

# Neurônio de McCulloch-Pitts

Hiago O. B. Batista - 96704

Departamento de Engenharia Elétrica  
Universidade Federal de Viçosa

Viçosa, Brasil  
hiago.batista@ufv.br

Werikson F. O. Alves - 96708

Departamento de Engenharia Elétrica  
Universidade Federal de Viçosa

Viçosa, Brasil  
werikson.alves@ufv.br

Dyuliano S. Soares - 2022104711

Departamento de Engenharia Elétrica  
Universidade Federal de Viçosa

Viçosa, Brasil  
dyuliano.soares@ufv.br

**Resumo**—Este relatório é uma introdução de Redes Neurais Artificiais, neste trabalho será abordado o neurônio de McCulloch-Pitts para a solução de problemas de classificação. Será verificado como apenas um neurônio é capaz de fazer a classificação de problemas de lógica *booleana* e suas limitações. Por fim será feito um trabalho de análise de crédito afim de verificar se deve ou não fazer o empréstimo de crédito.

**Palavras-chave:** Redes Neurais; Neurônio; Inteligência Artificial

## I. INTRODUÇÃO

As Redes Neurais Artificiais (RNA) são estruturas matemáticas capazes de resolver problemas de classificação de padrões, modelagem dinâmica de sistemas, ajuste de curvas e análise de agrupamento. As RNAs podem ser vistas como sistemas paralelos compostos por unidades elementares, denominadas neurônios artificiais, que usam determinadas funções matemáticas geralmente não-lineares, cujo funcionamento é inspirado no neurônio biológico.

O sistema nervoso é composto por bilhões de neurônios (neurônio biológico), responsáveis por transmitir impulsos ao cérebro. Eles possuem uma gama de utilidades, entre as quais destacam-se a tomada de decisão e a capacidade de raciocínio humana. Sendo a base do sistema nervoso, o neurônio é a célula característica do sistema nervoso com a capacidade de estabelecer conexões entre si ao receber estímulos do ambiente externo ou do próprio organismo.

A Figura 1 mostra como seria a estrutura de um neurônio real, visto de perto. O ser humano tem cerca de 86 bilhões de neurônios [1] e sua estrutura é geralmente a mesma:

- **corpo celular**, que acomoda o núcleo e as organelas celulares;
- **axônio**, uma prolongação única, revestida de mielina (camada lipídica que atua na condução dos impulsos nervosos) e responsável por conduzir os impulsos;
- **dendritos**, ramificações tanto do corpo celular quanto do axônio e realizam a comunicação entre os neurônios, por meio das sinapses.

Em busca de compreender o funcionamento do sistema nervoso, pesquisadores buscaram um modelo matemático de representação. Em 1943, os pesquisadores McCulloch e Pitts, propuseram um modelo matemático de um neurônio [2]. O modelo em si era uma simplificação do neurônio biológico até então conhecido na época.



Figura 1: Ilustração de um neurônio.

Para representar os dendritos, o modelo constou de  $n$  terminais de entrada de informações  $x_1, x_2, \dots, x_n$  e simplesmente um terminal de saída  $y$ , para representar o axônio. Cada entrada é multiplicada por um coeficiente ponderador que visa à simulação das sinapses, sendo que estes coeficientes são valores reais.

De forma análoga ao neurônio biológico, a sinapse só ocorre quando a soma ponderada dos sinais de entrada ultrapassa um limiar pré-definido, realizando, portanto, uma atividade semelhante ao potencial de ação das células excitáveis. No modelo proposto, o limiar foi definido de forma Booleana, dispara ou não dispara, resultante de uma função de ativação, conforme pode ser visto na Figura 2.

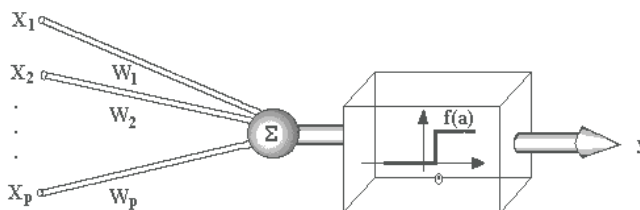


Figura 2: Estruturação matemática do neurônio de McCulloch e Pitts [3]

Dessa forma, o trabalho tem por objetivo criar uma rotina em Python para representar o neurônio de McCulloch.

## II. OBJETIVOS GERAIS E ESPECÍFICOS

O objetivo deste trabalho é modelar um neurônio de McCulloch para realização de classificações das funções AND, NAND e XOR.

Além disso, será feito o treinamento do neurônio de McCulloch para decidir se uma pessoa é boa para emprestar crédito ou ruim.

## III. MATERIAIS E MÉTODOS

Um modelo de neurônio de McCulloch pode ser escrito matematicamente como mostra a equação (1).

$$y = \phi \left( \sum_{i=1}^n x_i w_i + \theta_k \right) \quad (1)$$

Dado isto, foi implementado em Python uma rotina de treinamento utilizando o neurônio de McCulloch, como segue o algoritmo abaixo:

---

**Algorithm 1** BUSCA POR PESOS DO NEURÔNIO DE McCULLOCH

---

**Entrada:** Gerar n pesos aleatórios

- 1 Aplicar na equação (1)
  - enquanto** *Erro*  $\neq 0$  **faça**
  - 2   Gerar n pesos aleatórios
  - Aplicar na equação (1)
  - 3 **fim**
  - 4 **retorna** *Pesos*
- 

## IV. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Primeiramente o neurônio foi treinado a fim de emular as funções lógicas: *NAND*, *AND* e *XOR*. Para a função *NAND* foi obtido os seguintes valores:

$$[w_1, w_2, b] = [-1, -1, 1] \quad (2)$$

Observe pelo gráfico da Figura 3 a reta de separação dos valores *False* e *True*

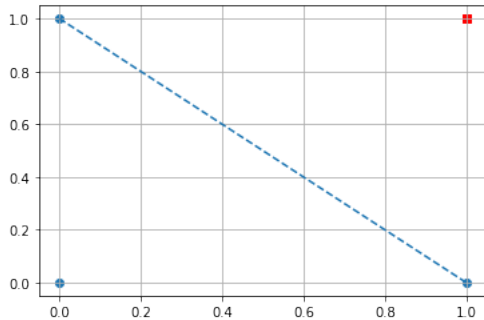


Figura 3: Reta de Separação *NAND*

Da mesma forma, foi feita à função *AND*, veja que ela é semelhante a *NAND* e a reta de separação está ilustrada na Figura 4

$$[w_1, w_2, b] = [1, 1, -1] \quad (3)$$

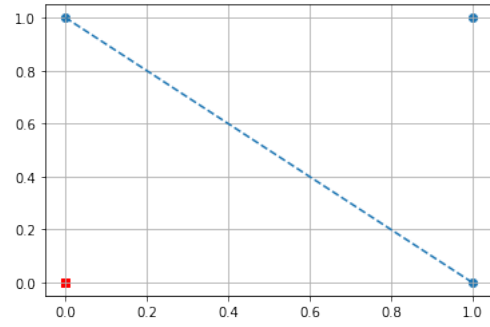


Figura 4: Reta de separação *AND*

Por fim, a função *XOR* não há como resolver este com a modelagem de apenas um neurônio, pois como ilustra a Figura 5 este problema não é linearmente separável.

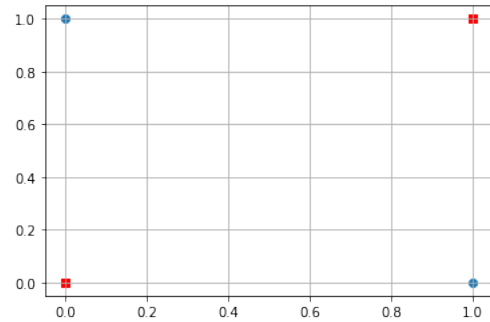


Figura 5: Representação da função *XOR*

Agora, para o ultimo problema de classificação, ilustrado pela Figura 6 foi utilizado o algoritmo (1).

Tabela 1: Análise de Crédito

Idade	Sexo	Casa	Carro	Casado(a)	Nº filhos	Renda	Resultado
18	M	N	S	N	0	1200	N
19	M	S	S	S	1	700	S
25	F	N	N	S	2	800	S
40	M	S	N	S	4	800	N
21	M	N	N	N	0	1100	S
22	F	S	S	S	2	500	N

Figura 6: Análise de crédito.

Para este algoritmo foi determinado uma distribuição uniforme com  $a = -10$  e  $b = 10$ . Dado isto, foi obtido os seguintes valores de pesos e bias:

$$[w_1, w_2, w_3, w_4, w_5, w_6, w_7, b]^T = \begin{bmatrix} 69571571 \\ 9380254 \\ -2.3889954 \\ -3.66333734 \\ 9.57894373 \\ -9.71132235 \\ -0.01836893 \\ 7.114524071006294 \end{bmatrix} \quad (4)$$

Portanto, vale salientar que este método, apesar de haver solução, não é adequado, pois cada vez que o número de entradas aumenta, menor é a probabilidade de gerar todos os pesos que zere o erro.

## V. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho apresentou as etapas de modelagem de um neurônio, onde foi realizado o modelo de neurônio artificial de McCulloch e Pitts, ajustado para representar as portas NAND e OR, sendo possível representar de diversas formas diferentes, entretanto a implementação da porta XOR não foi possível.

Também foi observado o comportamento do neurônio ajustado para responder à situação de crédito apresentada, entretanto, mais de uma combinação de pesos apresenta uma saída condizente. Quando esses pesos foram aplicados a uma situação semelhante do de ajuste, os resultados convergiram.

## REFERÊNCIAS

- [1] Zsolt László Kovács. *Redes neurais artificiais*. Editora Livraria da Física, 2002.
- [2] Spatti D. Flauzino R. Nunes, I. *Redes Neurais Artificiais para Engenharia e Ciências Aplicadas*. Artliber, 2010.
- [3] FCC De Castro and MCF De Castro. *Redes neurais artificiais. DCA/FEEC/Unicamp*, 2001.