

# UMA ANÁLISE DAS CONTRIBUIÇÕES DE ALAN TURING À ÁREA DE REDES NEURAIS ARTIFICIAIS



**Bolsista: Everton Schumacker Soares**  
 e-mail: [ev.schumacker@gmail.com](mailto:ev.schumacker@gmail.com)  
**Co-autores: Levy Boccato, Marcos Fernandes, Diogo Coutinho Soriano**  
**Orientador: Prof. Dr. Romis Ribeiro de Faissol Attux**  
 Departamento de Engenharia de Computação e Automação Industrial (DCA)  
 Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação (FEEC)  
 Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)  
 Palavras-chave: Redes Neurais - História da Computação - Alan M. Turing

## UM BREVE CONTEXTO HISTÓRICO

*“I propose to investigate the question as to whether it is possible for machinery to show intelligent behaviour.” – Alan M. Turing*

Alan Mathison Turing (1912 – 1954) foi um pesquisador responsável por contribuições a vários ramos da ciência da computação. Em 1945, ele foi contratado pelo NPL (National Physical Laboratory), então chefiado por Sir Charles Darwin, para o desenvolvimento do *Automatic Computing Engine* (ACE), um computador de propósito geral. Porém, esse projeto acabou sofrendo com vários conflitos e divergências no âmbito do time de desenvolvimento, o que levou Turing a se afastar de sua conclusão.

Durante esse período, Turing dedicou muito de seu tempo a reflexões sobre a natureza da inteligência. Desse modo, não causa surpresa que, em 1948, ele tenha apresentado ao NPL um relatório intitulado *Intelligent Machinery*, no qual foram apresentadas e discutidas máquinas desorganizadas que, modernamente, podemos denominar *redes de Turing*. Esse trabalho foi, ao lado dos esforços de McCulloch e Pitts, um marco na gênese da área de redes neurais artificiais. O trabalho contém, ademais, referências visionárias a assuntos como aprendizado de máquina e otimização evolutiva. Infelizmente, esse trabalho só veio a ser efetivamente conhecido mais recentemente, graças a esforços como os de Copeland (1996) e Teuscher (2001).

## REDES NEURAIS ARTIFICIAIS DE TURING

### REDES TIPO-A

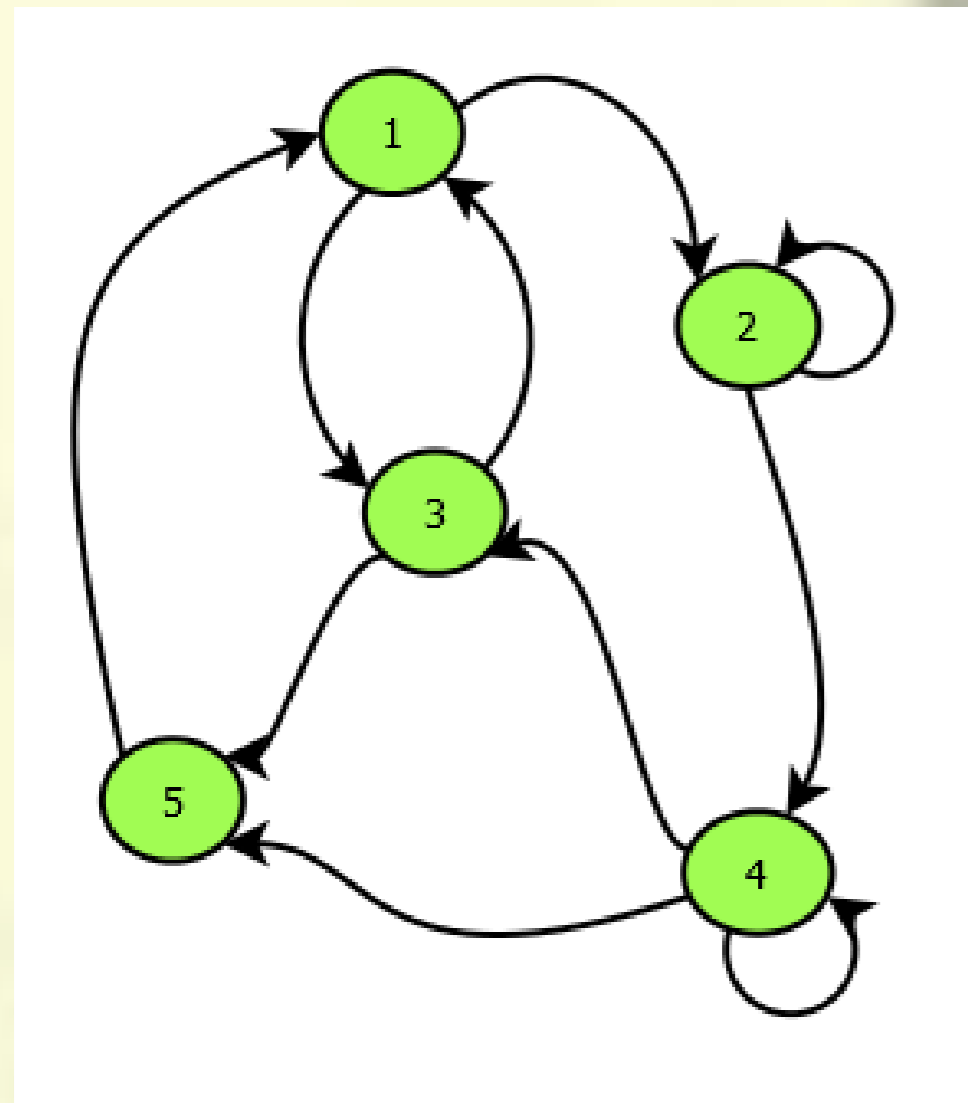


Figura 1: Rede tipo-A.

- Cada neurônio que compõe essa rede possui um estado interno, que pode ser “0” ou “1”, e dois terminais de entrada. Portanto, sinais de entrada de, no máximo, dois neurônios diferentes produzem uma única saída dada pela fórmula:

$$Y(t+1) = 1 - X_1(t).X_2(t)$$

onde  $X_1(t)$  e  $X_2(t)$  são os sinais de entrada do neurônio e  $Y(t+1)$  é o sinal de saída, que equivale ao estado do neurônio no instante  $t+1$ . Essa operação corresponde à função lógica NAND.

### REDES TIPO-B

- Cada conexão entre neurônios possui um nó de interferência (Figura 2), o qual corresponde a uma pequena rede tipo-A (Figura 3) que pode exibir três comportamentos distintos:

- I – Inverter o sinal de entrada;
- II – Anular o sinal de entrada, forçando-o para “1”;
- III – Alternadamente exibir o comportamento I e II.

- Nó de interferência como um precursor da ideia de peso sináptico.

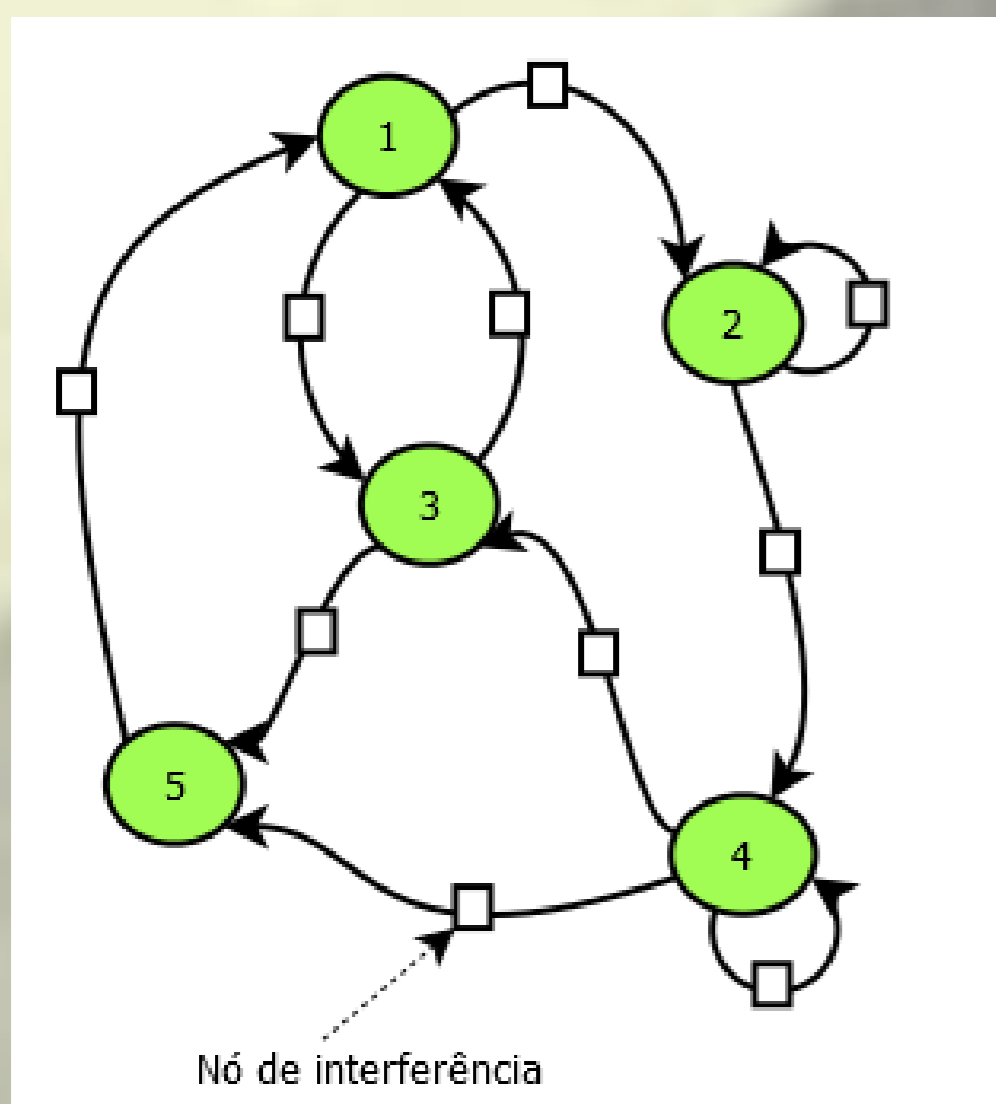


Figura 2: Rede tipo-B.

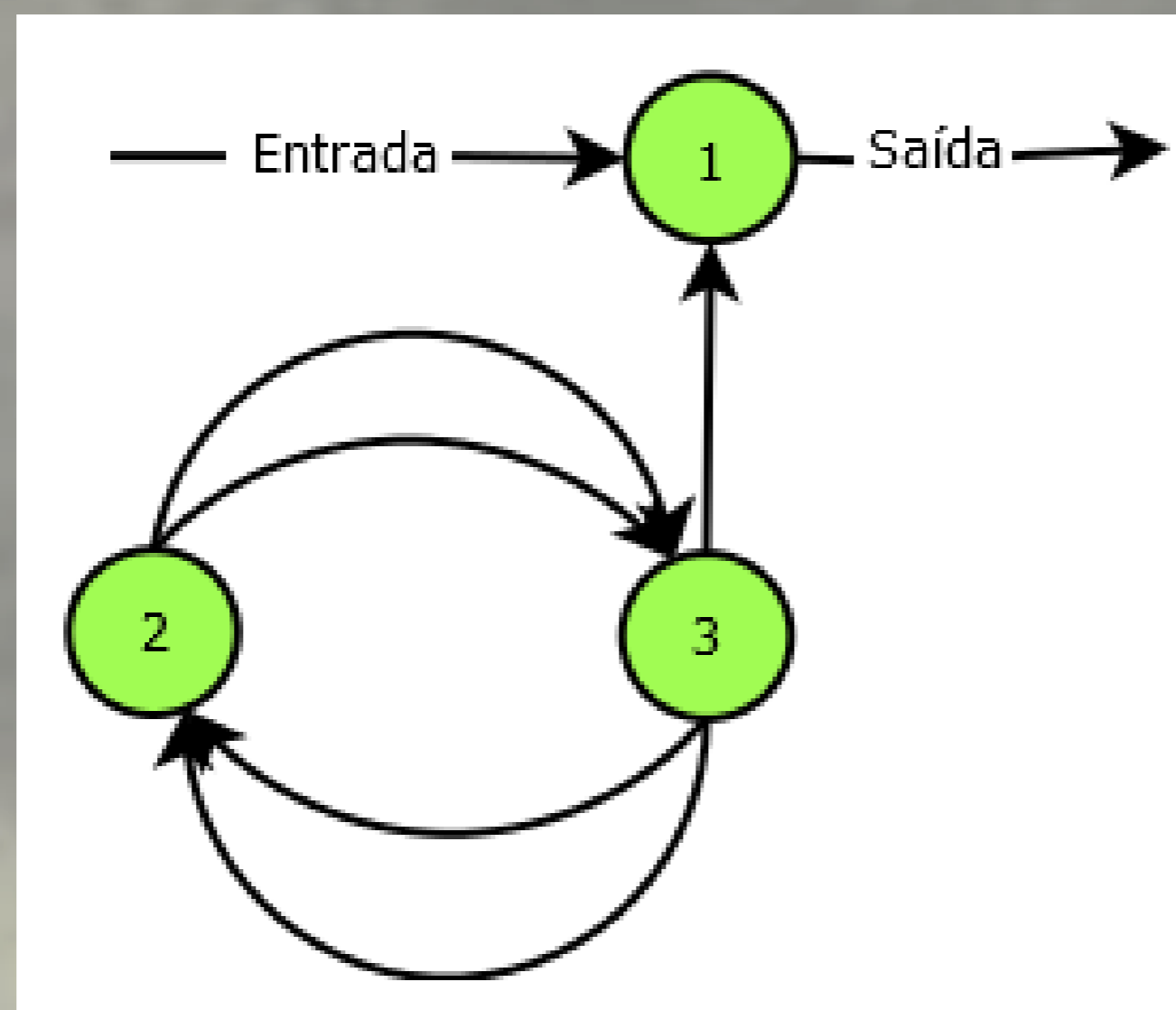


Figura 3: Nó de interferência.

### REDES TIPO-B COM SINAL DE INTERFERÊNCIA

- Cada nó de interferência possui dois sinais de interferência externa (Figura 3).
- Assim, fica evidente que Turing já vislumbrava um meio de treinar essas redes desorganizadas, alterando seu comportamento por meio de atuação externa.

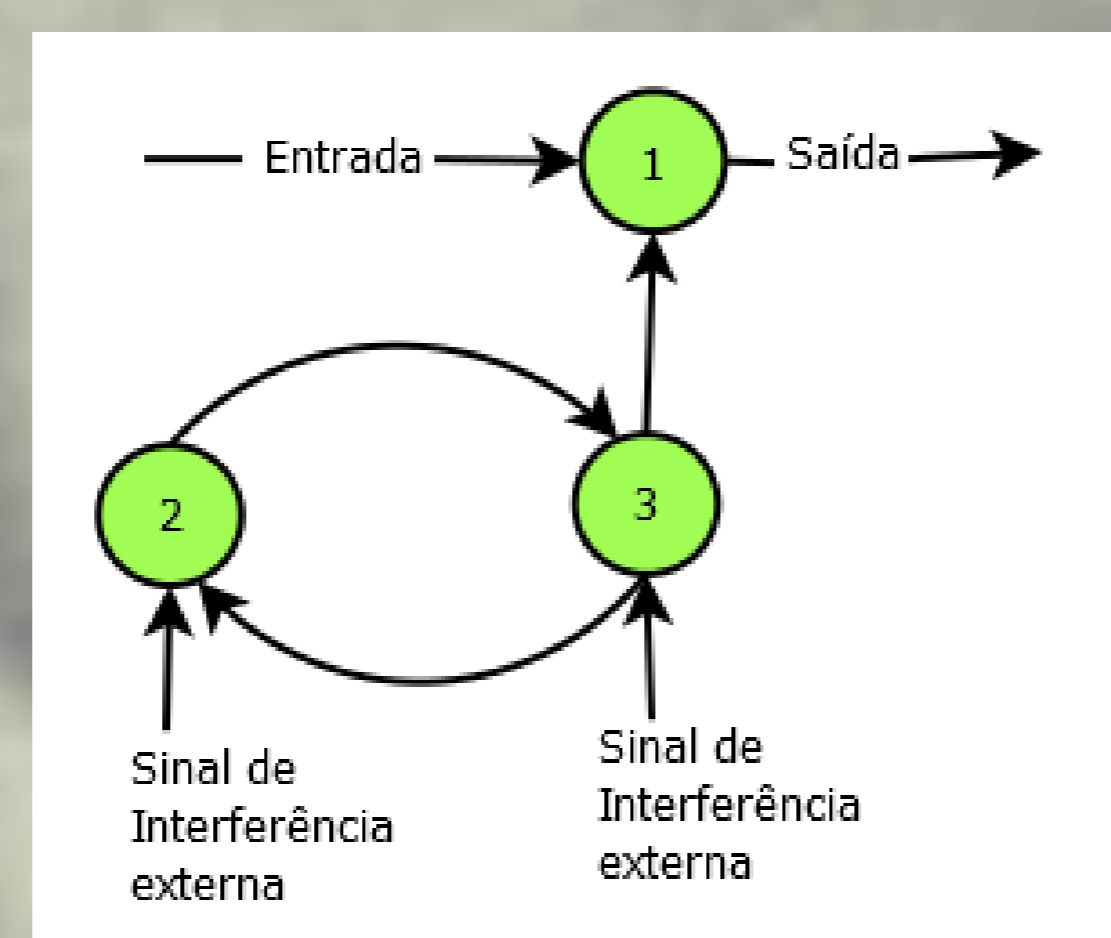


Figura 4: Nó de interferência da rede tipo-B com sinal de interferência.

## REDES DE TURING E ABORDAGENS CONEXIONISTAS MODERNAS

### COMPUTAÇÃO COM RESERVATÓRIOS (RESERVOIR COMPUTING)

- Trata-se de um paradigma neural recorrente em que a rede possui uma estrutura não-linear dividida em três camadas: a de **entrada**, a intermediária, conhecida como **reservatório de dinâmicas**, cujas conexões e estados internos são inicializados *a priori* de maneira aleatória, e a de **saída** (ou *readout*).
- O treinamento dessa rede é feito através da adaptação dos parâmetros da camada de leitura, utilizando-se o método de mínimos quadrados, mantendo-se os demais pesos sinápticos fixos.

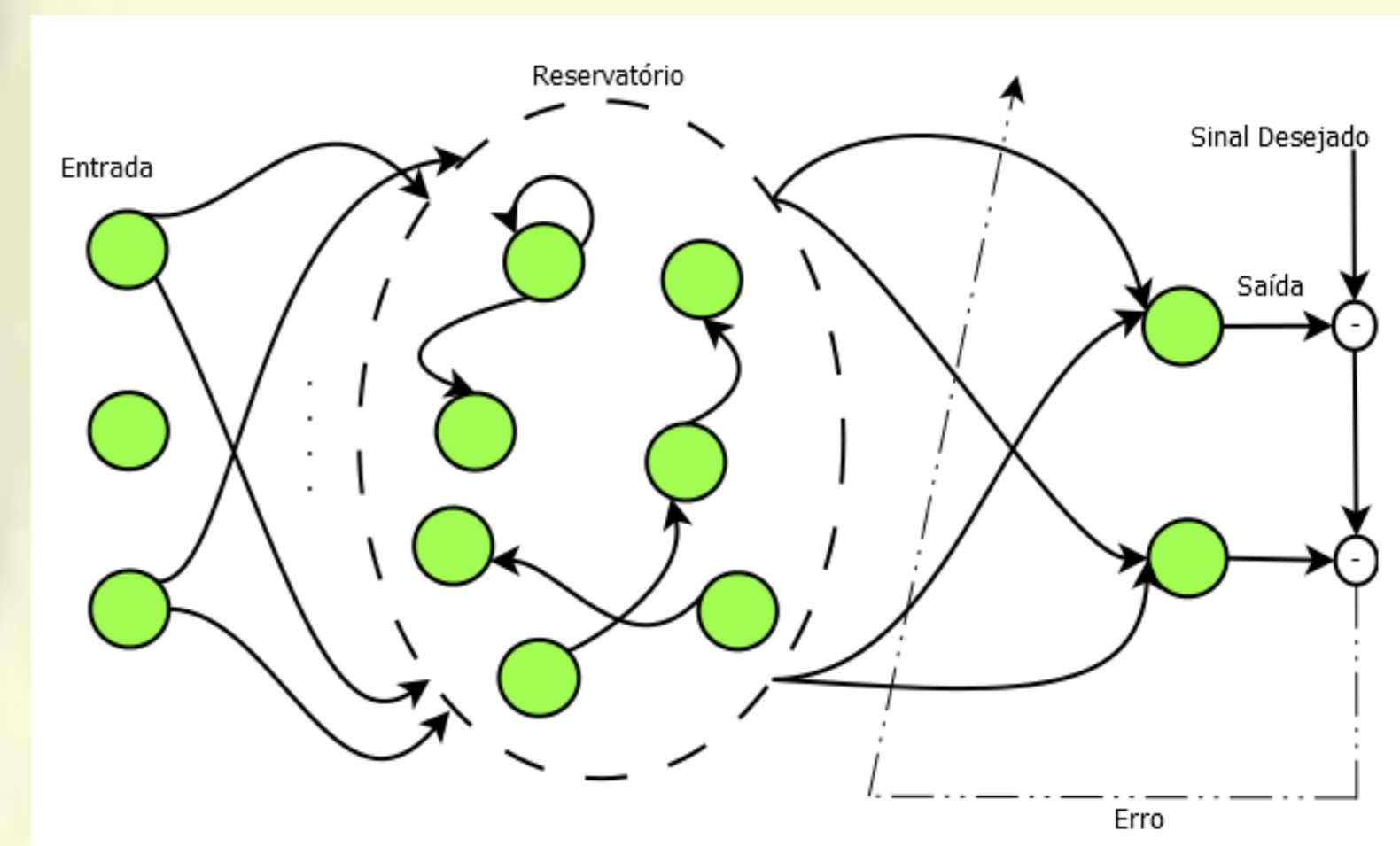


Figura 5: Arquitetura básica de RC.

### EXTREME LEARNING MACHINES (ELMS)

- Esse paradigma se associa ao treinamento de *feedforward neural networks* (redes sem laços de realimentação) com camada intermediária única. Ocorre inicialização aleatória dos pesos sinápticos dessa camada, o que simplifica enormemente o treinamento. Desse modo, somente os coeficientes da camada de saída são efetivamente treinados a partir de um sinal de erro, com a ajuda, tipicamente, do método de mínimos quadrados.

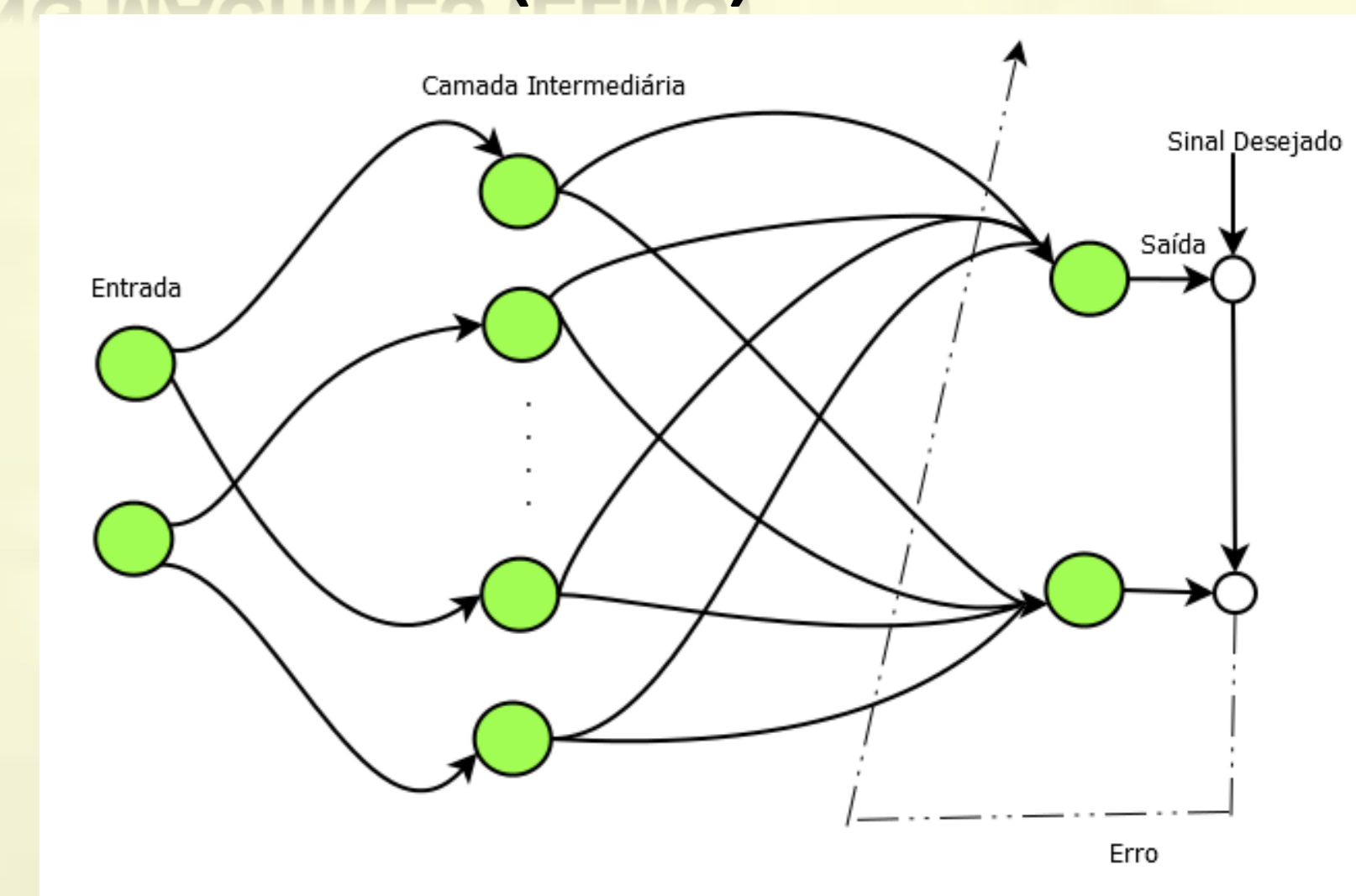


Figura 6: Arquitetura de uma ELM.

### SEMELHANÇAS COM AS REDES DE TURING

- A noção de desorganização, tão marcante no trabalho de Turing, ressurge no contexto da computação com reservatórios e nas *extreme learning machines* sob o disfarce de estruturas como reservatório de dinâmicas e/ou camada intermediária aleatórios.
- Motivações distintas:** enquanto as redes de Turing surgiram de uma tentativa de simular o comportamento de um sistema neural biológico no tocante à emergência de comportamento inteligente, as técnicas de computação com reservatórios e ELMs almejam viabilizar um uso mais prático e efetivo destas arquiteturas neurais em diferentes aplicações de aprendizado de máquina, como classificação de padrões, aproximação de funções e previsão de séries temporais.

## REFERÊNCIAS

- Copeland, B. J., & Proudfoot, D. (1996). *On Alan Turing's Anticipation of Connectionism. Synthese*, 108, pp. 361-377.
- Teuscher, C. (2001). *Turing's Connectionism: An Investigation of Neural Network Architectures*. Springer.
- Turing, A. M. (1968) *Intelligent Machinery*. In: C. R. Evans, & A. D. Robertson, *Cybernetics: Key Papers*. Baltimore Md. And Manchester: University Park Press.