

# Classificação Hierárquica Multirrótulo Utilizando Redes Neurais Artificiais

Ricardo Cerri

Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação

Universidade de São Paulo

[cerri@icmc.usp.br](mailto:cerri@icmc.usp.br)

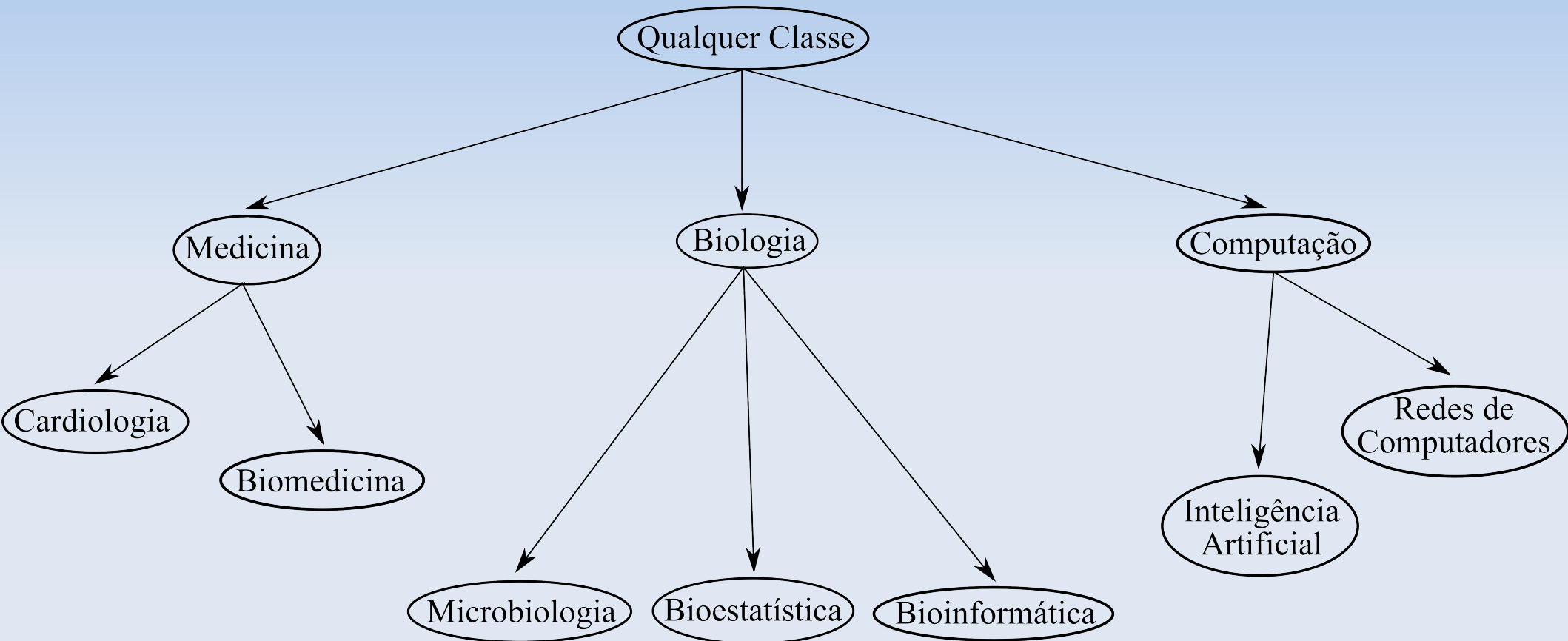
# Roteiro

- Introdução
- Classificação Hierárquica
- Classificação Multirrótulo
- Classificação Hierárquica Multirrótulo (HMC)
- Aplicação de Redes Neurais Artificiais (RNA)
- Proposta de uma nova abordagem utilizando MLPs
- Considerações Finais

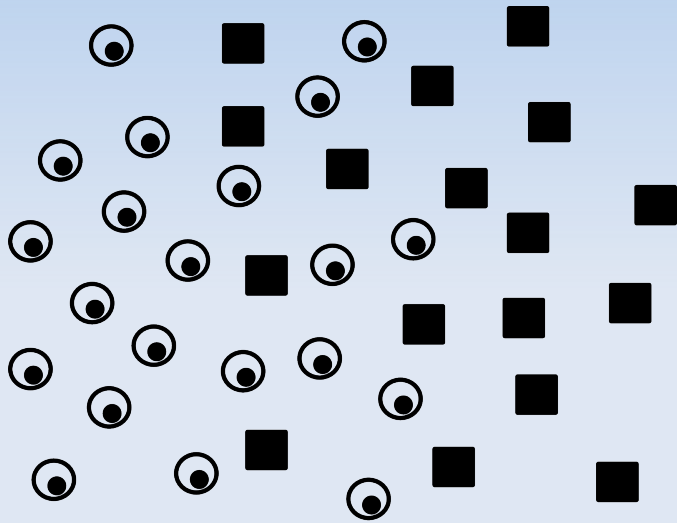
# Introdução

- Problemas de classificação tradicionais
  - Cada instância é associada com uma dentre duas ou mais classes
- Existem problemas mais complexos
  - Instâncias podem pertencer a mais de uma classe simultaneamente
  - Classes estruturadas como uma hierarquia
- Exemplos
  - Classificação de texto e predição de funções proteicas

# Classificação Hierárquica



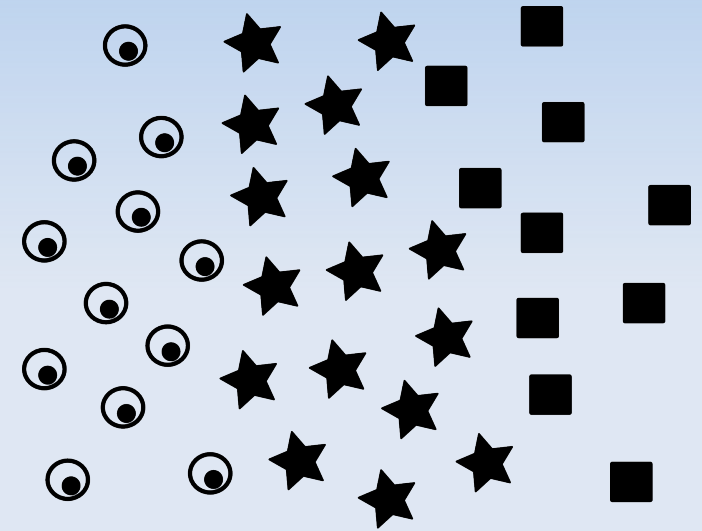
# Classificação Multirrótulo



(a)

⊙ Biologia

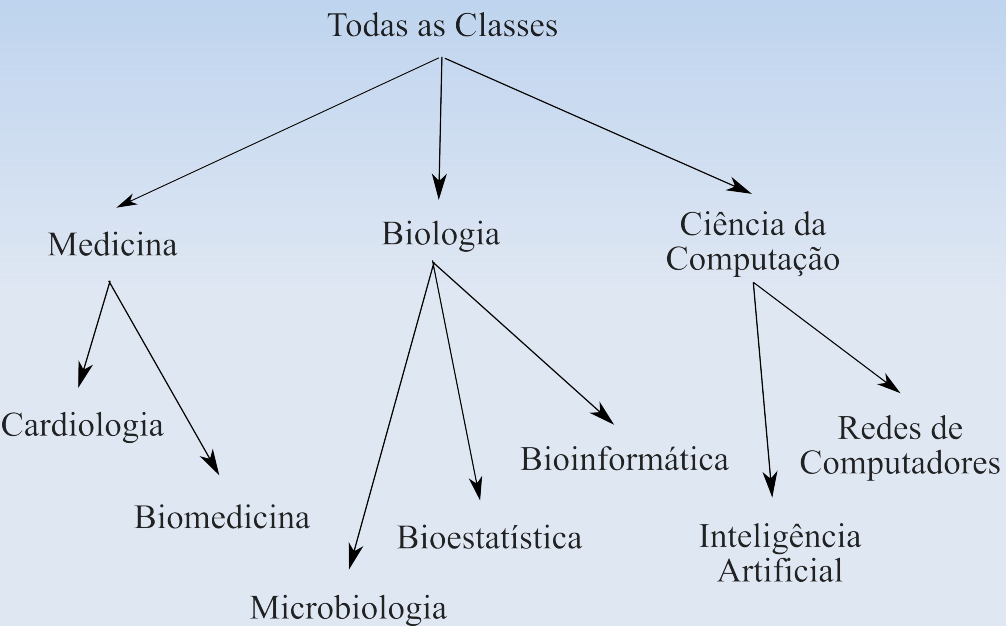
■ Ciência da Computação



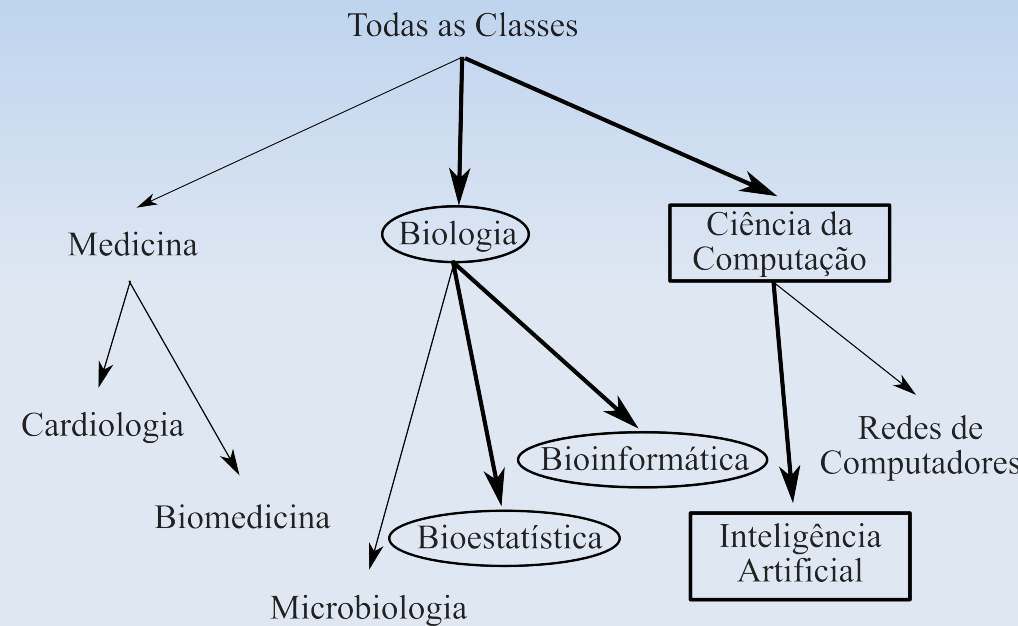
(b)

★ Bioinformática

# Classificação Hierárquica Multirrótulo



(a)



(b)

# Classificação Hierárquica Multirrótulo

- Abordagens comumente utilizadas
  - Local ou *Top-Down* e Global ou *One-Shot*
- Abordagem Local
  - Utiliza algoritmos tradicionais de classificação
  - Predição ocorre de maneira *top-down*
  - Desvantagens: erros são propagados para os níveis inferiores
- Abordagem Global
  - Induz um único modelo considerando toda a hierarquia de classes
  - Predição ocorre em apenas um passo.
  - Evita o problema de propagação de erros

# Aplicação de Redes Neurais Artificiais

- Skabar et al. (2006)
  - Estudo comparativo entre a utilização de um único MLP e vários MLPs binários em problemas multirrótulo.
  - O trabalho mostrou que uma rede MLP comum pode ser aplicada para problemas multirrótulo
  - Uma rede neural pode ser considerada naturalmente multirrótulo, já que pode obter várias saídas ao mesmo tempo
  - Para obter as saídas, basta aplicar um limiar desejado à saída de cada neurônio.



# Aplicação de Redes Neurais Artificiais

- Zhang e Zhou. (2006)
  - Propõe uma variação do algoritmo Backpropagation, especificamente para tratar problemas multirrótulo
  - Variação: nova função de erro que captura características multirrótulo
  - Classes que pertencem a uma instância recebem pontuações maiores

$$E = \sum_{i=1}^m E_i = \sum_{i=1}^m \frac{1}{|Y_i| |\bar{Y}_i|} \sum_{(k,l) \in Y_i \times \bar{Y}_i} \exp(- (c_k^i - c_l^i))$$

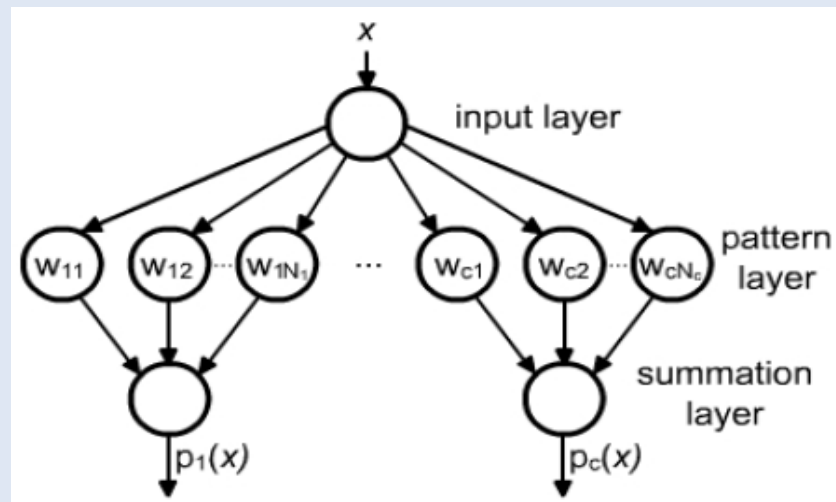
# Aplicação de Redes Neurais Artificiais

- Mencía e Fürnkranz. (2008)
  - Comparação de três métodos multirrótulo baseados em MLPs
  - *Binary Relevance*: treina uma rede binária para cada classe
  - MMP: treina uma rede por classe, porém tenta minimizar uma função de ranking entre todos os classificadores
  - MLPP: treina uma rede para cada par de classes do problema
  - Propuseram o Dual MLPP: perceptrons representados como uma combinação de instâncias que foram utilizadas durante o treinamento

Mencía E. L. e Fürnkranz, J. (2008). Pairwise learning of multilabel classifications with perceptrons. In Neural Networks, 2008. IJCNN 2008. (IEEE World Congress on Computational Intelligence). IEEE International Joint Conference on, pages 2899–2906.

# Aplicação de Redes Neurais Artificiais

- Oliveira et al. (2008)
  - Proposta uma modificação em um algoritmo chamado *Probabilistic Neural Network* (PNN) (Specht, 1990), para problemas multirrotulo
  - Tenta aproximar fronteiras de decisão utilizando o teorema de Bayes
  - Estima a função de densidade de probabilidade das instâncias



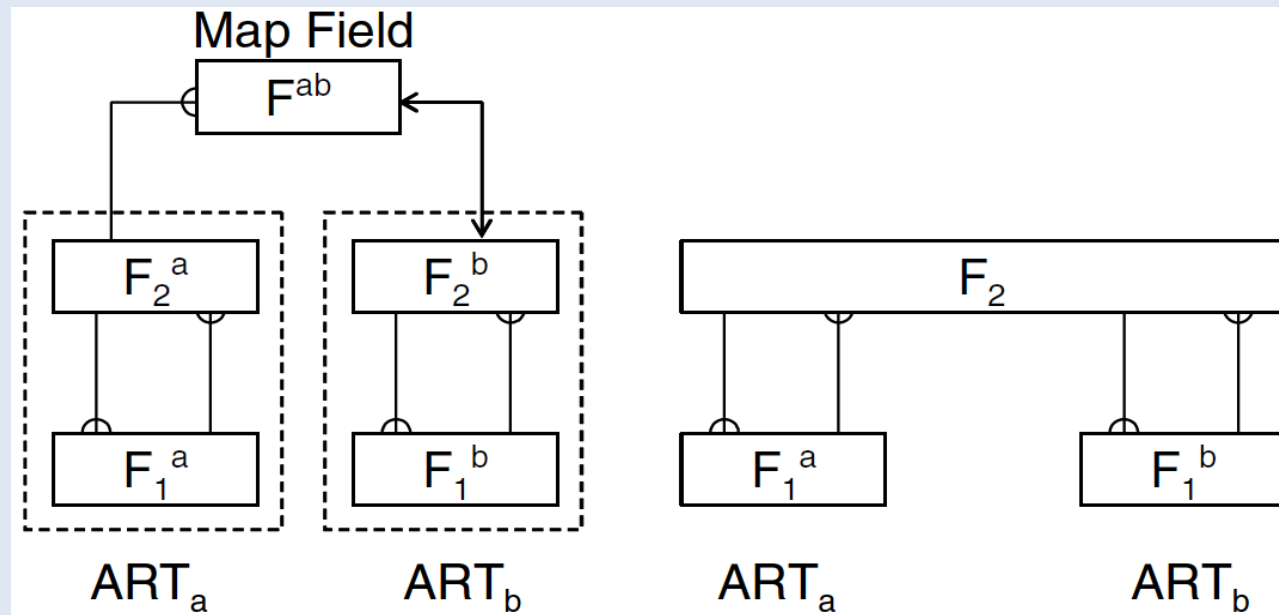
# Aplicação de Redes Neurais Artificiais

- Zhang e Wang (2009)
  - Proposto um novo algoritmo chamado MIML-RBF (*Multi-Instance Multi-Label Radial Basis Function*) para problemas multirrótulo
  - Cada exemplo corresponde a um conjunto de instâncias e um conjunto de classes
  - Primeira camada: consiste de conjuntos de instâncias formadas pela execução do k-medóides para cada possível classe
  - Segunda camada: pesos otimizados pela diminuição das somas dos erros quadráticos médios

# Aplicação de Redes Neurais Artificiais

- Sapozhnikova (2009)

- Abordagens baseada em redes ART (*Adaptive Resonance Theory*) para problemas multirrótulo
- Extensões neuro-fuzzy de métodos baseados em ART – Fuzzy ARTMAP e Fuzzy ARAM, que permitem uma extração de regras fuzzy



Sapozhnikova, E. P. (2009). Art-based neural networks for multi-label classification. In Proceedings of the 8th International Symposium on Intelligent Data Analysis: Advances in Intelligent Data Analysis VIII, IDA'09, pages 167–177, Berlin, Heidelberg. Springer-Verlag.

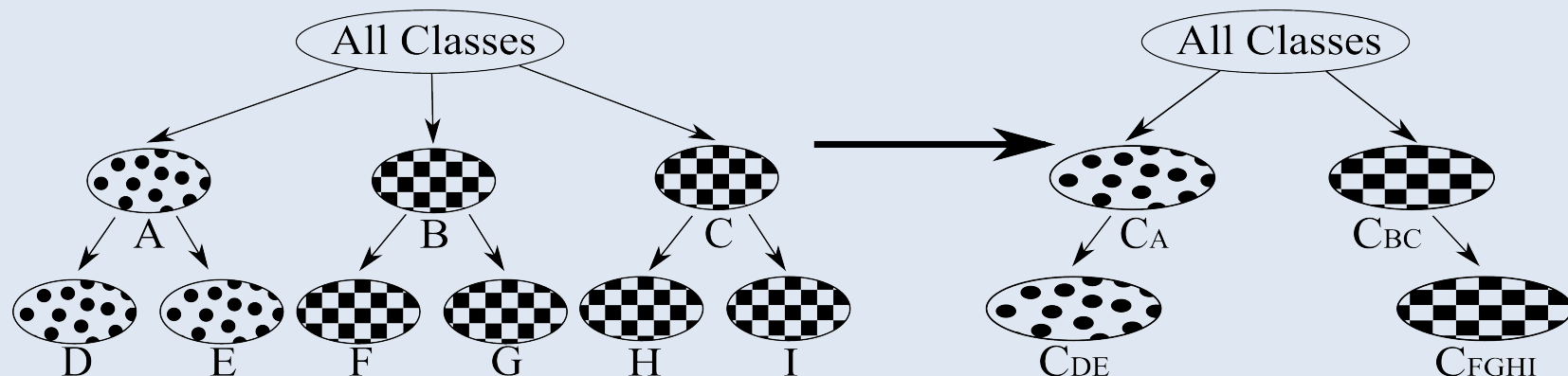
# Aplicação de Redes Neurais Artificiais

- Brucker et al. (2010)
  - Utilização do algoritmo ML-ARAM, proposto em Sapozhnikova (2009)
  - Inserção de um algoritmo de extração de hierarquias
  - Hierarquia é extraída das classes preditas e comparada com hierarquia existente para o problema
  - Mostrou bons resultados em conjuntos de dados de textos
  - Testado em problemas multirrótulo e hierárquicos multirrótulo

# Aplicação de Redes Neurais Artificiais

- Cerri e Carvalho (2010)

- Redes Neurais utilizadas como classificadores base em um método hierárquico multirrótulo chamado HMC-Label-Powerset
- O método consiste em combinar as classes atribuídas a uma instância e formar uma única classe, modificando o problema multirrótulo
- Treinamento e classificação de maneira *top-down* utilizando MLPs



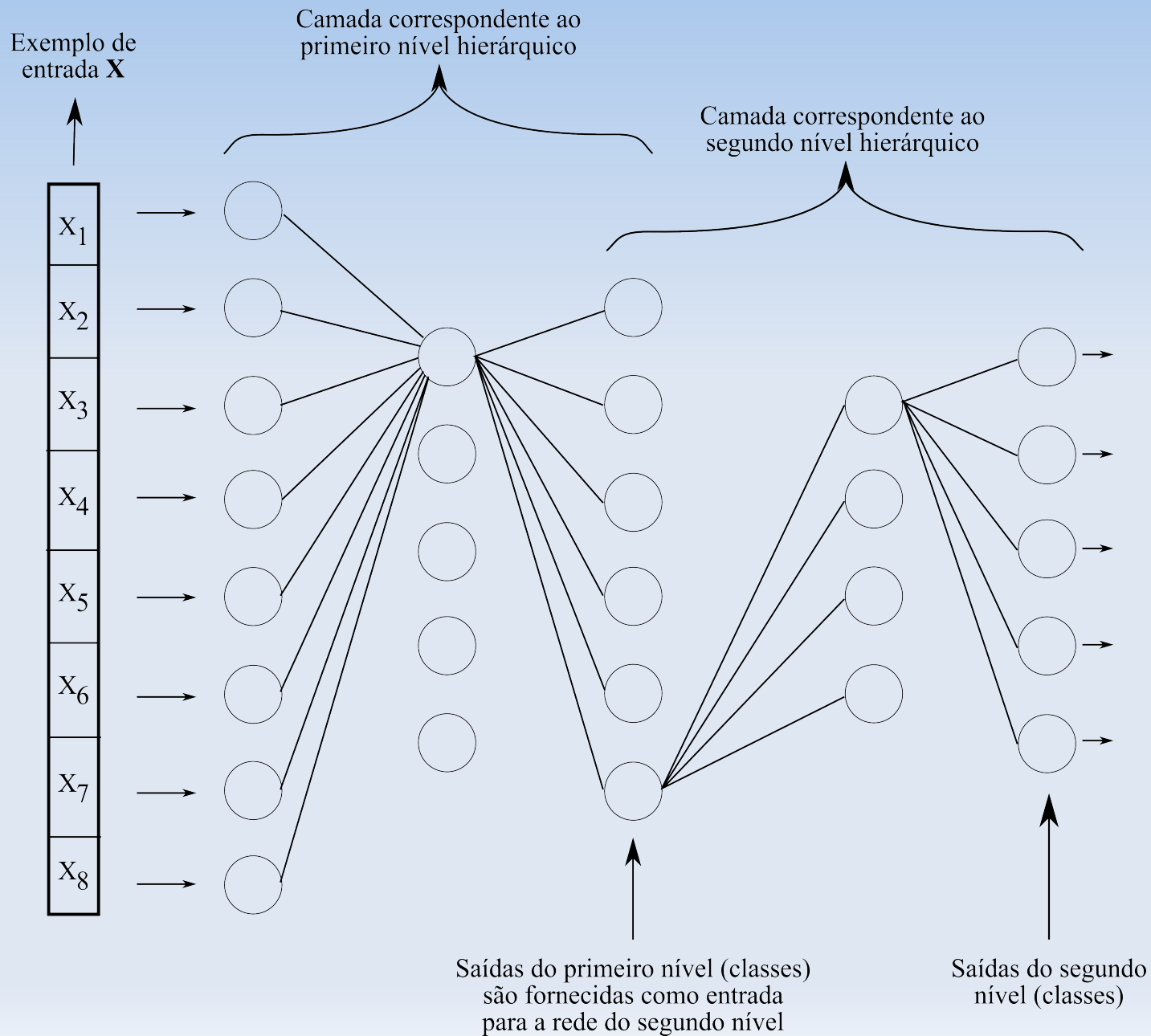
Cerri, R. e Carvalho, A. C. P. L. F. (2010). Hierarchical multilabel classification using top-down label combination and artificial neural networks. In Proceeding of the XI Brazilian Symposium on Artificial Neural Network, pages 253–258. IEEE.

# Nova Proposta Utilizando MLP para Classificação Hierárquica Multirrótulo

- Treinar incrementalmente várias redes neurais
- Uma rede para cada nível da hierarquia
- As saídas de um nível são dadas como entrada para a rede do nível seguinte
- Essa próxima rede, por sua vez, fará a predição das classes do próximo nível



# Nova Proposta Utilizando MLP para Classificação Hierárquica Multirrótulo



# Considerações Finais

- Revisão de trabalhos envolvendo Redes Neurais para classificação hierárquica multirrótulo
- Há ainda muito a se desenvolver
  - Trabalhos apresentam limitações
  - Tarefa de classificação é difícil
- Proposta de uma nova abordagem para tratar o problema
  - No futuro, verificar se essa nova abordagem obtem bons resultados