

A Vida e as Contribuições Científicas de Alan Turing

Semana PESC 2016

Luis Menasché Schechter

Departamento de Ciência da Computação / UFRJ
luisms@dcc.ufrj.br

22 de novembro de 2016

Juventude

- ▶ Alan Mathison Turing nasceu em 23 de junho de 1912.
- ▶ Turing foi aceito como aluno na escola pública Sherborne School (uma espécie de Ensino Médio ou preparatório para a Universidade) em 1926.
- ▶ Durante seus anos na Sherborne School suas notas não eram boas e ele quase não conseguiu seu certificado de conclusão.
- ▶ Turing conseguiu uma bolsa para o King's College em Cambridge.
- ▶ Turing começou seus estudos no King's College em outubro de 1931.
- ▶ Concluiu seus estudos em 1934, graduado-se com honras.
- ▶ A partir de 1935, obteve uma *Fellowship* no King's College.

Teoria da Computação

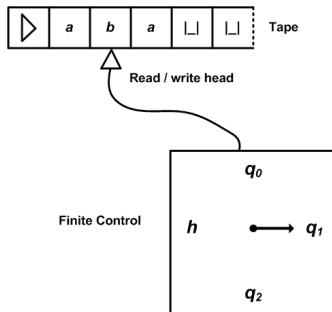
- ▶ Em 1928, David Hilbert lança a pergunta se existe um método mecânico (automático) para determinar se uma dada sentença lógica segue ou não de um conjunto de axiomas. Hilbert tinha convicção de que a resposta era positiva.
- ▶ Kurt Gödel, com seus dois *Teoremas da Incompletude* de 1931, forneceu fortes indícios de que a resposta seria negativa.
- ▶ Restava formalizar precisamente o que seria um “método mecânico” (ou um algoritmo).
- ▶ Turing forneceu uma modelagem baseada em uma máquina com um pequeno conjunto de operações simples: a *Máquina de Turing*.

Teoria da Computação (2)

- ▶ O trabalho de Turing foi publicado no artigo “On Computable Numbers, with an Application to the Entscheidungsproblem”, submetido em maio de 1936 (quando Turing tinha 23 anos).
- ▶ Neste artigo, Turing apresenta alguns pontos fundamentais da Teoria da Computação:
 - 1) Turing formaliza um “procedimento mecânico” ou um algoritmo, como uma tarefa que pode ser executada por uma Máquina de Turing.
 - 2) Turing apresenta a *Máquina de Turing Universal*, uma Máquina de Turing capaz de simular o funcionamento de qualquer outra Máquina de Turing.
 - 3) Se Máquina de Turing = Algoritmo, então Máquina de Turing Universal = Computador *Programável*
 - 4) Turing mostra que existem problemas que não são algoritmicamente solúveis.

Utilidade das Máquinas de Turing

- ▶ Estudar os limites do que pode ser resolvido algoritmicamente.
- ▶ Mostrar que existem (muitos) problemas sem solução algorítmica.
- ▶ Estudar os requisitos de tempo e espaço (memória) necessários para resolver algoritmicamente um dado problema.
- ▶ Construção de uma hierarquia de complexidade para os problemas.



Segunda Guerra Mundial e Criptanálise

- ▶ Em setembro de 1939, após o Reino Unido declarar guerra à Alemanha, Turing se apresentou em Bletchley Park, o centro das operações de criptanálise durante a guerra.
- ▶ A máquina Enigma era uma máquina desenvolvida pelos alemães para codificar suas instruções militares.
- ▶ Matemáticos poloneses conseguiram quebrar a cifra da máquina Enigma em um modo muito particular de operação.
- ▶ As ideias de Turing permitiram generalizar este método de maneira que qualquer mensagem cifrada com a Enigma pudesse ser decifrada.



Segunda Guerra Mundial e Criptanálise (2)

- ▶ Turing projetou uma máquina para automatizar o processo de decifrar as mensagens: a máquina Bombe.



Concretização da “Máquina de Turing Universal”

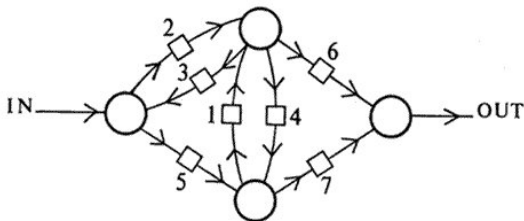
- ▶ Ao final da 2ª Guerra, Turing concluiu que era o momento apropriado para construir uma versão concreta de sua Máquina Universal, isto é, construir um computador *programável*, com *memória interna* onde tanto *instruções* quanto *conjuntos de dados* fossem armazenados de acordo com a *mesma representação* de tal forma que o computador fosse capaz de executar sobre *qualquer* conjunto de dados *qualquer* tarefa descrita corretamente pelas instruções.
- ▶ Nenhuma das máquinas desenvolvidas até o final da Guerra podem ser consideradas como “computadores” que atendem todos os requisitos acima.
- ▶ Algumas são máquinas de uso particular.
- ▶ Outras são máquinas de uso geral, mas sem a capacidade de armazenamento interno das instruções.

Concretização da “Máquina de Turing Universal” (2)

- ▶ O National Physics Laboratory (NPL) contratou Turing para elaborar um projeto de um computador com armazenamento interno de programas.
- ▶ Em fevereiro de 1946, Turing apresentou ao NPL um relatório técnico detalhado do projeto para o ACE (Automatic Computing Engine).
- ▶ Turing deu importância em seu projeto ao *tamanho* e à *velocidade de acesso* à memória interna do computador.
- ▶ O segredo das atividades de Turing durante a Guerra fez com que as pessoas considerassem que ele não tinha experiência suficiente para o projeto e que o projeto não era realmente factível.
- ▶ Sem conseguir construir o ACE, Turing retornou para Cambridge para um ano sabático.

Redes Neurais

- ▶ Em 1947, durante seu ano sabático em Cambridge, Turing se voltou para a questão de “cérebros artificiais”.
- ▶ Estes “cérebros” deveriam ser capazes de ser treinados para a realização de tarefas.
- ▶ Esta pesquisa foi submetida para o NPL como um relatório interno e nunca foi publicada durante sua vida.
- ▶ Turing descreve estruturas muito semelhantes ao que hoje conhecemos como *redes neurais*.



Computação Científica

- ▶ No final de 1947, no artigo “Rounding-off Errors in Matrix Processes”, Turing inventou a decomposição LU de matrizes, que ele chamou de *decomposição triangular*.

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} l_{11} & 0 & 0 \\ l_{21} & l_{22} & 0 \\ l_{31} & l_{32} & l_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_{11} & u_{12} & u_{13} \\ 0 & u_{22} & u_{23} \\ 0 & 0 & u_{33} \end{bmatrix}$$

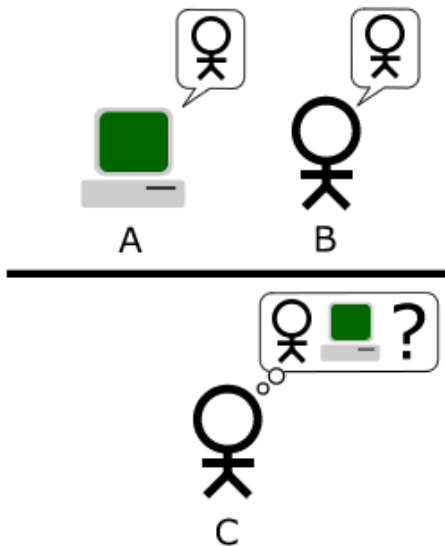
- ▶ Útil para resolução de sistemas lineares, cálculo de inverso de matrizes e cálculo de determinantes.
- ▶ No artigo, Turing se preocupou com questões a respeito da complexidade dos cálculos propostos por ele (descritas em função do número de operações de adição e multiplicação necessárias em função do tamanho da matriz de entrada) e a respeito do condicionamento das matrizes, sugerindo abordagens para evitar o acúmulo de erros devido ao processamento de matrizes mal-condicionadas.

Inteligência Artificial

- ▶ Em 1948, Turing demitiu-se do NPL e aceitou uma posição na Universidade de Manchester.
- ▶ Em Manchester, ele esteve em contato com a equipe que fabricou o computador Ferranti Mark 1, o primeiro computador de uso geral disponível comercialmente.
- ▶ Turing contribuiu na elaboração do manual de uso deste computador.
- ▶ Durante este período, Turing continuou refletindo a respeito dos “cérebros artificiais”, colocando a pergunta “Quando podemos considerar que um sistema artificial tem realmente inteligência?”.
- ▶ Turing discute essas ideias no artigo “Computing Machinery and Intelligence” de 1950.
- ▶ Neste artigo, ele propõe um possível teste (batizado por ele de “*Jogo da Imitação*”) que pode ser utilizado para responder a questão acima.

Inteligência Artificial (2)

- ▶ Este teste, posteriormente, ficou conhecido como *Teste de Turing*.



Morfogênese e Sistemas Dinâmicos Não-Lineares

- ▶ Em 1951, Turing passou a buscar uma modelagem matemática de fenômenos bioquímicos.
- ▶ Turing estava interessado em entender a formação de padrões na natureza: listras em zebras, pintas em leopardos, desenhos em escamas e conchas...
- ▶ No artigo “The Chemical Basis of Morphogenesis”, submetido no final de 1951, Turing começa a desenvolver modelos matemáticos formais que poderiam descrever as reações bioquímicas responsáveis pela formação de padrões.
- ▶ Turing utiliza um sistema de *equações diferenciais parciais* (EDP's) não-lineares chamado *sistema de reação-difusão*.
- ▶ Turing utilizou os recém-construídos computadores para realizar simulações numéricas dos sistemas dinâmicos não-lineares descritos por essas EDP's, tornando-se um pioneiro da Computação Científica.

Fim da Vida

- ▶ Em 7 de fevereiro de 1952, Turing foi preso acusado de *atentado violento ao pudor*.
- ▶ A acusação foi feita quando Turing admitiu ter mantido relações sexuais com outro homem (nenhuma delas em público).
- ▶ Homossexualidade era crime na Inglaterra ainda na década de 50 (tendo sido descriminalizada apenas em 1967).
- ▶ Até este momento, Turing ainda era consultor dos serviços de Criptanálise do governo britânico.
- ▶ Após sua “confissão” de homossexualidade, Turing foi removido desse serviço e teve seus privilégios de acesso a informações sigilosas revogado.
- ▶ Turing foi condenado e teve a opção entre duas sentenças: prisão ou injeções hormonais ao longo de um ano.

Fim da Vida(2)

- ▶ Turing optou pelas injeções, que causaram efeitos colaterais em seu corpo.
- ▶ Turing continuou trabalhando em Morfogênese e em simulações numéricas de sistemas dinâmicos não-lineares nos computadores ao longo de 1952 e 1953.
- ▶ Aparentemente sofrendo de depressão (possivelmente um efeito colateral das injeções), Turing suicidou-se com cianeto em 7 de junho de 1954, aos 41 anos.
- ▶ Em setembro de 2009, Gordon Brown, então Primeiro-Ministro do Reino Unido, ofereceu um pedido de desculpas público pelo tratamento discriminatório dado a Turing pelo governo britânico.
- ▶ No Natal de 2013, a Rainha Elizabeth II concedeu a Turing um perdão real, anulando postumamente sua condenação.

Bibliografia sobre Alan Turing

- ▶ “Alan Turing: the Enigma”, de Andrew Hodges
- ▶ “Alan M. Turing”, de Sara Turing (mãe de Alan)
- ▶ “Prof: Alan Turing Decoded”, de Dermot Turing (sobrinho de Alan)
- ▶ “Alan Turing: Unlocking the Enigma”, de David Boyle
- ▶ “Turing: Pioneer of the Information Age”, de B. Jack Copeland
- ▶ “The Man Who Knew Too Much”, de David Leavitt
- ▶ “The Essential Turing: Seminal Writings”, editado por B. Jack Copeland
- ▶ “Alan Turing: His Work and Impact”, editado por S. Barry Cooper e J. van Leeuwen
- ▶ “The Once and Future Turing: Computing the World”, editado por S. Barry Cooper e Andrew Hodges

Filmes Sobre Alan Turing

- ▶ “Breaking the Code” de 1996, com Derek Jacobi no papel de Turing.
- ▶ “Codebreaker” de 2011, com Ed Stoppard no papel de Turing.
- ▶ “O Jogo da Imitação” de 2014, com Benedict Cumberbatch no papel de Turing.
 - ▶ O roteirista Graham Moore venceu o Oscar de melhor roteiro adaptado.

Página Web com Conteúdo sobre Turing

www.dcc.ufrj.br/~luisms/turing

- ▶ Download destes slides
- ▶ Artigos escritos *por* Alan Turing
- ▶ Texto completo do pedido de desculpas público feito por Gordon Brown
- ▶ Links com implementações da Máquina de Turing
- ▶ Artigos e livros *sobre* Alan Turing
- ▶ Material sobre os filmes a respeito de Turing
- ▶ Diversos links de eventos do “Alan Turing Year”
- ▶ Diversos links com informações, textos, documentos e fotos relacionados a Turing
- ▶ Novas contribuições são sempre bem-vindas!

Obrigado pela Atenção!



A Vida e as Contribuições Científicas de Alan Turing

Semana PESC 2016

Luis Menasché Schechter

Departamento de Ciência da Computação / UFRJ
luisms@dcc.ufrj.br

22 de novembro de 2016