

# ALAN TURING E O MODELO DE MÁQUINA UNIVERSAL

**Soraia Garcia Rosa Botelho**

Bolsista de Iniciação Científica da FAPEMIG  
soraiaagr@yahoo.com.br

**Profa. Eunice Gomes de Siqueira**

Orientadora  
eunice@fai-mg.br

Faculdade de Administração e Informática

**Resumo** - O legado de contribuições de Alan Turing para algumas das áreas da Ciência é extenso e fundamental. Este artigo apresenta um breve relato sobre a sua atuação na área de Computação e Informática, com destaque para o modelo de máquina de Turing.

**Abstract** - The legacy of contributions of Alan Turing to same fields of Science is large and fundamental. This paper introduces his Science Computer researches, and specially, the Turing Universal Machine.

**Palavras-chave** - Máquina universal, máquina de Turing, computação.

**Keywords** - universal machine, Turing Machine, computer science.

## 1. INTRODUÇÃO

Alan Mathison Turing nasceu em 23 de junho de 1912, em Londres, filho de Julius Mathison e Ethel Sara Turing.

Graduou-se em Matemática na Universidade de Cambridge, em 1934, continuando seus estudos na Universidade de Princeton (1936-1938), nos Estados Unidos, onde obteve seu PhD em lógica matemática, sob a orientação do professor americano Alonzo Church.

Embora tenha vivido pouco mais de 40 anos, Turing foi um dos mais brilhantes matemáticos de seu tempo e deixou contribuições fundamentais para vários outros campos da Ciência, como Lógica, Criptografia, Inteligência Artificial, Ciência da Computação e Biologia.

## 2. UM BREVE RELATO SOBRE A ATUAÇÃO DE TURING NA ÁREA DE COMPUTAÇÃO E INFORMÁTICA

Em 1936, então com 24 anos de idade, Turing consagrou-se como um dos maiores matemáticos de seu tempo, quando construiu “a conceituação matemática para a noção de algoritmos, segundo os passos que um ser humano dá quando executa um determinado cálculo” (CHAGAS, 2002).

No artigo “*On computable Numbers with an Application to the Entscheidungsproblem*”, Turing explicitamente baseado em uma metáfora de um “computador” – na época significava uma pessoa que realizava cálculos segundo um método efetivo – ocupado com operações previamente determinadas, idealizou uma máquina abstrata que poderia ser instruída para realizar qualquer tipo de cálculo. Era, portanto, o modelo de uma máquina de propósito geral ou universal que ficou conhecida com a máquina de Turing (mT).

Segundo Britton (1992, *apud* CHAGAS, 2002):

No momento, quase ninguém percebera que a descoberta descrita naquele obscuro artigo iria conduzir a uma arrancada mundial no campo tecnológico, embora seu jovem autor, Alan Mathison Turing, já estivesse na busca de uma máquina que simulasse os processos humanos de conhecimento.

A máquina de Turing teve importância fundamental no desenvolvimento das áreas de computabilidade, teoria dos autômatos formais e análise de algoritmos. A distinção entre hardware e software por meio do

conceito de máquina universal é considerada como um dos triunfos intelectuais do Século XX (BITTENCOURT, 2001; LOVE, 2004; SETZER, 2006). A Seção 3 deste artigo descreve alguns dos conceitos relacionados à mT.

Durante a Segunda Guerra Mundial (1939 - 1945), Turing trabalhou para o governo britânico, na Government Code and Cypher School (GC&CS), em Bletchley Park, Buckinghamshire, Inglaterra. Ali, ele ajudou a projetar máquinas eletromecânicas para decifrar as comunicações de rádio alemãs, cuja codificação era produzida por um sistema chamado de Enigma. Estima-se que em 1942, até 39.000 mensagens eram decodificadas a cada mês, graças às máquinas eletromecânicas (COPELAND, 2000).

Por algum tempo essas máquinas se mostraram eficientes, mas o alto comando alemão modificou o sistema de codificação de mensagens, tornando-as mais complexas e difíceis de serem decodificadas exigindo um sistema mais eficiente para esse trabalho. Em 1942, a necessidade de decifrar as mensagens de forma mais rápida possível, dada a situação de guerra, levou Turing e os demais cientistas da GC&CS a participarem do projeto do Colossus, o primeiro computador eletrônico e digital completamente funcional (ainda sem o conceito de programa armazenado). F.H. Hinsley, historiador oficial da GC&CS, estimou que a Segunda Guerra na Europa teve seu tempo reduzido em pelo menos em dois anos, graças à atuação dos cientistas e da máquina Colossus (COPELAND, 2000).

Em 1950, em seu famoso artigo *“Computing Machinery and Intelligence”*, Turing fez previsões precisas sobre o que seria necessário para um computador se passar por um ser humano em uma conversa e lançava as bases para a Inteligência Artificial. Turing sugeriu que ao invés de se perguntar “se as máquinas poderiam pensar”, a pergunta deveria ser “se elas poderiam ser aprovadas em um teste comportamental de inteligência”. O “Teste de Turing”, basicamente, consiste em fazer um ser humano, sem contato visual com o outro lado, descobrir se quem responde às suas perguntas, introduzidas via teclado, é uma outra pessoa

ou uma máquina. A máquina será aprovada no teste se pelas respostas, for impossível a alguém distinguir qual interlocutor é a máquina e qual é a pessoa (RUSSEL e NORVIG, 1995; BITTENCOURT, 2001).

Em 1951, Turing foi nomeado membro da Royal Society do Reino Unido, uma instituição destinada à promoção da excelência na Ciência.

Turing faleceu em Manchester, Inglaterra, no dia 7 de junho de 1954, vítima de suicídio, após comer uma maçã envenenada com cianureto (HODGES, 1992).

A Association for Computing Machinery (ACM), a partir de 1966 e a cada ano, concede o “Prêmio Turing” para uma pessoa selecionada por suas contribuições de natureza técnica feitas para a comunidade da Computação (ACM, 2006). Esse prêmio é conhecido como o “Prêmio Nobel da Computação”. Alguns de seus ganhadores foram: Marvin Minsky (pelo trabalho com inteligência artificial, em 1969); Edgar Frank Codd (por sua fundamental contribuição para a teoria e prática dos sistemas gerenciadores de banco de dados, em 1981); Ole-Johan Dahl e Kristen Nygaard (idéias fundamentais para o surgimento da programação orientada ao objeto, por meio do projeto das linguagens de programação Simula I e Simula 67, em 2001).

### 3. MÁQUINA DE TURING (mT)

A mT é um mecanismo simples que formaliza a idéia da realização de cálculos, imitando o comportamento humano. Apesar de sua simplicidade, o modelo mT possui, no mínimo, o mesmo poder computacional de qualquer computador de propósito geral. Ela é abstrata porque se restringe apenas aos aspectos lógicos do seu funcionamento (memória, estados e transições) e não à sua implementação física (MENEZES, 2005).

A mT apresentada a seguir, é uma das várias variantes encontradas na literatura e está baseada em Gersting (2004) e Menezes (2005).

Uma máquina abstrata de Turing é constituída de três partes: fita, unidade de controle e função de transição (o programa).

a) Fita: usada simultaneamente como dispositivo de entrada, saída e memória de armazenamento. Sendo finita à esquerda e infinita à direita, dividida em células, cada uma armazenando um símbolo pertencente a um alfabeto ou o símbolo especial  $b$  (“branco”) ou marcador de início da fita.

b) Unidade de controle: reflete o estado corrente da máquina. Possui uma unidade de leitura e gravação (cabeça da fita), a qual acessa uma célula de cada vez e movimentase para a direita ou para a esquerda. Possui um número finito e pré-definido de estados.

c) Função de transição (ou programa): função que define o estado da máquina e comanda a leitura, gravação e o sentido do movimento da cabeça da fita. Dependendo do estado corrente da máquina e do símbolo lido, ela determina o símbolo a ser gravado, o sentido do movimento da cabeça da fita e o novo estado.

Podem-se descrever as ações de uma máquina particular através de um conjunto de quintuplas da forma  $(e, i, i', e', s)$ , onde:

$e$  indica o estado atual;  
 $i$  o símbolo que está sendo lido;  
 $i'$  denota o símbolo a ser gravado;  
 $e'$  denota o novo estado  
 $s$  denota o sentido do movimento da cabeça:  $E$  para a esquerda e  $D$  para a direita.

$e$	$i$	$i'$	$e'$	$s$
Estado atual	Símbolo lido	Símbolo gravado	Próximo estado	Movimento

A definição da mT é dada como segue (GERSTING, 2004):

sejam  $E$  um conjunto finito de estados e  $I$  um conjunto finito de símbolos para a fita (seu alfabeto), incluído o símbolo especial  $b$ . Uma máquina de Turing é um conjunto de quintuplas da forma  $(e, i, i', e', s)$ .  $e, e' \in E$ ;  $i, i' \in I$ ;  $s \in \{D, E\}$  e duas quintuplas distintas nunca começam com os mesmos símbolos  $e, i$ .

A Tabela 1 apresenta um exemplo do funcionamento de uma mT que tem a função de agrupar os símbolos 1s submetidos como

entrada. A tabela tem 5 colunas que especificam: o estado em que a máquina se encontra (coluna 1); o símbolo corrente sob a cabeça de leitura/gravação da máquina (coluna 2); o símbolo a ser gravado  $\{0,1\}$  (coluna 3); a transição para o próximo estado (coluna 4), que pode ser um estado final ou não; e finalmente a ação a ser realizada (coluna 5) mover a cabeça para a esquerda  $E$  ou mover a cabeça para a direita  $D$ .

O processamento da mT consiste na sucessiva aplicação da função de transição a partir do estado inicial  $e_0$  e da cabeça posicionada mais à esquerda da fita até ocorrer uma condição de parada ou não.

TABELA 1. Um exemplo de mT

$e$	$i$	$i'$	$e'$	$s$
Estado atual	Símbolo lido	Símbolo gravado	Próximo estado	Movimento
0	0	0	1	D
0	1	1	0	D
1	0		Pára	
1	1	0	2	E
2	0	1	0	D
2	1		Pára	

Assim, ao ser submetida a seguinte sequência de símbolos a mT da Tabela 1:

11101110

após a entrada do último símbolo (0), a fita armazenará a seguinte sequência de símbolos:

11111100

Em Gersting (2004) e Menezes (2005) podem ser encontradas demonstrações e explicações detalhadas sobre a mT.

## 5. CONCLUSÃO

As contribuições de Turing foram fundamentais para a área de Computação e Informática. Ele inspirou termos hoje comuns como a máquina de Turing e o teste de Turing. Como matemático, ele aplicou o conceito de algoritmo aos computadores digitais, diferenciando o hardware do software. Suas pesquisas, por exemplo, entre

máquinas e a natureza humana, influenciaram a criação da Inteligência Artificial.

Espera-se que este artigo tenha incitado o leitor a procurar conhecer um pouco mais sobre a história da computação moderna e sobre o trabalho de Alan Turing. Especialmente, aqueles que estão na área, conhecendo a história de sua profissão, poderão se tornar mais críticos e reflexivos, tanto quanto ao impacto de sua atuação quanto no aspecto de valorização profissional.

#### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a bolsa de iniciação científica concedida pela FAPEMIG e a FAI pela oportunidade de realização deste trabalho.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIATION FOR COMPUTING MACHINERY (ACM). **A.M. Turing Award**. 2006. Disponível em: <http://awards.acm.org/homepage.cfm>. Acesso em: 20 Ago. 2006.

BITTENCOURT, Guilherme. **Inteligência Artificial: ferramentas e teorias**. 2 ed. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2001. 362p.

CHAGAS, Elza Figueiredo. O envolvimento da matemática com a criação dos computadores: um estudo de caso da lógica matemática à Máquina Universal de Turing. **Revista Millenium**. Portugal, n. 25, 2002. Disponível em: [www.ipv.pt/millenium/Millenium25/25\\_28.htm](http://www.ipv.pt/millenium/Millenium25/25_28.htm). Acesso em: 06 jun. 2006.

COPELAND, Jack. **A brief history of computing**. 2000. Disponível em: [www.alanturing.net](http://www.alanturing.net). Acesso em: 04 jun. 2006.

GERSTING, Judith. **Fundamentos Matemáticos para a Ciência da Computação**. 5 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2004.

HODGES, Andrew. **Alan Turing: the enigma**. Vintage Books, 1992.

LOVE, Peter. The legacy of Alan Turing. **IEEE Computing in Science & Engineering**, vol. 6, issue 4, pages 97-99, July/August, 2004.

MENEZES, Paulo Blauth. **Matemática Discreta para Computação e Informática**. 2 ed. Porto Alegre: Ed. Sagra Luzzato, 2005.

RUSSEL, Stuart; NORVIG, Peter. **Artificial Intelligence: a modern approach**. Prentice Hall, 1995.

SETZER, Valdemar W. **Alan Turing e a Ciência da Computação**. Disponível em: [www.ime.usp.br/~vwsetzer](http://www.ime.usp.br/~vwsetzer). Acesso em 18 de Jul 2006.

TURING, A. **Computing machinery and intelligence**. Mind. Out. 1950. Disponível em: <http://www.abelard.org/turpap/turpap.htm>

TURING, A. **On computable numbers, with application to the Entscheidungsproblem**. Nov. 1936. Disponível em: <http://www.abelard.org/turpap2/tp2-ie.asp>.