



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E DE COMPUTAÇÃO  
Departamento de Ciências de Computação

# SCC-5809

# Redes Neurais

João Luís Garcia Rosa<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Ciências de Computação  
Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação  
Universidade de São Paulo - São Carlos  
[joaoluis@icmc.usp.br](mailto:joaoluis@icmc.usp.br)

2012

# Sumário

- 1 Redes Neurais
  - A disciplina SCC 5809
  - Objetivos
  - Avaliação

# Sumário

- 1 Redes Neurais
  - A disciplina SCC 5809
  - Objetivos
  - Avaliação

# Programa

1. Cognição e Modelo Biológico
  - Introdução
  - Aplicações
  - Histórico
  - O Cérebro como Modelo
  - Sinapses
  - Sistema Nervoso
  - A Hipótese de Hebb
  - Ramón y Cajal
2. Topologia e Representação
  - Arquiteturas de Redes
  - Representação do Conhecimento
3. Aprendizado Conexionista
  - Por Correção de Erro
  - Hebbiano
  - Competitivo
  - Supervisionado
  - Não-supervisionado

# Programa

## 4. Perceptron de Camada Única

- Sistema Dinâmico
- Algoritmo LMS
- Teorema da Convergência do Perceptron

## 5. Perceptron de Múltiplas Camadas

- Arquitetura
- Algoritmo backpropagation
- Gradientes
- Generalização
- Validação

## 6. Redes RBF

- Arquitetura
- Teorema de Cover
- RBF vs. MLP
- Computação na rede RBF

# Programa

## 7. Neurodinâmica e Redes Associativas

- Neurodinâmica determinística
  - Espaço de estados
  - Estabilidade
  - Atratores
- Rede de Hopfield
- Memória Associativa

## 8. Auto-organização

- Princípios da auto-organização
- PCA - Principal Components Analysis
- Mapas auto-organizáveis de Kohonen

## 9. Redes Neurais Artificiais Biologicamente Plausíveis

# Sumário

- 1 **Redes Neurais**
  - A disciplina SCC 5809
  - **Objetivos**
  - Avaliação

# Objetivos

- Apresentar ao aluno os conceitos básicos de Redes Neurais e seus principais modelos.
- Analisar o comportamento destes modelos, suas capacidades fundamentais e limitações, possibilitando a utilização destas técnicas na resolução de problemas práticos.



# Justificativa

- As pesquisas em Redes Neurais está em pleno desenvolvimento e os resultados obtidos na solução de problemas complexos (visão, voz, etc.), muitos deles ainda não resolvidos satisfatoriamente em computadores digitais, têm despertado o interesse de pesquisadores de diversas áreas, tais como, processamento de imagens, reconhecimento de padrões, robótica, controle, otimização, processamento paralelo, etc.
- Por seu caráter multidisciplinar, acredita-se que este curso atrairá estudantes de pós-graduação de diversas áreas e proporcionará o desenvolvimento de importantes pesquisas envolvendo Redes Neurais.

# Eventos e Publicações

- Principais Eventos em Redes Neurais:
  - SBRN - Simpósio Brasileiro de Redes Neurais
  - IJCNN - International Joint Conference on Neural Networks
- Principais Publicações:
  - IEEE Transactions on Neural Networks
  - Neural Networks

# Material e Aulas

- **Material:**

- CoteiaWiki: [http://wiki.icmc.usp.br/index.php/SCC-5809\\_%28Joaoluis%29](http://wiki.icmc.usp.br/index.php/SCC-5809_%28Joaoluis%29)

- **Aulas:**

- Quartas: 09h00-12h00
- Sala: 3-011

# Sumário

- 1 **Redes Neurais**
  - A disciplina SCC 5809
  - Objetivos
  - **Avaliação**

# Avaliação

- 2 provas:
  - $P_1 = 03/10$
  - $P_2 = 28/11$
- 3 trabalhos de programação individuais<sup>1</sup>:  $T_1$ ,  $T_2$  e  $T_3$ :
  - Submissão do Trabalho  $T_1$  (implementar uma MLP com BP para reconhecimento de dígitos): 28/9.
  - Submissão do Trabalho  $T_2$  (implementar uma RBF, Hopfield ou SOM): 01/11.
  - Submissão do Trabalho  $T_3$  (implementar uma rede biologicamente mais plausível)<sup>2</sup>: 05/12.

---

<sup>1</sup> Implementar em qualquer linguagem de programação.

<sup>2</sup> É possível a substituição do Trabalho 3 por um artigo ou pela apresentação de um seminário.

# Avaliação

- MP = Média Ponderada das Provas:
  - $MP = P_1 * 0,4 + P_2 * 0,6$
- MT = Média Aritmética dos Trabalhos
- MF = Média Final:
  - Se  $MP \geq 5,0$  e  $MT \geq 5,0$  então  $MF = (6*MP + 4*MT)/10$
  - Se  $MP < 5,0$  ou  $MT < 5,0$  então MF = menor valor entre MP e MT

# Integridade Acadêmica

- A “cola” ou plágio em provas, exercícios ou atividades práticas implicará na atribuição de nota zero para todos os envolvidos.
- Dependendo da gravidade do incidente, o caso será levado ao conhecimento da Coordenação, para as providências cabíveis.
- Na dúvida do que é considerado cópia ou plágio, o aluno deve consultar o professor antes de entregar um trabalho.

# Bibliografia Básica I



S. Haykin

*Neural networks - a comprehensive foundation.*  
2nd. edition. Prentice Hall, 1999.



# Bibliografia Complementar I

- [1] D. H. Ackley, G. E. Hinton, and T. J. Sejnowski  
“A learning algorithm for Boltzmann machines.”  
*Cognitive Science*, vol. 9, pp. 147–169, 1985.
- [2] J. A. Anderson and E. Rosenfeld (Eds.)  
*Talking Nets - An Oral History of Neural Networks*.  
A Bradford Book. The MIT Press, 1998.
- [3] M. A. Arbib (Ed.)  
*The Handbook of Brain Theory and Neural Networks*.  
Second edition. A Bradford Book - The MIT Press, 2003.
- [4] A. P. Braga, A. P. L. F. Carvalho e T. B. Ludermir  
*Redes Neurais Artificiais - Teoria e Aplicações*.  
2a. edição. Editora LTC, 2007.

# Bibliografia Complementar II

- [5] D. S. Broomhead and D. Lowe  
“Multivariable functional interpolation and adaptive networks.”  
*Complex Systems*, vol. 2, pp. 321-355, 1988.
- [6] A. E. Bryson and Y.-C. Ho  
*Applied Optimal Control*.  
Blaisdell, New York, 1969.
- [7] F. Crick and C. Asanuma  
“Certain Aspects of the Anatomy and Physiology of the Cerebral Cortex.”  
in J. L. McClelland and D. E. Rumelhart (eds.), *Parallel Distributed Processing*, Vol. 2, Cambridge, Massachusetts - London, England, The MIT Press, 1986.

## Bibliografia Complementar III

- [8] C. Eliasmith and C. H. Anderson  
*Neural Engineering - Computation, Representation, and Dynamics in Neurobiological Systems.*  
A Bradford Book, The MIT Press, 2003.
- [9] J. L. Elman  
“Finding Structure in Time.”  
Technical Report, Center for Research in Language,  
UCSD, Number CRL-8801, April 1988.
- [10] W. J. Freeman  
*Mass action in the nervous system - Examination of the Neurophysiological Basis of Adaptive Behavior through the EEG.*  
Academic Press, New York San Francisco London 1975.

# Bibliografia Complementar IV

- [11] W. J. Freeman  
*How Brains Make Up Their Minds.*  
Weidenfeld & Nicolson, London, 1999.
- [12] D. O. Hebb  
*The Organization of Behavior: A Neuropsychological Theory.*  
Wiley, 1949.
- [13] G. E. Hinton and J. L. McClelland  
“Learning Representations by Recirculation.”  
in *Neural Information Processing Systems*, D. Z. Anderson  
(Ed.), American Institute of Physics, New York, 358–366,  
1988.

# Bibliografia Complementar V

[14] A. L. Hodgkin and A. F. Huxley

“A quantitative description of membrane current and its application to conduction and excitation in nerve.”

*J. Physiol.* (1952) 117, 500–544.

[15] J. J. Hopfield

“Neurons with graded response have collective computational properties like those of two-state neuron.”

*Proceedings of the National Academy of Sciences (USA)*, 79:2554–2558, 1982.

[16] E. M. Izhikevich

*Dynamical Systems in Neuroscience: The Geometry of Excitability and Bursting.*

The MIT Press, 2007.

# Bibliografia Complementar VI

- [17] M. I. Jordan  
“Attractor Dynamics and Parallelism in a Connectionist Sequential Machine.”  
*Proceedings of the Eighth Annual Cognitive Science Society Conference*, pp. 531–546, Amherst, MA. Erlbaum, 1986.
- [18] E. R. Kandel, J. H. Schwartz, and T. M. Jessell  
*Principles of Neural Science*.  
Fourth Edition. McGraw-Hill, 2000.
- [19] T. Kohonen  
“Self-organized formation of topologically correct feature maps.”  
*Biological Cybernetics*, vol. 43, pp. 59–69, 1982.

## Bibliografia Complementar VII

- [20] R. P. Lippmann  
“An Introduction to Computing with Neural Nets.”  
*IEEE ASSP Magazine*, April 1987, pp. 4–22.
- [21] J. L. McClelland and D. E. Rumelhart (Eds.)  
*Parallel Distributed Processing - Explorations in the  
Microstructure of Cognition.*  
Volume 2: Psychological and Biological Models. A  
Bradford Book - The MIT Press, 1986.
- [22] W. S. McCulloch and W. Pitts  
“A logical calculus of the ideas immanent in nervous  
activity.”  
*Bulletin of Mathematical Biophysics*, 5, pp. 115-133, 1943.

# Bibliografia Complementar VIII

[23] M. Minsky

*A Neural-Analogue Calculator Based upon a Probability Model of Reinforcement.*

Harvard University Psychological Laboratories,  
Cambridge, Massachusetts, January 8, 1952.

[24] M. L. Minsky and S. Papert

*Perceptrons: An Introduction to Computational Geometry.*  
MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 1969.

[25] *NEURALTOOLS.*

[http://www.palisade.com/neuraltools/?gclid=CMr4tOyZlqQCFYTu7QodLCuPCA.](http://www.palisade.com/neuraltools/?gclid=CMr4tOyZlqQCFYTu7QodLCuPCA)



# Bibliografia Complementar IX

[26] R. C. O'Reilly

“Biologically Plausible Error-driven Learning using Local Activation Differences: The Generalized Recirculation Algorithm.”

*Neural Computation*, 8:5, pp. 895–938, 1996.

[27] R. C. O'Reilly

“Six principles for biologically-based computational models of cortical cognition.”

*Trends in Cognitive Science*, 2, 455–462, 1998.

[28] R. C. O'Reilly and Y. Munakata

*Computational Explorations in Cognitive Neuroscience - Understanding the Mind by Simulating the Brain.*

A Bradford Book - The MIT Press, 2000.

# Bibliografia Complementar X

- [29] R. A. F. Romero  
“SCC-5809 Redes Neurais.”  
*Slides e listas de exercícios.* Programa de Pós-Graduação em Ciência de Computação e Matemática Computacional. ICMC/USP, 2010.
- [30] J. L. G. Rosa  
*Fundamentos da Inteligência Artificial.*  
Editora LTC. Rio de Janeiro, 2011.
- [31] J. L. G. Rosa  
“Biologically Plausible Artificial Neural Networks.”  
A two-hour tutorial presented at IJCNN 2005 -  
*International Joint Conference on Neural Networks,*  
Montréal, Canada, July 31st. 2005. Available at

# Bibliografia Complementar XI

<http://ewh.ieee.org/cmte/cis/mtsc/ieeecis/contributors.htm>.

[32] J. L. G. Rosa

“An Artificial Neural Network Model Based on Neuroscience: Looking Closely at the Brain.”

in V. Kurková, N. C. Steele, R. Neruda, and M. Kárný (Eds.), *Artificial Neural Nets and Genetic Algorithms - Proceedings of the International Conference in Prague, Czech Republic, 2001 - ICANNGA-2001*. April 22-25, Springer-Verlag, 138–141, 2001.

## Bibliografia Complementar XII

- [33] F. Rosenblatt  
“The perceptron: A perceiving and recognizing automaton.”  
Report 85-460-1, Project PARA, Cornell Aeronautical Lab., Ithaca, NY, 1957.
- [34] D. E. Rumelhart and J. L. McClelland (Eds.)  
*Parallel Distributed Processing - Explorations in the Microstructure of Cognition.*  
Volume 1: Foundations. A Bradford Book - The MIT Press, 1986.
- [35] S. Russell and P. Norvig  
*Artificial Intelligence - A Modern Approach.*  
2nd. edition. Prentice Hall, Inc., 2001.

# Bibliografia Complementar XIII

[36] G. M. Shepherd

*The synaptic organization of the brain.*

fifth edition, Oxford University Press, USA, 2003.

[37] R. Sun

“Hybrid connectionist/symbolic systems.”

in *The Handbook of Brain Theory and Neural Networks*,  
2nd. edition, M. A. Arbib (Ed.), A Bradford Book, MIT  
Press, 543–547, 2003.

[38] J. von Neumann

“Theory and Organization of Complicated Automata.”

in Burks, A. W., ed. (1966), *Theory of Self-Reproducing Automata [by] John von Neumann*, University of Illinois Press, Urbana., pp. 29–87 (Part One).

# Bibliografia Complementar XIV

- [39] B. Widrow and M. E. Hoff  
“Adaptive switching circuits.”  
in *1960 IRE WESCON Convention Record*, pp. 96–104,  
New York, 1960.
- [40] N. Wiener  
*Cybernetics*.  
Wiley, New York, 1948.