



IME - Instituto de  
Matemática e Estatística



# Uma abordagem Hierárquica para o Reconhecimento de Caracteres em Expressões Matemáticas Manuscritas

Cristiano P. Garcia

[garcia.usp@gmail.com](mailto:garcia.usp@gmail.com)

Nina S. T. Hirata (orientadora)

[nina@ime.usp.br](mailto:nina@ime.usp.br)

# [ Introdução ]

- Expressões matemáticas fazem parte do cotidiano de um grande número de pessoas.

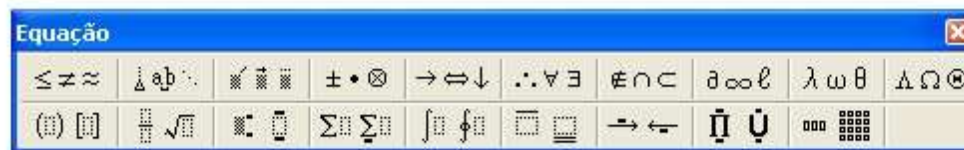
$$x_n = \frac{1}{\lambda^n} x_0,$$

$$T_n^* = \tau_0^* + \lambda^2 \tau_1^* + \dots + \lambda^{2n} \tau_n^*$$

$$u_n(x_n, \tau_n^*) = \lambda^{\frac{2n}{p-1}} \cdot u(\lambda^n x_n, T_n^*)$$

# [Introdução]

- Inserir-las em um computador pode não ser trivial.
- Nem todas as opções são fáceis de usar



$$\int 1 dx = x + K$$

# [ Introdução ]

- TeX e LaTeX são muito mais poderosos

```
\begin{displaymath}  
  f(\sum_{i=1}^n w_i x_i)  
\end{displaymath}
```

$$f\left(\sum_{i=1}^n w_i x_i\right)$$

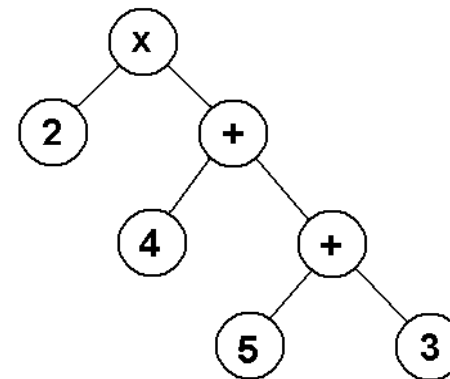
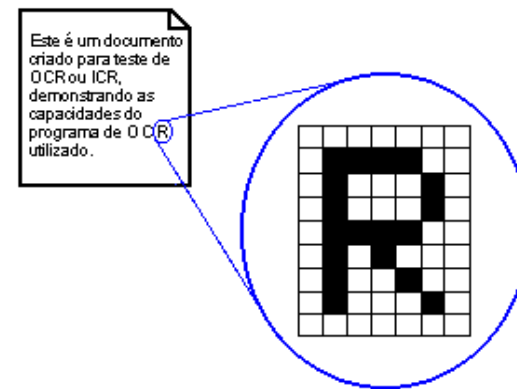
# [ Introdução ]

- Mas nada se compara à facilidade de escrever a expressão matemática manualmente.



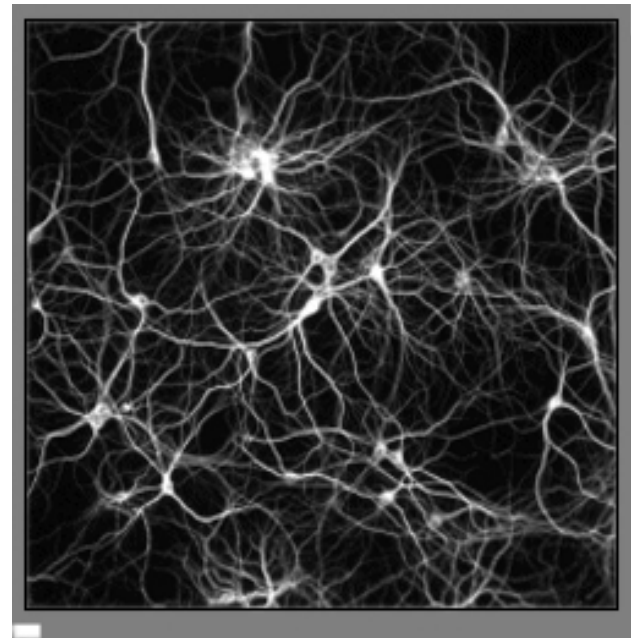
# [ Reconhecimento ]

- As duas principais etapas são:
- Reconhecimento individual dos símbolos
- Análise estrutural da expressão.



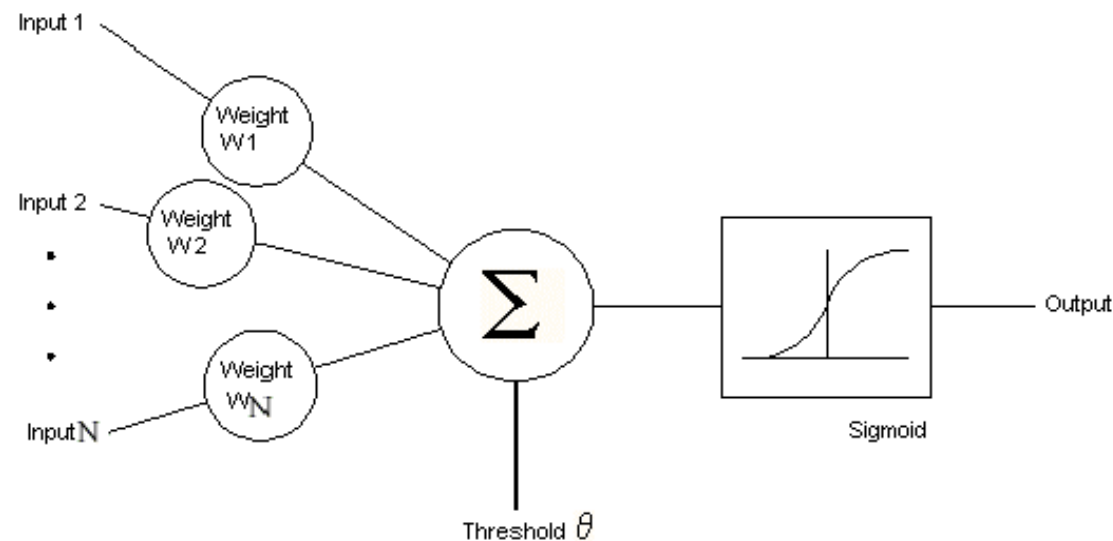
# [ Redes Neurais ]

- Um classificador comumente utilizado são as redes neurais.



# [ Redes Neurais ]

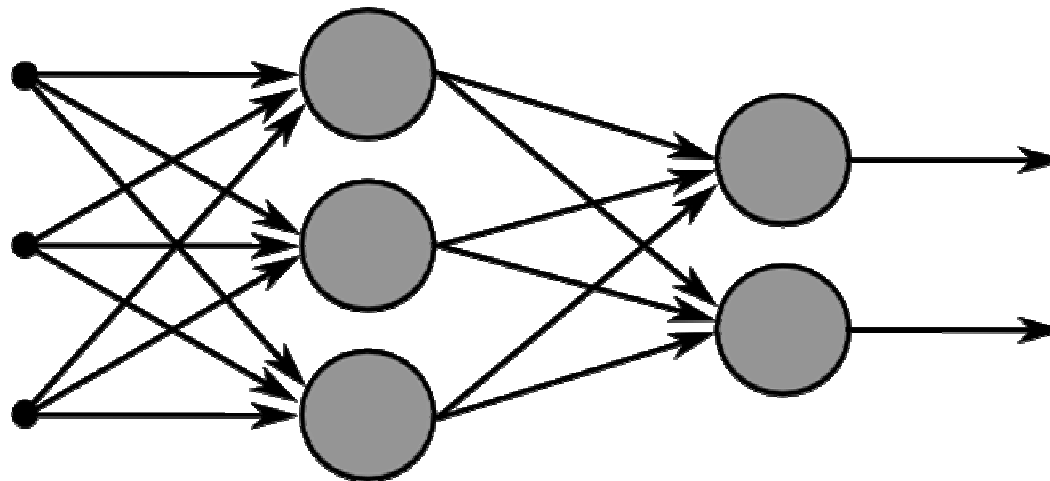
- Uma rede neural é composta de uma ou mais camadas de *perceptrons*.





# [ Redes Neurais ]

- Uma rede neural com várias camadas é chamada de *multi-layer perceptron*.



# [ Redes Neurais ]

---

- Depois de treinada, uma rede neural pode ser utilizada como um classificador.

$$f = \{$$



# [Extração de características]

- Para a extração de algumas características, é necessário dispor de informação da escrita *on line*.



# [Extração de características]

- O número de traços indica o número de vezes que a caneta tocou o papel.



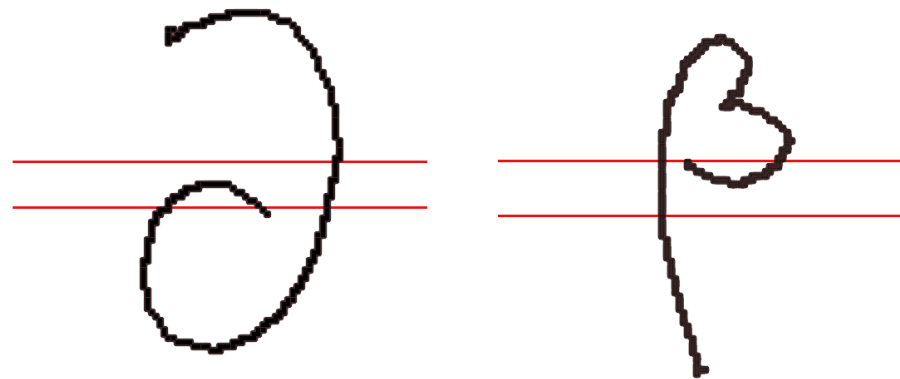
2 traços



4 traços

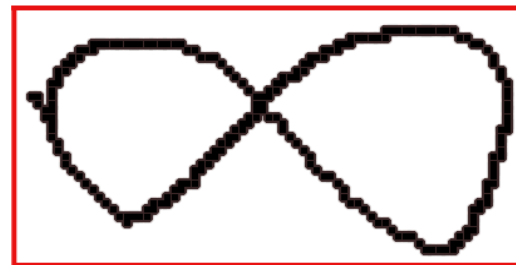
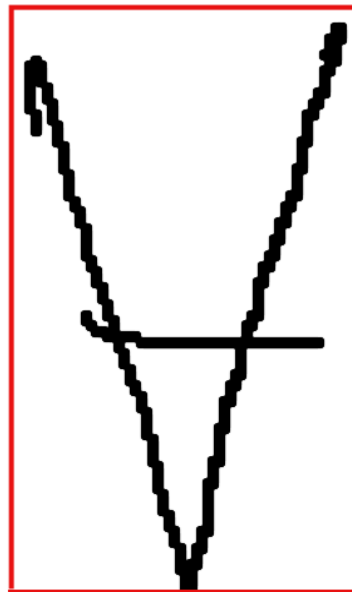
# [Extração de características]

- Pode-se classificar os símbolos de acordo com a região de maior densidade de pontos.



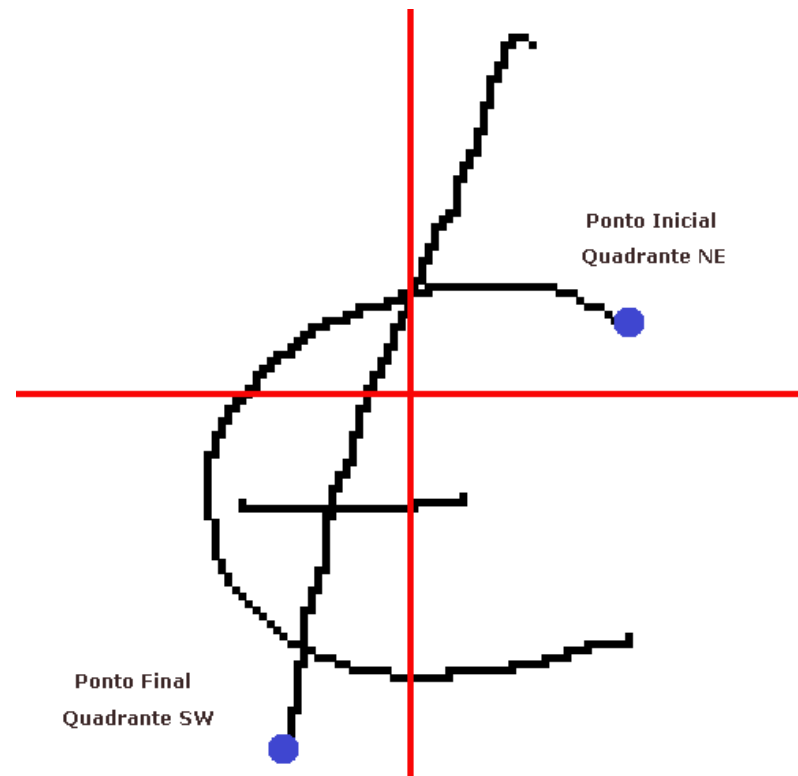
# [Extração de características]

- Relação entre a largura e a altura do símbolo.



# [Extração de características]

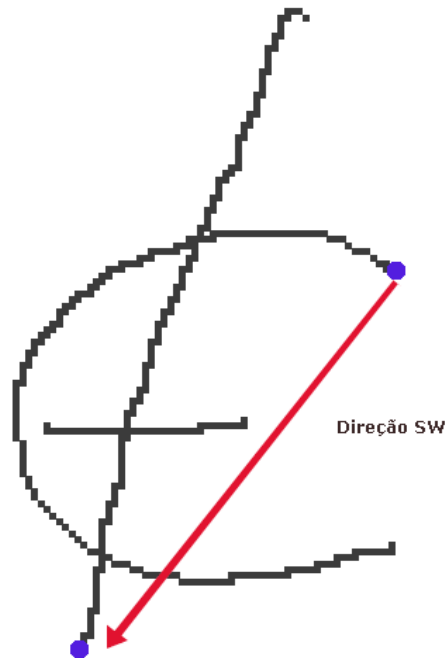
- Posição do primeiro e do último ponto.





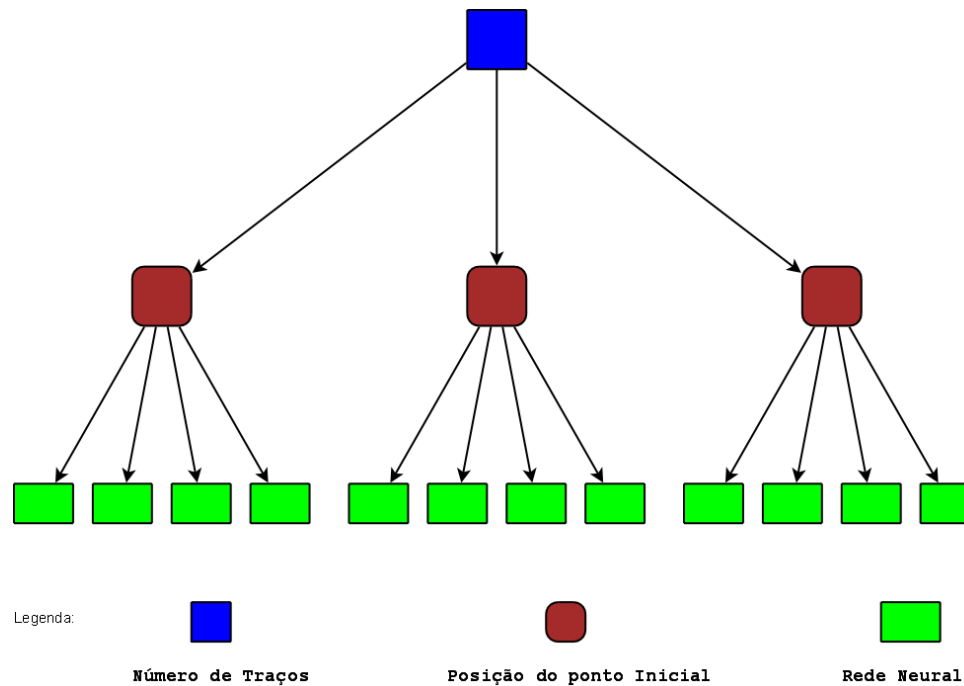
# [Extração de características]

- Direção do primeiro ao último ponto.



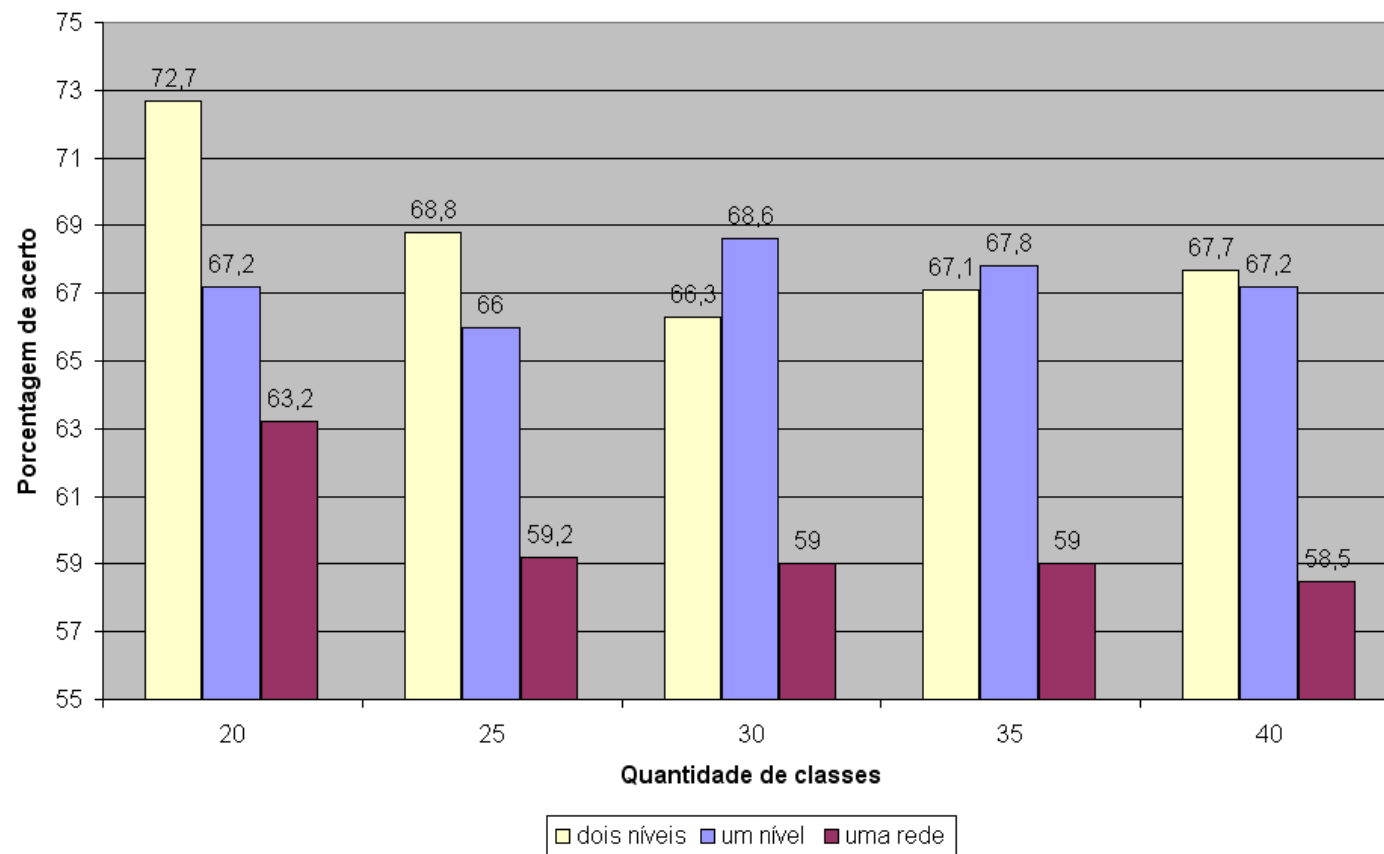
# [Abordagem proposta]

- Depois de escolhidas as características a serem analisadas, é montada a árvore de reconhecimento.



# [ Resultados ]

Taxa média de acerto em validação cruzada com 10 partes  
(10-fold cross-validation)



# [Agradecimentos]



Cristiano P. Garcia é bolsista ITI do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq.

# [Referências]

---

- Christopher M. Bishop, Neural Networks for Pattern Recognition, Oxford University Press Inc., New York, 1995.
- Kam-Fai Chan and Dit-Yan Yeung, Mathematical Expression Recognition: A Survey, International Journal on Document Analysis and Recognition 3 (2000), 3-15.
- Guobin Ou and Yi Lu Murphey, Multi-class pattern classification using neural networks, Pattern Recognition 40 (2007), 4-18.
- Stephen M. Watt and Xiaofang Xie, Recognition for Large Sets of Handwritten Mathematical Symbols, 2005, Eighth International Conference on Document Analysis and Recognition (ICDAR 2005), pp. 740-744.