

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO À ARQUITETURA DE COMPUTADORES

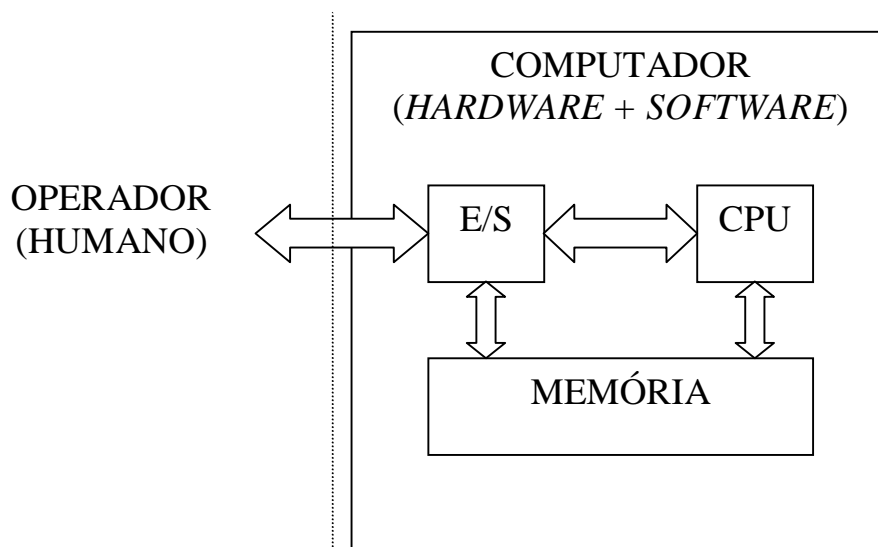
1.1 Introdução

Computador: Máquina programável, de propósito geral, que processa informação.

Programa: Sequência de instruções (de uma dada linguagem de programação) que operam sobre dados, realizando um processamento de informação específico.

Instrução: Operação que realiza algum processamento básico de informação. Exemplo: somar dois números, armazenar um dado, etc.

Linguagem: (Linguagem de Programação). Conjunto de instruções associadas a uma sintaxe e uma semântica específicas.



Linguagem Humana:

- Vaga.
- Complexa.
- Simbólica.

Linguagem de Máquina:

- Precisa.
- Simples.
- Numérica.

Figura 1.1 O problema de comunicação humano-computador.

- Problema: Como expressar as especificações de processamento de informação definidas por um operador humano de uma forma que possa ser “entendida” pelo computador?

- Solução: $L_h \rightarrow \dots L_i \dots \rightarrow L_2 \rightarrow L_1 \rightarrow L_0$

onde, L_h = Linguagem humana, L_i = linguagem intermediária, ($i = 1, 2, \dots$), L_0 = Linguagem “entendida” pelo *hardware*.

A linguagem L_{i+1} é mais complexa que a linguagem L_i .

Máquina Virtual de Nível i: Máquina virtual M_i que possui uma linguagem associada L_i cujas instruções operam sobre um espaço de memória virtual associado.

Conversão $L_{i+1} \rightarrow L_i$:

- Tradução: Programa Tradutor (no nível L_i) converte um programa escrito na linguagem L_{i+1} (Programa Fonte) em um programa na linguagem L_i (Programa Objeto). O programa tradutor pode ser:
 - Compilador.
 - Montador.
- Interpretação: Programa Interpretador (no nível L_i) converte cada instrução de um programa em L_{i+1} para a sua equivalente em L_i , executando-a na máquina M_i imediatamente após a sua conversão. As instruções são convertidas e executadas uma a uma, seqüencialmente.

Máquina Multi-Nível:

- Computador pode ser visto como um conjunto hierárquico de máquinas virtuais.
- A máquina M_i , mais simples, interpreta ou traduz instruções ou programas da máquina M_{i+1} , mais complexa. De modo geral:
 - Níveis baixos: linguagens de natureza numérica, interpretadas.
 - Níveis altos: linguagens de natureza simbólica, traduzidas.

Vantagens da estruturação em Níveis:

- Para o usuário: o programador de nível i não precisa conhecer detalhes das linguagens de níveis inferiores ao mesmo.
- Para o projetista: o computador pode ser concebido de uma maneira estruturada, modular e compreensível, simplificando o projeto.

Arquitetura: Aspectos visíveis ao usuário. Exemplo: tipos de dados, tipos de instruções, organização de memória, organização de endereçamento, relação entre instruções e organização de memória, etc.

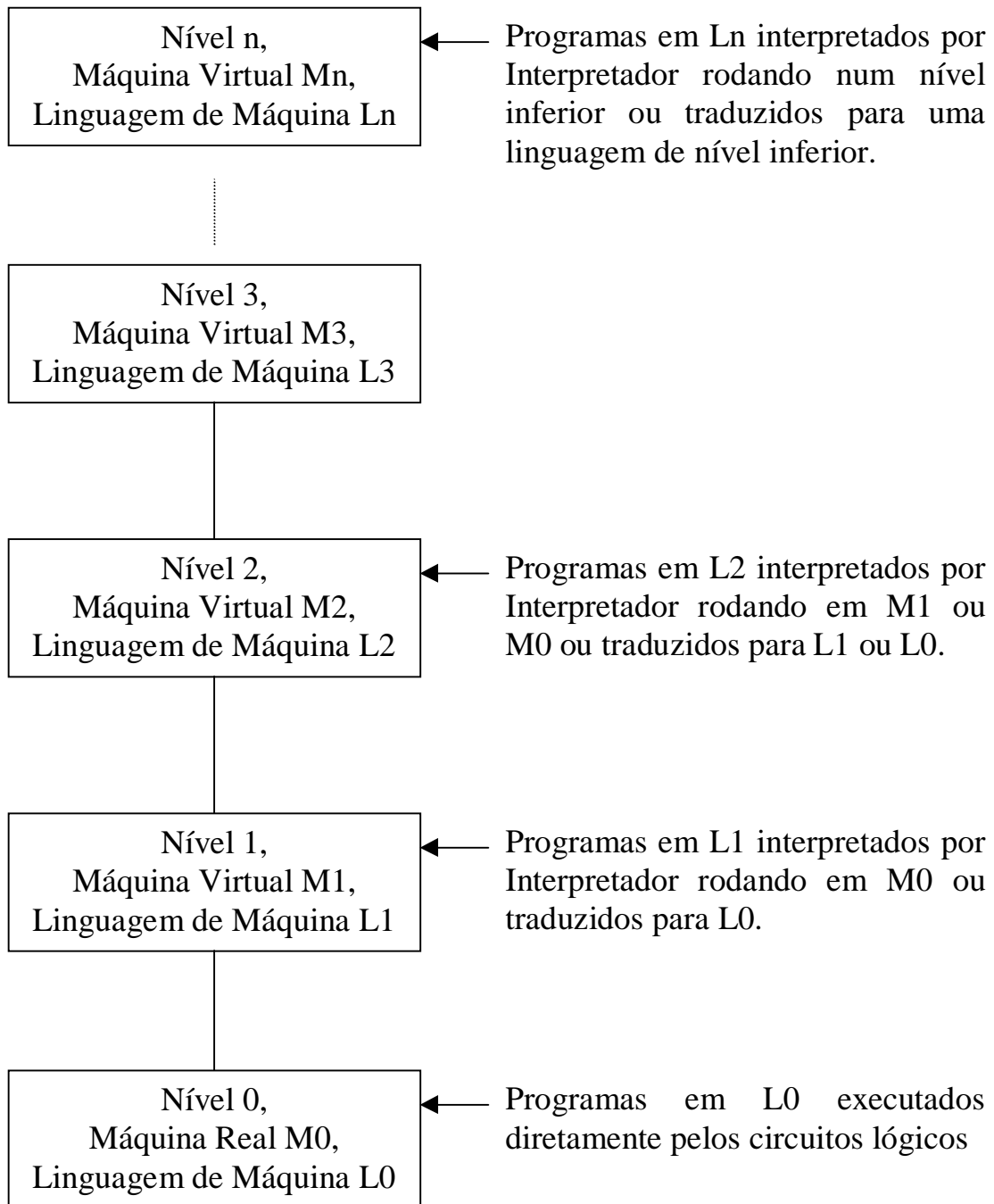


Figura 1.2. A Máquina Multi-Nível.

Níveis numa Máquina Real:

- L₀: Nível de Lógica Digital - *Hardware*. Os circuitos lógicos interpretam as instruções do nível 1 (microinstruções).
- L₁: Nível de Microprogramação. Microprograma interpreta "Macroinstruções" (Instruções do nível 2). Microprograma composto por microinstruções simples (conjunto tipicamente < 20). Movimentação de dados, teste de dados, operações lógicas e aritméticas, etc.
- L₂: Nível de Linguagem de Máquina Convencional. Instruções interpretadas pelo microprograma. Interface entre compilação e interpretação.
- L₃: Nível de Sistema Operacional. Instruções de L₂ mais instruções que automatizam as ações do operador. Gerenciamento de memória, execução em paralelo, E/S em nível de arquivos, etc.
- L₄: Nível de Linguagem de Montagem. Representação simbólica da Linguagem de Máquina, traduzida por programa Montador.
- L₅: Nível de Linguagens orientadas a problema. Linguagens de alto nível (C, LISP, Fortran, etc.). Traduzidas por programa Compilador.

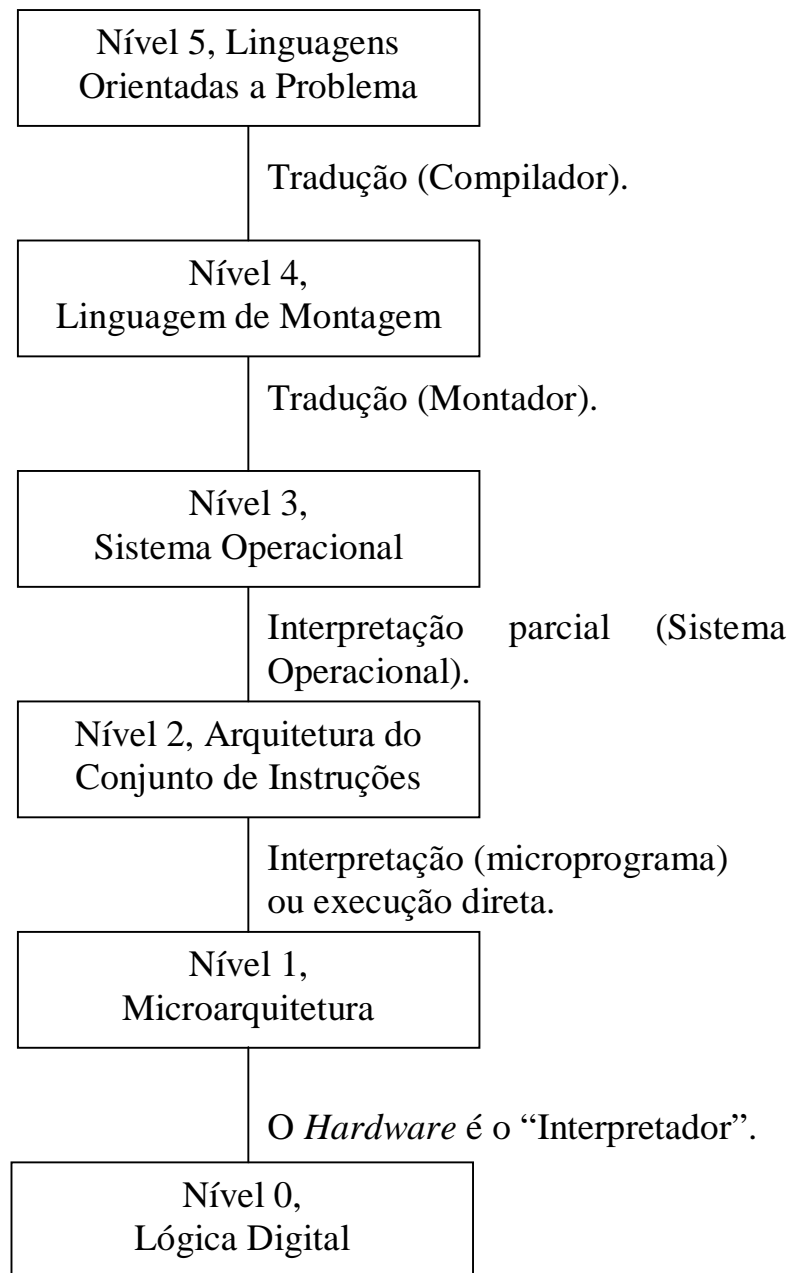


Figura 1.3. Níveis típicos numa máquina real.

1.2 Evolução das Arquiteturas de Computadores

• Geração Zero – Computadores Mecânicos (?–1945)

- Pré-História: Cálculo Manual. Idéia de Número.
- História antiga (Oriente): Ábaco.
- Napier (Século XVII). Logaritmos - Régua de Cálculo.
- Pascal (século XVII). Calculadora mecânica (soma e subtração).
- Leibnitz (século XVII). Calculadora mecânica (multiplicação e divisão).
- Charles Babbage (Século XIX). Máquina Diferencial dedicada para cálculos náuticos (algoritmo de diferenças finitas). Mecânica. Saída em prato de cobre perfurado.
- Charles Babbage (Século XIX). Máquina Analítica (mecânica, não construída). Máquina de propósito geral, programável – linguagem de montagem simples). Primeira programadora: Ada Lovelace. Características:
 - Unidade de Entrada (leitura de cartões perfurados).
 - Unidade de Armazenamento (memória de 1.000 palavras de 50 dígitos decimais).
 - Unidade de Processamento (“Engenho”). Aceita operandos da unidade de armazenamento, realiza as quatro operações, armazena resultado na unidade de armazenamento. Admitia instruções de teste e desvio condicional.
 - Unidade de Saída (impressa e perfurada em cartões).
- Konrad Zuse (Alemanha, 1930): máquinas de calcular automáticas eletromecânicas (relés). Destruídas no bombardeio aliado a Berlim, não influenciaram máquinas posteriores.
- Atanasoff (EUA, Iowa State College): máquina de calcular eletromecânica (não chegou a funcionar). baseada em aritmética binária. Memória baseada em capacitores (precursora das memórias DRAM).
- Stibbitz (EUA, Bell Labs): máquina de calcular eletromecânica. Demonstração pública de funcionamento em 1940.
- Aiken (EUA, Harvard, 1944): Mark I, Computador eletromecânico baseado nas idéias de Babbage, financiado pela IBM. Características:
 - Memória de 72 palavras de 23 dígitos decimais.
 - 6 segundos para executar uma instrução.
 - Entrada e Saída através de fita de papel perfurada.
- Mark II, sucessor do Mark I.

- **Primeira Geração – Válvulas (1945-1955)**

- Nível de Lógica Digital (*hardware*) e Nível de Linguagem de Máquina Convencional (nível ISA - *Instruction Set Architecture*).
- Alan Turing (Inglaterra, 1943): COLOSSUS, 1º computador eletrônico digital. Desenvolvido para quebrar códigos do almirantado alemão gerados pela máquina ENIGMA. Mantida em segredo por 30 anos, não influenciou máquinas subsequentes.
- John Mauchley, Eckert, Von Neumann (EUA, 1946): ENIAC (Electronic Numerical Integrator and Computer). Construído com base nos trabalhos de Atanasoff e Stibbitz para cálculo de tabelas de direção de tiro de artilharia pesada. Algumas características:
 - 18.000 válvulas, 1.500 relés, 30 toneladas, 140 quilowatts.
 - 20 registradores de 10 dígitos decimais cada.
 - Programação por *hardware* (chaves e soquetes).
- Mauchley e Eckert divulgam publicamente o ENIAC, outros grupos desenvolvem computadores: EDSAC (Wilkes, 1949), JOHNIAC (Rand Corporation), ILLIAC (Univ. de Illinois), MANIAC (lab. de Los Alamos), WEIZAC (Israel).
- Mauchley e Eckert abandonam o projeto EDVAC para fundar a empresa que viria a ser a UNISYS.
- Von Neumann desenvolve o projeto IAS (Máquina de Von Neumann, usada primeiro no EDSAC). Conceitos que são usados até os dias de hoje. Características:
 - Programa armazenado em memória.
 - Aritmética binária inteira.
 - Componentes: Memória, Unidade Lógica Aritmética, Unidade de Controle, Dispositivos de Entrada e Saída.
 - Memória de 4096 palavras de 40 bits. Palavras armazenam instruções de 20 bits ou inteiros com sinal (40 bits).
 - Formato de instrução: tipo de instrução (8 bits), operando (endereço de 12 bits).
 - Acumulador, registrador especial de 40 bits na ULA. Instrução típica combina palavra na memória com palavra no acumulador e armazena resultado no mesmo.

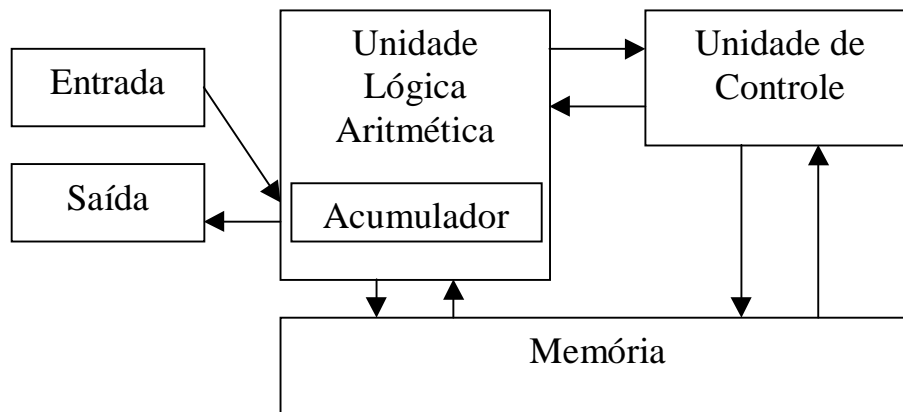


Figura 1.4. A Máquina de Von Neumann.

- Whirlwind I (MIT). Máquina de 16 bits para controle de processos. Levou ao desenvolvimento das memórias de núcleo magnético e ao primeiro minicomputador comercial.
- IBM, em 1953, lança o IBM 701 (2 K palavras de 36 bits, duas instruções por palavra). Dá início a uma série de computadores científicos “ponto flutuante” a válvula. (Último, IBM 709, 1958).
- Somente governos e grandes corporações tinham condições de adquirir computadores.

- **Segunda Geração – Transistores (1955-1965)**

- Em 1951 Wilkes lança a idéia do nível de microprogramação. O projeto baseado nesta idéia permite simplificar o *hardware* e aumentar a complexidade do conjunto de instruções. Diretriz de projeto difundida nos anos 60 e 70.
- Invenção do transistor (Bell Labs, 1948). Redução dramática em tamanho, consumo, tempo de processamento e custo.
- Computador pode ser adquirido por Departamentos de Empresas.
- Minicomputador transistorizado = dezenas de milhares de US\$, *mainframe* a válvula = milhões de US\$.
- Olsen (MIT): TX0 (T**ransistorized** e**X**perimental computer **0**). Máquina de 16 bits, da linha do Whirlwind I.
- Olsen funda a DEC (Digital Equipment Corporation), 1957.
- DEC lança o PDP1 (1961). Características:
 - US\$ 120.000.
 - 4 K palavras de 18 bits.
 - *Clock* de 200 kHz (5 microssegundos).
 - Video com 512x512 *pixels*. Primeiro videogame.
- DEC lança o PDP8, sucesso de vendas (50.000 unidades). Barato: US\$ 16.000. Máquina de 12 bits com barramento único (Omnibus), adotado pelas máquinas subsequentes.
- IBM lança o 709 seguido do 7094, com *clock* de 2 microssegundos e memória de núcleos magnéticos de 32 K palavras de 36 bits, dominando o mercado de computação científica.
- IBM lança o 1401, pequeno e barato, para aplicações comerciais. Entrada e Saída em fitas magnéticas ou cartões perfurados. Memória de 4 K posições de 8 bits. Palavras e registradores de tamanho variável.
- Cray, da CDC (Control Data Corporation), lança em 1964 o CDC6600 (aplicações científicas). Características:
 - Cerca de 10 vezes mais rápido que o 7094.
 - Esquema de processamento paralelo: módulos independentes para soma, multiplicação, etc. (Execução de até 10 instruções simultâneas).
 - conjunto de pequenos processadores para gerência de tarefas e processamento de Entrada/Saída.
- A Burroughs lança o B5000, projetada para rodar eficientemente programas escritos em Algol.

- Surge o nível de Sistema Operacional (por volta de 1960):
 - Automatizam-se procedimentos realizados pelo operador (compilação, carregamento e execução do programa, etc.).
 - Introduzem-se novas instruções: macros do sistema ou chamadas ao supervisor (chamadas de sistema).
 - Inicialmente sistemas tipo *batch*. No início dos anos 60 surgem os Sistemas de Tempo Compartilhado, que permitem a comunicação simultânea de vários programadores diretamente com o computador a partir de vários terminais.

- **Terceira Geração – Circuitos Integrados (1965-1980)**

- Em 1958, Noyce desenvolve um processo de integração de circuitos eletrônicos em substrato de silício. Redução dramática em tamanho, consumo, tempo de processamento e custo.
- Migração de funcionalidades para o micro código:
 - Facilidade de incorporar novas instruções: multiplicação e divisão de inteiros, aritmética em ponto flutuante, manipulação de *strings*, etc.
 - “Inflação” dos conjuntos de instruções (perda de desempenho).
 - Novas funcionalidades: cálculo matricial, facilidades de relocação de programas na memória, sistemas de interrupção, troca de contexto entre processos, etc.
- Em 1964, substituindo o 7094 (aplicações científicas) e o 1401 (aplicações comerciais), duas máquinas radicalmente diferentes, a IBM lança uma única linha de novos produtos, o System/360:
 - Implementado usando circuitos integrados.
 - Família de computadores (baseadas na mesma linguagem de montagem). Compatibilidade e reutilização de *software*.
 - Capacidade de Multiprogramação: execução simultânea de vários programas.
 - O uso de microprogramação facilitou o surgimento da capacidade de emulação de outras máquinas, permitindo a reutilização de *software*.
 - 16 registradores de 32 bits para operações aritméticas.
 - Memória orientada a byte.
 - Grande espaço de endereçamento (2^{24} bytes = 16 M bytes)
- A DEC introduz a série PDP11 de 16 bits, registradores de 32 bits e memória orientada a byte.

- **Quarta Geração – Circuitos VLSI (1980-?)**

- Integração em Escala Muito Alta (*Very Large Scale Integration - VLSI*). Milhões de transistores em um *chip*. Redução dramática em tamanho, consumo, tempo de processamento e custo.
- Microprocessador (CPU em um *chip*).
- Computador pode ser adquirido por pessoas físicas (Computador Pessoal).
- Aplicações iterativas, processamento de texto, planilhas eletrônicas.
- Primeiros modelos vendidos em *kits*, com base no processador INTEL 8080.
- Kildall escreve o sistema operacional CP/M para máquinas baseadas no 8080.
- Jobs e Wozniak lançam o Apple e o Apple II, sucesso de mercado no início da década de 80.
- Em 1981, a IBM entra no mercado de computadores pessoais lançando o PC-XT, baseado no processador INTEL8088 e no sistema operacional MS-DOS da Microsoft, dominando o mercado.
- A arquitetura aberta do PC-XT faz surgir uma nova indústria, produtora de *clones* mais baratos desta máquina.
- A IBM desenvolve o sistema operacional OS/2, com interface gráfica semelhante à do Apple e à do Macintosh.
- A Microsoft lança o sistema operacional Windows, que derrota o OS/2 e se torna padrão para computadores pessoais.
- O envolvimento INTEL – Microsoft resulta na hegemonia da família de computadores baseados em processadores INTEL e no sistema operacional Windows.
- PC's cada vez mais poderosos e baratos são desenvolvidos. Novos processadores obedecem à Lei de Moore: “o número de transistores integrados em um *chip* dobra a cada 18 meses”.
- Em meados da década de 80 surge o conceito de máquinas RISC (*Reduced Instruction Set Computer*) em oposição às máquinas CISC (*Complex Instruction Set Computer*).
- Eliminação da microprogramação. Funcionalidade do microprograma migra para o *hardware*, melhorando o desempenho.
- Na década de 90 surgem os processadores superescalares, capazes de executar várias instruções simultaneamente, numa ordem que pode ser diferente daquela do programa.

- **Tipos de Computadores**

Tipo	Preço (US\$)	Exemplo de Aplicação
Computadores de uso comum	1	Cartões de felicitações.
Computadores embarcados	10	Relógios, automóveis, etc.
Computador para jogos	100	Videogames.
Computador Pessoal	1 K	Computador de mesa ou portátil.
Servidor	10 K	Servidor de rede.
Conjunto de estações de trabalho	100 K	Superminicomputador para usos diversos
<i>Mainframe</i>	1 M	Processamentos de dados em batch para aplicações bancárias.
Supercomputador	10 M	Previsão do tempo, simulação de reações nucleares, etc.

Figura 1.5. Tipos de computadores na atualidade.