Aula 07:
Computação Evolutiva e Conexionista – Evoluindo RNA’s

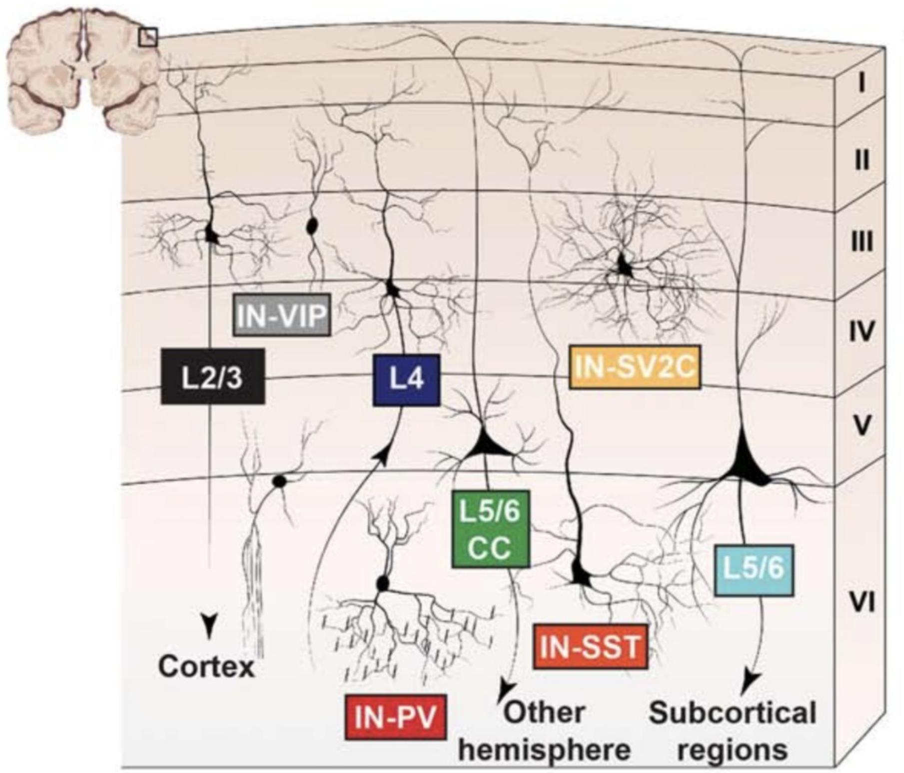
Prof. Hugo Puertas de Araújo
hugo.puertas@ufabc.edu.br
Sala: 509.2 (5º andar / Torre 2)

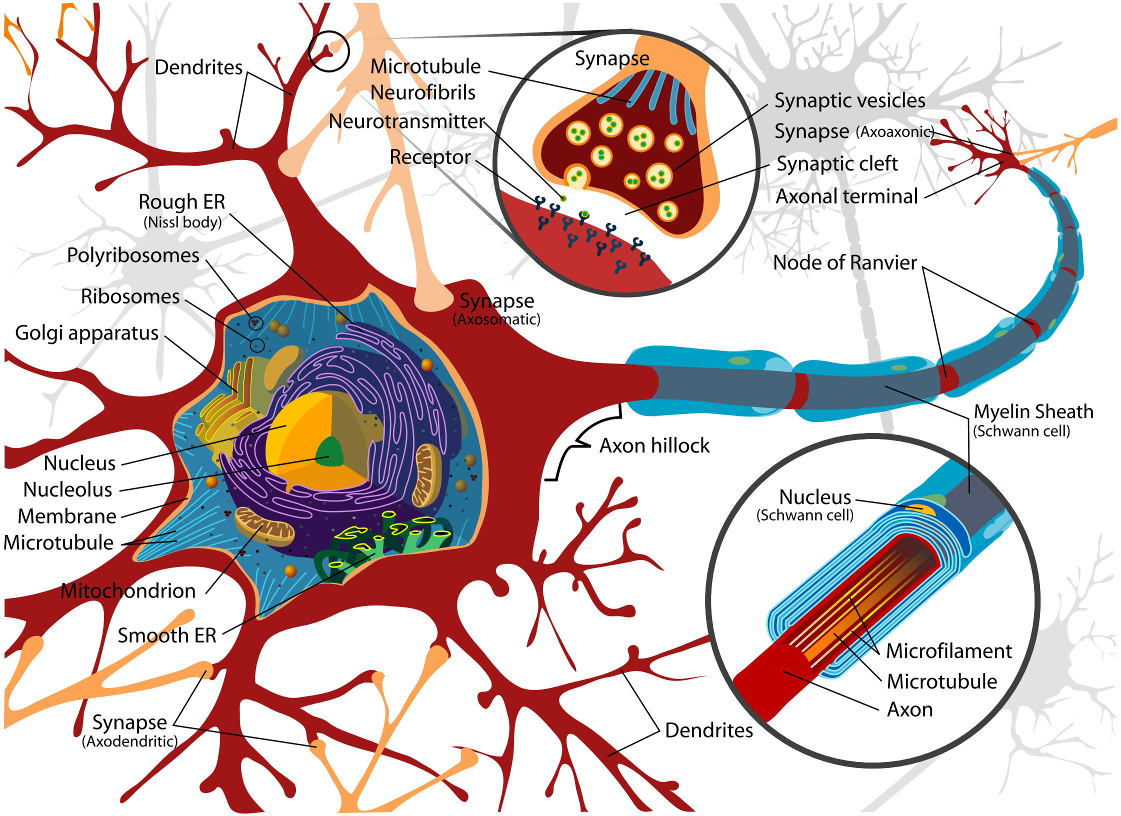
Agenda

- Redes Neurais Artificiais
  - Modelamento matemático
  - Aprendizado
  - Usos
- Algoritmos Genéticos + RNA’s
  - Evolução x Treinamento
  - Representação cromossomial
  - Neuroevolução

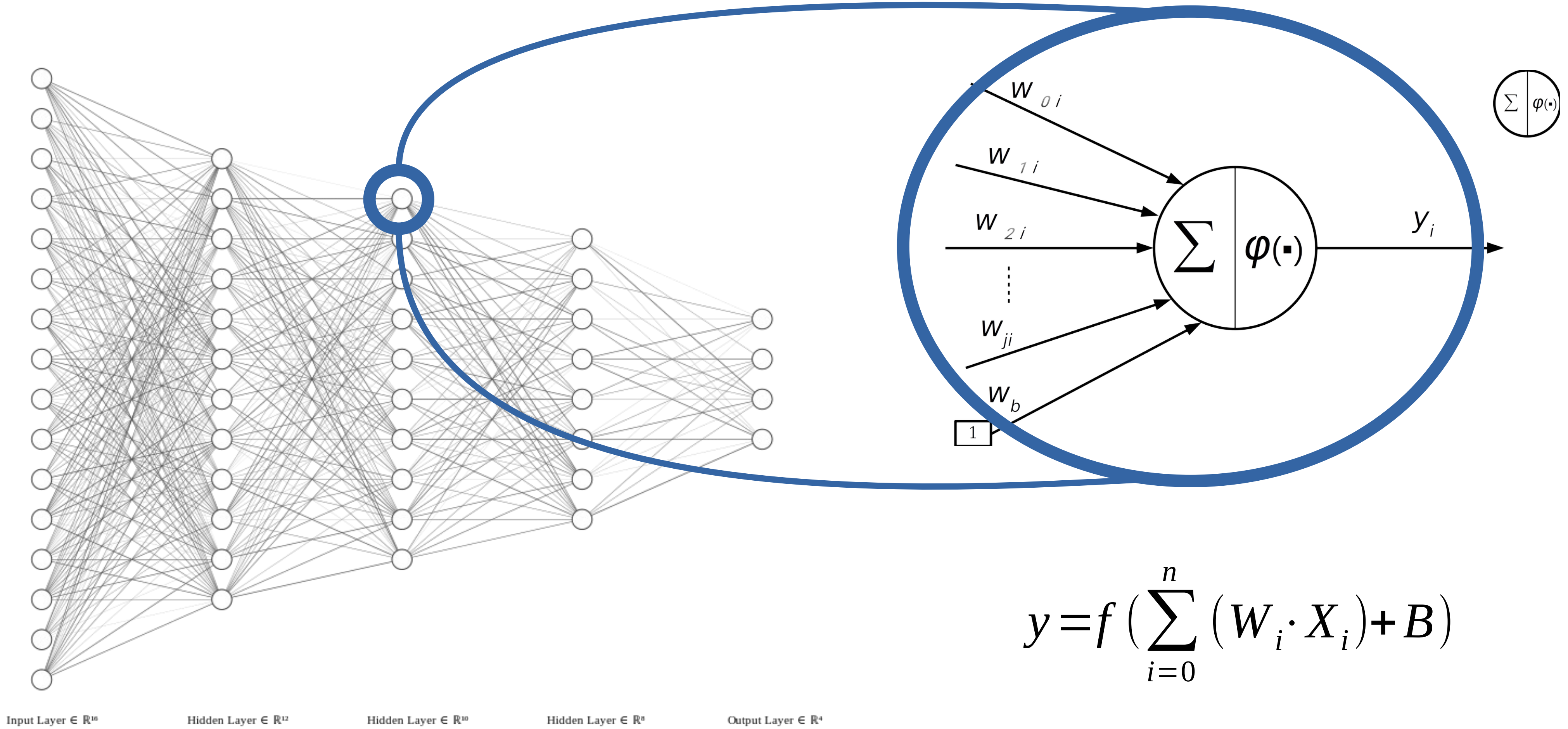
Computação Evolutiva e Conexionista

Redes Neurais – Inspiração biológica



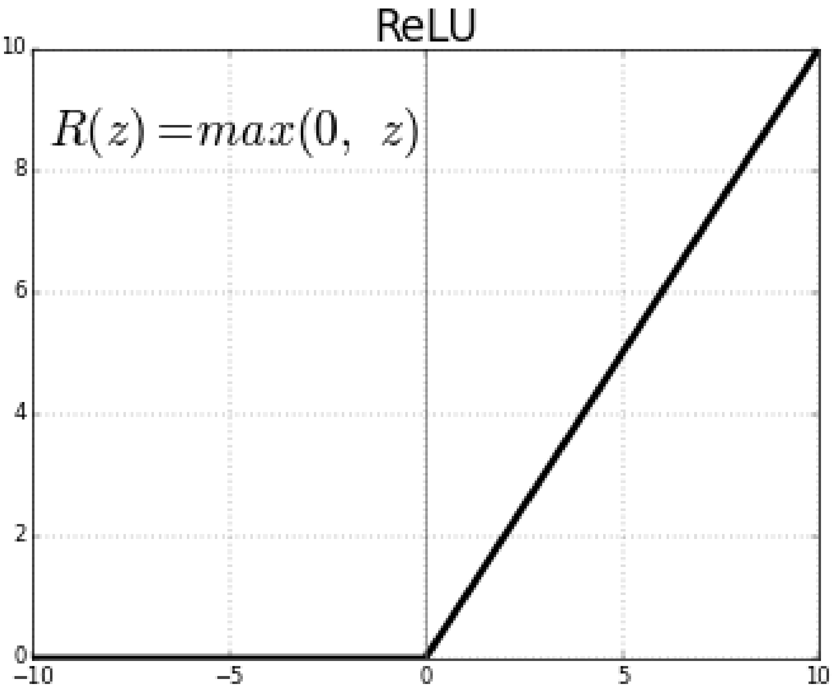


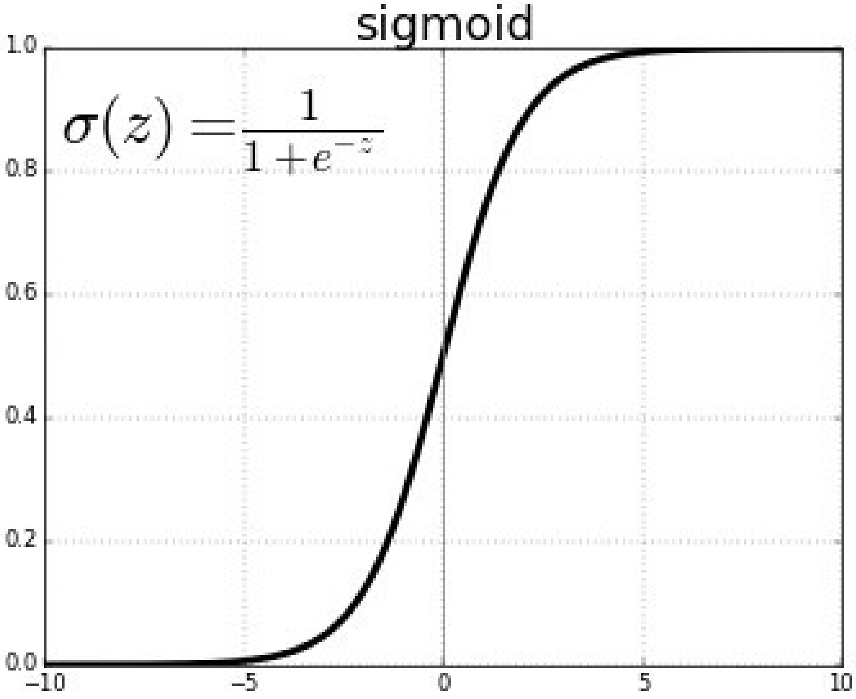
Modelamento matemático



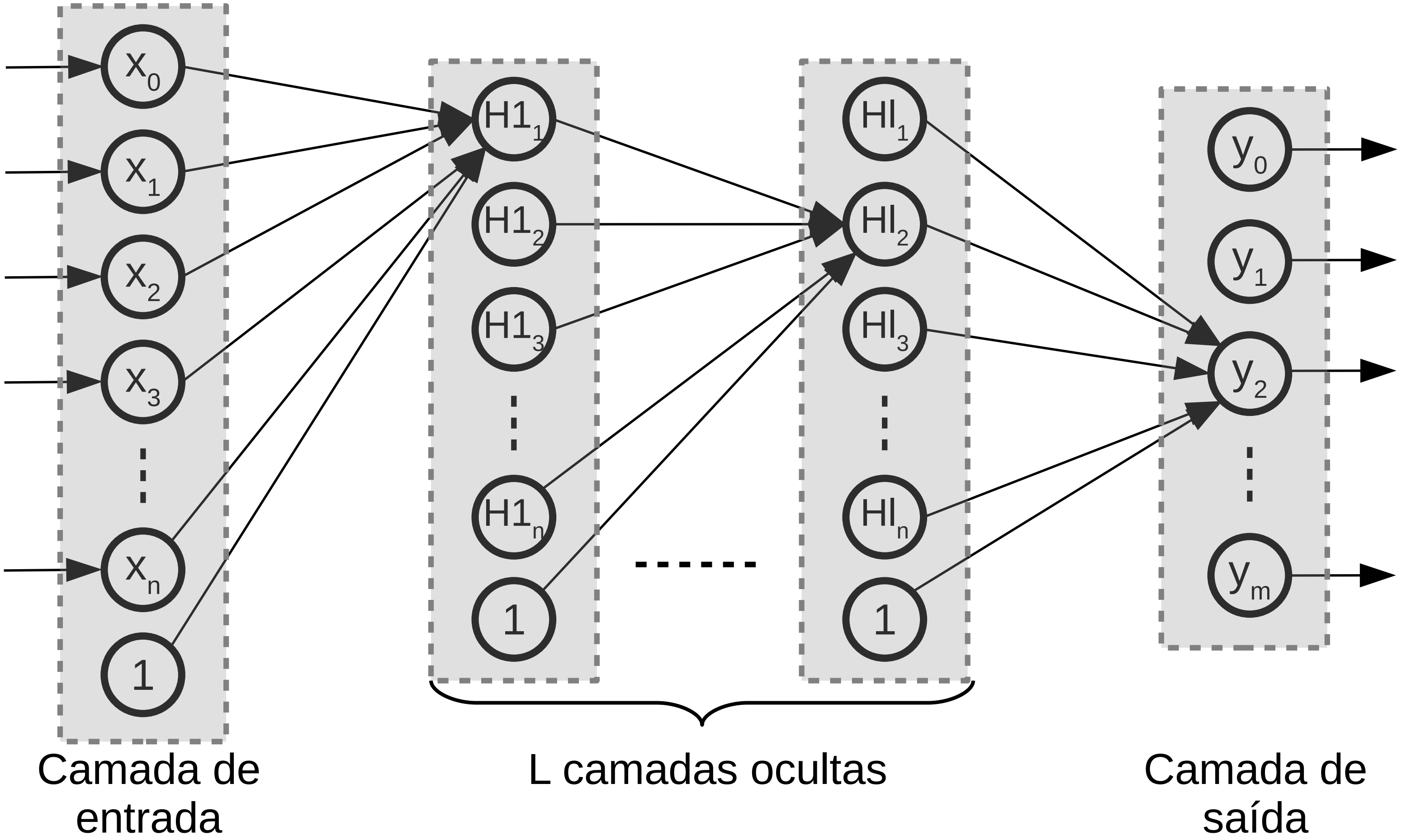
$$y = f\left(\sum_{i=0}^{n} (W_i \cdot X_i) + B\right)$$

Função de ativação

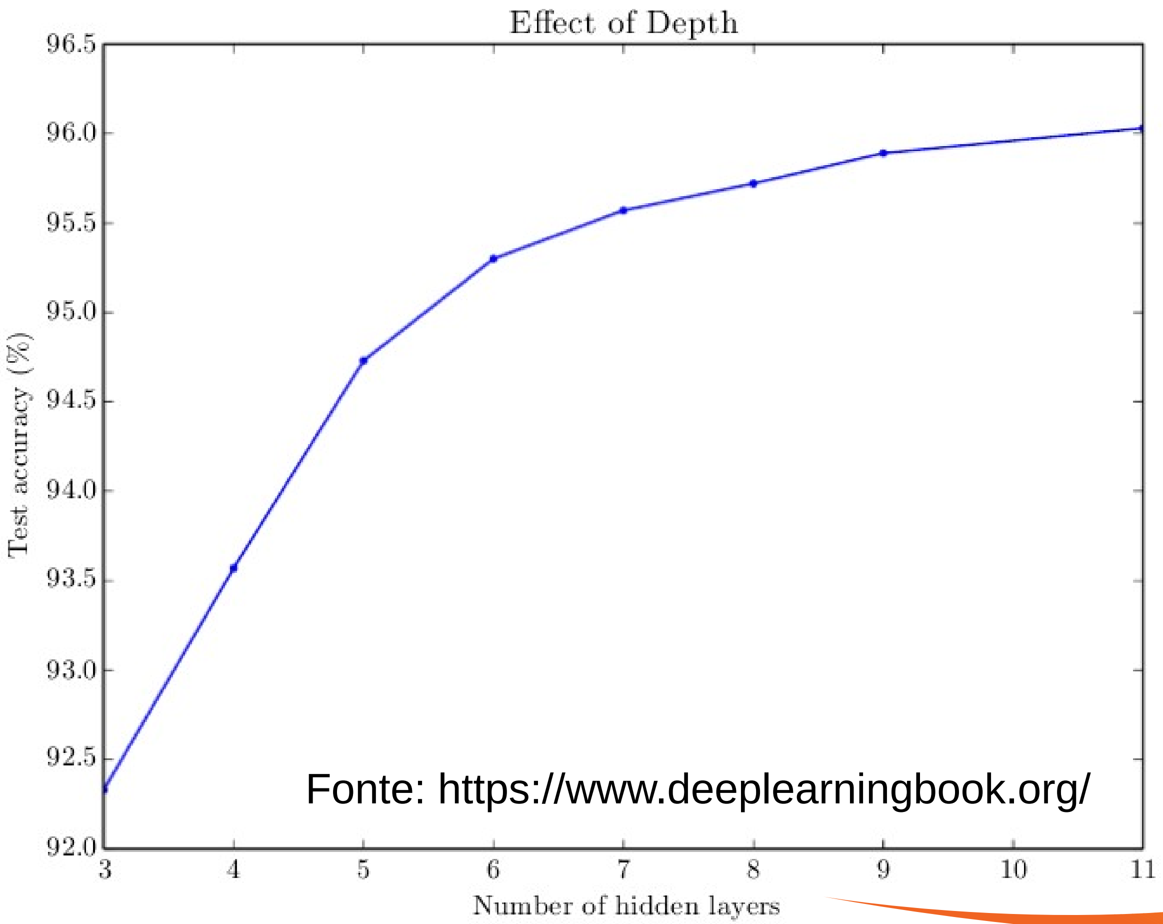




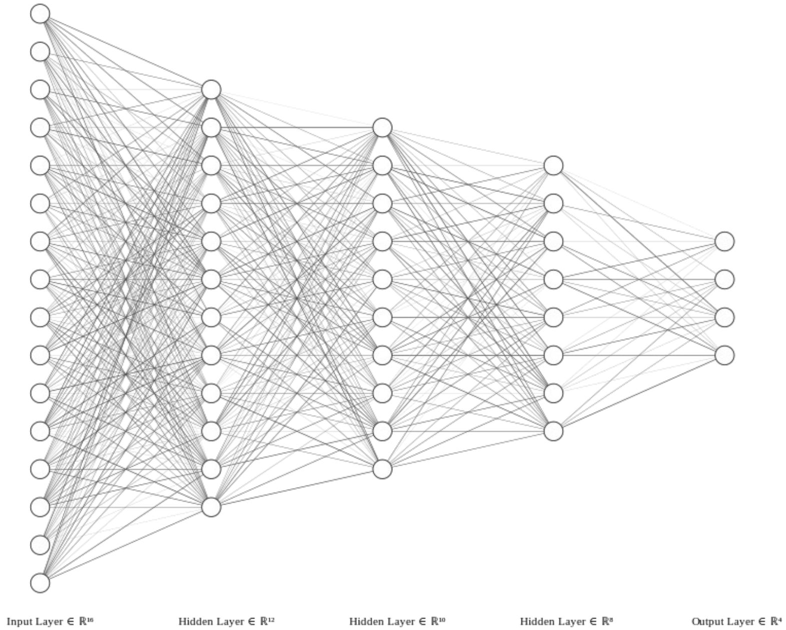
Modelamento matemático



Efeito da quantidade de camadas



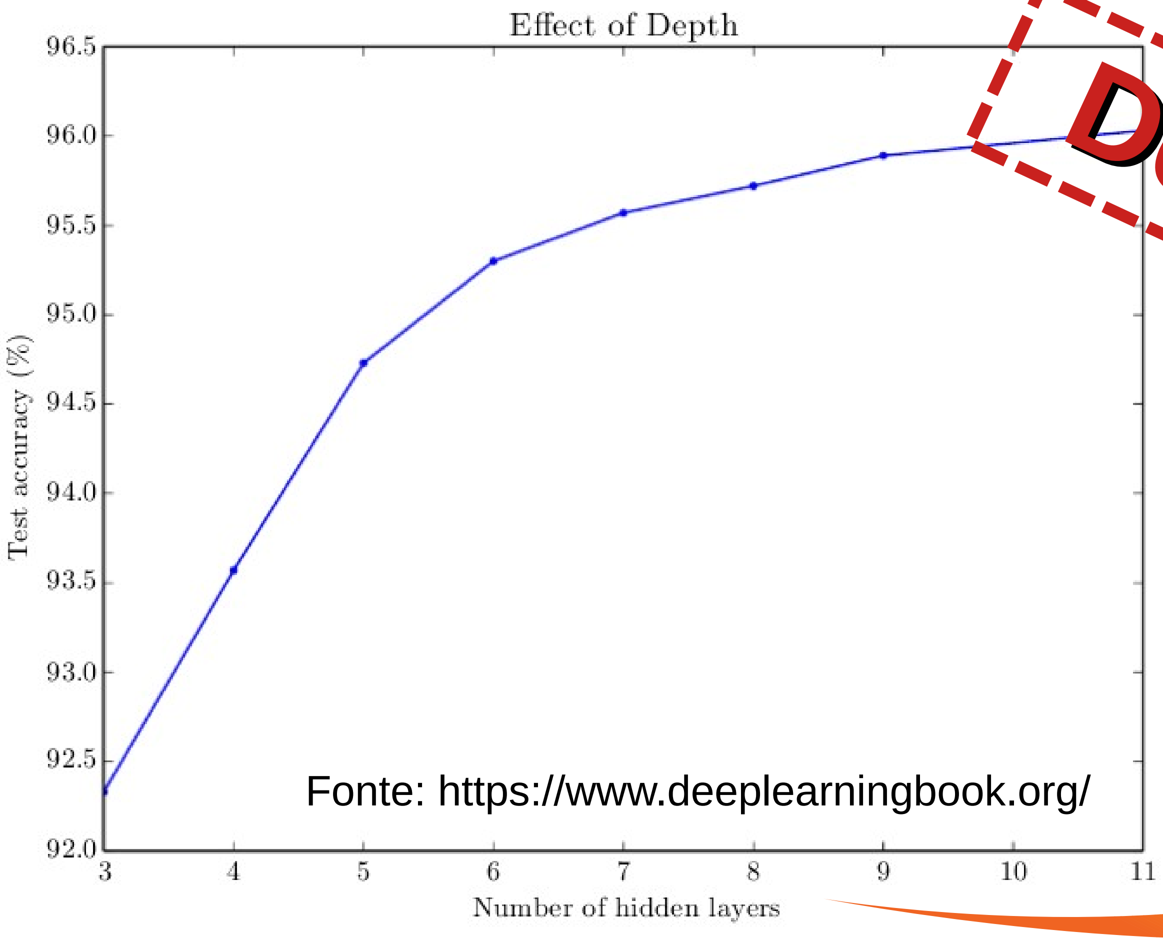
Fonte: https://www.deeplearningbook.org/



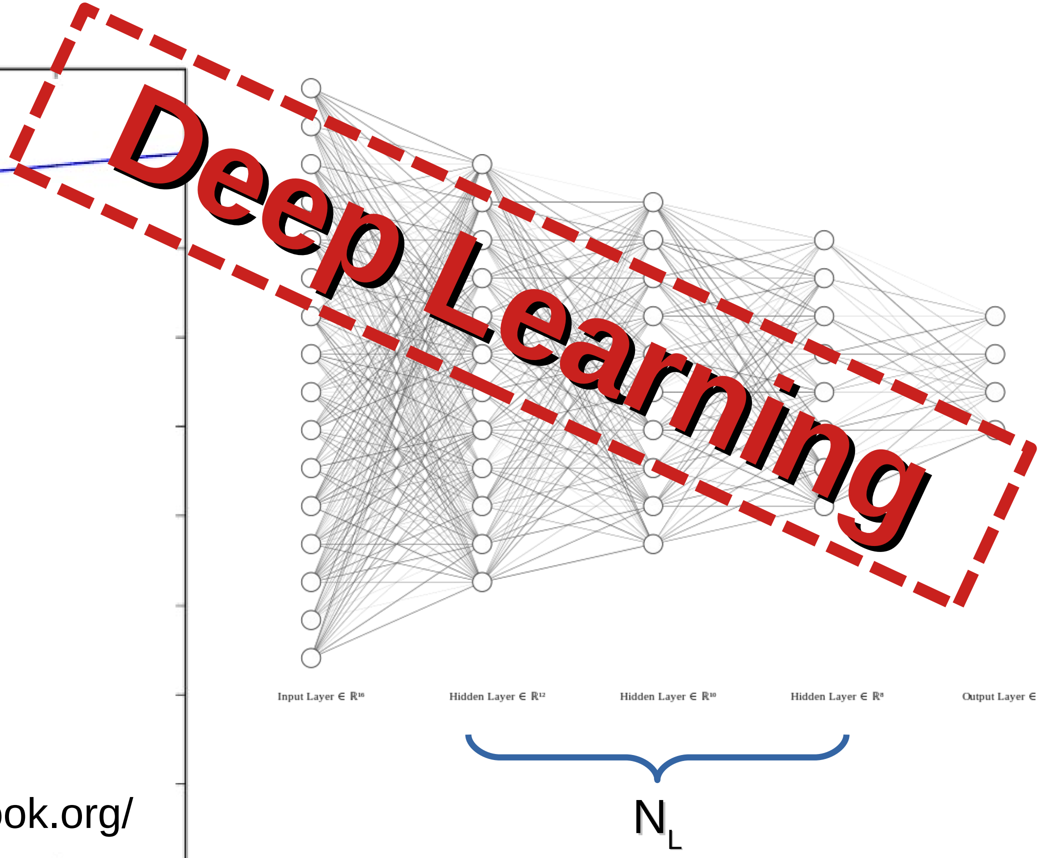
N_L

CMCC Centro de Matemática, Computação e Cognição

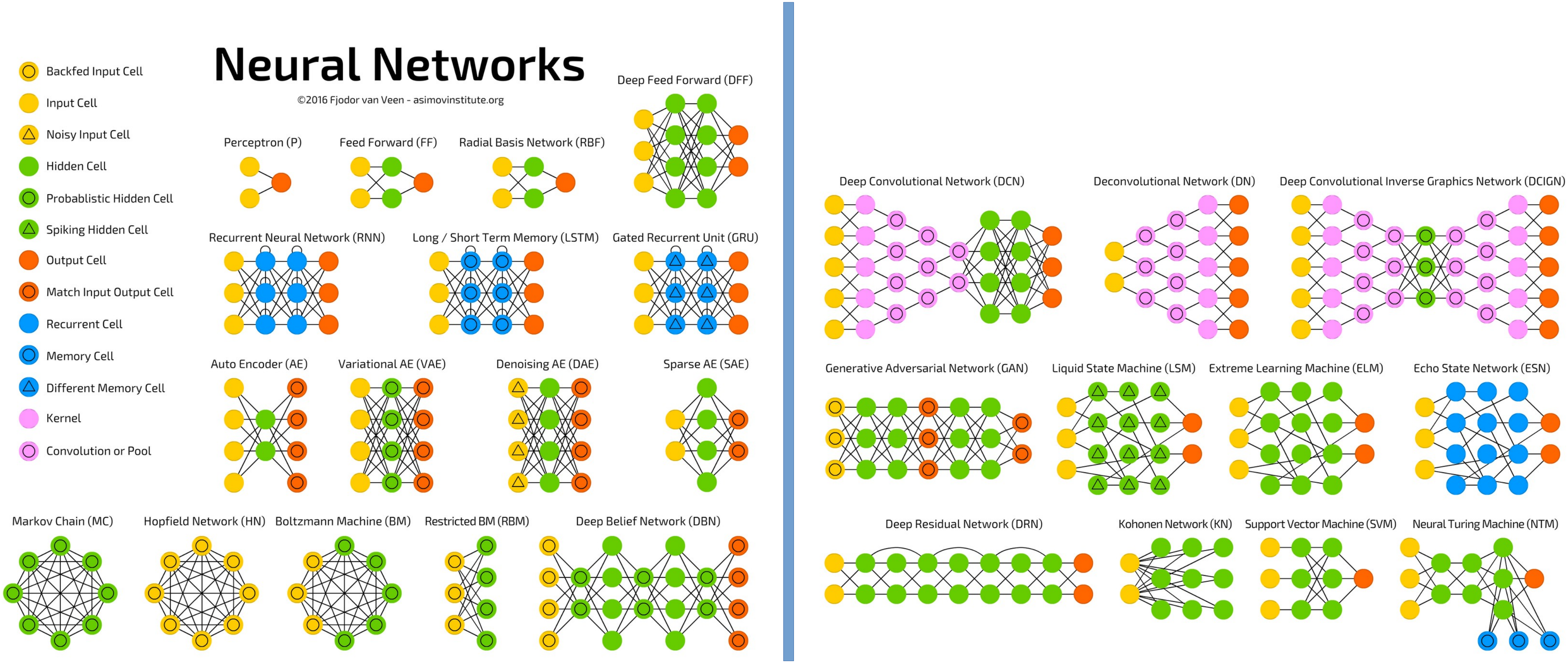
Efeito da quantidade de camadas



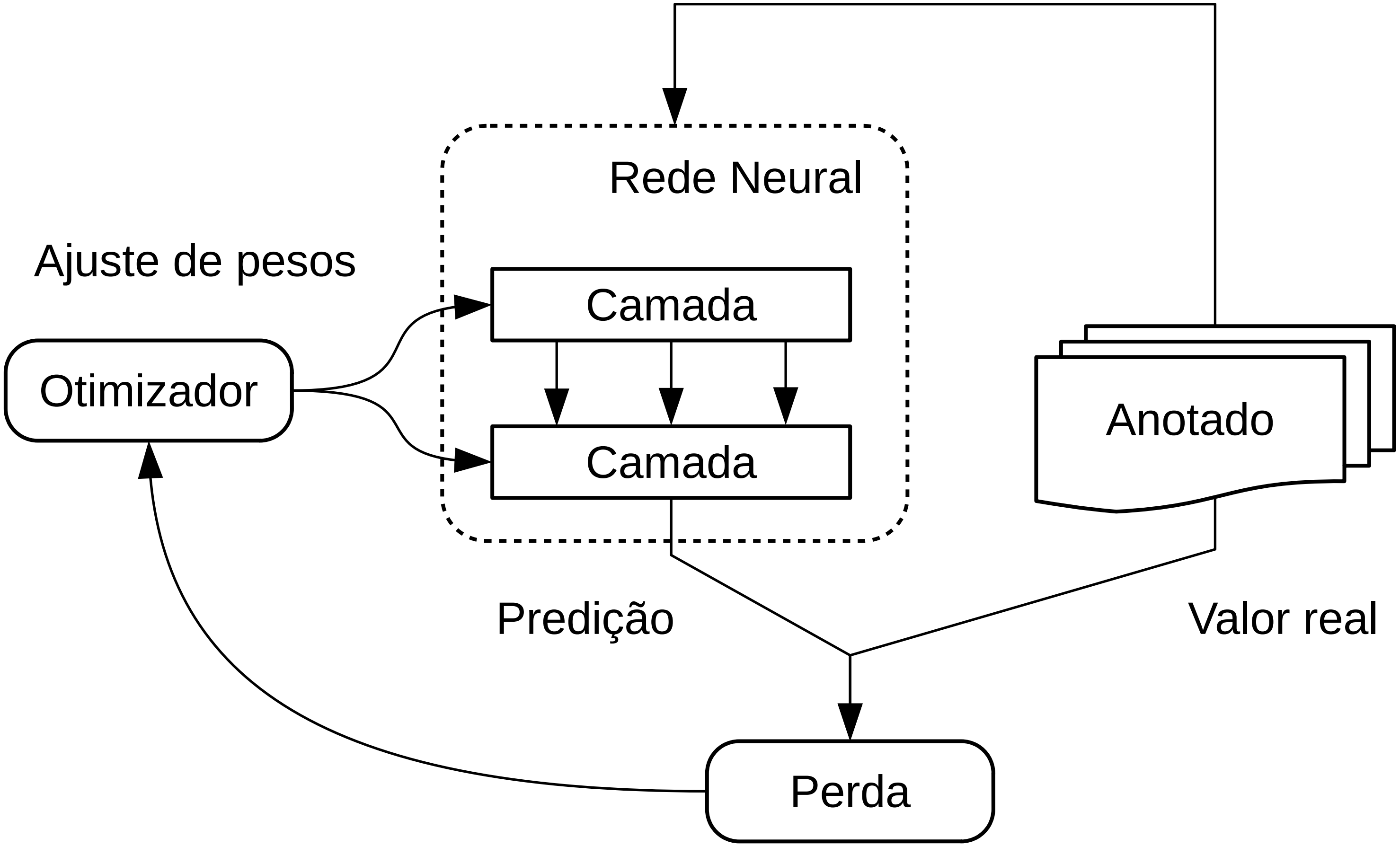
Fonte: https://www.deeplearningbook.org/



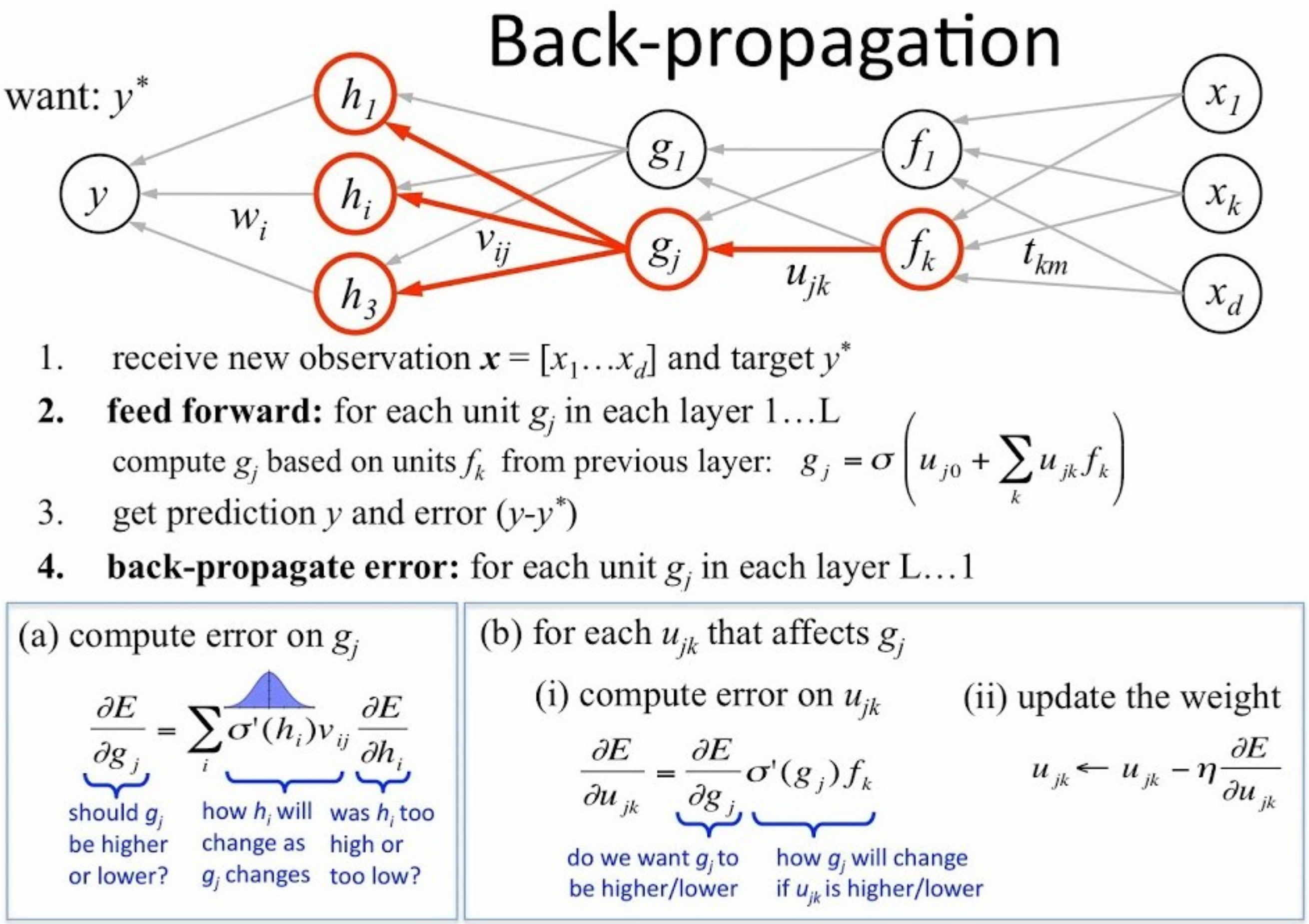
Neural Nets Zoo



Aprendizado supervisionado

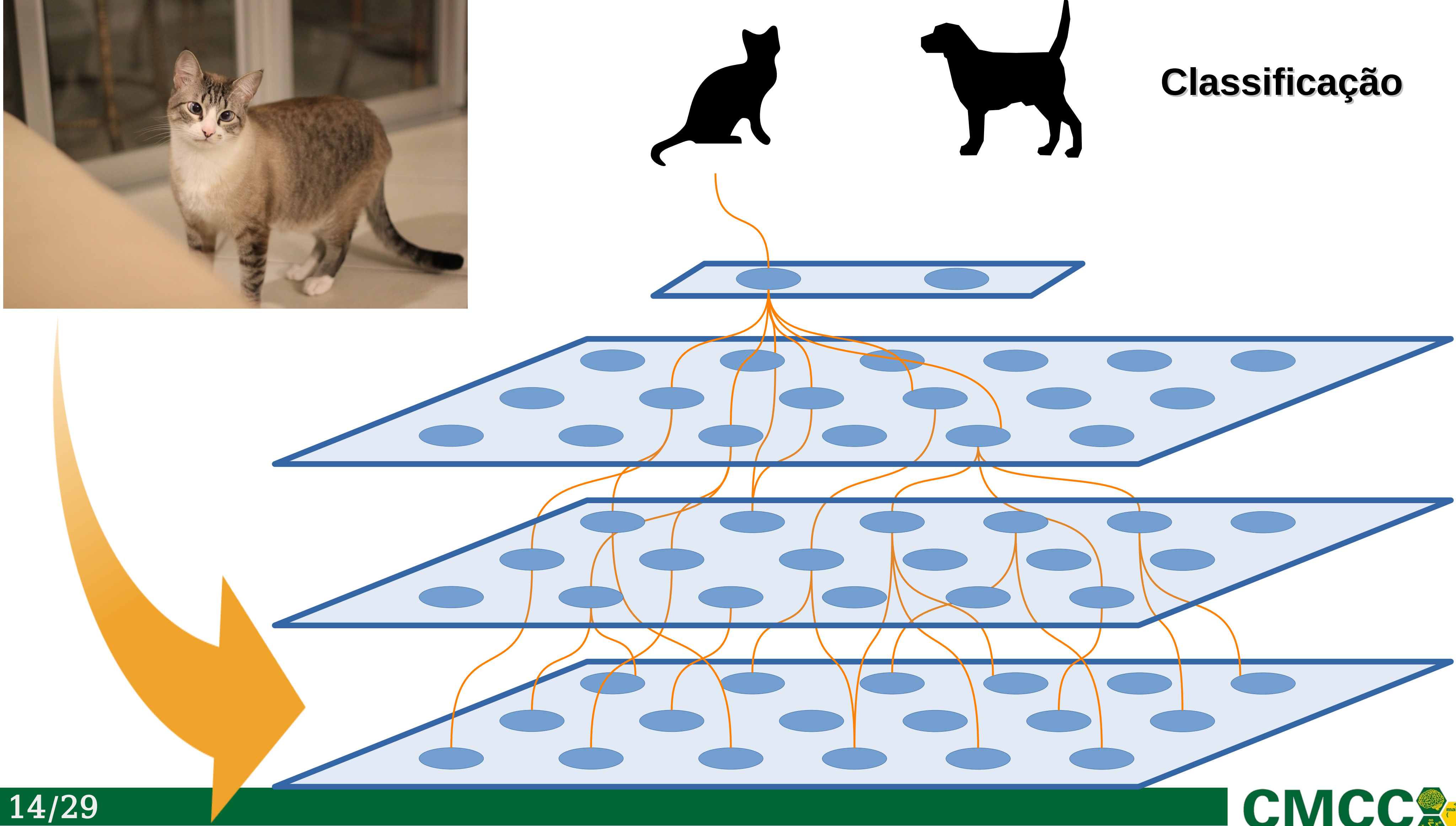


Aprendizado supervisionado



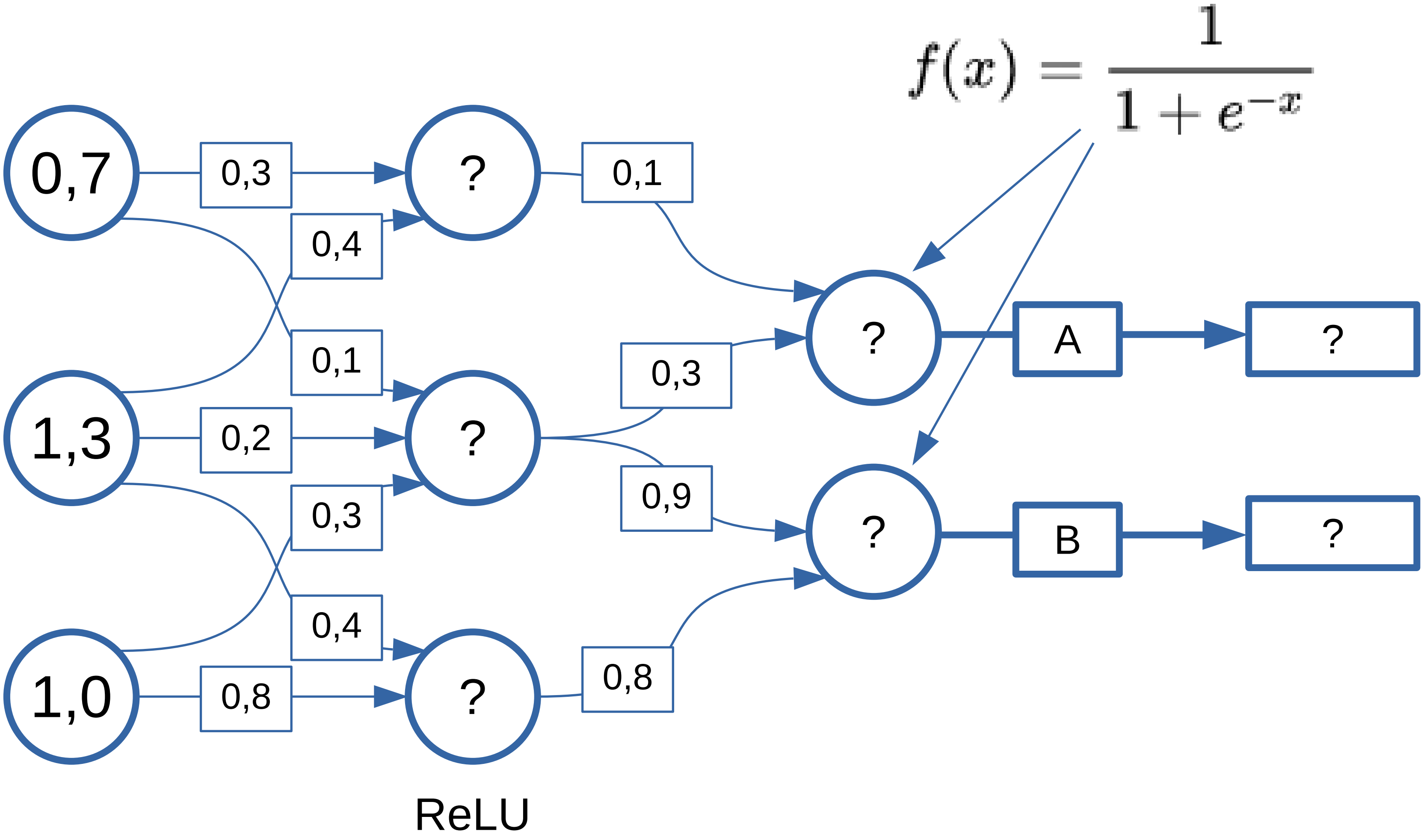
Usos para RNA’s

- Classificação
- Regressão
- Redução de dimensionalidade



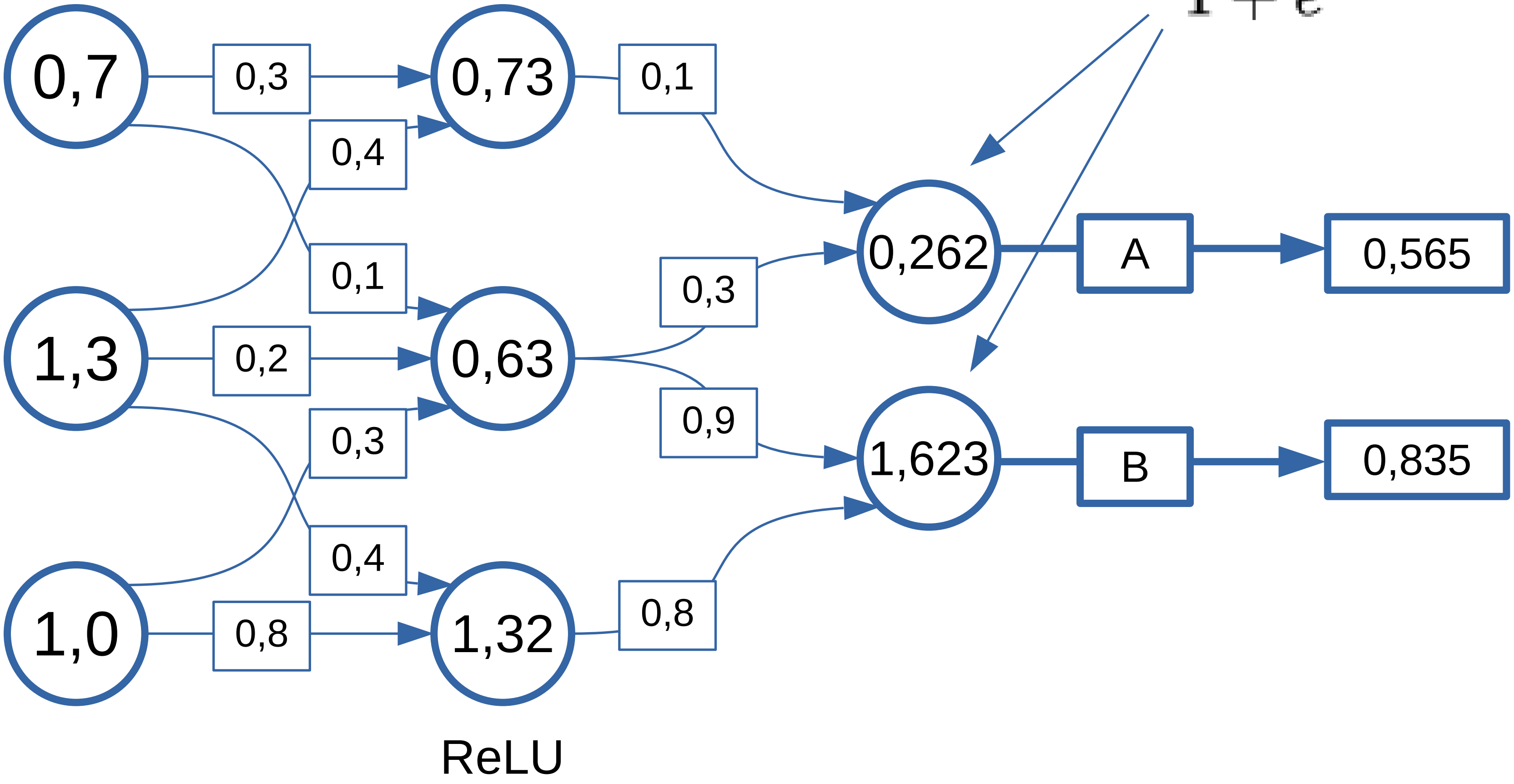
Classificação

Exercício



Exercício

$$f(x) = \frac{1}{1+e^{-x}}$$



CMCC
Centro de Matemática, Computação e Cognição

Algoritmos Genéticos + RNA’s

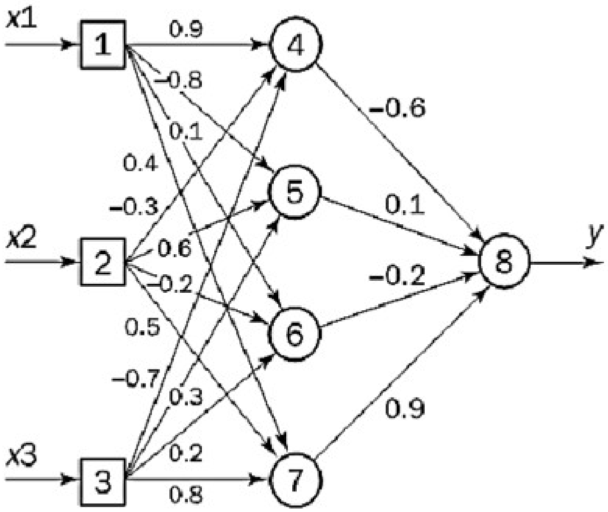
- Evoluir certos aspectos de uma RNA:
  - Pesos sinápticos (p/ estrutura fixa)
  - Estrutura (quantidades de camadas e neurônios por camada)
  - Regra de aprendizado (Learning rule)
  - Hiperparâmetros

Algoritmos Genéticos + RNA’s - Características

- Evoluir os parâmetros da RNA implica em substituir o processo de aprendizado
  - As RNA’s geradas são testadas em situações de uso e ranqueadas de acordo com algum critério
  - As melhores candidatas passam para a próxima geração via algum mecanismo de GA
    - Crossover
    - Mutação
    - Elitismo

Representação cromossomial direta

To neuron \ From neuron:	1	2	3	4	5	6	7	8
1	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0.9	–0.3	–0.7	0	0	0	0	0
5	–0.8	0.6	0.3	0	0	0	0	0
6	0.1	–0.2	0.2	0	0	0	0	0
7	0.4	0.5	0.8	0	0	0	0	0
8	0	0	0	–0.6	0.1	–0.2	0.9	0

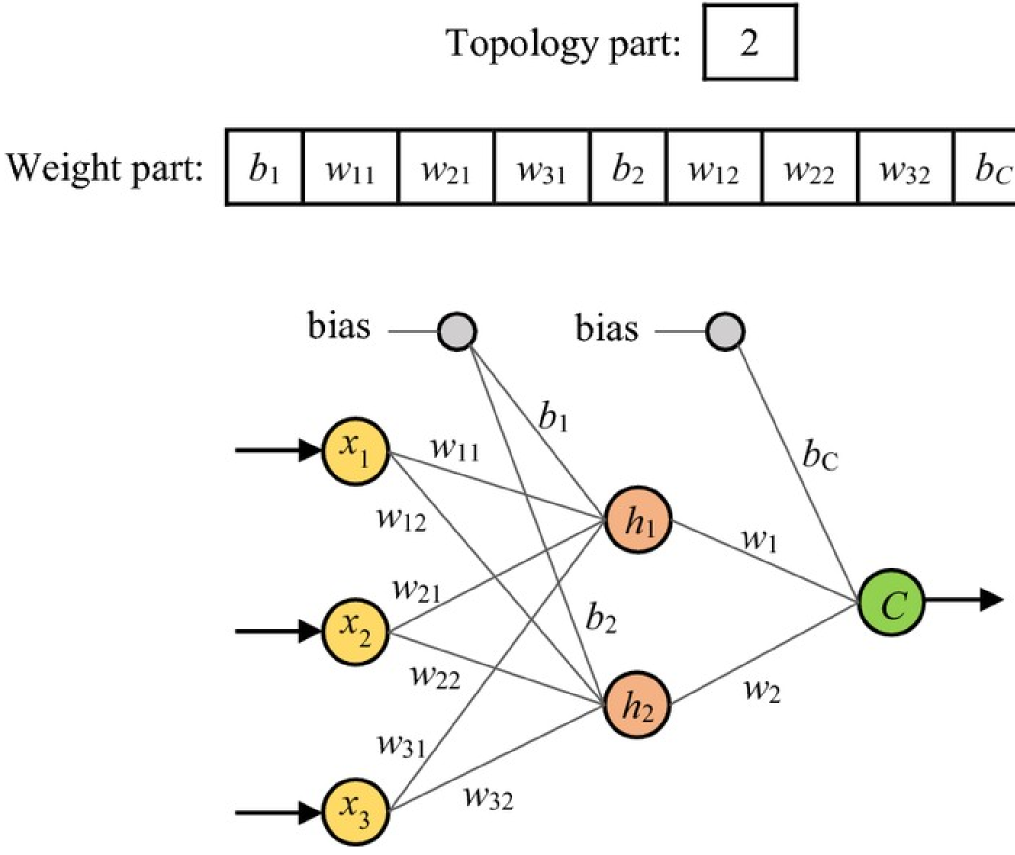


Topologia fixa, pesos variáveis

Chromosome:

0.9	–0.3	–0.7	–0.8	0.6	0.3	0.1	–0.2	0.2	0.4	0.5	0.8	–0.6	0.1	–0.2	0.9

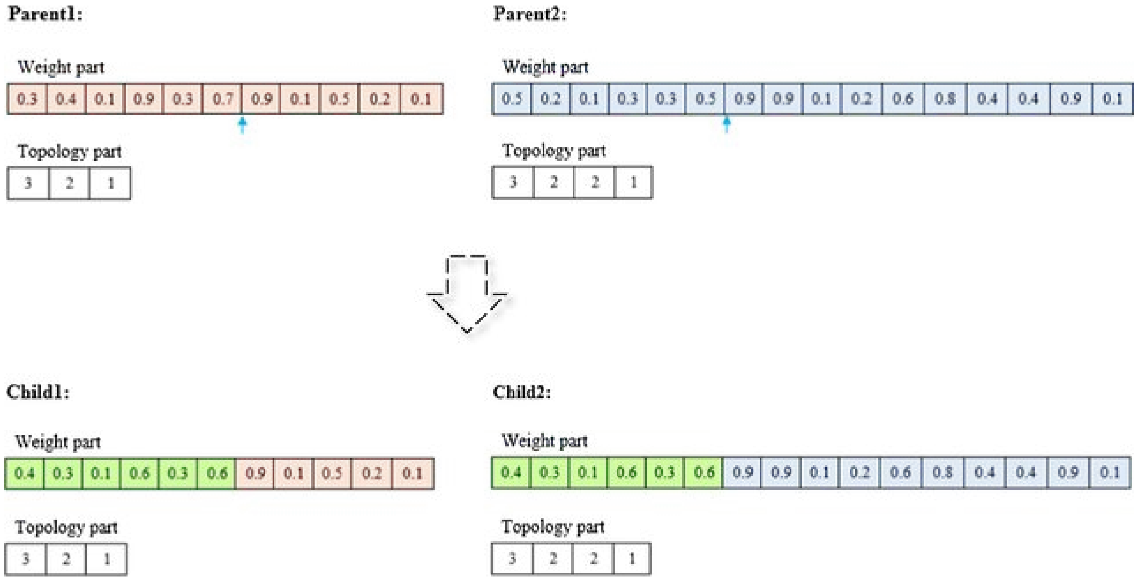
Representação cromossomial



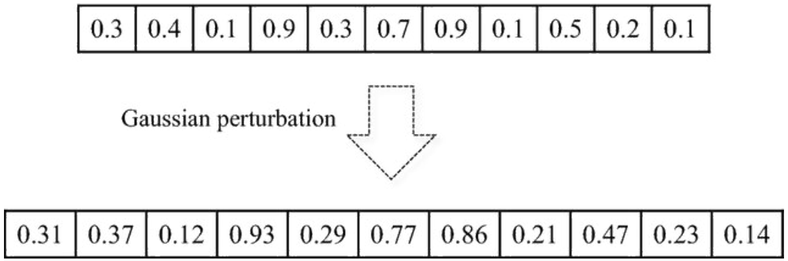
Topologia fixa,
pesos variáveis

Operadores genéticos

Crossover



Mutação



CMCC Centro de Matemática, Computação e Cognição

Representação cromossomial gramatical

- Evolui topologias a partir de regras (gramática)
  - Gramática é o genótipo
  - RNA gerada é o fenótipo
  - RNA precisa ser treinada (backpropagation) e depois testada para determinar o seu fitness

Evolução de hiperparâmetros

- Evolui a partir de topologias fixas
  - Cromossomos codificam hiperparâmetros
  - As RNA’s são geradas, treinadas e testadas
  - Resultado serve p/ determinação do fitness

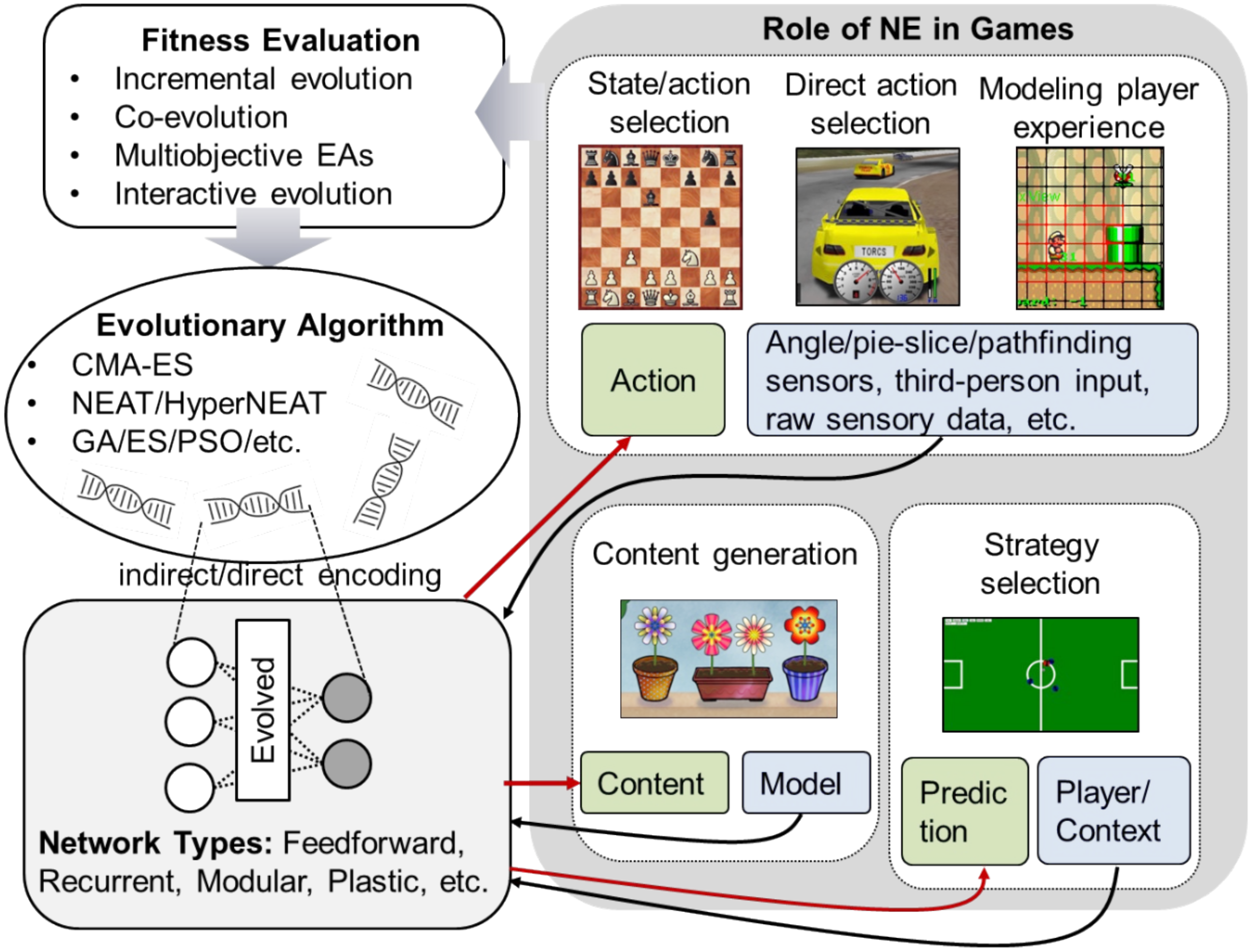
Neuroevolução

- Mecanismos de evolução baseados em:
  - Algoritmos Genéticos (GA)
  - Estratégias Evolucionárias (ES)
  - Programação Genética (GP)

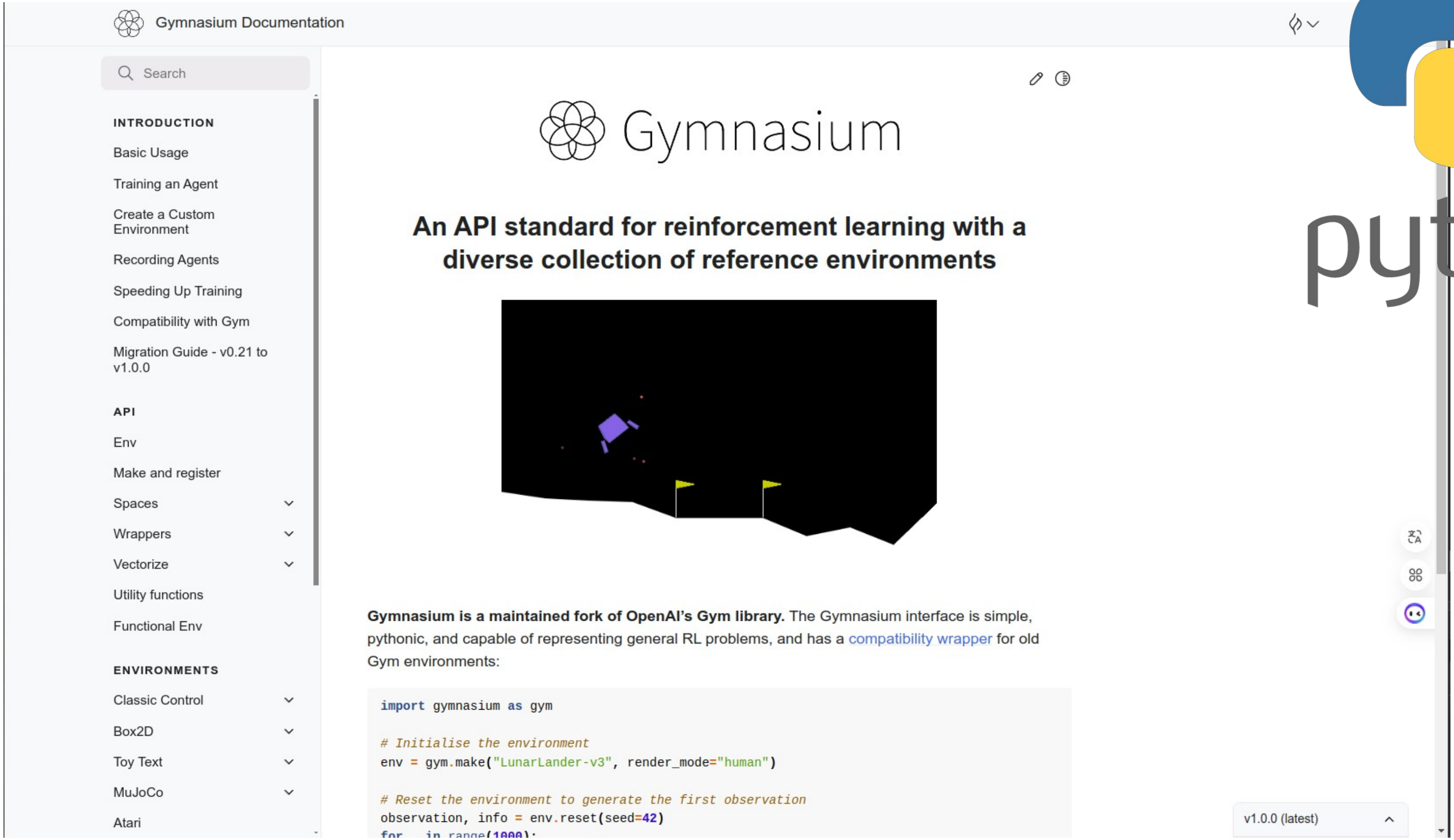
Neuroevolução – Estratégias Evolutivas

- Ajuste do **desvio padrão** de cada perturbação gaussiana (mecanismo de mutação) de acordo com a **função de perda** (geralmente MSE). Desse modo, o passo de adaptação é grande enquanto o erro for alto (**maior exploração**) e diminui conforme o erro cai (**maior explotação**). Assim, a busca da solução fica mais próxima dos pontos de menor erro.

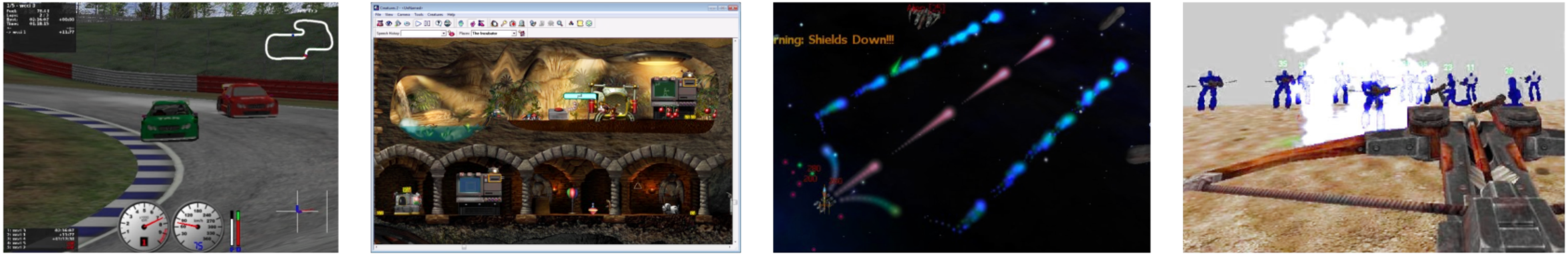
Neuroevolução em jogos



Neuroevolução em jogos



Neuroevolução em jogos



(a) (b) (c) (d)

Fig. 2. **Neuroevolution in Existing Games.** (a) NE is able to discover high-performing controllers for racing games such as TORCS [11]. (b) NE has also been successfully applied to commercial games, such as Creatures [44]. Additionally, NE enables new types of games such as GAR (c), in which players can interactively evolve particular weapons [46], or NERO (d), in which players are able to evolve a team of robots and battle them against other players [119].

Neuroevolução em jogos

The Role of Neuroevolution in Selected Games. ES = evolutionary strategy, GA = genetic algorithm, MLP = multi-layer perceptron, MO = multiobjective, TP = third-person (input not tied to a specific frame of reference, e.g. number edible ghosts) , UD = user-defined network topology, PA = performance alone

NE Role (Section III)	Game	ANN Type (Section IV)	NE Methods (Section V)	Fitness Evaluation (Section VI)	Input Representation (Section VII)
State/action evaluation	**Checkers** [32]	MLP	UD, GA	Coevolution	TP (piece type)
	Chess [32]	MLP	UD, GA	PA (positional values)	TP (piece type)
	Othello [79]	MLP	Marker-based [34]	Cooperative coevolution	TP (piece type)
	Go (7×7) [38]	CPPN (MLP)	HyperNEAT	PA (score+board size)	TP (piece type)
	Ms. Pac-Man [71]	MLP	UD, ES	PA (average score)	Path-finding
	Simulated Car Racing [74]	MLP	UD, ES	PA (waypoints visited)	Speed, pos, waypoints
Direct action selection	**Quake II** [85] [86]	MLP	UD, GA	PA (kill count)	Visual Input (14×2)
	Unreal Tournament [135]	Recurrent, LSTM	UD, GA, NSGA-II	MO (damage&accuracy)	Pie-slice, way point, etc.
	Go (7×7) [118]	MLP	NEAT	Transfer Learning	Roving Eye (3×3)
	Simulated Car Racing [124]	MLP	UD, ES	Incremental Evolution	Rangefinders, waypoints
	Keepaway Soccer [122]	MLP	NEAT	Transfer Learning	Distances
	Battle Domain [105]	MLP	NEAT, NSGA-II	MO+Incremental	Angle, straight line
	NERO [119]	MLP	NEAT	Interactive Evolution	Rangefinders, pie-slice
	Ms. Pac-Man [106]	Modular MLP	NEAT, NSGA-II	MO (pills&ghosts eaten)	Path-finding
	Simulated Car Racing [29]	MLP	UD, GA	PA (distance)	Roving Eye (5×5)
	Atari [48]	CPPN (MLP)	HyperNEAT	PA (game score)	Raw input (16×21)
	Creatures [44]	Modular MLP	GA	Interactive Evolution	TP (e.g. type of object)
Selection between strategies	**Keepaway Soccer** [142] [143]	MLP	NEAT	PA (hold time)	Angle and distance
	EvoCommander [56]	MLP	NEAT	Interactive Evolution	Pie-slice, rangefinder
Modelling opponent strategy	**Texas Hold'em Poker** [66]	MLP	NEAT	PA (%hands won)	TP (e.g. size of pot, cost of a bet, etc.)
Content generation	**GAR** [46]	CPPN (MLP)	NEAT	Interactive Evolution	Model
	Petalz [97]	CPPN (MLP)	NEAT	Interactive Evolution	Model
Modelling player experience	**Super Mario Bros** [87]	MLP, Perceptron	UD, GA	PA (player preference)	TP (e.g. gap width, number deaths, etc.)