

Histórico da Informática e Sistemas Operacionais

1. Introdução.

Um *sistema operacional* é um conjunto de programas executado pelo computador, de modo semelhante aos programas utilizados pelos usuários, mas cuja principal finalidade é controlar o funcionamento do computador, gerenciando a utilização e o compartilhamento dos seus diferentes recursos (processadores, memórias, dispositivos de entrada e saída e de comunicação) entre todos os demais programas em utilização no computador.

Sem o sistema operacional, qualquer usuário que queira interagir com determinado computador precisará conhecer em detalhes muitas características técnicas do hardware deste computador específico. Se quiser usar outro computador com hardware diferente, precisará aprender os detalhes técnicos do respectivo hardware.

O sistema operacional funciona como uma interface entre o usuário (ou o programa utilizado pelo usuário) e o computador, abstraindo muitos detalhes técnicos e permitindo um uso mais simples e seguro.

Esta seção apresenta as funções básicas de um sistema operacional, o conceito de máquina de camadas, um breve histórico da evolução de sistemas operacionais e algumas classificações de sistemas operacionais.

Para estas primeiras partes da disciplina, com ênfase mais teórica, utilizaremos como referência o livro *Arquitetura de Sistemas Operacionais*, de Francisco Berenger Machado e Luiz Paulo Maia.

2. Funções Básicas

A grosso modo, as funções de um sistema operacional podem ser agrupadas em dois grupos:

2.1 Padronização do acesso aos recursos do sistema.

Os computadores possuem vários recursos que são usados pelos usuários e pelos programas usados pelos usuários. Por exemplo, teclado, mouse, monitor de vídeo, portas USB, discos rígidos, interfaces de rede, memórias, processadores, etc. Cada um desses dispositivos pode possuir uma grande variedade de fornecedores e modelos, sendo que cada um tem suas particularidades.

Para que nem os usuários, nem os produtores de software para os usuários (por exemplo, um editor de textos) precisem se preocupar com os detalhes do hardware, o sistema operacional oferece uma interface padronizada para acesso a um serviço que é implementado pelo hardware. Por exemplo, salvar um arquivo no HD, os diversos editores de texto não precisam se preocupar com detalhes específicos do hardware que está instalado, como endereçamento de hardware, localização do dado dentro do arquivo e do arquivo dentro das trilhas e setores do HD, entre outros. Basta solicitar o serviço ao sistema operacional, que por sua vez, conhece os detalhes do hardware, já configurados no momento da instalação do hardware (ou do sistema operacional), possivelmente com a utilização de rotinas de software (drivers) fornecidos pelo fabricante do hardware.

Assim, pode-se dizer que o sistema operacional oferece um conjunto de serviços aos aplicativos de usuários, abstraindo os detalhes do hardware, que pode ser representado por uma camada sobre o hardware, conforme ilustrado na figura 1.

Em geral o fabricante do sistema operacional também fornece uma série de utilitários destinados a facilitar a interface do usuário com o hardware ou com o próprio sistema operacional, mas que a rigor não “fazem parte” do sistema operacional, mas são entregues como “acessórios” no mesmo pacote. Alguns exemplos são os compiladores, depuradores, monitores de desempenho, etc.

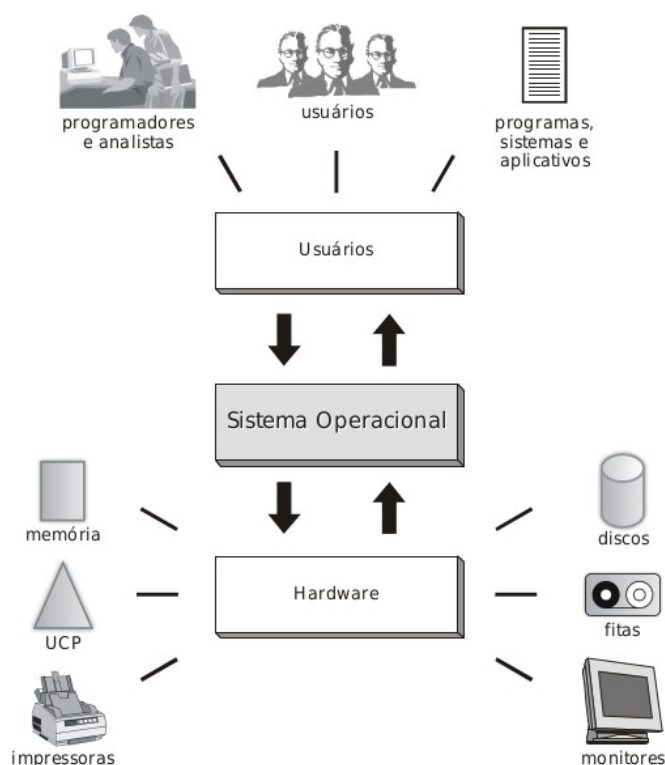


Figura 1. Visão do Sistema Operacional como interface entre os usuários e o hardware

Fonte: Machado e Maia (2007)

2.2 Compartilhamento de recursos de modo organizado e protegido

Em sistemas onde diversos usuários compartilham recursos do sistema operacional é preciso organizar o uso simultâneo desses recursos. Por exemplo, ao compartilhar uma impressora entre vários usuários, é preciso organizar o acesso à impressora para que a impressão de um usuário não afete a de outros usuários. Em geral quem faz essa organização do acesso, garantindo a proteção é o sistema operacional.

O compartilhamento de recursos permite também a diminuição de custos, na medida em que mais de um usuário pode utilizar os mesmos dispositivos (discos, impressoras, interfaces de comunicação, etc), reduzindo a ociosidade e a necessidade de hardware adicional, reduzindo desta forma os custos.

Mesmo em sistemas operacionais pessoais, esses recursos são importantes para permitir o uso simultâneo dos recursos por várias tarefas (programas). Por exemplo, a interface de rede pode ser compartilhada entre uma aplicação de videoconferência (Google Meet) enquanto em outra janela um navegador (Firefox) acessa um site na Internet e um chat (Telegram) recebe e envia mensagens.

O modo que cada controle desses é realizado depende das características do tipo de dispositivo (impressora, monitor de vídeo, disco, etc), e alguns podem ser implementados de diferentes maneiras, de acordo com a abordagem escolhida pelo fabricante do sistema operacional. No decorrer da disciplina veremos alguns desses problemas e possíveis abordagens de controle.

3. Histórico.

A evolução dos sistemas operacionais está em grande parte ligada ao desenvolvimento dos computadores. Fazer um histórico sempre vai envolver algumas escolhas de qual nível de detalhe se quer chegar, e nossa intenção é passar uma noção de algumas fases históricas, com suas características principais, sem esgotar o assunto.

3.1. Ábaco

A origem do ábaco é incerta, e pode remontar a mais de 2.000 aec. Ao longo do tempo, ele foi modificado e aperfeiçoado por várias civilizações, entre babilônios, chineses, egípcios e gregos.

O modelo mais popular, e que ainda hoje pode ser encontrado é no formato de um tabuleiro com uma série de arames paralelos, com uma divisão. Em cada arame são presas 4 ou 5 bolas de um lado da divisão (com valor 1) e uma ou duas bolas no outro lado da divisão (com valor 5).

Cada arame equivale a uma ordem de grandeza (unidade, dezena, centena, milhar, etc).

As bolas que são deslocadas para próximas da linha divisória são contadas, e as outras não são contadas.

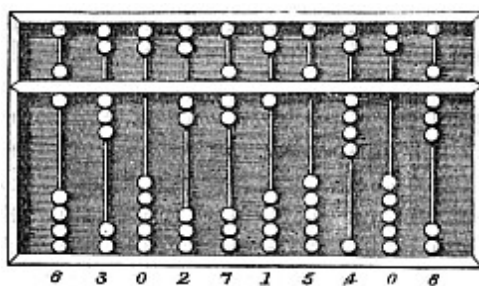


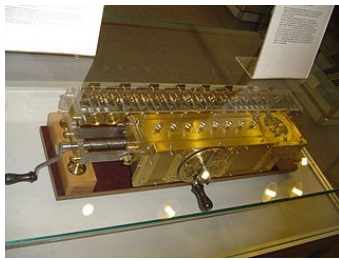
Figura 1.1 Ábaco representando o valor 6302715408.

3.2. Séculos XVII, XVIII e XIX. Máquinas mecânicas e eletromecânicas.

Em 1642, o matemático francês **Blaise Pascal** inventou uma **máquina de somar** (figura 2 - a) para auxiliar seu pai no processo de arrecadação de impostos. Em 1673, o matemático, físico e filósofo alemão **Gottfried Leibnitz** criou uma máquina capaz de **somar e multiplicar** (figura 2 - b). Quase 150 anos depois, em 1820, o matemático francês **Charles Colmar** inventou uma máquina capaz de executar as **quatro operações** (figura 2 – c).



Figura 2. (a) Máquina de Pascal



(b) Máquina de Leibnitz



(c) Máquina de Colmar

Fontes: Wikipedia (a e b), Historyofinformation.com (c)

Pouco tempo depois, em 1822, o matemático inglês **Charles Babbage** criou uma máquina para cálculos de equações polinomiais, e no ano seguinte (1833), Babbage criaria a sua **máquina analítica (Analytical Engine)** (figura 3). Seu invento até então é o que mais se aproxima de um computador atual, possuindo os conceitos de unidade central de processamento, memória, unidade de controle e dispositivos de entrada/saída. Enquanto Babbage se preocupava com as características mecânicas do seu invento (hardware), sua amiga, também matemática Augusta Ada Byron King (Condessa de Lovelace, hoje conhecida por **Ada Lovelace**), era a responsável pela sequência de instruções a ser executada pela máquina (software). Por isso, Ada Lovelace é considerada a primeira programadora da história. Apesar de a máquina analítica nunca ter funcionado direito, Babbage é considerado o “pai do computador”.

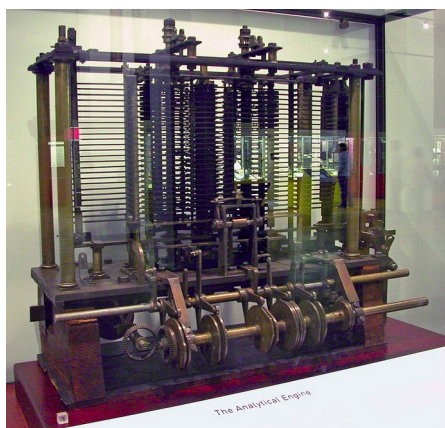


Figura 3. Máquina Analítica (Babbage)

Fonte: Wikipedia



Figura 4. Tabulating Machine

Fonte: Wikipedia

Em 1854, outro matemático inglês, chamado **George Boole** criou a **álgebra booleana**, base para o modelo de computação digital utilizado até hoje. O conceito de **lógica binária** foi utilizado no desenvolvimento de dispositivos como relés e válvulas, implementados nos primeiros computadores da década de 1940.

No final do século XIX, o empresário norte-americano **Hermann Hollerith** adaptou um mecanismo inventado pelo mecânico francês Joseph-Marie Jacquard (para controle automático de teares, com base em cartões perfurados), para contabilizar rapidamente os dados do censo norteamericano de 1890. A máquina ficou conhecida com o **Tabulating Machine** (figura 4). Com o uso da máquina, o processamento dos dados do censo foi reduzido de 7 anos para 2 anos e meio. Para comercializar seu invento, Hollerith criou a

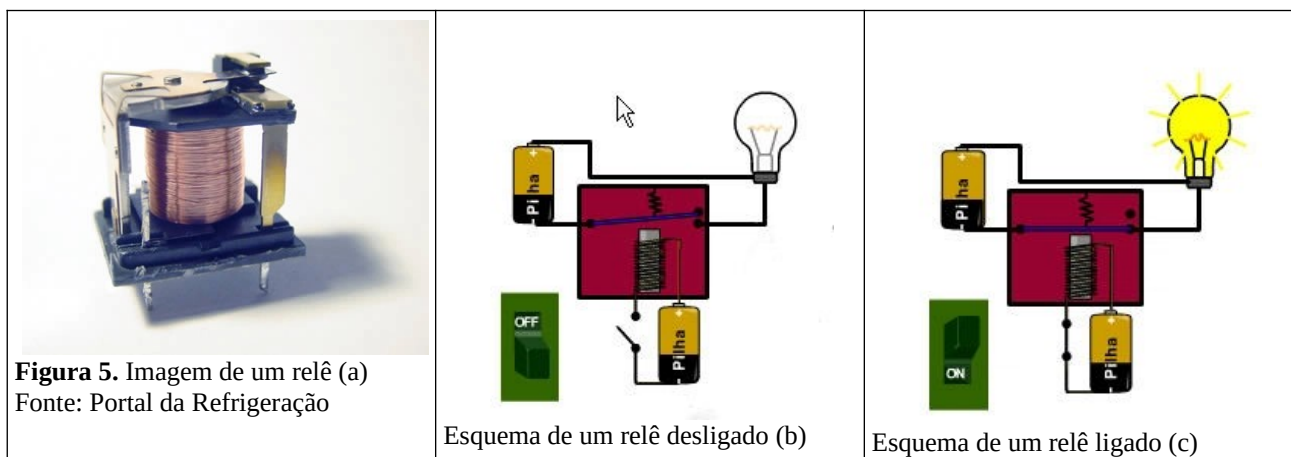
Tabulating Machine Company, que em 1924 se tornaria a International Business Machine (IBM).

Até aqui todos os equipamentos desenvolvidos eram totalmente mecânicos ou eletromecânicos.

O relê foi um dispositivo importante dispositivo eletromecânico desenvolvido nessa época, para interromper ou não a passagem da eletricidade, acionado eletricamente.

Ele é composto por uma bobina com núcleo de ferro (formando um eletroímã), uma armadura metálica que pode ser atraída pelo eletroímã, uma mola e alguns contatos elétricos. Se a bobina está energizada, ela atrai a armadura, que por sua vez aciona os contatos elétricos. Quando a bobina é desligada, a mola puxa o contato novamente para sua posição normal, desfazendo o acionamento do contato elétrico. Dependendo do estado de acionamento do relê, a corrente elétrica passa ou não passa para o outro lado. Ou, em alguns casos, pode ser redirecionada para um lado quando está desligado e para outro lado quando está ligado, como no exemplo da figura 5(a).

Nas figuras 5(b) e 5(c) são mostrados exemplos de ligações de um relê (caixa vermelha) dentro de um circuito elétrico, para ligar ou desligar uma lâmpada.



Os relês são dispositivos eletromecânicos, e portanto tem um tempo de acionamento que depende do deslocamento mecânico dos contatos para alterar o fluxo da energia elétrica. Esse deslocamento mecânico demora um tempo da ordem de alguns milissegundos. Para um circuito de acionamento de uma máquina, é perfeito, mas para o processamento digital de computadores, onde são necessários muitos relês em sequência, esse tempo torna-se um limitante do desempenho do processamento, além de consumir uma grande quantidade de energia, e ocupar um espaço considerável.

3.3. Décadas de 1930 e 1940 – Início da computação eletrônica.

Na década de 1930 surgem os primeiros esforços de criar uma calculadora eletrônica. Na Alemanha, o Z-1 (de Konrad Zuse), baseado em relés e lógica binária; nos EUA, o ABC (Atanasoff-Berry Computer, de John Vincent Atanasoff e Clifford Berry), projetado para cálculos de equações lineares, utilizava válvulas eletrônicas.

Em 1937 o matemático inglês **Alan Turing** desenvolveu a ideia da máquina universal ou **Máquina de Turing**, capaz de executar qualquer sequência de instruções (algoritmo). Apesar de ser um modelo teórico, a Máquina Universal criou a ideia de processamento de símbolos, base da ciência da computação moderna.

Durante a segunda guerra mundial, os militares financiaram o desenvolvimento de máquinas que auxiliassem a execução de tarefas repetitivas. Na Inglaterra, em 1939, **Alan Turing** estava envolvido no projeto **Bomba eletromecânica**, uma máquina eletromecânica projetada para decifrar os códigos de criptografia utilizados pelos alemães para a comunicação com suas tropas. Quando obtiveram sucesso, isso forneceu uma grande vantagem para os aliados. O fato é ilustrado no filme “O Jogo da Imitação (2014)”.

No mesmo período, nos EUA, em **1944** foi desenvolvido o **ENIAC** - Eletronic Numeric Integrator and Calculator (figura 6), que é considerado o primeiro computador totalmente eletrônico, na Universidade da Pensilvânia, para efetuar cálculos matemáticos com mais velocidade. Possuía 17.000 válvulas, 10.000 capacitores, 70.000 resistores, pesava 30 toneladas e consumia 140KW de energia para realizar 5.000 adições por segundo. Esteve em operação de 1946 a 1955. Para utilizá-lo era necessário conhecer profundamente seu hardware, e sua programação era realizada através de 6.000 conectores, em linguagem de máquina. Um cálculo que manualmente levaria pelo menos 24h era executado em menos de 30 segundos. Mas demorava bastante tempo para fazer a programação. Esse era um problema que precisava se resolvido.

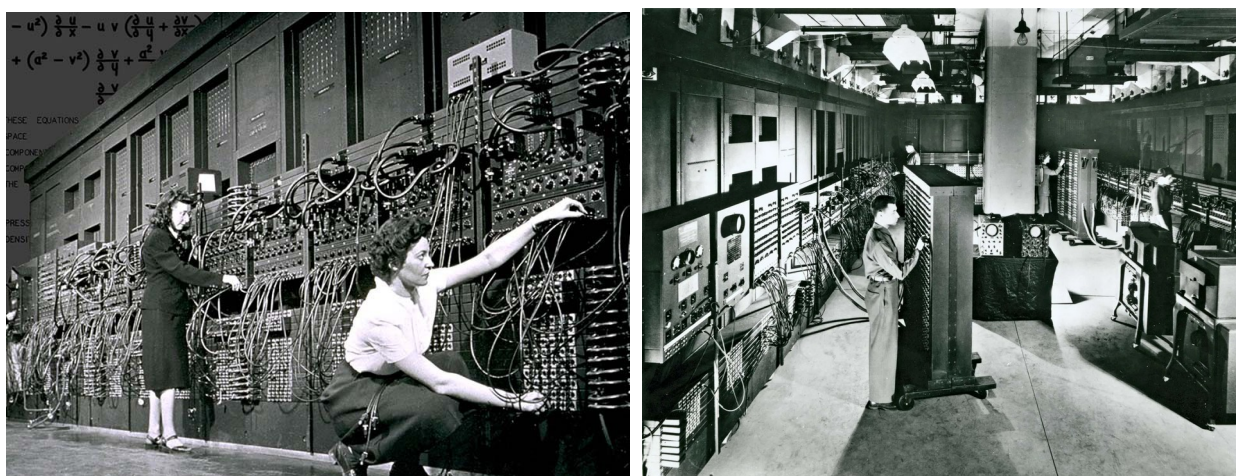


Figura 6. Fotos de partes do ENIAC (a)

(b)

Fonte: CNN Brasil (a) e Enciclopédia britânica (b)

Um consultor do projeto do ENIAC, chamado **John von Neumann** propôs um modelo de máquina no qual **tanto os dados quando os programas fossem armazenados em memória**, o que tornaria a programação mais rápida e flexível. Essa arquitetura reunia as ideias de Babbage (Máquina Analítica) e de Alan Turing (Máquina Universal), e ficou conhecida como “**Máquina de von Neumann**” ou “Arquitetura de von Neumann”.

A partir desse conceito foram desenvolvidas várias máquinas, especialmente para cálculos matemáticos em universidades e órgãos militares.

Neste período os computadores ainda não tinham dispositivos de entrada e saída como teclados e monitores, e nem sistemas operacionais, que começaram a aparecer na década de 1950. Os dados eram armazenados em cartões perfurados e a saída através de relatórios impressos.

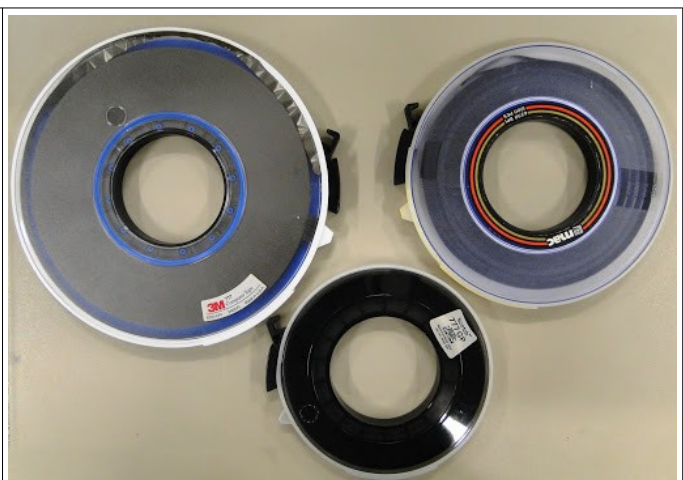
3.3. Década de 1950. Transístores e o surgimento dos sistemas operacionais.

Esse período foi marcado pelo início do uso de transístores e de memória magnética. O transístor permitiu uma redução muito grande do espaço usado, do custo e do consumo de energia, ao mesmo tempo que aumentou bastante a velocidade e confiabilidade, se comparado com o uso de válvulas, conforme ilustrado na figura 7-a. O uso de meios magnéticos para armazenamento de dados possibilitou o acesso muito mais rápido aos dados, e uma capacidade muito maior de armazenamento, com espaço cada vez mais reduzido (figura 7-b).



Figura 7. (a) Comparação de tamanho entre válvulas, transistores e circuitos integrados

Fonte: Museu de Tecnologia da Unioeste



(b) Fita Magnética de Rolo

A partir de então foi possível criar computadores menores, mais baratos, e várias empresas começaram a desenvolver computadores para uso comercial. Os programas ou jobs eram perfurados em cartões que passavam por uma leitora que armazenava os dados em uma fita magnética de entrada, como ilustrado na figura 8-a. Poderiam ser incluídas várias tarefas na mesma fita. Depois essa fita magnética de entrada era lida pelo computador, que executava uma tarefa por vez, gravando o resultado em outra fita magnética de saída (figura 8-b). Ao término do processamento, a fita magnética de saída era lida e impressa (figura 8-c). A esse tipo de processamento, sem interação com o usuário, deu-se o nome de processamento em lote, ou **processamento batch**.

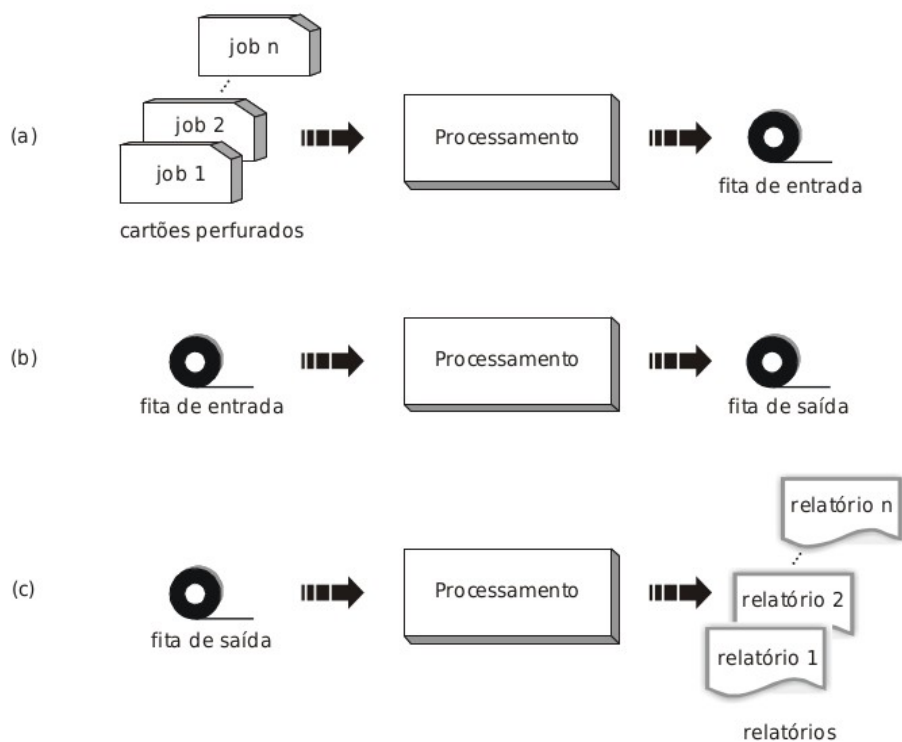


Figura 8. Processamento Batch

Fonte: Machado e Maia (2007)

Isso permitiu um melhor aproveitamento do processador, que não ficava mais tanto tempo ocioso esperando o operador submeter uma tarefa por vez, e também não precisava ficar esperando a impressora imprimir os relatórios para realizar outro processamento.

Nesse período foram desenvolvidos os primeiros sistemas operacionais, para automatizar tarefas feitas manualmente pelos operadores, e na sequência implementando

rotinas de controle de dispositivos de entrada e saída, dispensando os programadores de fazer suas próprias rotinas para cada dispositivo. Também nesse período surgiram as primeiras linguagens de alto nível, como **Fortran** (FORmula TRANslation), com foco em cálculos matemáticos, e **Cobol** (COMmon Business Oriented Language), mais voltada para o desenvolvimento e aplicações comerciais, o que permitiu que os programas deixassem de ter uma relação tão direta com o hardware, agilizando o desenvolvimento, o reaproveitamento e a manutenção de programas.

3.4. Década de 1960. Os circuitos integrados.

A partir do surgimento dos circuitos integrados, houve um novo ganho de escala em relação ao desempenho, redução de custos e redução de tamanho dos computadores.

Com o desempenho dos processadores crescendo várias ordens de grandeza, os dispositivos eletromecânicos não acompanharam esse aumento de velocidade. Em função disso, os computadores com uma única tarefa de cada vez (monotarefas) ficavam com o processador ocioso enquanto executava operações de entrada e saída (para dispositivos eletromecânicos, muito mais lentos).

Isso levou ao desenvolvimento de sistemas operacionais com **multiprogramação** (multitarefa), permitindo a execução de vários programas simultaneamente. Enquanto um programa espera a execução de uma operação de entrada e saída, outro programa é executado pelo processador.

No mesmo período, a substituição de unidades de fita magnética (com acesso sequencial aos dados) por discos magnéticos (mais rápidos e com acesso aleatório aos dados) permitiu a construção de sistemas operacionais mais eficientes, com a carga rápida de programas e dados, e a alteração da ordem de execução das tarefas, antes obrigatoriamente sequenciais.

Um marco na história dos sistemas operacionais foi o lançamento da arquitetura **System/360** pela IBM, em 1964. Foi a primeira arquitetura com diferentes portes de máquinas (ainda na categoria de mainframes), com compatibilidade entre si. Assim, empresas ou governos poderiam comprar um computador menor e depois trocar por outro maior conforme a demanda, mantendo as mesmas aplicações existentes, preservando assim o investimento em software. Para essa série foi desenvolvido o sistema operacional OS/360, que implementava **multiprogramação**, além de interface para os usuários

interagirem rapidamente com o sistema. Para isso, cada programa poderia usar o processador por pequenos intervalos de tempo, o que ficou conhecido como sistema de **Tempo Compartilhado (*time-sharing*)**. O OS/360 contava ainda com terminais de vídeo e teclado para a interface com os usuários, permitindo a interação do usuário com a aplicação no decorrer da sua execução (***sistema online***).



Figura 9. IBM System 360 (a)

(b)

Fonte: IBM (a) e Columbia University (b)

Em 1965, o MIT, a Bell Labs e a General Eletrics estavam envolvidos no projeto do sistema operacional **MULTICS** (Multicomplexed Information and Computing Service) para um computador GE 645. Esse sistema deveria oferecer vários serviços de forma contínua e confiável, similar aos serviços de luz e telefonia. O MULTICS implementava **memória virtual** com **segmentação** e **paginação**, **multiprogramação**, e deveria suportar **múltiplos processadores** e **múltiplos usuários**. A maior parte do sistema seria desenvolvida em PL/I, uma linguagem de alto nível, para torná-lo portátil, ou seja, independente da plataforma de hardware. Apesar de o MULTICS não ter alcançado seus objetivos, suas ideias influenciaram outros sistemas operacionais posteriormente.

A Digital Equipment Corporation (DEC) lançou o PDP-8 (figura 10) em 1965, também revolucionário, pois era a primeira linha de computadores de pequeno porte e baixo custo, comparativamente aos mainframes até então comercializados, criando o mercado de minicomputadores. O PDP-8 era um processador com 12bits, com memória de 32K palavras de 12bits. Em 1969, Ken Thompson, que trabalhou no projeto do MULTICS, usou um PDP-7 para fazer um sistema operacional que viria a ser conhecido como Unix. O Unix depois foi disponibilizado para várias plataformas, com todas as características do projeto do MULTICS.



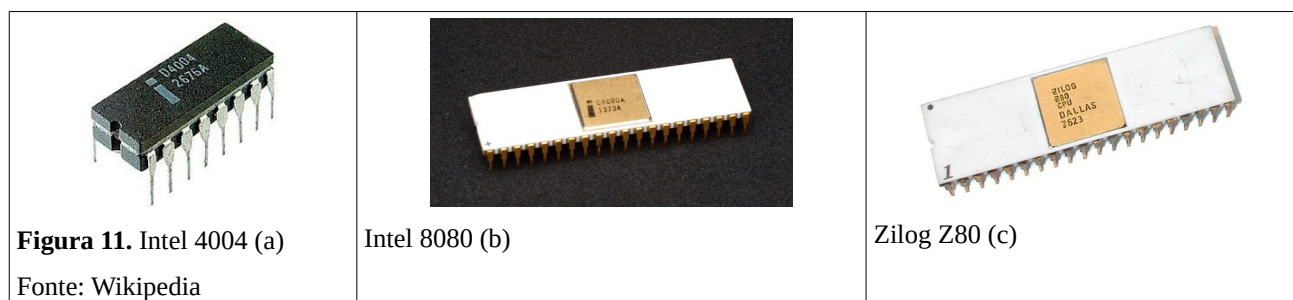
Figura 10. PDP-8

Fonte: Online PDP-8 Home Page (pdp8online.com)

3.5. A Década de 1970. Integração em Larga Escala (LSI e VLSI).

A integração em larga escala (*Large Scale Integration - LSI*) e a integração em escala muito larga (*Very Large Scale Integration – VLSI*) levaram adiante a miniaturização, o barateamento e o aumento do desempenho dos equipamentos. Seguindo essa tendência, a DEC lança em 1970 o PDP-11, um minicomputador, e na sequência o VAX/VMS (Virtual Memory System), com 32 bits.

Em 1971 a **Intel** lança o seu primeiro microprocessador, o **Intel 4004**, com 4 bits (figura 11-a), e três anos mais tarde, o **Intel 8080**, de 8 bits (figura 11-b), utilizado no primeiro microcomputador, o Altair. Em 1976 a Zilog lança o **Z80**, de 8 bits (figura 11-c), concorrente direto do Intel 8080, e utilizado na produção de vários modelos de microcomputadores pessoais. Também em 1976, Steve Jobs e Steve Wozniak produzem o **Apple II**, também com 8 bits, e processador **Motorola 6502**, que se tornou grande sucesso. Este foi o ano de fundação da Apple e da Microsoft. O sistema operacional dominante nesta época para os microcomputadores foi o **CP/M** (*Control Program Monitor*) da Digital Research.



Nesta época foram desenvolvidas também arquiteturas com vários processadores, visando aumentar o desempenho, o que exigiu dos sistemas operacionais novos mecanismos de controle e sincronismo. O **multiprocessamento** possibilitou executar

vários programas simultaneamente, ou até mesmo um programa em vários processadores. Um exemplo é o **Cray-1** (figura 12), considerado um supercomputador, lançado em 1976.

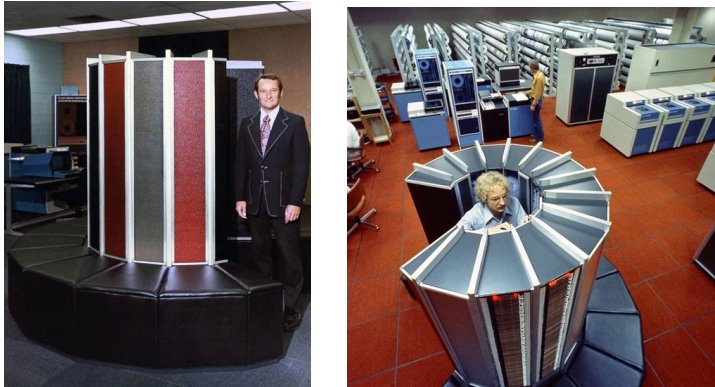


Figura 12. Super computador Cray-1.

Fonte: (a) Computer History Museum, e (b) The Atlantic

Em 1975, Dennis Ritchie desenvolve a linguagem C, e junto com Ken Thompson, porta o sistema operacional Unix (originalmente concebido em assembly) para um PDP-11, usando por base a linguagem C. Isso permitiu que o sistema Unix fosse facilmente portado para várias outras plataformas, tornando-se um dos principais sistemas operacionais para computadores de médio porte.

3.6. Década de 1980. Os computadores pessoais.

Em 1981 a IBM entra no mercado de microcomputadores com o IBM PC (Personal Computer), criando a filosofia dos computadores pessoais (figura 13(a)). O primeiro PC usava processador Intel 8088, de 16 bits e sistema operacional DOS (Disk Operation System), desenvolvido pela Microsoft, muito parecido com o CP/M. O DOS é um sistema monousuário e monotarefa.

Na área dos computadores de médio porte, ganharam popularidade os sistemas multiusuário, com destaque para os sistemas compatíveis com o Unix, desenvolvidos pelos fabricantes de computadores (IBM AIX, HP HP-UX, SUN Solaris, Edisa Edix, Cobra Sox, etc). A Universidade de Berkeley desenvolveu sua própria versão do sistema operacional Unix (**Berkeley Software Distribution – BSD**), e incorporou o protocolo TCP/IP (Transmission Control Protocol / Internet Protocol), base para a comunicação da Internet. Também foram desenvolvidas versões do Unix para arquitetura IBM PC (Xenix, 386-ix).

Nesta década também foram desenvolvidos os primeiros sistemas operacionais com interfaces gráficas, como a interface X11 para estações de trabalho com Unix,

desenvolvidas no centro de pesquisas de Palo Alto da Xerox, mas aproveitadas comercialmente pela Apple com o lançamento em 1984 do Macintosh, com sistema operacional System 1 (figura 13 (b)), e depois pela Microsoft com o lançamento do Windows, em 1985.



Figura 13 (a). IBM PC-XT

Fonte: Wikipedia



Figura 13 (b). Macintosh

Fonte: Wikipedia

3.7. Década de 1990. As redes de computadores

Com a integração cada vez maior dos circuitos, em escalas crescentes, e consequente barateamento e aumento de desempenho, a computação se disseminou, ficando acessível à maior parte das empresas e pessoas físicas. Com isso surge a necessidade de comunicação, para acesso aos dados corporativos e dados públicos. Com a popularização da Internet, o protocolo **TCP/IP** se torna padrão de mercado tanto para redes locais quanto para a conexão com a Internet, e todos os sistemas operacionais ainda em uso passaram a oferecer suporte ao TCP/IP. Em redes locais, especialmente corporativas, o padrão que se estabelece é o **Ethernet**. Já as conexões de longa distância são oferecidas por companhias telefônicas, por **linhas discadas ou dedicadas**.

Os sistemas operacionais se desenvolvem para oferecer serviços em formato **cliente/servidor**, com servidores web, de e-mail, de arquivos e de bancos de dados.

Em 1991, o finlandês Linus Torvalds inicia o desenvolvimento do Linux, como um sistema operacional de código fonte aberto, gratuito, para computadores pessoais, com recursos e estabilidade só encontrados em sistemas Unix, publica na Internet o código e consegue apoio da comunidade para continuar o desenvolvimento.

A interface padrão para os sistemas operacionais passa a ser a interface gráfica, com Windows 95, Windows NT, Mac OS, e Linux sendo os principais sistemas em uso para as plataformas de computadores pessoais.

Nesse período, servidores Unix (IBM AIX, HP-UX, e Sun Solaris), para computadores de médio porte, e servidores Linux e Windows NT para servidores com arquitetura Intel se consolidam como principais sistemas para servidores de ambientes corporativos. Apenas companhias com alto volume de processamento continuam mantendo mainframes.

3.8. A Década de 2000. Internet

A década de 2000 foi em grande parte marcada pela migração de todos os dados e conexão cada vez maior das pessoas com a Internet. Gradualmente o maior valor dos computadores passou a ser a sua **integração com a Internet**. Os sistemas operacionais passaram a ter **atualização automática** pela Internet. O comércio eletrônico ganha muito impulso. Questões de segurança se tornam mais críticas. O volume de acesso a serviços online aumenta muito, e conseqüentemente a demanda por disponibilidade (não sair do ar), tolerância a falhas, processamento distribuído (para dar conta da demanda de grandes companhias online).

Há uma convergência de plataformas de sistemas operacionais, com os grandes fabricantes gradualmente abandonando seus sistemas proprietários em função do custo de desenvolvimento, investindo em portar o Linux para suas plataformas.

Para a arquitetura Intel, de computadores pessoais, na prática sobrevivem apenas o Windows (2000, XP, Vista), da Microsoft, o MacOs, da Apple e o Linux, mantido pela comunidade, e disponível em vários arranjos diferentes pelas distribuições.