

Maxwel Vitorino da Silva

Conceitos de **computação I**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Jeane Passos de Souza – CRB 8ª/6189)

Silva, Maxwell Vitorino da

Conceitos de computação I / Maxwell Vitorino da Silva. – São Paulo :
Editora Senac São Paulo, 2020. (Série Universitária)

Bibliografia.

e-ISBN 978-65-5536-180-3 (ePub/2020)

e-ISBN 978-65-5536-181-0 (PDF/2020)

1. Tecnologia da informação (TI) – Conceitos 2. Tecnologia da
informação (TI) – Desenvolvimento 3. Arquitetura de computador :
Hardware 4. Arquitetura de computador : Software I. Título. II. Série.

20-1157t

CDD – 005

BISAC COM032000

Índice para catálogo sistemático
1. Tecnologia da informação 005

CONCEITOS DE COMPUTAÇÃO I

Maxwel Vitorino da Silva





Administração Regional do Senac no Estado de São Paulo

Presidente do Conselho Regional

Abram Szajman

Diretor do Departamento Regional

Luiz Francisco de A. Salgado

Superintendente Universitário e de Desenvolvimento

Luiz Carlos Dourado

Editora Senac São Paulo

Conselho Editorial

Luiz Francisco de A. Salgado

Luiz Carlos Dourado

Darcio Sayad Maia

Lucila Mara Sbrana Sciotti

Jeane Passos de Souza

Gerente/Publisher

Jeane Passos de Souza (jpassos@sp.senac.br)

Coordenação Editorial/Prospecção

Luís Américo Tousi Botelho (luis.tbotelho@sp.senac.br)

Márcia Cavalheiro Rodrigues de Almeida (mcavalhe@sp.senac.br)

Administrativo

João Almeida Santos (joao.santos@sp.senac.br)

Comercial

Marcos Telmo da Costa (mtcosta@sp.senac.br)

Acompanhamento Pedagógico

Mônica Rodrigues dos Santos

Designer Educacional

Hágara Rosa da Cunha Araujo

Revisão Técnica

Marco Antonio Barreto

Coordenação de Preparação e Revisão de Texto

Luiza Elena Luchini

Preparação de Texto

Bianca Rocha

Revisão de Texto

Bianca Rocha

Projeto Gráfico

Alexandre Lemes da Silva

Emília Corrêa Abreu

Capa

Antonio Carlos De Angelis

Editoração Eletrônica

Stephanie Reis Baldin

Ilustrações

Stephanie Reis Baldin

Imagens

iStock Photos

E-pub

Ricardo Diana

Proibida a reprodução sem autorização expressa.

Todos os direitos desta edição reservados à

Editora Senac São Paulo

Rua 24 de Maio, 208 – 3º andar

Centro – CEP 01041-000 – São Paulo – SP

Caixa Postal 1120 – CEP 01032-970 – São Paulo – SP

Tel. (11) 2187-4450 – Fax (11) 2187-4486

E-mail: editora@sp.senac.br

Home page: <http://www.livrariasenac.com.br>

© Editora Senac São Paulo, 2020

Sumário

Capítulo 1 História e desenvolvimento da TI, 7

- 1 Impactos sociais, 8
 - 2 Até o século XIX, 10
 - 3 Século XIX, 11
 - 4 Século XX, 12
 - 5 Século XXI, 18
- Considerações finais, 19
Referências, 20

Capítulo 2 A transformação do dado à criação do conhecimento, 23

- 1 Conceito de dado, 24
 - 2 Conceito de informação, 26
 - 3 Conceito de conhecimento, 27
 - 4 Evolução da gestão dos dados e plataformas atuais de gestão, 28
 - 5 Plataformas atuais de gestão, 32
- Considerações finais, 34
Referências, 34

Capítulo 3 Sistemas de numeração decimal, binário e hexadecimal, 37

- 1 Sistema numérico, 39
 - 2 Sistema decimal, 41
 - 3 Sistema binário, 42
 - 4 Sistema hexadecimal, 47
- Considerações finais, 50
Referências, 50

Capítulo 4 Operações numéricas e conversões de base, 53

- 1 Operações numéricas, 54
 - 2 Conversão de decimal para binário, 60
 - 3 Conversão de binário para decimal, 62
 - 4 Conversão de decimal para hexadecimal, 63
 - 5 Conversão de hexadecimal para decimal, 64
 - 6 Conversão de hexadecimal para binário, 65
- Considerações finais, 66
Referências, 67

Capítulo 5 Álgebra de Boole e funções booleanas, 69

- 1 Funções booleanas, 69
- Considerações finais, 83
Referências, 84

Capítulo 6 Álgebra de Boole e postulados, 85

- 1 Álgebra de Boole, 85
 - 2 Postulado da complementação, 87
 - 3 Postulado da adição, 88
 - 4 Postulado da multiplicação, 90
 - 5 Propriedades algébricas, 92
 - 6 Teoremas de De Morgan, 93
- Considerações finais, 98
Referências, 98

Capítulo 7

Arquitetura de computador – hardware, 99

- 1** CPU, 100
- 2** Memória, 104
- 3** Módulo de entrada/saída (E/S) ou input/output (I/O), 108
- 4** Barramentos, 109
- Considerações finais, 113
- Referências, 113

Capítulo 8

Arquitetura de computador – software, 115

- 1** Infraestrutura, 116
- 2** Aplicativos e utilitários, 129
- Considerações finais, 130
- Referências, 131

Sobre o autor, 133

História e desenvolvimento da TI

A busca de cientistas, matemáticos e filósofos pela automatização do raciocínio e do cálculo marca o início da história da computação no século XIX. A partir desse período, ocorreram descobertas substanciais que impulsionaram avanços na área computacional e a introdução a conceitos nunca antes abordados, como o princípio da computabilidade, cunhado pelo matemático e filósofo David Hilbert (1862-1943) (MATIYASEVICH, 1993).

Em meados do século XX, a tese de Turing-Church possibilitou aos cientistas da época uma noção matemática bem definida e precisa do que seria um algoritmo (TURING, 1937). Também ocorreram descobertas fascinantes que impulsionariam a capacidade de processamento das máquinas, como a invenção do transistor e dos componentes integrados (CIs).

Essas descobertas contribuíram para uma miniaturização do hardware, possibilitando seu comércio e utilização em larga escala. Todas essas evoluções determinaram o surgimento da tecnologia da informação (TI), área de estudo sem a qual uma organização ou empresa não conseguiria gerenciar seus recursos de forma a se manter competitiva no século da informação.

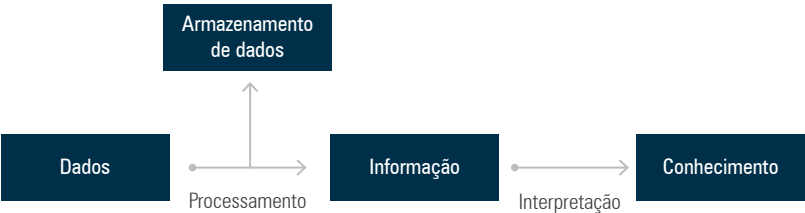
Neste capítulo, apresentaremos algumas importantes definições a respeito dos impactos nas relações com o advento da computação. Por meio da leitura deste capítulo, espera-se que o leitor tenha capacidade de contextualizar as mudanças sociais a partir do prisma das evoluções técnicas que ocorreram, uma vez que se busca transmitir os conceitos mais básicos da ciência da computação, revisitando as grandes invenções, desde as primeiras máquinas de cálculo até os computadores com capacidade quântica de operação.

Abordaremos alguns conceitos básicos sobre computação, desde a invenção das primeiras máquinas de contagem do século XIX, passando pelos computadores do século XX, até os poderosos avanços ocorridos no século XXI. Pretendemos, de forma simples e concisa, estabelecer uma relação cronológica entre as evoluções técnicas incorporadas no binômio hardware/software e seu impacto no rearranjo da sociedade.

1 Impactos sociais

Entre os séculos XX e XXI, houve uma grande mudança no papel da tecnologia da informação nas organizações. A área de TI, de um papel comum e restrito a empresas, se tornou uma ferramenta de gestão essencial. Não obstante, a informação é resultante do processamento, manipulação e organização de dados, de modo que represente uma modificação no conhecimento do sistema que a recebe (DAVIS; OLSON, 1987). A figura 1 ilustra esse processo.

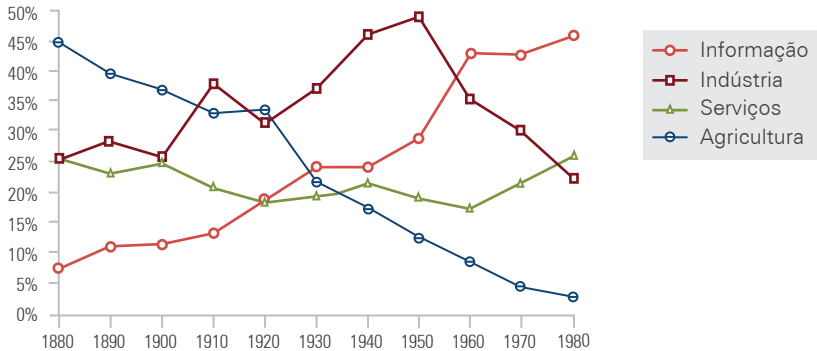
Figura 1 – Transformação de dados em informações em um sistema de informações



Fonte: adaptado de Davis e Olson (1987, p. 718).

Em um contexto globalizado e de avanços tecnológicos, Campos Filho (1994) define que os serviços de TI são amplamente utilizados das mais diversas formas, tais como no processo de automação industrial e no comércio (no controle, gerenciamento e publicidade). Em consequência de sua posição dentro do mecanismo das organizações, a TI se tornou um elemento indispensável à otimização dos processos e integra-se aos serviços e produtos, tornando-se, por vezes, o próprio negócio, por exemplo, os sites de e-commerce. É possível perceber o impacto social da tecnologia da informação por meio dos dados estatísticos da distribuição de emprego nos Estados Unidos ao longo dos períodos de 1880 a 1980, conforme ilustrado no gráfico 1.

Gráfico 1 – Escalada de empregos relacionados a tecnologia de informação nos Estados Unidos (1880-1980)

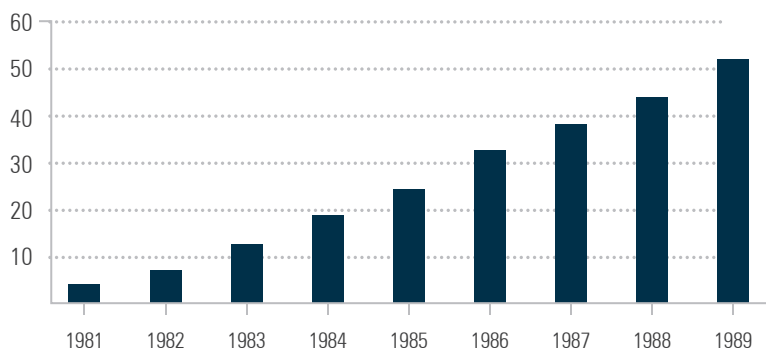


Fonte: adaptado de Campos Filho (1994, p. 39).

No gráfico 1, compreende-se uma mudança na distribuição de emprego no mercado de trabalho nos Estados Unidos. No período de 1880 a 1980, os empregos relativos a informação cresceram de cerca de 7,5% a 45%.

Com a invenção dos transistores, houve o aumento na capacidade de processamento dos computadores, e, conseqüentemente, seu hardware sofreu mudanças, deixando de ocupar salas inteiras e tornando-se objetos de uso doméstico, os computadores pessoais (*personal computers* – PCs), ficando cada vez mais baratos e acessíveis. O gráfico 2 mostra o crescimento do uso dos PCs de 1981 a 1989 no mercado norte-americano.

Gráfico 2 – PCs em uso nos Estados Unidos (milhões de unidades) na década de 1980



Fonte: adaptado de Campos Filho (1994, p. 38).

2 Até o século XIX

Muitos anos foram necessários até que Wilhelm Schickard (1592-1635) desenvolveu uma máquina de cálculo, que era capaz de somar, subtrair, multiplicar e dividir. No entanto, sua descoberta se perdeu durante a guerra dos trinta anos (FONSECA FILHO, 2007). Tempos depois, segundo Fonseca Filho (2007), foi atribuída a Blaise Pascal (1623-1662)

a construção da primeira máquina calculadora, que somente somava e subtraía. A criação de Pascal foi aprimorada por Gottfried Wilhelm Leibniz (1646-1726), matemático alemão, que, em 1671, propôs uma nova maneira de efetuar multiplicações e divisões, por meio de adições e subtrações sucessivas (FONSECA FILHO, 2007).

No entanto, em 1694, a máquina construída se mostrou pouco confiável e sujeita a muitos erros em suas operações. Todas essas máquinas, porém, nem de longe poderiam ser consideradas um computador moderno. Surge então uma pergunta relevante: o que define um computador moderno?

De acordo com Tanenbaum e Bos (2016),

um computador moderno consiste em um ou mais processadores, alguma memória principal, discos, impressoras, um teclado, um mouse, um monitor, interfaces de rede e vários outros dispositivos de entrada e saída. (TANENBAUM; BOS, 2016, p. 7)

Essa definição coincide com uma ideia preconizada no século passado. Essa ideia de arquitetura de hardware foi bem definida na obra do ilustre matemático John von Neumann (1903-1957), como veremos adiante.

3 Século XIX

No início do século XIX, o matemático alemão Leibniz lançou as bases da lógica em um sentido formal e matemático, utilizando o sistema binário. Por volta de 1854, o matemático inglês George Boole (1815-1864) publicou a obra *As leis do pensamento*, na qual apresentava os princípios da lógica booleana, em que as variáveis assumem apenas valores 0 e 1 (falso e verdadeiro). Era o começo de uma revolução, segundo escreve Theodore Hailperin (1986). Com essa nova lógica, era possível construir circuitos lógicos utilizando essas expressões definidas por Boole, bem como a modelagem digital de problemas do mundo

físico. Sendo assim, a álgebra de Boole e seus postulados representaram o marco fundamental da eletrônica digital de circuitos.

4 Século XX

Em meados da década de 1930, Claude Shannon (1916-2001) apresentou, em seu trabalho *A symbolic analysis of relay and switching circuits*, uma metodologia de construção de placas de circuitos lógicos (SHANNON, 1938). A partir desse momento, uma nova forma de construção de hardware estava para ser criada, com o objetivo de resolver problemas de simplificação de projetos de circuitos lógicos equivalentes, definindo, para essas construções lógicas, a utilização de relays.

Na mesma época, John von Neumann concluiu o projeto lógico de um computador. Para isso, ele propôs “que as instruções fossem armazenadas na memória do computador. Até então, elas eram lidas de cartões perfurados e executadas, uma a uma” (DUARTE; ZORZO, [s. d.], p. 3). Esse projeto ficou conhecido como “arquitetura de Von Neumann”, em homenagem ao matemático.

Alan Turing (1912-1954) e Alonzo Church (1903-1995) propuseram, em suas teses, uma revolução no conceito de utilização de mecanismos e dispositivos para realização de cálculos complexos via algoritmo. Para que esse cálculo pudesse ser exequível, foram consideradas as variáveis tempo e armazenamento na máquina para facilitar o processamento na realização dos cálculos (TURING, 1937; CHURCH, 1936).



PARA SABER MAIS

Para saber mais sobre os estudos relacionados à história das primeiras máquinas computacionais, uma excelente indicação é o filme *O jogo da imitação*. Nesse filme, é possível compreender a importância do aparecimento da computação, bem como o impacto dessa tecnologia no campo de batalha (O JOGO da imitação, 2014).

O século XX foi terreno fértil para o desenvolvimento da computação. Para darmos mais precisão à compreensão das evoluções técnicas, utilizaremos a terminologia “gerações” para descrever o desenvolvimento cronológico e o impacto dessa tecnologia na humanidade. Tanenbaum e Bos (2016) definem cinco gerações de computadores conhecidas até o momento. Veremos cada uma dessas gerações em detalhes.

4.1 Primeira geração (1945-1955)

Tanenbaum e Bos (2016, p. 5) definem a primeira geração de computadores como sendo a que utilizava tubos e válvulas eletromecânicas, e

sua programação era feita diretamente em código de máquina, geralmente pela conexão de plugs em painéis. Não existiam as linguagens de programação, nem sistemas operacionais. O operador obtinha autorização para uso do computador, compilava seu programa e esperava a conclusão, se nenhuma válvula queimasse. (TANENBAUM; BOS, 2016, p. 5)

O principal computador dessa geração, o ENIAC (Electronic Numerical Integrator and Computer, ou Computador e Integrador Numérico Eletrônico), possuía cerca de 19 mil válvulas, 10 mil capacitores e 70 mil resistores, pesava 30 toneladas, consumia 200 quilowatts de potência (energia de consumo para cem casas) e era capaz de executar 5 mil adições por segundo. Esse computador era utilizado para realização de cálculos balísticos e testes nucleares (BRITO; PURIFICAÇÃO, 2008).

As principais características da primeira geração são: tecnologia de tubos e válvulas eletromecânicas, somente linguagem de máquina suportada, alto custo de manutenção e aquisição, dissipação de muito calor, dispositivo de entrada/saída lento, grandes dimensões, necessidade de corrente alternada (CA), não portáteis e alto consumo de energia.

4.2 Segunda geração (1955-1965)

A máquina de Von Neumann foi criada por seu homônimo, John von Neumann, físico e matemático, em 1945, com base no trabalho de Alan Turing. O design foi publicado em um documento chamado *Primeiro rascunho de um relatório sobre o EDVAC*. O rascunho de Von Neumann descrevia o primeiro computador com programas armazenados (SHANNON, 1958). Os computadores anteriores, como o ENIAC, eram conectados para executar uma tarefa. Se o computador tivesse que executar uma tarefa diferente, teria que ser religado, o que era um processo tedioso. Com um computador de programa armazenado, um computador de uso geral pode ser construído para executar programas diferentes.

Segundo Von Neumann, sua arquitetura devia possuir (SHANNON, 1958):

- um processador central composto de uma unidade de controle e uma unidade aritmética/lógica;
- uma unidade de memória;
- armazenamento em massa;
- dispositivos de entrada e saída.

O design de Von Neumann forma, assim, a base da computação moderna. Um modelo semelhante, a arquitetura de Harvard, tinha endereços de dados e barramentos dedicados para leitura e gravação na memória. A arquitetura de Von Neumann venceu porque era mais simples de implementar em hardware real.

Portanto, os computadores da segunda geração convergiam para o modelo proposto por Von Neumann, sendo que eram conhecidos como mainframes ou computadores de grande porte e, mesmo assim, custavam milhões de dólares. A maneira de operação das máquinas dessa geração consistia em o programador levar um conjunto de cartões perfurados com programas em Fortran ou Assembly (linguagem de montagem) e esperar a impressão resultante (TOCCI, 1994).

As principais características da segunda geração são: utilização de transistores mais confiáveis quando comparados com computadores da primeira geração, tamanho menor, hardware que dissipava menos calor, consumo menor de energia em comparação com os computadores da primeira geração, computadores mais rápidos do que os da primeira geração, computadores ainda muito caros e corrente alternada necessária. Alguns computadores dessa geração foram: IBM 1401, IBM 7094, CDC 1604, CDC 3600 e UNIVAC 1108.

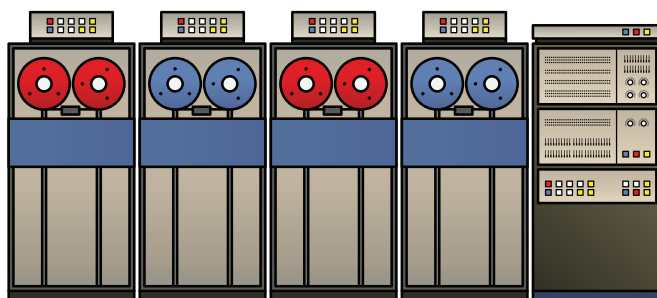
4.3 Terceira geração (1965-1980)

Segundo Tanenbaum e Bos (2016):

A terceira geração de computadores é marcada pelo uso de circuitos integrados (CIs) feitos de silício, também conhecidos como microchips. Um computador que representa esta geração foi o IBM's System/360, voltado para o setor comercial e científico. Ele possuía uma arquitetura plugável, na qual o cliente poderia substituir as peças que dessem defeitos. Além disso, as empresas poderiam aumentar a capacidade do computador adquirindo um conjunto de periféricos que eram vendidos conforme a necessidade. (TANENBAUM; BOS, 2016, p. 7)

Na figura 2, temos a estrutura de um mainframe com seus discos de armazenamento e a unidade de processamento, típico da terceira geração.

Figura 2 – Computador mainframe



Nessa geração, surgiram os dispositivos de entrada e saída, como o terminal de vídeo, o teclado e o disco magnético. Algumas linguagens de alto nível (FORTRAN-II A IV, COBOL, PASCAL PL /1, BASIC, ALGOL-68, etc.) foram usadas durante essa geração.

4.4 Quarta geração (1980-presente)

A quarta geração de computadores é marcada pelo uso de circuitos integrados com tecnologia eletrônica VLSI (*very large-scale integration*),¹ que são chips contendo milhares de transistores em um centímetro quadrado de silicone, dando origem à era do computador moderno.

Essa tecnologia possibilitou a implementação de circuitos integrados, que permitiram o desenvolvimento de computadores pessoais ou microcomputadores. Um computador muito comercializado nessa época foi o modelo Altair 8800, com sistema de disquete de 8 polegadas. Seu lançamento ocorreu em janeiro de 1975. Ele possuía uma CPU Intel 8080 de 2 MHz.

Os computadores da quarta geração se tornaram mais poderosos, mais compactos, mais confiáveis e acessíveis. Essas inovações impulsionaram a revolução dos computadores pessoais. Todas as linguagens de alto nível, como C, C++ e dBASE, foram implementadas nessa geração.

A figura 3 apresenta o computador Apple II, comercializado na década de 1970.

¹ VLSI (integração em larga escala) "é o grupo de CIs com um número de componentes compreendido entre 100.000 e 10 milhões de dispositivos por pastilha (são utilizados na implementação de microprocessadores)" (TOCCI, 1994, p. 23).

Figura 3 – Computador Apple II, lançado em 1970



4.5 Quinta geração (1990-presente)

Entre as principais características dos computadores da quinta geração estão: utilização de tecnologia ULSI (*ultra large-scale integration*),² desenvolvimento de inteligência artificial, desenvolvimento do processamento de linguagem natural, avanço no processamento paralelo, avanço na tecnologia de supercondutores, interfaces mais amigáveis com recursos multimídia e disponibilidade de computadores muito potentes e compactos a preços mais baratos.

Outra característica da quinta geração é o uso de linguagens de alto nível, como C e C++, Java e .Net.

A figura 4 mostra um típico escritório com os dispositivos da quinta geração, como smartphone, laptop e desktop.

² ULSI (integração em escala ultralarga) "é o grupo de CIs com mais de 10 milhões de dispositivos por pastilha" (TOCCI, 1994, p. 23).

Figura 4 – Computadores da quinta geração: smartphone, laptop e desktop



5 Século XXI

Podemos inferir que a sexta geração de computadores é marcada pela utilização de computação distribuída, computação em nuvem, dispositivos móveis, computação ubíqua, realidade aumentada, além dos poderosos computadores com poder quântico de processamento.

Segundo Martin Giles (2019), em um artigo da revista *MIT Technology Review*, os computadores quânticos não se limitam a dois estados lógicos, eles codificam informações como bits quânticos, ou qubits, baseados na teoria da superposição e emaranhamento. Simplificadamente, os qubits são representados por átomos, íons, fótons ou elétrons e seus respectivos dispositivos de controle, para que, dessa forma, possam ser explorados para atuar como dispositivos de memória e processamento. Contudo, um dos grandes desafios da engenharia e da física é controlar a estabilidade dos níveis energéticos dos estados quânticos, para que seja possível sua codificação.

Os controles de processo da IBM, da Google e da Rigetti Computing estão utilizando circuitos supercondutores resfriados a temperaturas mais frias que o espaço profundo. Outras empresas, como a IonQ, sediada em College Park, Maryland, nos Estados Unidos, estão utilizando

um método no qual são confinados átomos individuais em um chip de silício, utilizando campos eletromagnéticos em câmeras de ultravácuo. Nos dois casos, o objetivo é isolar os qubits em um estado quântico estável (GILES, 2019).

A figura 5 ilustra o hardware de um computador quântico.

Figura 5 – Ilustração de um computador quântico



Espera-se que todos esses avanços na velocidade de processamento desses supercomputadores contribuam para uma “nova era”, uma vez que teremos uma revolução, desde a implementação de carros inteligentes conectados à rede, dispositivos integrados IOT (do inglês, Internet of Things), até, possivelmente, uma integração corpo-máquina, bem como o aparecimento de novos nichos de serviços.

Considerações finais

Neste capítulo, foram apresentadas as cinco gerações de computadores. Apesar de a história da computação ser curta, de 1943 até os dias atuais, houve um avanço tecnológico muito rápido. A primeira geração de computadores utilizava a tecnologia baseada em tubos de vácuo e válvulas eletromecânicas. A segunda geração utilizava transistores.

A terceira geração, por sua vez, utilizava os circuitos integrados. A quarta geração é conhecida pelo aparecimento dos computadores pessoais e por utilizar, em seu hardware, os microprocessadores. A quinta geração é bem representada pelos smartphones, laptops e desktops. Por fim, podemos classificar a sexta geração, dos computadores que possuem a característica de realização de processamento quântico. É importante salientar a grande evolução nas dimensões do hardware (“miniaturização”), graças às evoluções técnicas, tais como a invenção dos transistores e componentes integrados.

Referências

BRITO, Glaucia da Silva; PURIFICAÇÃO, Ivonélia da. **Educação e novas tecnologias: um repensar**. 2. ed. Curitiba: IBPEX, 2008.

CAMPOS FILHO, Maurício Prates de. Os sistemas de informação e as modernas tendências da tecnologia e dos negócios. **RAE – Revista de Administração de Empresas**, São Paulo, v. 34, n. 6, p. 33-45, nov./dez. 1994.

CHURCH, Alonzo. A note on the Entscheidungsproblem. **The Journal of Symbolic Logic**, v. 1, n. 1, p. 40-41, jun. 1936. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/journals/journal-of-symbolic-logic/article/note-on-the-entscheidungsproblem/9461BEAD94BB16D56EC78933D7D67DEF>. Acesso em: 17 out. 2019.

DAVIS, G. B.; OLSON, M. H. **Sistemas de información gerencial**. Bogotá: McGraw-Hill, 1987.

DUARTE, Lucio Mauro; ZORZO, Avelino F. **Resumo sobre histórico dos computadores**. Faculdade de Informática. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS). [s. d.]. Disponível em: <https://www.inf.pucrs.br/~zorzo/ii/downloads/geracoes.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2020.

FONSECA FILHO, Clézio. **História da computação: o caminho do pensamento e da tecnologia**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2007.

GILES, Martin. Explainer: what is a quantum computer? **MIT Technology Review**. 29 jan. 2019. Disponível em: <https://www.technologyreview.com/s/612844/what-is-quantum-computing/>. Acesso em: 18 out. 2019.

HAILPERIN, Theodore. **Boole's logic and probability**: critical exposition from the standpoint of contemporary algebra, logic and probability theory. Amsterdam: Elsevier Science, 1986. (Studies in logic and the foundations of mathematics).

MATYASEVICH, Yuri V. **Hilbert's tenth problem**. Cambridge: MIT Press, 1993.

O JOGO da imitação. Direção: Morten Tyldum. Produção: Nora Grossman, Ido Ostrowsky e Teddy Schwarzman. Intérpretes: Benedict Cumberbatch, Keira Knightley, Matthew Goode *et al.* Roteiro: Graham Moore. [S. l.]: Black Bear Pictures; Bristol Automotive; Orange Corp, 2014.

SHANNON, Claude E. A symbolic analysis of relay and switching circuits. *In*: AIEE Summer Convention, Washington, D.C., 20-24 jun. 1938.

SHANNON, Claude E. Von Neumann's contributions to automata theory. **Bulletin of the American Mathematical Society**, v. esp.: John von Neumann 1903-1957, p. 123-129, 1958.

TANENBAUM, Andrew S.; BOS, Herbert. **Sistemas operacionais modernos**. 4. ed. São Paulo: Pearson, 2016.

TOCCI, Ronald J. **Sistemas digitais**: princípios e aplicações. 5. ed. Prentice Hall do Brasil, 1994.

TURING, Alan Mathison. On computable numbers, with an application to the Entscheidungsproblem. **Proceedings of the London Mathematical Society**, v. 2, n. 1, p. 230-265, 1937.