

**Linguagens e Programação**  
Alan Turing(1912-1954)  
Ano Letivo: 2021/2022

---


Ana Madureira  
Departamento de Eng<sup>a</sup> Informática  
Instituto Superior de Engenharia do Porto

1

**Alan Turing(1912-1954)**

---

**O pai do computador e da Inteligência Artificial**  
Matemática, Física, Química, Biologia e Filosofia



2

## Who was Alan Turing?

- Founder of computer science, mathematician, philosopher, codebreaker, strange visionary and a gay man before his time:
  - Statement of apology by the Prime Minister, Gordon Brown, 10 September 2009
  - Four years later Queen Elizabeth II granted Turing a royal pardon.
  - ... a quite brilliant mathematician... whose unique contribution helped to turn the tide of war... horrifying that he was treated so inhumanely...
  - music by the Pet Shop Boys, 23 July 2014.
  - Books
  - Movies

3

## Alan Turing: Perspetiva Histórica

- **1912 (23 June): Birth, Paddington, London**
- 1926-31: Sherborne School
- 1930: Death of friend Christopher Morcom
- 1931-34: Undergraduate at King's College, Cambridge University
- 1932-35: Quantum mechanics, probability, logic. Fellow of King's College, Cambridge
- **1936: The Turing machine, computability, universal machine**
- 1936-38: Princeton University. Ph.D. Logic, algebra, number theory
- 1938-39: Return to Cambridge. Introduced to German Enigma cipher machine
- **1939-40: The Bombe, machine for Enigma decryption**
- 1939-42: Breaking of U-boat Enigma, saving battle of the Atlantic
- 1943-45: Chief Anglo-American crypto consultant. Electronic work.
- 1945: National Physical Laboratory, London
- **1946: Computer and software design leading the world.**
- 1947-48: Programming, neural nets, and artificial intelligence
- 1948: Manchester University, first serious mathematical use of a computer
- **1950: The Turing Test for machine intelligence**
- 1951: Elected FRS. Non-linear theory of biological growth
- 1952: Arrested as a homosexual, loss of security clearance
- 1953-54: Unfinished work in biology and physics
- 1954 (7 June): Death (suicide) by cyanide poisoning, Wilmslow, Cheshire.

4

# Alan Turing

Alan Turing Google Doodle - 23th June 2012



- Matemático
- O fundador das **Ciências da Computação**
- As suas ideias foram consideradas demasiado avançadas para a tecnologia da sua época
- um dos primeiros a acreditar no que hoje conhecemos por **Inteligência Artificial**
  - A ideia de que a tecnologia pode replicar o pensamento lógico humano

5

## Alan Turing: a visão

- Foi um dos pioneiros a salientar o **poder do computador e a importância do software sobre o hardware**
- Previu que o computador significaria um potencial ilimitado na criação e implementação da **Inteligência Artificial**

6

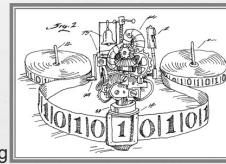
# Alan Turing

- O seu trabalho foi pioneiro em várias áreas do saber desde:

- Matemática à Teoria da Computabilidade
- Ciência da Computação à Inteligência Artificial
- Criptografia à Biologia
- Filosofia: Can a Machine Think?

- Contribuições:

- A proposta em 1936 da Universal Turing Machine,
- A descodificação do código secreto nazi Enigma durante a 2ª guerra mundial
- projeto do computador Britânico ACE (Automatic Computing Engine)
- a influência na especificação da máquina de von Neumann's - ENIAC
- Proposta em 1950 do Teste de Turing – (fundamentos da Inteligência Artificial)
- Biologia e Química matemática

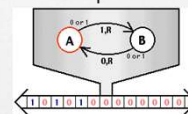


7

## Alan Turing: ideia

- Em 1935, na Universidade de Cambridge, concebeu a ideia do computador digital moderno.

⇒ MÁQUINA DE TURING

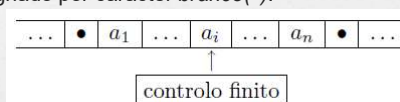


- São dispositivos básicos que manipulam símbolos simples, podem ser adaptadas para simular a lógica de qualquer computador
- Descrita pela 1ª vez em 1936 por Turing no artigo "**On Computable Numbers, with an Application to the Entscheidungsproblem**" ("problema de decidibilidade")
- Introduziu conceitos computacionais como **memória, programa, programa armazenado na memória e linguagem de programação**.
- O conceito da Turing Machine tornou-se **o pilar da moderna Teoria da computação e da computabilidade**

8

## Máquina de Turing

- Uma **maquina de Turing** (MT) é constituída por um **controlo finito** (conjunto finito de estados), **uma fita dividida em células**, e uma **cabeça de leitura/escrita (RW)** que actua sobre uma célula da fita de cada vez.
- Supomos que a fita é infinita para a esquerda e para a direita. No início, supomos que os dados -sequência finita de símbolos de um alfabeto se encontram escritos na fita, um símbolo em cada célula, e as restantes células da fita contêm um caracter especial da fita, designado por caracter *branco* (•).



- Num passo de computação (movimento), dependendo do símbolo lido na fita pela cabeça e do estado do controlo finito, a máquina:
  - muda de estado
  - escreve um símbolo na célula que está debaixo da cabeça
  - move a cabeça para a esquerda ou para a direita

9

## Máquina de Turing

Formalmente, uma maquina de Turing (MT) é um tuplo  $M = (S, \Sigma, \Gamma, \sigma, s_0, b, F)$  onde:

- $S$  é um conjunto finito de estados
- $\Gamma$  é o conjunto finito de *símbolos da fita*
- $\Sigma$  é um subconjunto de  $\Gamma$  que não inclui •, é o conjunto dos *símbolos de entrada*
- $\sigma$  é a *função de transição*, função parcial de  $S \times \Gamma$  em  $S \times \Gamma \times \{\rightarrow, \leftarrow\}$
- $s_0$  é o *estado inicial*
- • é um símbolo de  $\Gamma$ , designado por *branco*
- $F \subseteq S$  é o conjunto de estados finais

10



## Alan Turing: Teste Turing

- “The imitation game” mede o desempenho de uma máquina em relação ao ser humano:
  - A máquina e um humano são colocados em divisões separadas.
  - Uma terceira pessoa, designada como o interrogador, está numa divisão ao lado
  - O interrogador não pode ver ou falar directamente com o humano ou com a máquina, comunicando com eles através de um terminal.
  - A tarefa do interrogador é distinguir entre o ser humano e o computador com base em perguntas que pode colocar a ambos através por exemplo de um terminal.



**Se o interrogador não distinguir a máquina do ser humano então a máquina é dita ser inteligente.**

11

## Alan Turing: a sua contribuição

- Pioneiro das ideias da **Inteligência Artificial**
- propôs um modelo teórico para um computador universal que ficou conhecido como Máquina de Turing (MT): modelo de qualquer computação possível
- Veio a estar envolvido, durante a 2ª Guerra, no esforço de construção de máquinas de que emergiram os computadores
  - decodificou os códigos usados pela Alemanha nazi
- Turing formalizou os conceitos de algoritmo e computação com a - Máquina de Turing - é considerado **o fundador da computação moderna**.
- Nenhum modelo computacional desenvolvido até ao momento conseguiu apresentar capacidade computacional superior ao modelo de Turing
- As **Linguagens do Tipo Zero**, são as linguagens que podem ser reconhecidas por uma Máquina de Turing.

12

## Computabilidade

- O que é ser computável?
- Que linguagens são computáveis?
- Que linguagens podem ser reconhecidas por algum tipo de autômato?
- Existem linguagens que não são computáveis? Isto é, existem problemas que não se podem resolver computacionalmente, que são indecidíveis?
- Existem máquinas universais, isto é, que aceitam todas as linguagens computáveis?
- Podem as máquinas pensar?
- O cérebro é uma máquina de Turing?
- E os computadores, ficarão inteligentes?
- Quais os limites da IA?
  - O que um computador poderá fazer?
  - O que um computador não poderá fazer?

13

## Turing: publicações

- A.M Turing (1936).On computable numbers, with an application to the Entscheidungsproblem. Proc. Lond. Math. Soc. ser.2,42 pp.230--65, correction ibid.43(1937),pp.544--6.
- A.M.Turing(1948).Intelligent Machinery. Report to The National Physics Laboratory. Alan Turing papers, King's College Archives, Cambridge,UK.
- A.M.Turing(1950).Computing Machinery and Intelligence Mind 59:433--460.
- A.M.Turing(1952).The chemical basis of morphogenesis.Phil.Trans.of the Royal Society of London.Series B, Biological Sciences237,641,37--72.

14