

# 1 Introdução e Conceitos Básicos

## 1.1 Introdução

(MRG: estende esta introdução com mais paleio, faz uma introdução à Introdução)

Introduz-se uma taxionomia de aplicações de Computação Gráfico, destacando-se as opções técnicas que o engenheiro informático deve efectuar na produção de um sistema específico.

Descreve-se a história da Computação Gráfica enquadrada na área mais geral da Informática e nas suas relações com outras áreas técnico-científicas.

Fornece-se um modelo conceptual de sistemas gráficos, descrevendo-se o modo como o modelo e as normas gráficas foram evoluindo ao longo das últimas décadas.

### Objectivos

- Utilizar uma taxionomia de Aplicações Gráficas na definição das opções de projecto de um sistema específico.
- Identificar as raízes da Computação Gráfica e as principais descobertas científicas e tecnológicas que foram o garante da sua evolução.
- Identificar as tendências evolutivas ao longo da história da Computação Gráfica.
- Enquadrar a Computação Gráfica na área mais geral da Engenharia Informática.
- Conhecer os aspectos mais fortes e fracos das Normas Gráficas.

## 1.2 Áreas de Aplicação

O século XXI marcou definitivamente o início da era do conhecimento suportado pelas Tecnologias da Informação e, mais marcadamente, do Multimédia. Desde o nascimento da humanidade que a comunicação visual tem uma importância central na comunicação da pessoa com o meio ambiente e, em particular, com outras pessoas. Mas, no início do século XXI, existem novos intervenientes no meio ambiente, em particular máquinas que resultaram da evolução do computador, quer se trate de robots, de máquinas ditas inteligentes ou dos simples dispositivos de produtividade, como as agendas electrónicas.

Neste contexto a Computação Gráfica e, particularmente, a Computação Gráfica Tridimensional adquiriu um papel relevante na vida de todos nós, quer quando vemos um filme no cinema, consultamos um local na *Internet* ou efectuam um projecto de engenharia.

A área técnico-científica da Computação Gráfica, muitas vezes designada pela sigla CG, engloba não só componentes algorítmicas (cálculo de imagens, mistura de cenas sintetizadas com cenas reais) mas também componentes de arquitectura de sistemas interactivos (controlo e monitorização de processos, editores gráficos para animação ou para projecto de engenharia). A área tem tido um relacionamento particularmente estreito com duas outras áreas do conhecimento: a **Matemática** e o **Processamento de Imagem**. A matemática, quer na sua componente de **Geometria Descritiva** quer na componente de **Análise Numérica**, fornece as bases teóricas tanto para a Computação Gráfica como para o Processamento de Imagem, considerada como área dual da primeira.

Neste início deste novo milénio não só os literatos nas Tecnologias da Informação mas também a generalidade dos utilizadores de equipamentos que incluem áreas de visualização, tais como vídeos, televisões ou telefones, são utilizadores de Computação Gráfica. Assim é, sem dúvida, nas designadas **Interfaces com o Utilizador**, onde a Computação Gráfica está mais visível, mesmo tratando-se de uma utilização normalmente pouco sofisticada. A Computação Gráfica está também na base da maioria dos media, quer se trate de filmes, suportados em vídeo ou filme, quer se trate de publicações suportadas em papel. Podemos também referir novas formas de arte, em particular a arte interactiva, na qual a Computação Gráfica também aparece como um dos elementos destas novas linhas de expressão artística e cultural.

(MRG: Fala das interfaces interactivas que permitiram o emprego das TIS pelos leigos e a sua enorme expansão)

Mas são os literatos nas Tecnologias de Informação os grandes utilizadores da Computação Gráfica, pois quando utilizam um Escritório Electrónico ou Sistemas de Gestão de Negócios estão a utilizar Computação Gráfica.

São também inúmeras as profissões que necessitam da Computação Gráfica. Quando um engenheiro projecta uma ponte ou uma peça mecânica, quando um arquitecto desenha um edifício uma zona de uma cidade ou quando um profissional projecta um sapato, um vestido ou uma peça de mobiliário está a utilizar um Sistema de Projecto Assistido por Computador. Um publicitário está a usar Computação Gráfica quando projecta uma nova campanha, a definição do logótipo, uma imagem de marca, e do conteúdo de anúncios, folhetos, revistas ou jornais. Em suma, a Computação Gráfica tornou-se fundamental no trabalho de todas estas profissões.

A utilização da Computação Gráfica tem tido um papel crescente em muitas outras áreas profissionais, desde as áreas mais antigas da Cartografia e da Geografia, apesar de tardarem a adoptar os Sistemas Informação, até à Medicina que emprega a designada Visualização Científica, passando pelo Ensino, onde os professores se encontram cada vez mais empenhados em adoptar as novas ferramentas disponibilizadas pela Computação Gráfica.

Na base de todas estas classes profissionais estão os Engenheiros Informáticos especialistas em CG os quais concebem, projecto, implementam, testam e operacionalizam as ferramentas informáticas que as pessoas usam no seu dia a dia. (MRG: facilitando a sua ampla utilização e modificando os horizontes...)

### 1.2.1 Tipos de Aplicações

(MRG: nesta secção aparece a noção de “cena”, mas esta não é definida)

Face a uma tão grande dispersão de áreas de aplicação é necessário definir uma taxionomia que os profissionais em CG possam usar para os guiar nas opções de projecto características de qualquer área de engenharia.

Da análise dos tipos mais importantes de aplicações da Computação Gráfica é possível definir uma taxionomia baseada num conjunto de critérios de classificação.

Para o engenheiro informático uma taxionomia tem a vantagem de suportar todo um conjunto de opções de projecto como o tipo de dispositivos mais adequados ou as bibliotecas a usar. A caracterização de um Sistema Informático segundo uma taxionomia pode ter, adicionalmente, a vantagem de identificar a sua importância para a actividade do cliente e, com base nesse tipo de dados, planear o custo do desenvolvimento do sistema final.

Assim, em Computação Gráfica, é possível identificar os seguintes critérios:

- A. Características dos objectos e do modo como são visualizados;
- B. Tipos de interacção com o utilizador;
- C. Papéis desempenhado pela imagem;
- D. Modos como as imagens são apresentadas.

(MRG: nos sub critérios era interessante citar exemplos ou ter figuras ilustrativas)

### A – Características dos Objectos

Quanto às **características dos Objectos e ao modo como são visualizados** temos os seguintes sub critérios.

1. Quanto à Dimensionalidade dos Objectos estes podem ser subdivididos consoante o espaço em que estão definidos: espaços 2D e espaços 3D.
2. Quanto à Dimensionalidade do Espaço em que estão definidos os objectos, podemos definir um ponto num espaço 1D, 2D ou 3D<sup>1</sup> assim como uma curva, uma linha poligonal ou um texto num espaço 2D ou 3D. No entanto não podemos definir uma superfície num espaço 2D.

---

<sup>1</sup> As designações 1D, 2D e 3D designam, respectivamente, as noções de unidimensional, bidimensional e tridimensional.

3. Quanto ao Tipo de Imagens produzidas existe uma dependência relativamente ao espaço em que os objectos estão definidos. Assim uma curva definida num espaço 2D pode ser visualizada como uma linha poligonal ou pelo lugar geométrico dos pontos que pertencem à curva. Por outro lado, a curva pode ser representada com um padrão (tracejado, por exemplo), com diferentes níveis de cinzento ou a cores. Se considerarmos uma superfície, esta pode ser representada através de linhas poligonais (arames ou wire-frame), as quais podem, além dos atributos que existem em 2D incluir também a remoção de linhas ocultas. Se a superfície for definida como uma malha de facetes (polígonos planares) ou como o lugar geométrico dos pontos que lhe pertencem, podem ser retirados os elementos (facetes) ocultos.
4. A Iluminação tem também um papel muito importante em Computação Gráfica. No Mundo Real, é necessário iluminar um objecto para que seja possível visualizá-lo. Este conceito de iluminação, aplicável a cenas definidas no espaço 2D ou 3D, tem impacto no modo como o objecto é visualizado. Considerando que no Mundo Real não existem objectos 2D, é comum que tais objectos tenham uma textura e/ou cor, não sendo necessário iluminá-los para se obter a sua imagem.
5. Quanto à Variação em Função do Tempo, no que se designa por Animação por Computador, os objectos podem estar estáticos ou qualquer um dos seus atributos pode variar em função do tempo, quer se trate da geometria, cor, textura ou modo como o objecto é visualizado (câmara em movimento).
6. É ainda possível a estender a área da Computação Gráfica a outros media tais como o Som, o Tacto ou o Cheiro. (MRG: diz que é com resultados promissores, embora ainda esteja tudo em fase de estudo, sendo um campo de investigação promissor. Talvez em nota de rodapé...) Dos 5 sentidos unicamente o Gosto não tem sido considerado.

## B – Interacção Pessoa Máquina

A interacção **pessoa máquina** tem vários níveis de sofisticação, quer na perspectiva das ferramentas que o utilizador manipula, quer nas capacidades dos próprios objectos virtuais:

1. Na *Representação Passiva* (offline) existe uma descrição dos objectos a visualizar. O utilizador limita-se a mandar desenhar as imagens, quer se trate de uma ferramenta de visualização num ecrã, da impressão num plotter ou da sensibilização de um filme de 35mm, recorrendo a um equipamento apropriado ligado ao computador. Estas representações podem ter sido criadas, por exemplo, por outras pessoas e enviadas como parte de uma comunicação pessoa – pessoa assíncrona.
2. Na *Representação Interactiva*, o utilizador manipula os objectos, construindo a cena de modo incremental, grava toda a cena, incluindo a sua iluminação, posição das câmaras e, sempre que entender, obtém uma imagem no suporte mais apropriado.
3. Nos *Sistemas de Navegação*, a cena está pré-definida e não pode ser modificada, podendo o utilizador controlar não só o modo de iluminar a cena como definir e controlar várias câmaras virtuais e navegar num espaço, normalmente tridimensional. Estes sistemas designam-se por de Tempo Real,

sendo uma das ferramentas mais populares: os navegadores VRML.<sup>2</sup> Considerando o facto da cena ser estática existem algoritmos otimizados que permitem a visualização da cena com elevado grau de realismo (algoritmos baseados no conceito de radiosidade).

4. Nos *Ambiente de Realidade Virtual*, que são também de Tempo Real, é possível não só navegar mas também alterar a cena, incluindo a geometria e restantes atributos dos objectos. Os navegadores VRML suportam também esta funcionalidade.
5. Até agora consideramos que os objectos eram representações gráficas de objectos inanimados. No entanto, com a crescente importância dos *Agentes Autónomos*, em particular nos jogos de computador, devemos considerar um novo tipo de interacção pessoa máquina na qual a máquina detém características que convencionamos chamar humanas, tais como inteligência (dita artificial), autonomia, personalidade, emoções e muitas outras.
6. Existe ainda uma classe de aplicações ditas de *cooperação suportada em Avatares*, em que os objectos gráficos são representações complexas de outra pessoa com a qual o utilizador está a interactuar. Esta classe de aplicações encontra-se nos sistemas de comunicação síncrona pessoa – pessoa, através de canais de comunicação de baixo débito. Em primeiro lugar, envia-se a geometria do *avatar* e a informação sobre os elementos a parametrizar. Durante a comunicação, basta enviar os parâmetros que variam em função do tempo (sorrir, erguer o sobrolho).

## C – Papel Desempenhado pela Imagem

O **papel desempenhado pela imagem** é um critério fundamental para avaliar a importância económica da Computação Gráfica no âmbito de um trabalho profissional.

1. Na maioria das aplicações da Computação Gráfica, a cena composta por um ou mais objectos não é o objectivo final mas sim a *criação de imagens ou sequência de imagens*. A produção de publicações electrónicas, de pinturas ou de animações são exemplos deste tipo de aplicações. Por outro lado, para um cartógrafo, o mais importante é o rigor da informação que é medida no Mundo Real e não a simples produção de mapas.
2. Já para a maioria dos engenheiros o objectivo é a *criação da cena* representando um produto que irá ser produzido quer se trate de um edifício ou de um produto electromecânico. (MRG: fala aqui do CAD/CAM, sff)

## D – Modo de Apresentação das Imagens

Quanto ao **modo como as imagens são apresentadas** (relações lógica e temporal entre objectos e as respectivas imagens) podemos considerar as seguintes situações:

1. Quando existe só *coerência espacial* é apresentada uma imagem de cada vez seja no ecrã, sob a forma de um álbum de fotografias, numa impressora, num *plotter* ou sob a forma de uma imagem holográfica.

---

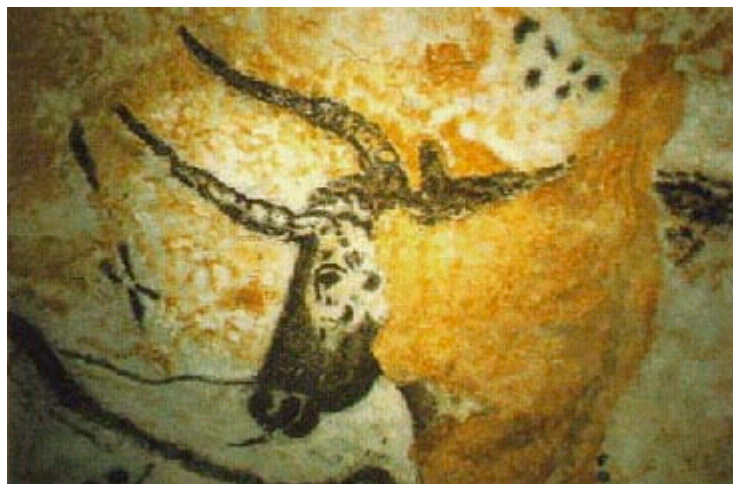
<sup>2</sup> Virtual Reality Markup Language.

2. Quando existe também *coerência temporal* entre as imagens elas podem ser apresentadas numa cadência que esteja bem definida (por exemplo 50 imagens por segundo), vulgo animação, ou numa cadência definível, vulgo simulação. A apresentação da sequência de imagem pode ser efectuada no ecrã de um computador ou ser gravada em vídeo e apresentada em cinema, televisão ou no próprio ecrã de um computador.

## 1.3 Breve História da Computação Gráfica

### 1.3.1 A Antiguidade

A necessidade de utilizar imagens na comunicação acompanha o homem desde há milhares de anos. Existem representações em cavernas as quais datam do Paleolítico superior (40.000AC), sendo as mais conhecidas as gravuras rupestres das cavernas de Lascaux (figura 1.1).

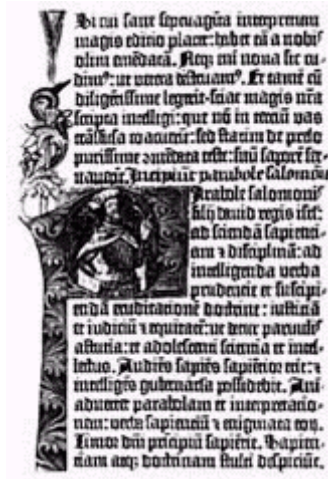


**Figura 1.1 – Gravuras rupestres das cavernas de Lascaux (15.000 AC).**

Por seu lado, o desenho técnico mais antigo, a planta de Çatal Hüyük na Turquia, foi desenhado em 6.500 AC. A utilização de perspectiva aparece em vasos gregos já no século 6 AC, mas é com o início do Renascimento, no século XIV que são lançadas as fundações teóricas do desenho técnico. Entre muitas outras contribuições, Brunelleschi (1377-1446) inventa o método sistemático para determinar projecções de perspectiva e Alberti, em 1435, escreve o 1º Tratado sobre perspectiva. (MRG: faz a devida referência bibliográfica)

O Renascimento, não só criou os alicerces científicos sobre os quais assentou todo o Mundo Moderno, como também originou um conjunto de descobertas tecnológicas que revolucionaram a vida da humanidade. Na perspectiva da Computação Gráfica, a maior descoberta tecnológica foi a máquina de impressão de Gutenberg, em 1450

(figura 1.2), a qual iniciou o longo processo de democratização da informação a qual está ainda neste momento a dar os seus últimos passos com o advento da Internet. A importância da descoberta ainda de faz sentir hoje. Apesar dos muitos que acreditavam que o papel iria desaparecer nunca de imprimiu tanto como hoje (offset, laser, jactos de tinta, etc.). (MRG: Gutenberg não inventou a máquina, a prensa, mas sim os tipos móveis. Corrige e, quando referires tipos, insere uma nota de rodapé definindo o que são tipos)



**Figura 1.2 – Fac-símile de uma página da Bíblia impressa por Gutenberg**

Após todos os avanços científicos e tecnológicos ocorridos ao longo Renascença, começam a aparecer, no século XVIII, os primeiros resultados que iriam conduzir, em meados do século, à criação do Computador e, cerca de 10 anos mais tarde, da área técnico científica da Computação Gráfica. (MRG: cita a máquina de calcular do Descartes)

(MRG: faz sobressair que todas estas máquinas são mecânicas e que se debatem com o problema da precisão de construção) Assim, em 1786, o militar J. H. Mueller teve a ideia de criar uma máquina que calculasse o valor de qualquer função que pudesse ser aproximada por um polinómio, tal como acontece com as curvas paramétricas. Não conseguiu, no entanto, financiamento para a produzir e a ideia ficou esquecida por muitos anos até que, em 1822, Charles Babbage reaproveitou a ideia e concretizou essa máquina de Mueller assim como uma segunda máquina, o *Analytical Engine*, de cálculo de utilização geral. (MRG: refere que Babbage tentou construir 2 máquinas para calcular as marés com financiamento do Almirantado Britânico e que a última destas máquinas, por problemas de precisão da construção mecânica, só veio a ser construída em finais do sec. XX, estando hoje em exibição no Museu da Ciência de Londres. Tenho foto!)

Em 1848 o matemático George Boole define os princípios da álgebra binária fundamental para o desenvolvimento do primeiro computador binário, cerca de um século mais tarde.

Como acontece com a maioria das evoluções tecnológicas, foi uma necessidade real que conduziu a uma nova evolução. Nos Estados Unidos, o censo de 1880 tinha sido efectuado manualmente e tinha demorado 7 anos. Para o censo de 1890, o governo americano lançou um concurso que foi ganho por Herman Hollerith, um empregado do próprio departamento responsável por efectuar os censos. Com a invenção de uma máquina baseada em cartões perfurados (MRG: não é um computador, é uma tabuladora que, nota de rodapé, conta e separa cartões) foi possível efectuar o censo em 6 semanas. Posteriormente, em 1911, Hollerith criou a *Tabulating Machine Company* que, posteriormente, se transformou em **IBM**.

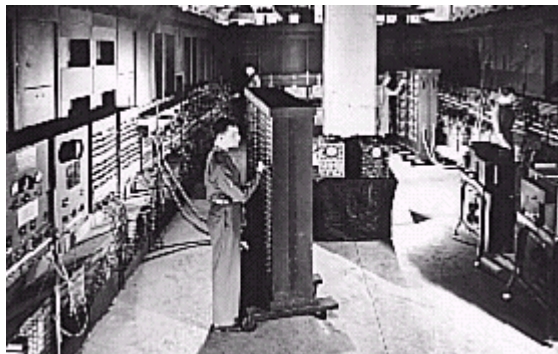
### 1.3.2 Os Primeiros Computadores

(MRG: porque não contas a “lenda” do ABC do Atanasoff? Vê em <http://www.digidome.nl/john.htm> . Um dos seus avanços foi a criação da memória refrescada. Também estás a esquecer o Konrad Zuse e todos os esforços de Bletchley Park e do guru que lá andou, John Newman, e do Colossus)

A 2ª Grande Guerra, iniciada em 1939, introduz um conjunto de necessidades quer ao nível do controle dos espaços aéreos quer ao nível da codificação de mensagens secretas e do cálculo de tiro para peças de grande calibre.

Em 1943, parcialmente financiada pela IBM, foi criada a primeira calculadora controlada por um programa (MRG: EXTERNO!) na Universidade de Harvard. Esta calculadora, batizada de Harvard Mark I, foi usada pela marinha dos Estados Unidos para criar tabelas balísticas.

Aquele que é considerado o primeiro computador electrónico universal, o **ENIAC** (*Electronic Numerical Integrator and Computer*) foi construído em 1946 (figura 1.3). Com uma velocidade de cálculo de 100 mil operações por segundo, foi também usado no cálculo de trajectórias balísticas e no teste das teorias que suportaram a produção da primeira bomba de hidrogénio.



**Figura 1.3 – Eniac 1946**

(<http://www.library.upenn.edu/special/gallery/mauchly/jwmintro.html>).

Em 1947 é inventado o primeiro transistor nos Laboratório Bell. Nesse mesmo ano, como resultado do trabalho de um número relevante de investigadores e engenheiros, é criada a *Associação Americana de Informática*, ACM<sup>3</sup>, que, ainda hoje, é a maior

---

<sup>3</sup> Association for Computing Machinery.



associação da especialidade a nível mundial com cerca de 80 mil membros efectivos e estudantes.

Em 1950, poucos anos após o projecto, produção e operacionalização do ENIAC, investigadores do MIT, considerada a melhor escola de engenharia americana, utilizam tubos de raios catódicos, vulgo *CRT*, e *impressora de linhas* para criar imagens de objectos gráficos. A primeira impressora de matrizes é comercializada em 1957 pela IBM.

Em 1952 o primeiro UNIVAC I é vendido ao Departamento de Censos do Estados Unidos. Trata-se do primeiro computador comercial a atrair a atenção generalizada do mercado.

Demorou cerca de 5 anos até que os resultados pioneiros dos investigadores fundadores da Computação Gráfica fossem adoptados pela indústria americana. Assim, em 1955, entra em funcionamento o sistema SAGE, Semi-Automatic Ground Environment (figura 1.4). Esta primeira aplicação gráfica de monitorização e controlo utilizava um CRT para visualizar a informação proveniente dos radares, tal como ainda hoje acontece no controle de tráfego aéreo, e uma caneta luminosa, *light-pen* (MRG: nota de rodapé a explicar o funcionamento desta caneta), como dispositivo de entrada de dados. Nesta época, o Ministério da Defesa dos Estados Unidos começou a despertar para a necessidade de interligação de Sistemas Informáticos tolerantes a falhas, preocupação que veio a originar o aparecimento da ArpaNet, precursora da Internet, em 1969.



**Figura 1.4 – Estação SAGE, Imagem cortesia do *Computer Museum History Center* ([www.computerhistory.org](http://www.computerhistory.org)).**

Em **1957** um grupo de engenheiros liderado do MIT por Ken Olsen criaram a *Digital Equipment Corporation, DEC*, empresa que irá produzir em 1960 o precursor do primeiro minicomputador, o PDP-1, comercializado inicialmente por 120 mil dólares. Só em 1965 esta companhia alcançará o seu primeiro sucesso comercial nos minicomputadores com o minicomputador PDP-8.

No mesmo ano, um grupo de engenheiros da *Sperry Rand* forma uma nova companhia, a *CDC, Control Data Corporation*, a qual introduz no mercado, três anos depois, o seu primeiro supercomputador, o CDC 6600: Projectado por Seymour Cray e com uma capacidade de efectuar 3 milhões de instruções por segundo, é três vezes mais rápido que o seu mais directo competidor da IBM.

Em 1958 Jack Kilby, da *Texas Instruments*, inventa o primeiro circuito integrado.

Em paralelo com a evolução na área da informática, assiste-se, desde o início da década de 60, a evoluções significativas ao nível das plataformas móveis autónomas. Assim, em 1961 o *UNIMATE*, o primeiro robot industrial com um braço pesando cerca de 2 toneladas, começa a operar na General Motors.

### 1.3.3 A Computação Gráfica Interactiva

Apesar da evolução rápida da Computação Gráfica nos primeiros 10 anos, as aplicações eram de representação passiva. Mas o ano de 1963 representa o início da Computação Gráfica tal como foi entendida por mais 3 décadas. *Ivan Sutherland*, aluno de doutoramento do MIT, concebe e realiza o primeiro sistema de representação interactiva, o *Sistema de Desenho Sketchpad*, introduzindo os princípios genéricos da *Computação Gráfica Interactiva*. Usando uma caneta óptica e o *Sketchpad*, era possível desenhar e editar figuras geométricas desenhadas num ecrã de raios catódicos de 9 polegadas (veja-se a figura 1.5). A dissertação de Ivan Sutherland tinha como título: "*Sketchpad: A Man-machine Graphical Communications System*".



**Figura 1.5 – Ivan Sutherland e o Sketchpad.**

Outra evolução tecnológica contribuiu decididamente para o crescimento da Computação Gráfica Interactiva. Nos primeiros sistema eram utilizados CRTs ligados a computadores em cuja memória era armazenada a informação a ser visualizada. Para armazenar uma imagem monocromática com a resolução de  $512 \times 512$  pixéis era necessária uma memória de 256 kbits (MRG: ou kbytes?) que era lida 50 vezes por segundo pelo processador. Este empregava esta informação para controlar a deflexão dos raios de electrões que sensibilizavam o fósforo do CRT, provocando a emissão de energia luminosa. Infelizmente, a memória era muito dispendiosa, pelo que o equipamento só estava disponível para organismos do estado, grandes multinacionais e algumas das maiores escolas de engenharia americana.

Será a *Tektronix*, em 1964, a resolver o problema do preço do equipamento com a descoberta de um novo tipo de fósforo o qual, após ser sensibilizado, continuava a

emitir energia luminosa durante muito tempo. Assim aparecem os Terminais de Armazenamento da Imagem no Ecrã, DVSTs (*Direct View Storage Tubes*) os quais não requerem qualquer memória adicional. Esse novo tipo de fósforo apresentava ainda uma propriedade adicional: ao ser bombardeado por feixes de electrões com elevada potência, deixavam de emitir energia luminosa. O problema de apagar o ecrã destas unidades estava também resolvido.

De então até ao final do milénio foi diminuindo o preço da memória, factor que viabilizou o aparecimento de novas tecnologias de ecrã. A primeira evolução verificou-se com o aparecimento de ecrãs mistos, com dois tipos de fósforo, passando a ser também possível desenhar o conteúdo de listas de descrições de objectos gráficos armazenadas nas pequenas memórias disponíveis. O número de objectos a visualizar incluía os armazenados no ecrã, de complexidade e número arbitrário, e aqueles cuja descrição estava armazenada na memória, dependente da dimensão da memória disponível, denominada *lista de desenho* (*display list*).

No entanto, com esta nova tecnologia aparece uma nova limitação. Como, para que uma imagem aparecesse estável num ecrã, era necessário que o processador a desenhasse 50 vezes por segundo, surgia a limitação da rapidez do processador. Nessa época é comum o aparecimento de imagens a cintilar resultantes do facto do terminal possuir um processador demasiado lento para a memória disponível.

Mas as memórias continuaram a diminuir de preço e a tecnologia da Tektronix deu lugar, em 1975 (ano do aparecimento dos primeiros Computadores Pessoais), à tecnologia inicial dos CRT agora sem as limitações financeiras existentes na década de 50. O aparecimento de terminais a cores (3 tipos diferentes de fósforo que emitem em frequências próximas das frequências azul, verde e vermelho) e de novas tecnologias de ecrã, tais como os ecrãs de plasma passivos e os mais recentes ecrãs de matriz activa, foram as evoluções seguintes mais centradas nas tecnologias dos materiais do que nas tecnologias da informática.

Juntando o trabalho de Ivan Sutherland e as evoluções tecnológicas efectuadas pela Tektronix, é fácil prever a rápida evolução da Computação Gráfica a partir de meados da década de 60.

Em 1964 inicia-se uma aposta das indústrias Automóvel e Aeronáutica em sistemas de Projecto e Manufatura Assistido por Computador, CAD/CAM, das quais o sistema DAC, da General Motors é um exemplo.

O aparecimento de várias empresas a competir com a IBM, assim como a pressão dos clientes, força esta a lançar, no mesmo ano, a primeira série de 6 computadores compatíveis entre si e compatíveis com 40 periféricos diferentes. Uma aplicação que funcionasse num computador da série IBM 360 funcionava em qualquer outro. Esta funcionalidade permitiu que a IBM fidelizasse os seus clientes e conseguisse mais de 50% do mercado mundial.

Em 1965 Gordon Moore tem a visão necessária para escrever na edição do 35º aniversário da revista *Electronics*, a lei de Moore a qual, ao ser revista em 1975, definia que a complexidade dos processadores iria duplicar em cada dois anos. A evolução tecnológica confirmou essa lei.

O existência de um mercado emergente e a capacidade organizativa da comunidade da Informática organizada em torno da ACM, conduziu, em 1967, à fundação de um Grupo de Interesse por um grupo de profissionais liderados pelo professor Andries van Dam da Brown University, e pelo Dr. Sam Matsa, da IBM. Numa tentativa de

definir a área científica, numa época em que o objectivo central da Computação Gráfica era a criação de imagens realistas, a primeira designação deste Grupo de Interesse foi SIGGRAPH: *The Special Interest Group on Computer Graphics and Interactive Techniques*.

Posteriormente foi criado um outro Grupo de Interesse especializado, o SIGCHI (MRG: explica este acrónimo). Em 1974 realizou-se a primeira conferência do SIGGRAPH, o SIGGRAPH 74, *1st Annual Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques*. Desde essa data as conferências anuais do SIGGRAPH foram crescendo tendo tido 48.700 participantes em 1997, quando em 1974 o número de participantes fora de apenas 600.



**Figura 1.6 – Andries van Dam.**

Em 1966 a HP, *Hewlett-Packard*, entra no mercado com o computador HP-2115, o qual tinha uma capacidade de cálculo só disponível em máquinas de grande porte, e posiciona-se como uma das futuras principais empresas na área dos computadores departamentais e das Estações Gráfica, juntando-se à Digital. Este mercado é actualmente liderado pela SUN empresa criada só em 1982. (MRG: nomeia o Scott Nealy, dado que o tipo lidera hoje a contestação à Microsoft)

Em 1968 um conjunto de engenheiros deixa a Digital para criar a *Data General Corporation* e introduz no mercado um minicomputador de baixo custo (8 mil dólares), o Nova, com 32 kbyte de memória. Esta empresa é ainda responsável por uma outra linha de minicomputadores comercialmente muito bem sucedidos, a linha MV, dos quais o MV8000 foi o primeiro.

Em 1968 um técnico especialista em radares, *Douglas Engelbart*, inventa o primeiro rato, o qual só passou a ser popular ao ser adoptado pela Apple em 1983 e pela IBM em 1987, duas décadas depois da sua invenção.



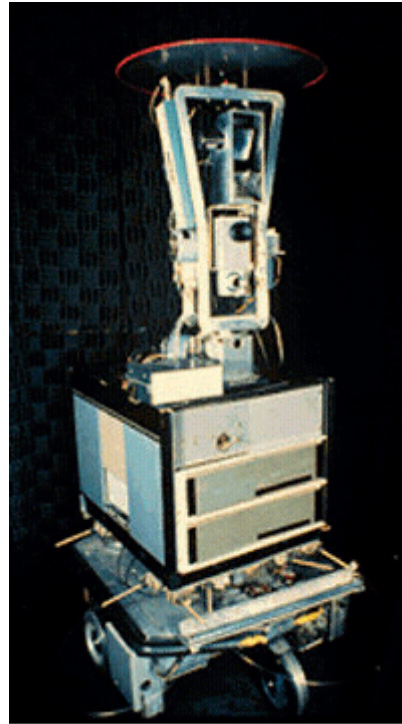
**Figura 1.7 - Douglas Engelbart com o rato original de 1968 na mão esquerda.**

Em 1968, Robert Noyce, co-inventor do circuito integrado, funda a **Intel**. Após 2 anos de actividade a empresa coloca no mercado o primeiro circuito integrado com 1 kbit de capacidade, o 1103.

No mesmo ano ocorreram várias evoluções tecnológicas ao nível das capacidades dos dispositivos. São introduzidos os Terminais Gráficos Inteligentes, designados deste modo pelo facto de o respectivo processador ter a capacidade de efectuar transformações geométricas básicas, projecções e recorte 2D e 3D em hardware. Esta tendência da realização de algoritmos em hardware mantém-se ainda hoje como se pode observar na arquitectura das placas gráficas existente no mercado. (MRG: cita as placas derivadas dos processadores gráficos da nVidia, já agora citando velocidades de rendering em polígonos por segundo, comparando com as primeiras placas)

É em 1969 que é criada, por 5 ex-engenheiros da IBM, uma das empresas mais activas nos dispositivos para Computação Gráfica, a *Intergraph Corporation*. Esta empresa é actualmente uma das principais empresas na área dos Sistemas de Informação Geográfica. No mesmo ano é criada uma segunda empresa vocacionada para a mesma área de negócios, a *ESRI*.

Em 1970, a *SRI International* coloca no mercado o robot Shakey (veja-se a figura 1.8), o primeiro robot a controlado por Inteligência Artificial. Equipado com sensores (câmara de televisão, *laser range finder* e *bump sensors*) e um algoritmo de resolução de problema, este robot conseguia encontrar um caminho entre dois quaisquer pontos, movendo-se a 2 m/hora.



**Figura 1.8 – Robot Shakey do SRI.**

(MRG: o rato só foi comercializado em 1983! Vê o que escreveste antes a respeito do Engelbart)

É também nesse ano que aparecem, pela primeira vez, muitos dos dispositivos ainda hoje disponíveis no mercado tais como as mesas digitalizadoras, os ecrãs sensíveis ao tacto (*Touch-screens*) e o rato, inventado por Douglas Engelbart. Tendo em conta a inovação desta descoberta e a existência de um outro dispositivo mais antigo de funcionalidade similar (MRG: qual?), demorou muitos anos até que o *rato* substituísse a *caneta luminosa*. (MRG: atrás chamaste-lhe *óptica!*)

Em 1972 é fundada a empresa *Atari*, vocacionada para a produção de máquinas de jogos, mercado que dá, nesse ano, os seus primeiros passos.

No início da década de 70 os fabricantes de equipamentos entendem a importância dos designados pacotes gráficos comerciais, bibliotecas de funções escritas numa linguagem de programação específica a serem usadas em sistemas programados nessa mesma linguagem, assim como a necessidade de normalização. Em 1970 aparecem as primeiras bibliotecas gráficas e, em 1977, a indústria americana especifica uma proposta de norma, o CORE, a qual é aprovada como norma americana *ANSI*<sup>4</sup>.

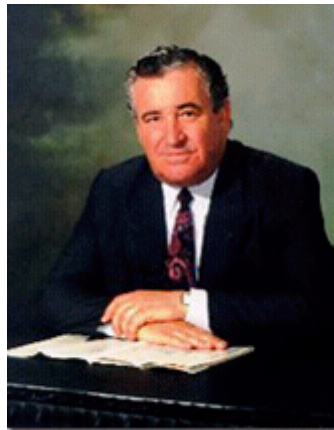
Também no ano de **1970**, Alan Kay inventa o conceito de *Manipulação Directa* o qual consiste em manipular as representações dos objectos que aparecem num ecrã de modo semelhante ao modo como, no Mundo Real, se manipulam os objectos. Assim, para apagar um ficheiro, bastava arrastá-lo para a área do ecrã onde estava desenhado um caixote do lixo.

---

<sup>4</sup> American National Standards Institute

Em 1976 é produzido o Cray I, o primeiro sucesso comercial na área dos super computadores.

Em 1979, cinco anos após a realização da primeira conferência americana do SIGGRAPH, o SIGGRAPH'74, é fundada a associação europeia da Computação Gráfica, a Eurographics<sup>5</sup>, por um grupo de investigadores e utilizadores europeus e alguns americanos, liderados pelo Português Prof. José Encarnação radicado na Alemanha desde 1959, o qual foi seu presidente de 1980 a 1984.



**Figura 1.9 – José Encarnação**

### 1.3.4 A Computação Pessoal

A 15 de Novembro de 1971 a Intel lançou no mercado o circuito integrado 4004, o primeiro microprocessador de 4 bits, criado por Marcian E. Hoff e composto por cerca de 2.300 transístores. Com uma velocidade de processamento de 60k instruções por segundo, funcionava a 108 kHz.

Reforçando o papel das multinacionais como catalizadoras dos avanços científicos e tecnológicos, a *Xerox Corporation* cria, em 1970, o *Xerox Parc (Palo Alto Research Center)* e contrata um conjunto de investigadores de renome mundial, entre os quais se encontrava Alan Kay, hoje Vice Presidente de Investigação e Desenvolvimento da *Walt Disney Company*, e desafia-os para criar a “Arquitectura de Informação”.

Entre os resultados do trabalho desses investigadores pode destacar-se o Computador Pessoal em Rede, as Interfaces Gráficas, o primeiro rato comercial, a *Internet*, a arquitectura Cliente Servidor e a linguagem de programação Orientada ao Objecto (MRG: Orientada ao Objecto ou Orientada a Objectos?), SmallTalk.

Em 1974 fica operacional a Estação de Trabalho *Altos*, a primeira estação de trabalho a usar um rato embutido (MRG: não tens outro verbo?) e ligada a uma rede local. A interface gráfica designada por GUI, *Graphic User Interface*, já usava janelas, menus e ícones e estava disponível o primeiro editor *WYSIWYG*<sup>6</sup>, assim o algoritmo *BITblt*,

<sup>5</sup> European Association for Computer Graphics

<sup>6</sup> What You See Is What You Get

de manipulação muito rápida de quadriculas de imagens por hardware. Apesar de não ter sido comercializada, algumas máquinas foram oferecidas a universidades americanas contribuindo, desse modo, para a transferência de tecnologia que esteve na base dos produtos posteriormente comercializados por empresas tão importantes ainda hoje como a Apple e a Microsoft.



**Figura 1.10 – Computador Alto da Xerox, imagem cortesia do *Computer Museum History Center* ([www.computerhistory.org](http://www.computerhistory.org)).**

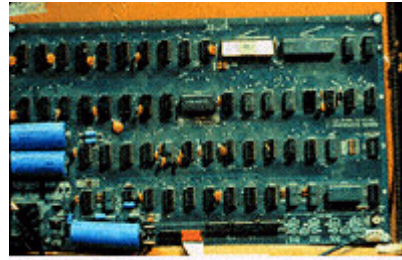
Em 1973 Robert Metcalfe, também da Xerox Parc, inventa a *Ethernet*, protocolo para ligação de computadores em rede.

Em Abril de 1974 a MITS, *Micro Instrumentation Telemetry Systems*, inicia a comercialização do primeiro Computador Pessoal, baseado no processador de 8 bits, Intel 8800, descendente do 4004, por cerca de 400 dólares. Este computador apresentava 256 bytes de memória central. A Intel produziu posteriormente o primeiro microprocessador de 8 bits, o 8080, ao qual se seguiu, até à actualidade, todo um conjunto de famílias de processadores, desde o 80286 até ao Pentium IV.

Em 1975 Bill Gates e Paul Allen escrevem, para essa máquina, o primeiro interpretador da linguagem de programação Basic o que conduziu, no mesmo ano à formação da *Microsoft*.

Em 1976 Steve Wozniak projecta o primeiro Apple I, com um processador 6502 de uma empresa concorrente da Intel (MRG: **Motorola?**). Por insistência de um amigo, Steve Jobs, Wozniak aceita a comercialização, por 500 dólares, da máquina conduzindo à formação da *Apple Computer* a 1 de Abril de 1976. A Apple Computer continuará a garantir o domínio do mercado emergente através da comercialização do Apple II, a partir de 1977, e do Apple III, a partir de 1980.





**Figura 1.11 – Placa do Apple 1**

Em 1978 Andy Lippman do *MIT Architecture Machine Group* (hoje *MediaLab*) produz o primeiro vídeo disco hipermédia.

Em 1979 a Motorola lança o processador 68000, com uma arquitectura e velocidade superior aos processadores da Intel. Este processador foi o primeiro de uma linha de processadores que não vingou devido a equipar preferencialmente Estações de Trabalho de custo mais elevado que os emergentes PCs. (MRG: verifica isto, então o 68000 não deu nos Macs?)

No mesmo ano é lançado o primeiro *Arcade Video Game* popular, o *Space Invaders*, iniciando-se uma nova área de mercado, hoje com um volume de negócios superior a 5 milhares de milhões de dólares por ano.

Em 1979 Daniel Bricklin e Robert Frankston desenvolvem a primeira folha de cálculo, o *VisiCalc*<sup>7</sup>, para o Apple II e revolucionam o processamento de fórmulas matemáticas, tendo sido vendidas 100.000 unidades só no primeiro ano.

Entretanto, a 12 de Agosto de 1981 o gigante IBM introduz o PC, baseado num processador Intel 8088 a 4.77 Mhz e controlado pelo Sistema Operativo desenvolvido pela Microsoft, o MS-DOS, levando a Apple a despedir funcionários.

Em 1982 a *Compaq* é a primeira empresa a vender produtos compatíveis com o PC. O sucesso financeiro da empresa foi tão grande que, recentemente, comprou um dos primeiros competidores da IBM, a *Digital Corporation* e, ainda mais recentemente, fundiu-se com a *Hewlett-Packard*.

Nesse mesmo ano, James Clark cria a SGI, *Silicon Graphics Incorporated*, empresa especializada em equipamentos para Computação Gráfica (*software* e estações gráficas). A empresa é responsável pela criação de uma norma de facto, o OpenGL e liderou a especificação da linguagem de descrição de cenas de Realidade Virtual, a linguagem VRML.

Em 1992, a SGI, tendo comprado uma das principais produtoras de microprocessadores, a MIPS, um dos principais produtores de supercomputadores, Cray Research (1996) e as duas principais produtoras de *software* interactivo para Animação por Computador, Alias Research e Wavefront Technologies (1995), é das poucas empresas independentes com um volume de vendas de cerca de 3 mil milhões de dólares (1996). A empresa cria, em 1994, uma subsidiária especializada no mercado do multimédia digital, a *Silicon Studio*, a qual domina o mercado dos equipamentos deste tipo para produção de televisão.

---

<sup>7</sup> Visible Calculator

É também em 1982 que entra no mercado das Estações Gráficas o seu actual líder, a *SUN*. As estações *SUN* vêm logo equipadas com ligações à rede local através de *TCP/IP*. A empresa introduz o conceito de Estação Gráfica em Rede e mantém, ao longo dos anos, uma actividade de Investigação e Desenvolvimento muito relevante podendo destacar-se a introdução, já em 1995, da tecnologia **Java**.

Ainda em 1982, é fundada a *AutoDesk* que introduz o produto de Projecto Assistido por Computador mais usado em todo o mundo, o *AutoCAD*, hoje na sua versão *AutoCAD 2000*. A empresa forma em 1996 uma divisão especializada em Animação por Computador, a *Kinetix*, a qual comercializa o *3D Studio Max*, também líder mundial na sua área.

Em 1982 a *Philips* inventa o *CD-ROM* e publica, com a *Sony*, o *Red Book on Audio CDs*. Ambas as empresas lançam, no ano seguinte leitores de *CD-ROM*. Usando unicamente 12% da capacidade de um *CD-ROM* (500MB) para armazenar as suas 9 milhões de palavras é lançada, em 1985, a primeira enciclopédia digital, a *Grolier's Electronic Encyclopedia*. No mesmo ano a *IMA*, *International MIDI Association*, especifica uma norma para ligação de computadores a instrumentos, tais com teclados, a *MIDI, Musical Instrument Digital Interface*. (MRG: revê esta última frase)

No ano de 1992 a *Disney* produz o filme *Tron*, um dos primeiros a usar Animação por Computador, tendo os cerca de 30 minutos (MRG: verifica a duração do filme) sido produzidos por várias pequenas empresas (*III, Abel, MAGI e Digital Effects*). Está assim iniciado o percurso que levará a indústria cinematográfica a render-se às virtualidades da Animação por Computador, e que passará pela nomeação para um Óscar do filme *Luxo Jr.* da *Pixar*, em 1986, e pela atribuição desse prémio ao filme *Tin Toy*, também da *Pixar*, na categoria dos pequenos filmes animados em 1988. Em 1991 inicia-se uma colaboração entre a *Pixar* e a *Walt Disney Pictures* que teve como mais recente resultado o filme *Toy Story II*. São usadas 100 computadores *SUN* para gerar cada uma das imagens do filme. (MRG: verifica esta última frase)

No mesmo ano é especificado o protocolo *TCP/IP*, hoje o mais usado na troca de informação através de *Internet*.

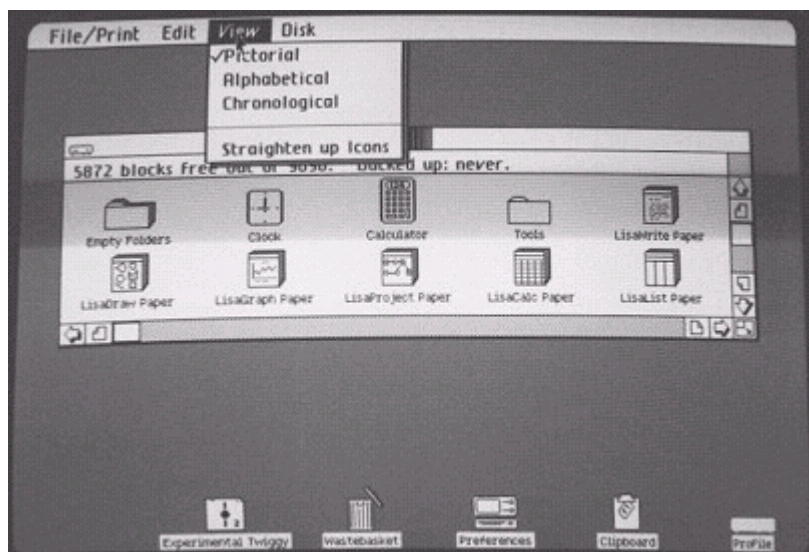
Em 1983 a *Microsoft* anuncia e demonstra o processador de texto *Word*, originalmente designado por *Multi-Tool Word*, através de 450.000 diskettes distribuídas com o número de Novembro da revista *PC World Magazine*.

Em 1980, em reacção à perda de mercado, a *Apple* contrata investigadores da *Xerox Parc* que tinham estado envolvidos no projecto *Alto* e negocia direitos com a *Xerox*. Estes factos conduziram, em 1983, à introdução no mercado do computador pessoal *Lisa*, o primeiro computador comercial a usar uma interface gráfica.



**Figura 1.12 - Computador Pessoal Lisa da Apple.**

O Lisa, com um microprocessador Motorola 68000 a 5 MHz, 1 Mbyte de RAM, monitor monocromático de 12 polegadas, 2 unidades de *floppy* de 5.25" e disco externo de 5 Mb, veio a ser um insucesso comercial devido ao seu alto preço de cerca de 10 000 dólares.



**Figura 1.13 - Lisa Office System 1, Maio de 1983.**

Face a esse insucesso comercial, mas usando o que de essencial estava disponível no Lisa ao nível do sistema operativo e das aplicações, a Apple lança no mercado, em Janeiro de 1984, o Macintosh, controlado por uma versão de 8 MHz do mesmo processador, capaz da velocidade de processamento de 0.7MIPS, com 128 kbytes de RAM, sem disco e com um ecrã monocromático, por 2 500 dólares. Muitos outros modelos foram posteriormente lançados tais como o Macintosh II, com o Motorola 6800, e os Quadra.

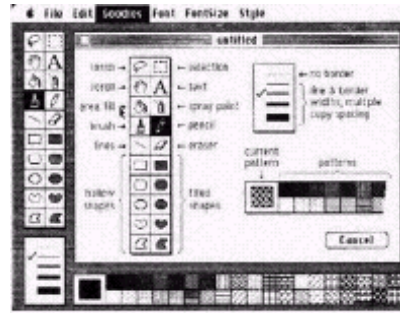


Figura 1.14 – Interface Gráfico do MacDraw.

A empresa, apesar de ter entrado em litígio com a Microsoft e ter sido parcialmente comprada por Bill Gates, continua a ter uma parte significativa do mercado mundial de computadores pessoais, com expressão forte nas áreas dos audiovisuais e da publicidade.



Figura 1.15 - Mac OS X, Verão de 2000

Em 1984 é criada a *Adobe System Inc* como resultado da integração de duas das empresas que produziam aplicações para os Macintosh, a *Adobe* e a *Aldus*. No ano seguinte a empresa especifica a norma de facto PostScript inicialmente usada na comunicação de informação textual e gráfica para as impressoras Apple Laserwriter. Esta norma de facto foi também adoptada pela IBM em Março de 1987 e, posteriormente, estendida pela Sun no Sistema de Gestão de Janelas Proprietário, o *NeWS*, *Network Windows System*.

No mesmo ano o escritor *William Gibson* introduz, na sua novela *Neuromancer*, a designação de *CyberSpace* como sendo

*A consensual hallucination experienced daily by billions of legitimate operators, in every nation, by children being taught mathematical concepts... A graphic representation of data abstracted from the banks of every computer in the human system. Unthinkable complexity. Lines of light ranged in the nonspace of the mind, clusters and constellations of data. Like city lights, receding...* (p. 51, op. cit.)

dando início à área da Realidade Virtual.

Em 1985 é lançada uma nova família de placas gráficas para PC, as placas *EGA*<sup>8</sup>. A empresa Aldus anuncia o processador de texto profissional PageMaker para Macintosh.

Em 1986 Steve Jobs cria uma empresa independente, a *Pixar*, a qual lança em 1986 o pacote gráfico proprietário ainda hoje muito popular, o *RenderMan*, e cria, em 1991, uma parceria ao nível da produção de longas-metragens com a Disney.

Em 1986 a empresa *OWL* introduz no mercado o primeiro produto hipertexto, o Guide o qual é usado em inúmeros contextos e, em particular, no primeiro curso de Computação Gráfica do SIGGRAPH.

No mesmo ano a ISO<sup>9</sup> normaliza a linguagem SGML<sup>10</sup> para formatação de documentos baseada em palavras-chave. A linguagem HTML, usada na World Wide Web, deriva desta linguagem.

Em 1987 a Apple introduz o HyperCard, para construção interactiva de livros electrónicos multimédia. Nesse mesmo ano realiza-se a primeira conferência mundial, o Hypertext'87. Em Março de 1989 o investigador do CERN Tim Berners-Lee propõe um projecto de convergência da Internet, do hipertexto e do multimédia. Daqui resultou a construção do primeiro navegador da World Wide Web, desenvolvido numa máquina NeXT. Em 1993, o National Center for Super Computing Applications cria o navegador Mosaic, o qual está na base dos navegadores Netscape Navigator e do Explorer e Microsoft Internet Explorer.

Em 1987 é construída a primeira *Connection Machine*, um super computador com uma arquitectura paralela com 64 000 microprocessadores e capaz de realizar 2 mil milhões de operações por segundo. No mesmo ano, o matemático Michael F. Barnsley inventa o algoritmo de compressão fractal.

O ano de 1987 marca também o início do mercado das placas de áudio com o lançamento de uma placa digital áudio pela *AD-LIB* em Abril desse ano. Esta empresa domina o mercado até Novembro de 1989 data em que *Creative Labs* lança uma placa mais barata e compatível, a primeira placa *SoundBlaster*.

Em 1988 é desenvolvido pelo MIT o primeiro Sistema de Gestão de Janelas, *X-Windows*, para o sistema operativo Unix, de domínio público. Com uma arquitectura inicial algo deficiente, só a sua versão X11 teve um sucesso garantido, existindo implementações para todos os tipos de computadores. O facto de ser do domínio

---

<sup>8</sup> Extended Graphics Adapter.

<sup>9</sup> International Organization for Standardization, cuja sigla, ISO, deriva da palavra grega que significa "o mesmo".

<sup>10</sup> Standard Generalized Markup Language

público foi o factor de sucesso na luta de vários anos com um competidor tecnologicamente mais evoluído, o NeWS, propriedade da SUN.

Em 1989 a *Maxis* lança no mercado o jogo de computador de gestão de cidades virtuais, o *SimCity*, primeiro de uma família nova de jogos de simulação a qual inclui, entre muitos outros, o *SimEarth*, *SimAnt* e *SimLife*.

Em 1999 a conferência SIGGRAPH'99, realizada em Boston, tem como tema a Realidade Virtual. A Silicon Graphics, com as Estação Gráficas e o *software* gráfico GL, a AutoDesk, com o AutoCad, e a *VPL Research Inc.*, com a *DataGlove*, são as estrelas principais da exposição.



**Figura 1.16 - - Ambiente de Realidade Virtual (1986).**

A 22 de Maio de 1990, a Microsoft, com a introdução do Windows 3.0, liquida a concorrência da IBM (OS2) e desafia a hegemonia da Apple (MacOS). O Windows 95, Windows NT (o primeiro Windows de 32 bits), Windows 98, o Windows 2000 (colocado no Mercado a 17 Fevereiro de 2000), Windows Millenium e Windows XP foram os sistemas subseqüentes lançados pela Microsoft, numa evolução iniciada com o Windows 3.0.

A necessidade de uma normalização nas placas gráficas conduz, em 1990, à criação do Consórcio dos maiores fabricantes de placas gráficas, a *VESA, Video Electronics Standards Association*, a qual define a norma VESA SVGA<sup>11</sup>.

A especificação do *Computador Pessoal Multimédia* seguiu um caminho semelhante. Assim um conjunto de empresas, incluindo a Microsoft e a Creative Labs, especificou, em Novembro 1990, o MPC (Multimedia PC) Level 1: processador 80386SX/16 MHz, CD-ROM com a velocidade de transferência de 150 kbyte/s e uma saída áudio. A especificação seguinte, de nível 2, publicada em Maio de 1993, já incluía os requisitos necessários à visualização de 15 imagens por segundo numa área rectangular do ecrã com 320×240 quadrículas de dimensão.

---

<sup>11</sup> Super VGA. VGA significa Vídeo Graphics Array, uma norma de placas gráficas introduzida pela IBM.

Em 1993 a *Id Software Inc*, lança no mercado dos jogos para PC o jogo Doom e o mercado continua a crescer com a introdução das consolas de jogos.

### 1.3.5 A World Wide Web

Em 1945, Vannevar Bush, director do Office of Scientific Research and Development, no seu artigo intitulado “As We May Think”, lança as bases teóricas do que veio a originar a World Wide Web com a sua multiplicidade hipermédia. Nesse artigo introduz o conceito de uma unidade, designada por Memex, com a capacidade de estender a memória humana através de métodos associativos de organização da informação, em suma, o que é hoje a World Wide Web. Ted Nelson, investigador australiano que, em 1965, introduziu o termo “Hypertext”, foi outro dos pioneiros e, desde 1960 tem desenvolvido o projecto Xanadu. Em 1965 desenvolveu um protótipo operacional de navegação no Docuverse, termo que designa uma biblioteca interactiva global contendo toda a literatura da humanidade organizada em Hipermédia. Em 1969, Alan Kay, aluno de doutoramento da Universidade de Utah, introduziu o conceito de Dynabook, isto é, de Livro Electrónico.

Os trabalhos pioneiros de Vannevar Bush e Ted Nelson e os trabalhos mais teóricos de McLuhan (Aldeia Global e Paradigmas da Convergência e da Divergência) e Landow (HyperText e a Teoria da Crítica) criaram condições para o aparecimento da World Wide Web.

Numa perspectiva tecnológica, a World Wide Web tem como antepassado longínquo a ARPANet<sup>12</sup>, criada pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos em 1969 e, no final da década seguinte estendida a muitas universidade americana. Por razões de segurança foram criadas 2 redes separadas: DARPANet (universitária) e a MilNet (militar). (MRG: a DARPANet foi a precursora da ARPANet, verifica isto e acerta, sff) Os objectivos técnicos iniciais foram: uso directo de serviços de *hardware* distribuídos; acesso remoto a bases de dados; partilha de aplicações disponíveis em equipamentos e linguagens heterogéneas. Posteriormente, nos anos 80, o Departamento de Defesa financiou a rede americana de 5 centros de super computação ligados através de uma nova rede: NSFnet. O número de redes públicas e privadas, tais como a UseNet, BitNet, CSNet, UUCP, aumenta até que a maioria delas é interligada formando a *Internet*.

Apesar de já existirem em finais da década de 80, quer a *Internet* quer os Sistemas de Gestão de Janelas, em particular o X-Windows, a partilha de informação e aplicações em instituições de investigação como o CERN<sup>13</sup> não era ainda fácil.

Motivado para a resolução desse problema, o investigador *Tim Berners-Lee* especifica uma arquitectura cliente-servidor para acesso à informação, um protocolo de comunicação, o *HTTP, HyperText Transfer Protocol*, uma linguagem de especificação de documentos, o *HTML, HyperText Markup Language*<sup>14</sup> e desenvolve, num computador NeXT, uma aplicação designada por Navegador que colocou no domínio público em 1991. Tal como já tinha acontecido com o Sistema de Gestão de Janelas X-Windows, este facto foi o garante sucesso da World Wide Web. Com o navegador era possível não só a informação textual, mas também a todo um conjunto

---

<sup>12</sup> Advanced Research Projects Agency Network.

<sup>13</sup> Centre Européan de Recherche Nucléaire.

<sup>14</sup> Linguagem derivada da linguagem SGML.





Só em 1996 a Microsoft produz o seu primeiro navegador ao qual, por razões de publicidade, dá o nome de Microsoft Internet Explorer 2.0.

Em 1998 a America Online, um empresa de serviços de acesso à Internet, compra a Netscape e assina uma parceria de 3 anos com a SUN a qual tem como objectivo desenvolver a nova geração de dispositivos para a *Internet* (usando a tecnologia Jini) e o mercado do *Comércio Electrónico*. E assim, com a letra E (*e-Business*, *e-Learning*, *e-Commerce*), começa o novo milénio.

## 1.4 Arquitecturas e Normas Gráficas

Iniciada com o sistema SAGE, a arquitectura típica dos sistemas de computação gráfica caracterizava-se pela existência de um computador central ao qual estavam ligados ecrãs gráficos e outros dispositivos periféricos, como impressoras. Para, por exemplo, desenhar uma linha poligonal no ecrã era necessário utilizar comandos específicos da unidade que estava a ser usada.

Nessa época a Computação Gráfica era *vectorial*, em alternativa à Computação Gráfica em quadrículas, ou *raster*, que se veio a impor com a diminuição do preço das memórias.

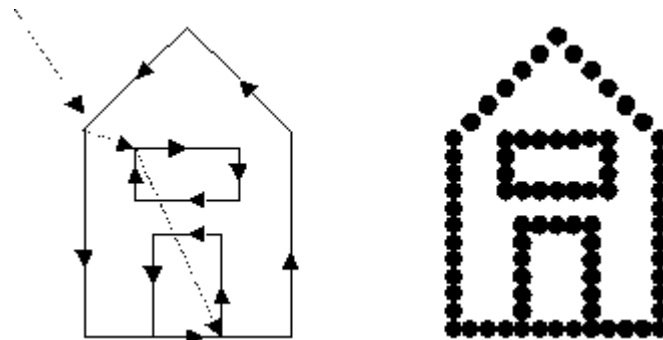
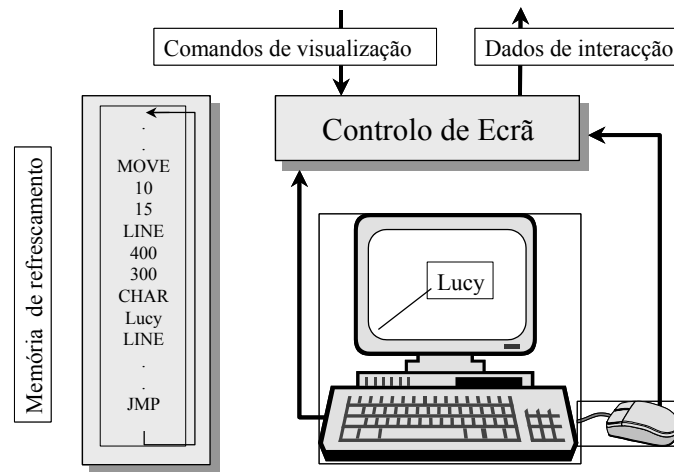


Figura 1.18 – Representação Vectorial e de Quadrículas

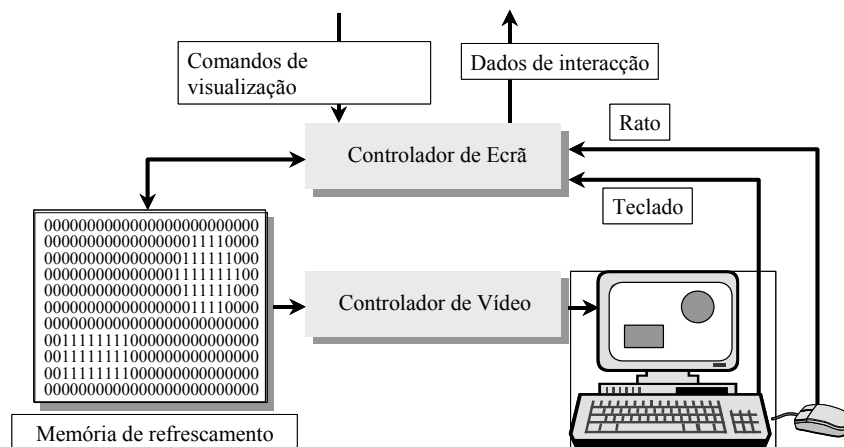
Mas os dois tipos de representação não apareceram exclusivamente por constrangimentos tecnológicos. Enquanto que no projecto de engenharia a geometria tem um papel central, pelo que a representação vectorial afigura-se como a mais correcta, quando é necessário criar representações do Mundo, por exemplo a partir de imagens obtidas por satélite, a representação em quadrícula é a mais apropriada.

Se compararmos a área de Computação Gráfica com a de Processamento de Imagem verifica-se que a primeira tem, hoje, como objecto a criação de imagens em quadrícula enquanto que a segunda tem como objecto a manipulação de imagens (mapas de quadrículas) e a sua transformação em representações vectoriais.



**Figura 1.19 – Subsistema Gráfico Vectorial**

Como se pode observar na figura 1.19, o subsistema recebe comandos de visualização do computador central e envia para este os dados de interacção. Existe uma memória de refrescamento na qual são armazenadas as instruções necessárias para desenhar vectores no ecrã. O refrescamento deverá ser efectuada o número de vezes necessário à persistência da imagem na retina do ser humano (superior a 15 vezes por segundo). Para simplificar a electrónica destes subsistemas é normal usar-se o valor da corrente alterna (50 Hz).



**Figura 1.20 – Subsistema gráfico em quadrícula**

No caso do subsistema gráfico em quadrícula, representado na figura 1.20, o controlo do que aparece no ecrã é obtido directamente a partir de memória de refrescamento, também designada por memória de vídeo. (MRG: isto está muito telegráfico...)

Esta dicotomia entre vectorial e em quadrícula aparece nos mais diversos tipos de algoritmos de Computação Gráfica desde de recorte, de remoção de elementos ocultos

até ao cálculo de animações com elevado grau de realismo. Ao nível da modelação é também comum a referência ao Espaço Objecto (vectores) e ao Espaço Imagem (quadrículas, ou *voxels*, isto é quadrículas 3D). (MRG: o espaço objecto é mais do que isto)

Assim, qualquer que fosse a tecnologia usada, as aplicações de Computação Gráfica limitavam-se a usar directamente os dispositivos, por evocação de instruções específicas. Esta situação resultou em sistemas de difícil porte para outros ambientes e usando outros tipos de dispositivos.

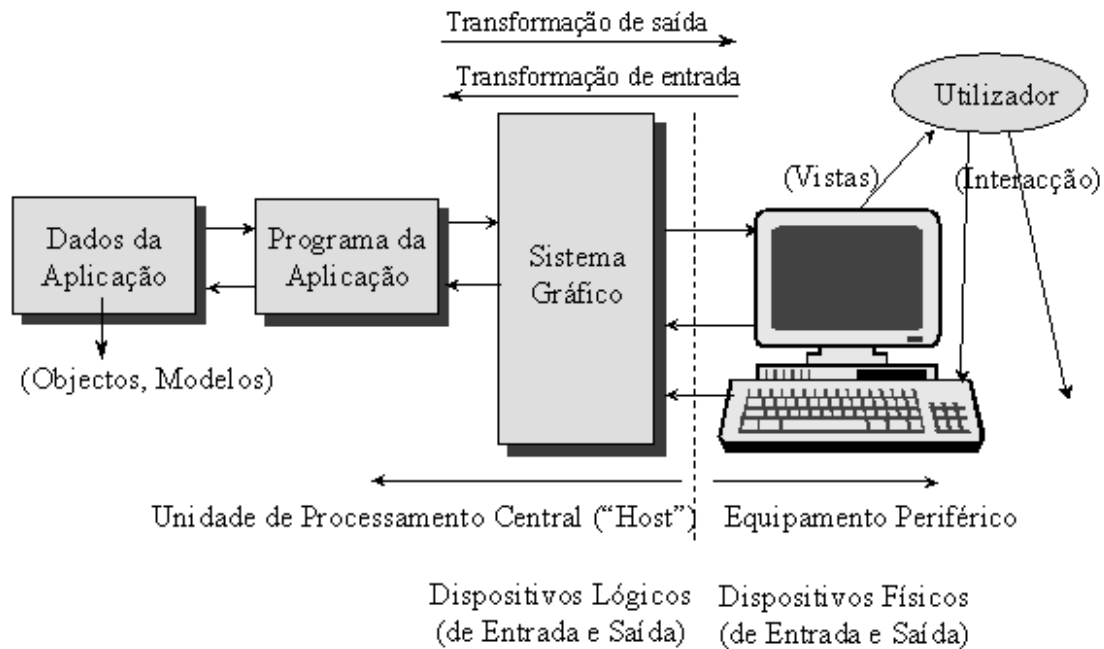
Sob pressão dos utilizadores, duas empresas introduziram normas de facto para os seus equipamentos, respectivamente a Tektronix com o *IGL, Interactive Graphic Library* e a HP com o *HPGL, HP Graphic Library*. (MRG: evolução do HP-GL para linguagem de descrição de páginas)

### 1.4.1 Modelo Conceptual

Com a maturação da área aparece um conceito da máxima importância: a separação entre *Modelo* e *Vistas sobre o Modelo*. Sendo trivial a distinção entre Modelo e Vista o facto de tanto o Modelo como a Vista poderem ser representados por vectores ou por quadrículas dificultava a identificação da importância dessa separação.

A observação desta distinção condicionou positivamente o aumento da vida útil de muitas aplicações de CAD. Assim, as aplicações passaram a ter uma componente dita semântica ou de Modelo, implementada sob a forma de um processo, e um subsistema gráfico ou Vista, também implementado sob a forma de um processo. A comunicação entre os dois processos era feita através da troca de mensagens escritas numa linguagem gráfica. O exemplo mais conhecido, e ainda hoje muito usado de linguagem gráfica. é o PostScript. Ao nível dos formatos, o *CGM, Computer Graphics Metafile*, norma ANSI, é também ainda muito usado e está na origem do formato proprietário mais usado, o *DXF, Data Exchange File*, da AutoDesk.

(MRG: isto está muito resumido, escreve mais sff)



**Figura 1.21 – Arquitectura Física**

A arquitectura lógica de uma aplicação gráfica interactiva baseia-se no conceito de *eventos* ou *acontecimentos*, definido como uma ocorrência na vida da aplicação e no conceito de subscrição de um serviço a ser efectuado pela aplicação.

Assim, quando é executada uma aplicação, esta mostra, em primeiro lugar toda a sua interface gráfica (botões, menus, ícones, etc.), assim como uma *Vista inicial do Modelo*.

Seguidamente, efectua-se a subscrição dos serviços disponíveis (criar círculo, alterar atributo, agrupar objectos, etc.). O mecanismo de subscrição consiste em associar um ou mais tipos de eventos (premir uma tecla, escolher uma opção de um menu, etc.) a um serviço.

O denominado *ciclo principal* de uma aplicação gráfica interactiva consiste numa espera activa de ocorrência de eventos e no seu despacho. Quando ocorre um evento, este é analisado, determinado o seu tipo e é executado o respectivo serviço, sendo redesenhada a Vista sobre o Modelo que poderá ter sido editado.

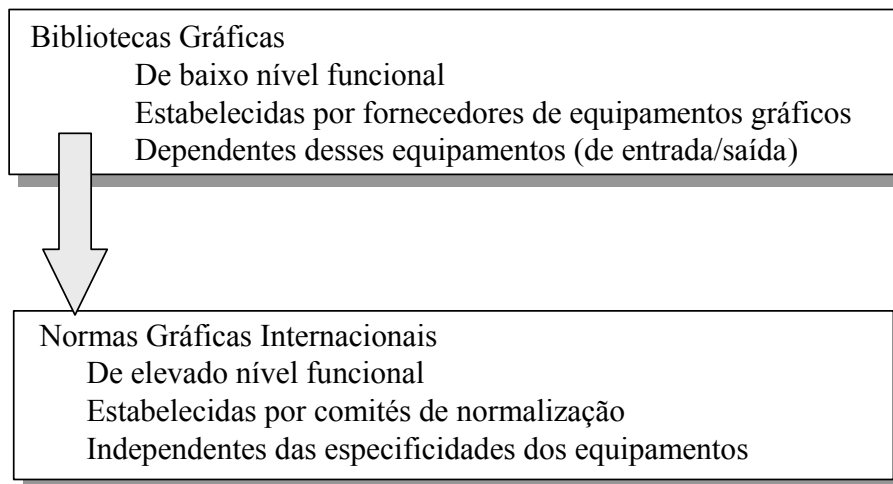
Normalmente, existe um tipo de evento que está associado ao serviço de “sair”, o qual armazena o Modelo e termina a execução do processo.

### 1.4.2 Normas Gráficas

Apesar das vantagens resultantes do aparecimento de normas proprietárias no final da década de 60, cedo aparece a necessidade de bibliotecas gráficas normalizadas.

A primeira proposta foi o 3D Core Graphic System, especificada pelo SIGGRAPH em 1977, e refinada em 1979. O facto de se tratar de uma proposta complexa (3D) e demasiado semelhante às normas proprietárias, com as desvantagens e pontos fracos

que elas tinham, levou à publicação da primeira norma ANSI, a norma *GKS*<sup>19</sup>, (só 2D) em 1985. Em 1988 surge a norma *GKS-3D* a que se segue, no mesmo ano, a norma *PHIGS*<sup>20</sup>, a qual já não se limitava a ser uma norma de subsistema gráfico mas incluía também capacidades de modelação. O GKS normalizou a utilização de muitos conceitos já comuns como o de *Primitiva Gráfica* e *Atributo gráfico* ou o de *Janela* e *Viewport*.



**Figura 1.22 – Normas Proprietárias versus Normas Internacionais**

(MRG: parte a frase seguinte que está muito comprida)

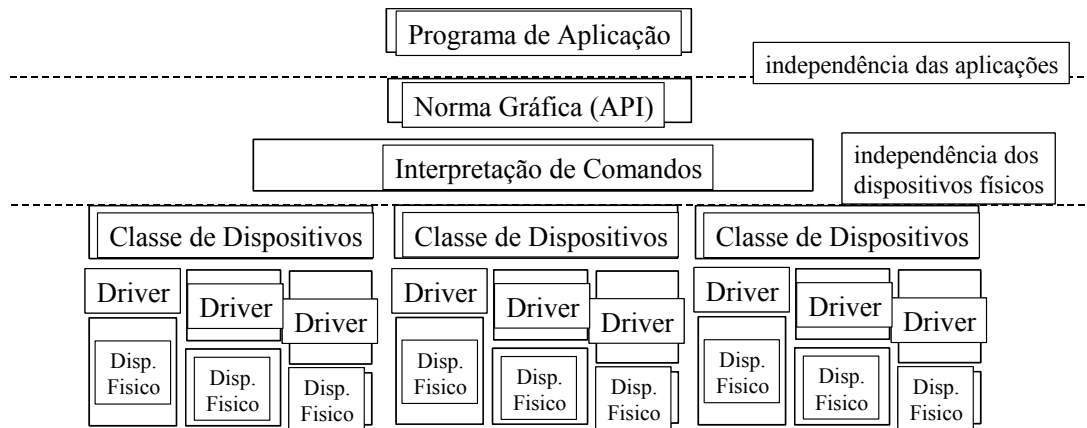
Apesar do principal objectivo da introdução de normas internacionais de Bibliotecas Gráficas com Interfaces Aplicacionais para diferentes linguagens de programação tenha sido a da portabilidade das aplicações, incluindo a possibilidade de uma mesma aplicação pode correr em diferentes plataformas de hardware ou de usar um novo dispositivo com o baixo custo de escrever uma biblioteca específica de baixo nível denominada device-driver é na “portabilidade” dos programadores que, hoje, se obtêm os maiores ganhos de produtividade. Assim podem transitarem entre sistemas de desenvolvimento mantendo-se familiarizados com o software de base).

Com o aumento da experiência na utilização de normas veio a verificar-se a existência de ineficiências inaceitáveis no Modelo Estratificado. Na prática a incorporação de novos paradigmas de interação e representação como os Sistemas de Gestão de Janelas e a adopção de equipamentos periféricos com funcionalidades superiores às suportadas pela própria norma vieram a ditar a morte do GKS e de todas as normas baseadas no modelo estratificado.

(MRG: o que é que as substituiu? O que é que aconteceu depois?)

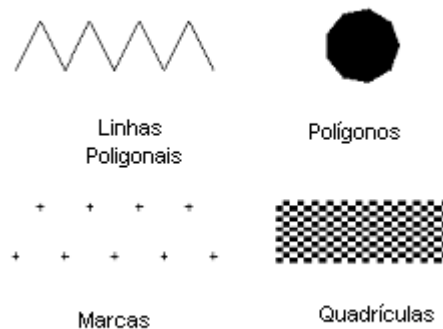
<sup>19</sup> Graphics Kernel System

<sup>20</sup> Programmers’ s Hierarchical Interactive Graphics System



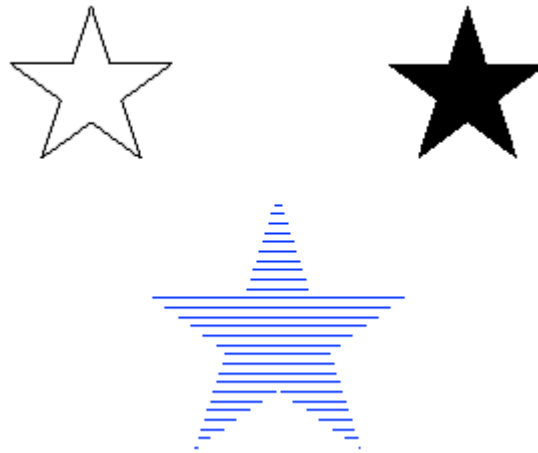
**Figura 1.23 – Modelo estratificado.**

Uma norma como o GKS permitia o cálculo de vistas de primitivas gráficas tais como Linhas Poligonais, Polígonos, Marcas, Texto e, apesar de se tratar de uma norma vectorial, mapas de quadrículas (veja-se a figura 1.24).



**Figura 1.24 – Representações de primitivas gráficas.**

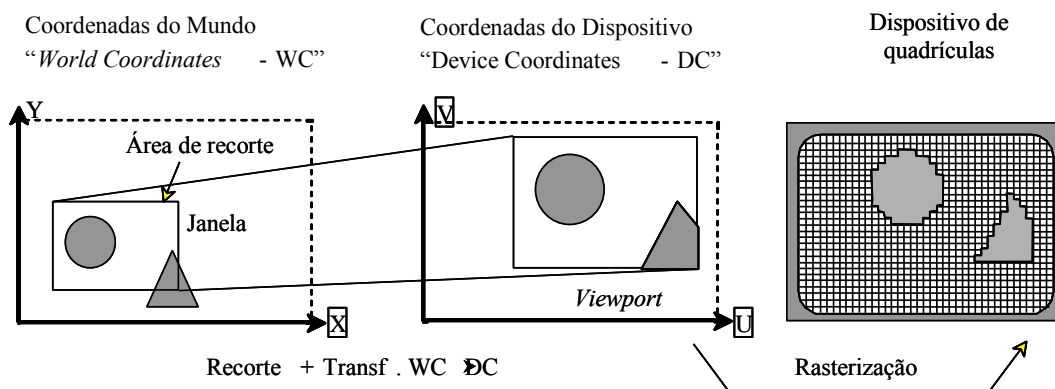
Como as primitivas gráficas eram bidimensionais e não tinham existência no Mundo, a distinção entre Modelo e Vistas sobre o Modelo não era fácil de apreender. Essa distinção ainda era mais difícil devido ao facto de todas as primitivas terem atributos associados os quais permitem controlar o aspecto (Vistas) que irão ter numa superfície de visualização (num ecrã, por exemplo).



**Figura 1.25 – Vistas de modelos de áreas poligonais.**

Como se pode observar na figura 1.25, além da geometria é usado outro tipo de informação, os atributos, para definir o modo exacto como o modelo deve ser apresentado. No primeiro exemplo da figura é só desenhado o contorno, no segundo é desenhado, com uma única cor, o interior o qual, no terceiro caso, é preenchido com um conjunto de segmentos de recta uniformemente espaçados. Neste último caso não é desenhada a fronteira da área poligonal. Outros atributos são a espessura da linha (ou da fronteira), a cor ou, apesar de se tratar de uma norma gráfica vectorial, da textura a usar no preenchimento de uma área poligonal.

Para efectuar o cálculo de uma vista sobre um modelo é utilizado o que se designa por *Pipeline* de Visualização, isto é, um conjunto de operações algorítmicas necessárias à transformação dos dados que descrevem um modelo nos dados necessários ao desenho de uma vista específica numa superfície de visualização.



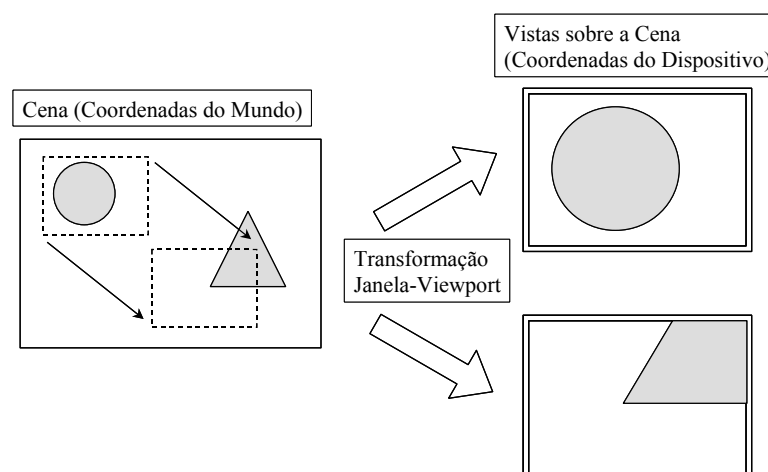
**Figura 1.26 – Pipeline de visualização bidimensional.**

Como se pode observar na figura 1.26, existem dois sistemas de coordenadas, o sistema de coordenadas do Mundo e o sistema de coordenadas do Dispositivo. Primeiro é definida a janela através da qual se visualizará o Modelo e, depois, o *viewport*, isto é a área do ecrã na qual vai ser desenhada a vista. No exemplo da figura ao *viewport* coincide com todo o ecrã. (MRG: verifica isto, sff)

Em primeiro lugar efectua-se o recorte, isto é, identifica-se que parte do Mundo é que poderá ser vista através de uma área poligonal, um rectângulo no exemplo da figura. Segue-se a transformação de coordenadas entre os dois espaços de coordenadas. A fase final, necessária para dispositivos de quadrícula, efectua-se a discretização da vista vectorial, com o cálculo da representação em quadrículas da vista sobre o modelo.

O recorte consiste em identificar um novo modelo dito activo que corresponde à parte do modelo que eventualmente poderá ser visto através da janela. Assim consiste em eliminar os elementos que não são visíveis através da janela, em aceitar os que são completamente visíveis e em recortar os que vão estar parcialmente visíveis. O facto de um elemento pertencer ao Modelo não quer dizer que vá surgir na superfície de visualização, uma vez que pode estar totalmente encoberto por outro elemento. Assim, é sempre necessário identificar os elementos visíveis de modo a ser possível obter uma vista correcta.

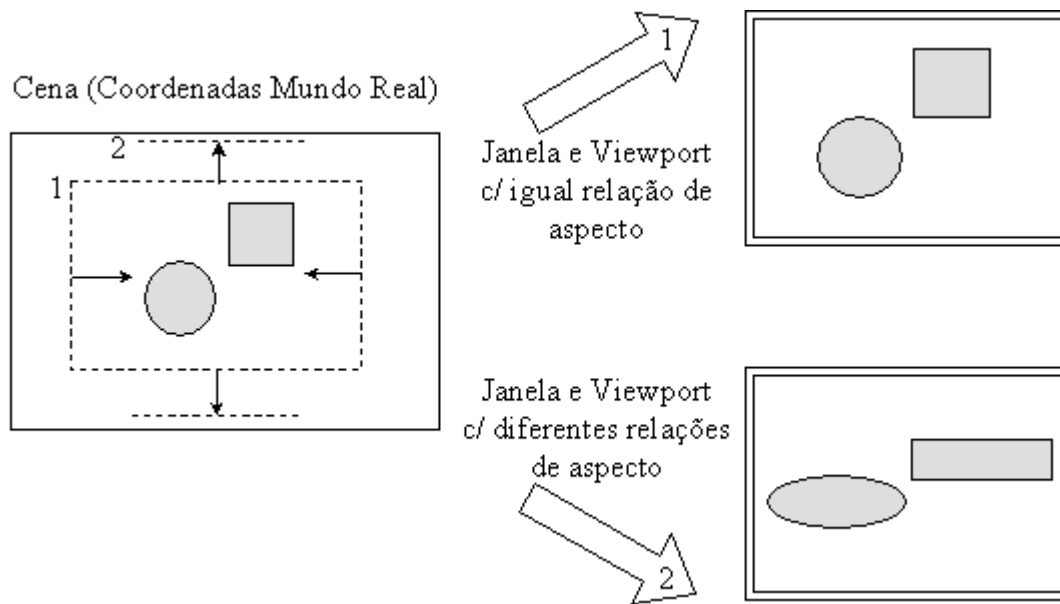
De um modo genérico, na definição de uma vista utiliza-se o conceito de Câmara Virtual. De um modo simplificado, com a Câmara Virtual é possível efectuar operações específicas de câmara que consistem, por exemplo, na deslocação da janela sobre o Mundo, panning, tal como a figura 1.27 apresenta.



**Figura 1.27 – Panning: o deslocamento da janela de visualização resulta na apresentação de diferentes vistas do mesmo modelo.**

Através da alteração das dimensões da Janela, mantendo a mesma relação de aspecto, é possível obter ampliações ou reduções da vista sobre a cena (diferente escala de visualização). A definição de um par janela - *viewport*, com diferentes relações de aspecto, pode gerar uma vista distorcida (na horizontal e/ou vertical) da cena a representar (veja-se a figura 1.28).





**Figura 1.28 – Vistas Distorcidas**

Pode ainda definir-se mais que um par janela - *viewport* sobre uma mesma cena (modelo), isto é, várias vistas dessa mesma cena. Tais vistas podem ser simultaneamente representadas no mesmo dispositivo ou em dispositivos distintos.

### 1.4.3 A Actualidade

Com o incremento da Computação Gráfica 3D e com o aumento das funcionalidades dos subsistemas gráficos em particular das placas para computadores pessoais ocorreu uma mudança significativa na arquitectura das aplicações gráficas interactivas.

No entanto, o início dessa mudança resultou da necessidade sentida pelos utilizadores em controlarem, através de uma única estação de trabalho, várias Aplicações Gráficas Interactivas, visualizando os modelos ou cenas manipuladas através de uma ou mais vistas. Assim nasceu um novo paradigma da Computação Gráfica, o *Sistema de Gestão de Janelas*. Infelizmente o nome de janelas não é bem escolhido uma vez que o termo tinha uma semântica bem definida em Computação Gráfica pelo que o nome correcto teria sido *Sistema de Gestão de Viewport*.

Aparece assim a necessidade de existir um programa que efectue o mapeamento de vários viewport os quais podem mesmo intersectarem-se entre si, numa única superfície de visualização. Inicialmente tentou-se usar as bibliotecas gráficas no desenho de todo o ecrã mas rapidamente se chegou à conclusão que a biblioteca gráfica deveria efectuar todos os cálculos da vista de uma cena num viewport, sendo a colocação dessa imagem na memória de ecrã da responsabilidade do Sistema de Gestão de Janelas.

Como invenção fundamental para esta operação destaca-se o algoritmo de BltBlt pela Xerox. Este algoritmo permite o redesenho de mapas rectangulares de quadrículas em qualquer parte de um ecrã, suportando o arrastar de uma janela com todo o seu conteúdo em tempo real.

A Apple adoptou esta arquitectura no Lisa, tendo especificado o QuickDraw. A Intel criou o DCI, Display Control Interface, o qual está na base do DirectDraw da Microsoft.

No mercado das Estações Gráficas Unix, o X-Windows ([www.x.org](http://www.x.org)), desenvolvido no MIT, é usado como norma de facto e esteve na origem do conceito de Terminais X, precursores do conceito de cliente magro Unix. Estes terminais, ditos inteligentes, têm que estar ligados, através de uma rede local, a um computador, o qual lhes envia os programas que os controlam. Assim, ficam localmente com a capacidade de gerir janelas, algumas das quais podem seguir uma norma proprietária como a designada norma Tektronix 4010/14.

A partir da necessidade de apresentação de filmes no ecrã (sequências de imagens e sons) aparecem outras normas de facto, como o QuickDraw da Apple. Esta norma está na base de uma outra norma, o QuickTime VR, que permite a navegação num espaço 3D, o panorama, criado a partir de um conjunto de fotografias de objectos obtidas segundo vários ângulos.

Com o aparecimento de placas gráficas 3D aparecem normas de facto para comunicar com essas placas entre as quais o DirectX 3D da Microsoft e o OpenGL da Silicon Graphics.

Actualmente assiste-se a uma guerra comercial entre as duas companhias lutando por conseguir convencer o maior número de fabricantes de placas 3D a suportarem cada uma das suas normas proprietárias. No entanto, na perspectiva do utilizador o OpenGL apresenta a vantagem de se basear numa biblioteca gráfica usada há muitos anos nos mais variados tipos de equipamentos e sistemas operativos, a IRIS GL da Silicon Graphics, e ser suportada por mais de 1.500 produtores de aplicações gráficas interactivas. Existem também implementações de OpenGL para Windows.

## **1.5 Síntese**

Foram descritos os fundamentos da Computação Gráfica, enquadrada a sua história na evolução da informática, desde os primeiros computadores até à era das Tecnologias da Informação e da Web.

Foram introduzidos conceitos básicos de Computação Gráfica 2D e efectuado o seu enquadramento no Multimédia e nos designados Sistemas de Gestão de Janelas.