wireframe*.

Simulação e animação para visualização científica, lazer, arte e publicidade: uma das áreas que mais evoluíram na década de 80 foi à visualização científica. Cientistas e engenheiros perceberam que não poderiam interpretar as quantidades prodigiosas de dados produzidas por programas em supercomputadores sem resumir os dados e identificar tendências e fenômenos através de representações gráficas. Como resultado, surgiram animações computadorizadas do comportamento variante no tempo de objetos reais ou simulados. Tais animações podem ser utilizadas para estudar entidades matemáticas abstratas e modelos matemáticos de fenômenos como fluxo de fluidos, relatividade, reações químicas e nucleares, deformação de estruturas mecânicas sob diferentes tipos de pressão, etc. Outras aplicações tecnológicas avançadas incluem a produção de desenhos animados e efeitos especiais para filmes e

comerciais de TV, que requerem mecanismos sofisticados para modelar objetos e para representar luz e sombra.

Controle de processos: sistemas de controle de tráfego aéreo e espacial, sistemas de controle de refinarias e de usinas de energia mostram graficamente os dados coletados por sensores conectados a componentes críticos dos sistemas, de forma que os operadores possam responder adequadamente a condições críticas.

Cartografia: a computação gráfica é usada para produzir representações precisas e esquemáticas de fenômenos naturais e geográficos obtidos a partir da coleta de dados.

4. Hardware Gráfico

Um sistema de hardware para computação gráfica consiste essencialmente de dispositivos gráficos de entrada e saída (I/O) ligados a um computador (Figura 3). Ao conjunto de dispositivos de I/O gráficos alocados para utilização por uma única pessoa por vez denomina-se genericamente de "estação de trabalho gráfica", ou *graphics workstation*. Um sistema gráfico multiusuário pode ter várias estações gráficas, de forma que mais de um dos vários dispositivos de I/O disponíveis podem estar conectados e utilizando o computador hospedeiro. Como na CG é freqüente a manipulação de grandes quantidades de dados, o computador deve ser equipado de memória secundária com alta capacidade de armazenagem. Além disso, um canal de comunicação de alta velocidade é necessário para reduzir os tempos de espera. Isto normalmente é feito através de comunicação local sobre um barramento paralelo com velocidade de transmissão de dados da ordem de um milhão de bits por segundo. Se o equipamento gráfico está distante do processador (conexão remota), um canal de comunicação serial pode ser necessário. Transmissão serial assíncrona pode ser feita a velocidades milhares de bits por segundo. Mesmo tal velocidade pode ser muito lenta para alguns objetivos como animação gráfica

de alta resolução, onde cada frame de imagem pode ter um megabyte de dados. Um sistema de conexão ideal nesse caso é uma *Local Area Network* (LAN) como a *Ethernet*. Os dispositivos de saída gráficos podem ser de natureza digital ou analógica, resultando em duas classes de gráficos, denominados *vector graphics* (gráficos vetoriais), que desenhavam figuras traçando seqüências de segmentos de reta (vetores); e *raster graphics* (gráficos de varredura, ou matriciais), que desenhavam figuras pelo preenchimento de uma matriz de pontos (*pixels*).

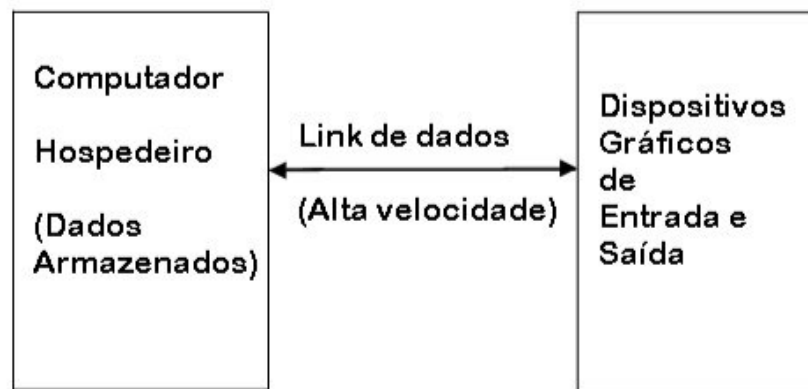


Figura 3. Hardware Gráfico.