

# Análise Comparativa de Modelos Preditivos de Redes Neurais nos Índices Ibovespa e S&P500 do Mercado Financeiro

Reneé R. Lima<sup>1</sup>  
Jerson L. Alves<sup>2</sup>  
Davi W. Misturini<sup>3</sup>  
Francisco A. dos Santos<sup>4</sup>  
João B. Florindo<sup>5</sup>  
IMECC/UNICAMP, Campinas, SP

Uma série temporal é uma sequência de observações medidas ao longo do tempo sobre algo. A análise de uma série temporal torna-se mais interessante com a possibilidade de se usarem os dados passados para fazer uma predição que, por sua vez, pode contribuir no planejamento ou tomada de decisão de empresas.

No mercado financeiro, essa predição pode auxiliar os investidores na tomada de decisão sobre seus investimentos. Com isso, o objetivo principal deste trabalho é fazer a análise comparativa de modelos preditivos de rede neurais no mercado financeiro, usando o índice Ibovespa, que representa a economia brasileira, e o índice S&P500 (Standard & Poor's), que pertence à maior economia mundial.

A Rede Neural Recorrente, do inglês *Recurrent Neural Network* (RNN), é uma classe de rede neural que pode prever o futuro fazendo a análise dos dados de uma série temporal. No caso do mercado de ações, ela pode informar o momento de comprar ou vender. Em sistemas de direção autônoma, consegue prever a trajetória que o veículo deve percorrer, prevenindo acidente. [1]

A LSTM, (do inglês, *Long Short-Term Memory*), é um tipo de (RNN) que “lembra” valores em intervalos arbitrários. Ela é bem adequada para classificar, processar e prever séries temporais com intervalos de tempo de duração desconhecida. Tem como vantagem a insensibilidade ao comprimento do intervalo e possui uma estrutura em cadeia que contém quatro redes neurais e diferentes blocos de memória chamados células.

Um índice do mercado de ações é uma referência de seu desempenho. Ele é calculado a partir de um portfólio de componentes que são, geralmente, ações representativas de diferentes setores econômicos, usando vários métodos de ponderação. Prever o movimento de um índice do mercado de ações é essencial para o investimento e definições de políticas econômicas [2].

Os dados utilizados neste estudo foram extraídos da interface pública de dados financeiros *Yahoo Finance*, referente ao período de 10 anos, compreendido entre 01/01/2010 a 31/12/2019. Posteriormente, para cada índice, filtrou-se o preço de fechamento, os quais foram divididos em dados de treinamento e teste na proporção 80% e 20%, respectivamente. Em seguida, criou-se uma janela deslizante de tamanho  $k = 7$  e horizonte  $h = 1$  para construir cada amostra de treinamento. Uma sequência de pontos de dados do preço  $[p_{t-k+1}, p_{t-k+2}, \dots, p_t]^T$  forma um vetor de entrada  $\vec{p}_t$

---

<sup>1</sup>r225144@dac.unicamp.br

<sup>2</sup>j235140@dac.unicamp.br

<sup>3</sup>d235799@dac.unicamp.br

<sup>4</sup>f219979@dac.unicamp.br

<sup>5</sup>florindo@unicamp.br

para prever o preço-alvo  $p_{t+1}$ . A saída prevista é denotada por  $\hat{p}_{t+1}$ . Essas janelas serão os vetores de entrada  $\vec{p}_t$ , que serão treinados e testados pelos modelos de redes neurais Denso, Convolutacional, LSTM e N-Beats, e, por fim, obtém-se a saída prevista  $\hat{p}_{t+1}$  para cada modelo.

Com o resultado de cada modelo preditivo, fez-se um comparação usando as métricas de erro MAE, RMSE, MAPE e MASE, que podem ser consultadas na Tabela 1. Os valores apresentados são arredondados para duas casas decimais e os melhores resultados estão destacados em negrito.

Tabela 1: Métricas de desempenho dos modelos de redes neurais do índice Ibovespa e S&P500.

| Índice   | Métrica | Denso        | Convolutacional | LSTM    | N-Beats     |
|----------|---------|--------------|-----------------|---------|-------------|
| Ibovespa | MAE     | 881,04       | <b>880,83</b>   | 949,05  | 884,32      |
|          | RMSE    | 1134,16      | <b>1132,46</b>  | 1202,45 | 1139,34     |
|          | MAPE    | 0,99         | <b>0,98</b>     | 1,05    | 0,99        |
|          | MASE    | <b>1,00</b>  | <b>1,00</b>     | 1,08    | <b>1,00</b> |
| S&P500   | MAE     | <b>18,28</b> | 18,52           | 19,51   | 18,55       |
|          | RMSE    | <b>26,04</b> | 26,31           | 27,51   | 26,21       |
|          | MAPE    | <b>0,66</b>  | 0,67            | 0,71    | 0,67        |
|          | MASE    | <b>1,00</b>  | 1,02            | 1,07    | 1,03        |

Com base na Tabela 1, no índice Ibovespa o modelo convolutacional apresenta melhor resultado seguido do modelo denso. Já no índice S&P500, o modelo denso é melhor do que o convolutacional. Contudo, nota-se que os modelos denso e convolutacional geram os melhores resultados em relação aos modelos LSTM e N-Beats.

Neste estudo, modelos de aprendizado profundo foram estudados e aplicados à predição da série temporal dos índices Ibovespa e S&P500. Verificou-se que os modelos convolutacional e denso apresentaram os melhores resultados para os respectivos índices, concluindo com êxito a proposta de trabalho.

### Agradecimento

Ao Instituto Federal do Piauí - IFPI pelo apoio e incentivo.

## Referências

- [1] Aurelien Geron. **Mãos à obra: aprendizado de maquina com Scikit-Learn, Keras & Tensorflow**. Rio de Janeiro: Alta Books, 2021.
- [2] Wei-Jia Wang, Yong Tang, Jason Xiong e Yi-Cheng Zhang. “Stock market index prediction based on reservoir computing models”. Em: **Expert Systems with Applications** 178 (2021), p. 115022. ISSN: 0957-4174. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2021.115022>. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0957417421004632>.