

Compra e venda de ações negociadas na B3 utilizando LSTM: análise de tendência e stop

Buying and selling shares traded on B3 using LSTM: trend analysis and stop

Taciano Lopes de Amorim¹ 

Gustavo Callou¹ 

Anderson Sena dos Santos¹ 

¹Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Computação, PPGIA, Recife, PE, Brasil.

Resumo

Objetivo: Utilizar a rede *Long Short Term Memory* (LSTM) para prospectar os preços futuros de fechamento das ações, com o objetivo de analisar a tendência dos preços e junto com regras de stop indicar a compra ou a venda do título.

Método/abordagem: Trata-se de uma pesquisa que utiliza dados reais de fechamento das ações para treinar um modelo de previsão de preços futuros usando a rede LSTM. Com base nessas previsões, busca-se identificar o momento ideal para comprar ou vender um ativo, considerando a tendência dos preços identificada e stops configurados como referência.

Contribuições teóricas/práticas/sociais: Amplia-se o estudo utilizando a rede LSTM para prever os preços das ações, além de incorporar análise de tendências e configuração de stops para determinar o melhor momento de executar operações de compra ou venda.

Originalidade/relevância: Os resultados encontrados, utilizando a estratégia proposta, demonstraram que a carteira conseguiu uma rentabilidade 15,68% maior que a obtida utilizando a estratégia de *Buy and Hold* (B&H) e 15,67% maior do que a obtida pelo índice Ibovespa.

Palavras-chave: LSTM; análise de tendência; stop; ações; *buy and hold*

Abstract

Purpose: Use the Long Short Term Memory (LSTM) network to prospect future closing prices of shares in order to analyze price trends and, together with stop rules, indicate the purchase or sale of the security.

Design/methodology/approach: This is research that uses real stock closing data to train a future price prediction model using the LSTM network. Based on these predictions, the aim is to identify the ideal time to buy or sell a stock, considering the identified price trend and stops configured as reference.

Research, Practical & Social implications: The study is expanded using the LSTM network to predict stock prices, in addition to incorporating trend analysis and setting stops to determine the best time to execute buy or sell operations.

Originality/value: The results found, using the proposed strategy, showed that the portfolio achieved a return 15.68% higher than that obtained using the Buy and Hold (B&H) strategy and 15.67% higher than that obtained by the Ibovespa index.

Keywords: LSTM; trend analysis; stop; stocks; buy and hold.

Introdução

O mercado de investimentos brasileiro tem passado por uma evolução significativa ao longo dos anos. Considerando o ano de 2022, a bolsa de valores brasileira B3 (Brasil, Bolsa, Balcão), que é uma das principais empresas de infraestrutura de mercado financeiro do mundo (B3, 2022), distribuiu entre os acionistas um total de R\$ 5,3 bilhões incluindo dividendos, juros sobre capital próprio e recompra de ações (B3, 2023a). Tanto pesquisadores como investidores têm estudado modelos e estratégias que possam identificar padrões de comportamento dos preços dos ativos, com o objetivo de maximizar os lucros e minimizar os riscos envolvidos nas operações realizadas no mercado de ações.

Os riscos existentes nas operações realizadas no mercado financeiro são reflexos da variação de preços que são influenciados por uma gama dispersa de diferentes fatores (Shah, Isah & Zulkernine, 2019). Impactando desta forma, os rendimentos obtidos nas operações realizadas no mercado de ações. Essas variações que ocorrem nos preços das ações constituem um fator de risco para investidores. Fazendo com que o retorno financeiro para as negociações de compra e venda seja indeterminado

(do Nascimento, da Silva Jale & Ferreira, 2021).

Segundo Cardoso (2023), o risco nas operações diminui quando temos o domínio de um método assim como a clareza do que deve ser feito no momento em que as operações estão sendo realizadas. Para isto, podemos utilizar a análise técnica para dar subsídios ao investidor através da identificação de tendências dos preços baseando-se na "Teoria de Dow", criada por Charles Dow no começo do século XX. Que visa identificar tendências significativas de alta ou de baixa no mercado. Sendo possível identificar os movimentos por trás da precificação de um ativo (Pacce, 2017).

A inteligência artificial (IA) pode ser utilizada junto com a análise técnica com o objetivo de prover informações que possam auxiliar na tomada de decisão. Price (2022) descreve que a utilização de IA já vem sendo usada em muitas áreas e se mostrando bastante útil. Observando a área financeira ela vem ajudando pessoas que buscam obter lucro e segurança em seus investimentos.

Neste trabalho iremos utilizar a rede *Long Short Term Memory* (LSTM), que é uma rede neural recorrente, como ferramenta para realizar as previsões utilizadas pela estratégia proposta. Tendo em vista que, tanto Leandro (2021) e Souto et al. (2021) descrevem

que a rede tem sido bastante utilizada para prever problemas relacionados à predição de séries temporais e com uma boa qualidade nas previsões realizadas.

A estratégia adotada é baseada na análise das tendências indicadas pelos preços de fechamento de um dado intervalo. Esses preços analisados são formados por preços reais e previstos pela rede LSTM. Em posse dessa avaliação da tendência, o algoritmo realizará a compra ou a venda do ativo levando em consideração também o *Stop-Gain* e *Stop-Loss* configurados.

Essa pesquisa apresenta como contribuição uma estratégia que além de proteger o capital também possibilita a obtenção de ganhos e está organizado da seguinte forma. A Seção 2 mostra os trabalhos relacionados a este estudo. A Seção 3 apresenta a fundamentação teórica visando apresentar conceitos necessários para um melhor entendimento deste trabalho. Na seção 4 estão descritas as etapas envolvidas no estudo realizado. Já na Seção 5 são apresentados os resultados obtidos. E, por fim, a Seção 6 mostra as conclusões, limitações e os futuros direcionamentos deste estudo.

Trabalhos relacionados

Nos últimos anos, várias pesquisas vêm sendo desenvolvidas com IA relacionada com a previsão do comportamento de sistemas. No entanto, somente algumas relacionam previsão baseada em IA para o mercado financeiro. Machado, Viana, Dalip, Cardoso e da Cruz (2022) apresentaram estratégias utilizando a rede LSTM para realizar a previsão dos preços de fechamento para 4 ativos de segmentos diferentes listados na B3 entre 2009 e 2021. Como resultado obtiveram a rentabilidade variando entre 2,87% e 3,14%.

Nascimento, Santos e Ferreira (2022) demonstraram que o modelo LSTM em comparação aos modelos PROPHET e Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA) foi mais eficiente na previsão de tendências. Além disso, os autores também computaram métricas baseadas no cálculo tanto do RMSE quanto do MAPE para a previsão de até 60 dias. Para isto, foram analisados os valores obtidos durante a validação dos modelos de previsão para 30, 60 e 90 dias.

Em Souto et al. (2021), os autores ressaltaram que a utilização da rede de memória a longo prazo (LSTM, do inglês *Long Short-Term Memory*) tem gerado resultados interessantes na previsão de valores tomando como base uma série temporal. É importante destacar

que a LSTM é uma rede neural recorrente (RNN, do inglês *Recurrent neural network*) e é utilizada para realizar processamento de dados sequenciais com eficiência.

Já Leandro (2021) investigou a eficácia das LSTMs, realizando a comparação da estratégia utilizando LSTM com a de B&H. Para isto, utilizou os valores entre janeiro de 2019 e julho de 2021. Onde usou o gráfico de renko para indicar variações de preço das ações e o indicador true range, para medir a amplitude de variação do ativo em um determinado período. Com essas informações conseguiu obter um lucro de 2099.97% com as operações de com-

pra e venda. Resultado superior comparado aos -0.78% da estratégia B&H para o mesmo período.

Roondiwala, Patel e Varma (2017) utilizaram um modelo baseado em LSTM para prever os retornos das ações do NIFTY 50 utilizando os dados coletados no site <https://www.quandl.com/data/NSE> onde usou os dados entre 01/01/2011 e 31/12/2016. Para analisar a eficiência do modelo utilizou erro quadrático médio (RMSE), onde foi possível observar que o uso do LSTM pode auxiliar investidores, analistas ou qualquer pessoa interessada em investir no mercado de ações.

Estudo	Objetivo	Técnicas usadas	Realiza previsão	Utiliza previsão para avaliação de tendência	Realiza operação de compra-venda de acordo com a tendência
Machado et al. (2022)	Propor novos indicadores de mercado para criar novas estratégias de investimento.	LSTM	Não	Não	Não
Souto et al. (2021)	Realizar a comparação entre três modelos de LSTM (Vanilla, Stacked e Convolucional).	LSTM	Sim	Não	Não
Leandro (2021)	Realizar previsões de séries temporais financeiras.	LSTM	Sim	Não	Não
Roondiwala et al. (2017)	Utilizar o LSTM para prever índices do mercado de ações.	LSTM	Sim	Não	Não
Nascimento et al. (2022)	Analisar e aplicar técnicas de análise de dados utilizando inteligência artificial para prever tendência dos preços das ações.	LSTM, ARIMA e PROPHET	Sim	Sim	Não
Este trabalho	Utilizar o LSTM para prever os preços futuros de fechamento das ações e analisar a tendência dos preços para indicar a compra ou a venda de uma ação.	LSTM	Sim	Sim	Sim

Tabela 1. Estudos que empregaram LSTM para prever preços ou criar estratégias.
Fonte: criado pelos autores.

A Tabela 1 apresenta um resumo dos trabalhos relacionados encontrados na literatura. Pode-se perceber que, diferente dos trabalhos anteriores, este estudo visa propor uma estratégia que possa identificar os melhores momentos para compra ou venda de ações.

Essa estratégia faz uso dos sinais de tendência propostos e da prospecção de valores dos preços de fechamento das ações para dias futuros. A partir dessa tabela, pode-se notar que os trabalhos

acabam por não terem esse foco de analisar a tendência para realizar operações.

Fundamentação teórica

Esta seção apresenta os conceitos necessários para uma melhor compreensão deste trabalho.

Série temporal



Figura 1. Exemplo de uma série temporal.
Fonte: (B3, 2023b).

Ribeiro & Correa (2021) identificou alguns problemas em que podemos encontrar a aplicação das séries temporais, tais como: (i) variação das temperaturas de uma cidade, (ii) preços das ações em uma bolsa de valores, (iii) demanda elétrica de uma cidade e etc. Existem vários modelos que possibilitam a análise das séries temporais utilizando métodos lineares e não-lineares.

Uma série temporal é um conjunto de observações ordenadas ao longo do tempo. Tendo como característica a dependência entre instantes de tempo, ou seja, existe uma dependência serial. A Figura 1 apresenta um exemplo de uma série temporal composta pelos valores do índice da IBOV ao longo de um ano (Ribeiro & Correa, 2021).

Análise técnica

A análise técnica (AT) é uma abordagem utilizada no mercado financeiro para examinar e prever o comportamento dos preços dos ativos como ações, moedas e índices. O princípio básico da AT é a de que o preço do ativo reflete todas as informações relevantes disponíveis, incluindo os aspectos

econômicos da empresa, o cenário político e outros fatores externos relevantes. Sendo assim, a AT estuda os movimentos do mercado, principalmente através de gráficos, com o intuito de prever tendências futuras dos preços (da Silva Santos, da Silva Santos & Marques, 2021).

Os analistas técnicos acreditam que os preços se movem em tendências, e essas podem ser identificadas a partir de padrões e indicadores técnicos, como médias móveis e volume. A AT é utilizada para determinar as frequentes mudanças de atitudes de investidores, mudanças essas que são causadas pela ação de diferentes forças. Com base na análise técnica realizada, pode-se identificar os momentos mais indicados para realizar uma compra ou venda de um ativo (da Silva Santos et al., 2021).

A teoria de Dow, desenvolvida por Charles Dow, corresponde a um conjunto de princípios utilizados na AT do mercado de ações. O princípio fun-

damental é o da tendência, onde os preços do mercado se movem em tendências de longo prazo até que ocorram evidências de uma reversão. Essa teoria vem sendo utilizada para prever os movimentos dos preços dos ativos e, assim, indicar uma valorização ou desvalorização dos ativos observados (Neves, 2019).

Memória de Curto Longo Prazo (LSTM)

A rede LSTM é uma arquitetura de rede neural recorrente que “lembra” valores em intervalos arbitrários. Devido a isto, é considerada uma arquitetura de rede neural recorrente adequada para classificar, processar e prever séries temporais (Data Science Academy, 2023). Segundo Dalla Corte, dos Santos, e Casanova (2019), essa rede foi desenvolvida para resolver um problema das RNNs que não lembravam da dependência de longo prazo.

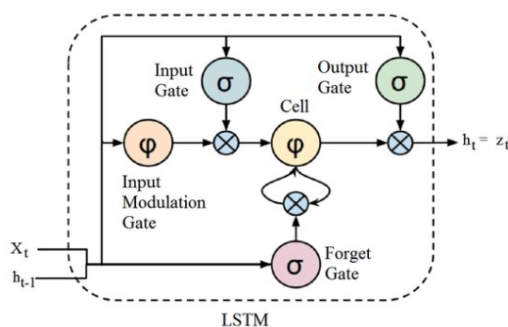


Figura 2. Estrutura do LSTM em cadeia.
Fonte: (Data Science Academy, 2023).

A LSTM possui uma estrutura em cadeia com quatro células que são redes neurais com diferentes blocos de memória. Também contém três portões conhecidos como “*Input Gate*”, “*Forget Gate*” e o “*Output Gate*” que servem, respectivamente, para adicionar as informações úteis ao estado da célula, realizar o descarte das informações que não são mais úteis e extrair as informações úteis do estado atual da célula. A Figura 2 ilustra a representação de uma LSTM em cadeia.

É importante destacar que essa capacidade de controlar o fluxo de informações através desses gates permite que as LSTMs sejam capazes de lembrar informações passadas em sequências longas, e ao mesmo tempo são capazes de descartar informações irrelevantes. Isso torna a aplicabilidade da LSTM interessante ao mercado financeiro.

Stop

O *Stop* é uma ferramenta utilizada para preservar ganhos e proteger o capital das perdas que possam ocorrer com a desvalorização de um ativo devido a alta volatilidade existente no mercado de ações. Este recurso é bastante utilizado pelos investidores que realizam tanto operações de *day trade* quanto *swing trade* (XP, 2023).

Os dois mecanismos mais conhecidos de parada são o *Stop-Gain* e o *Stop-Loss*. O *Stop-Gain* é um tipo de ordem de venda para quando um ativo alcançar o valor máximo de ganho configurado pelo operador. Trata-se de uma estratégia bastante utilizada para encerrar uma posição com um certo lucro. Já o *Stop-Loss* é uma ordem de venda também, mas nesse caso protege o capital investido de uma desvalorização brusca no valor de uma ação (XP, 2023).

Os valores máximo e mínimo são calculados usando o valor do ativo e o valor de referência encontrado para o *stop*. O máximo corresponde ao somatório do valor do ativo com o valor calculado para o *stop*. Já o valor mínimo é o resultado da subtração entre o valor do ativo e o valor do *stop* (XP, 2023).

Metodologia

Esta seção apresenta uma metodologia adotada para avaliar os experimentos realizados de compra e venda de ações baseadas na análise da tendência dos preços reais de fechamento combinado com a predição dos preços futuros de fechamento para as ações selecionadas e com aplicação de *Stop*. A Figura 3 descreve todas as etapas envolvidas na metodologia.

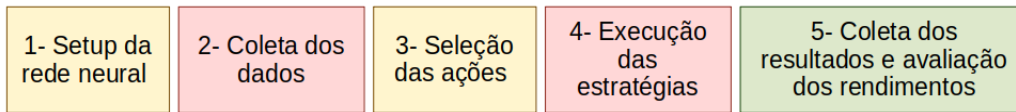


Figura 3. Etapas envolvidas no processamento do experimento.

Fonte: criado pelos autores.

A primeira etapa da metodologia consiste na configuração da rede neural LSTM utilizando a linguagem Python e a biblioteca Keras. A segunda etapa será responsável pela coleta das séries históricas dos preços de fechamento das ações.

A terceira etapa da metodologia consiste na seleção das ações que irão compor a carteira. Essa seleção adota os seguintes critérios: (i) fazer parte da carteira do Índice Bovespa (B3, 2023c); (ii) selecionar as seis ações com maior participação no mercado; (iii) caso existam ações do mesmo setor entre as seis primeiras, apenas a ação com maior participação no mercado será utilizada, e as demais serão substituídas por ações subsequentes de outros setores. Dessa forma, a pesquisa incluirá o ativo mais representativo de seis setores distintos na carteira analisada.

A quarta corresponde a de execução dos experimentos, onde deve-se selecionar uma ação e realizar a execução para a Combinação de Sinais de

Tendência (CST) que será utilizada. A execução é dividida em três passos: (i) separação e tratamento dos dados, (ii) treinamento e a validação do modelo e, por fim, (iii) execução dos experimentos para efetuando a compra ou venda do título quando os sinais avaliados sinalizam uma tendência de alta ou de baixa assim como realiza a avaliação dos stops configurados para identificar uma venda. Onde essa análise é realizada utilizando um tempo gráfico diário exposto na Figura 4.

A CST proposta é composta por dois valores: o primeiro informa quantos dias da série temporal devem ser utilizados para avaliar se existe sinal de tendência de alta e o segundo indica quantos dias da série temporal devem ser utilizados para avaliar se existe sinal de tendência de baixa. Essa combinação é utilizada pelo algoritmo para decidir se realiza a compra ou venda da ação na data de referência que está sendo avaliada.

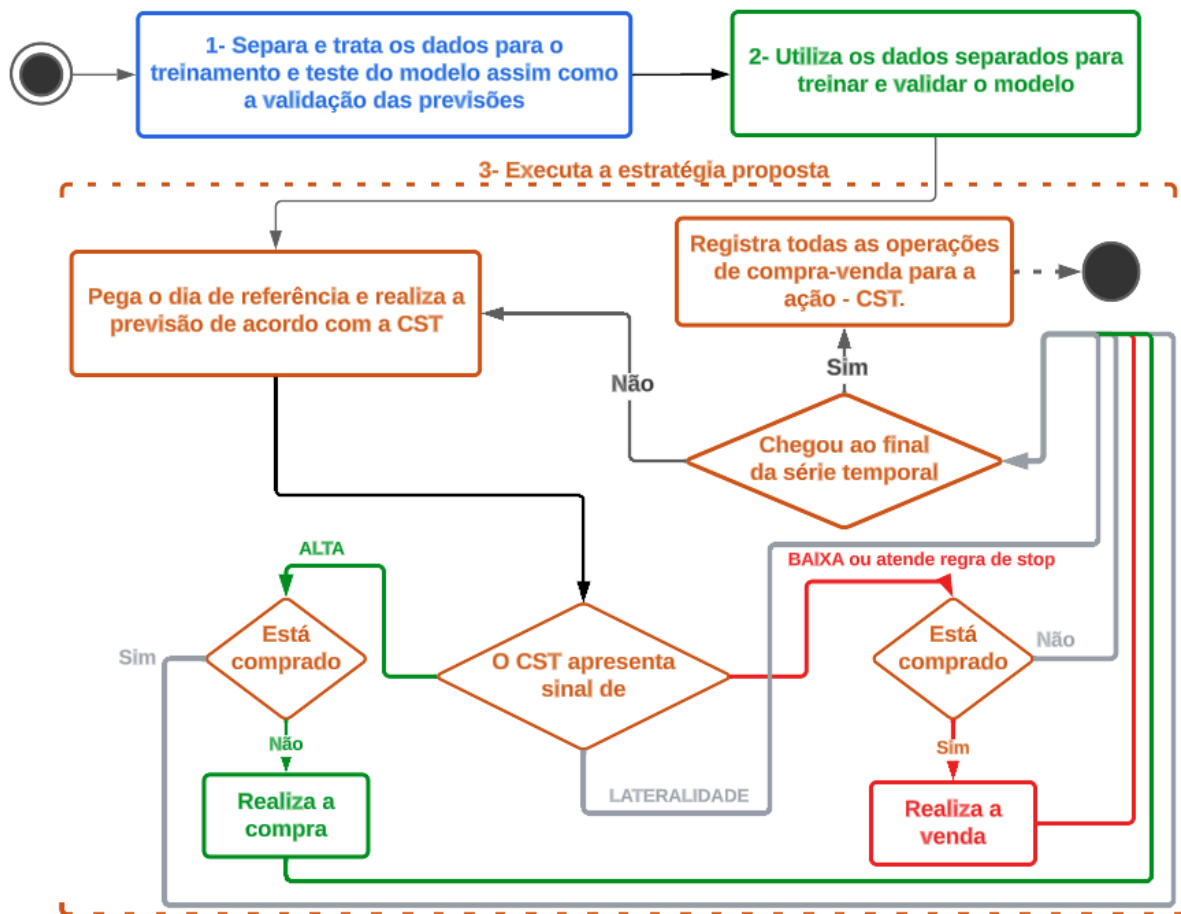


Figura 4. Fluxo realizado na execução do CST para uma ação.

Fonte: criado pelos autores.

Nesta pesquisa trabalhamos com as seguintes combinações de sinais de tendência (CSTs): “3x3”, “3x4”, “3x5”, “3x6”, “4x3”, “4x4”, “4x5”, “4x6”, “5x3”, “5x4”, “5x5”, “5x6”, “6x3”, “6x4”, “6x5” e “6x6”. Dentre as CSTs, foi selecionada a com “4x6” por ter apresentado a melhor rentabilidade para a carteira. Nesta CST selecionada é verificado se há um movimento de tendência de alta nos preços para realização da compra observando 4 dias (o dia atual da avaliação, 2 dias anteriores e 1 dia posterior previsto pelo modelo). Já

para a venda são avaliados 6 dias (o dia atual da avaliação, 2 dias anteriores e 3 dias posteriores preditos pelo modelo) para verificar se existe um movimento de tendência de baixa dos preços. Podemos verificar essa configuração observando a Figura 5 em que t é o instante de referência para utilização do preço de fechamento e n corresponde ao número passado de dias a partir do instante de referência.

Os pontos de parada utilizados são os Stop-Gain e Stop-Loss, configurados

em 1x1, 2x1 e 3x1. Estes stops são determinados levando em consideração o desvio padrão calculado com base nos últimos 20 preços de fechamento da ação no momento t , conforme ilustrado na Figura 5. O valor do desvio padrão é derivado usando a Equação 1, onde S representa o desvio padrão, X_i é um número no índice i do conjunto, M é a média aritmética do conjunto de dados e n é o número total de elementos (da Costa & Sobreiro, 2023).

$$S = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

Equação 1 - Fórmula que calcula o valor do desvio padrão.

Os valores para o *Stop-Gain* e o *Stop-Loss* aceitáveis para permanecer na posição foram calculados utilizando a Equação 2. Onde, *stop* representa o valor resultante usado como referência tanto no *Stop-Gain* quanto no *Stop-Loss*, S é o valor do desvio padrão calculado no momento da avaliação e q é corresponde a quantidade de pontos utilizados para mitigar o risco ou limitar o ganho.

$$stop = S * q$$

Equação 2. Fórmula que calcula os valores máximo e mínimo.

Após as execuções, a configuração que apresentar o melhor desempenho será considerada como a estratégia proposta para este artigo.

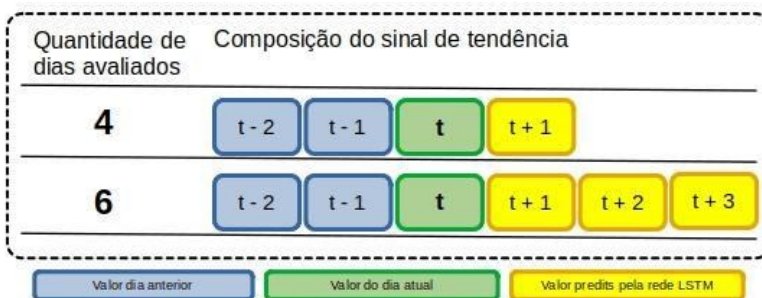


Figura 5. Composição da formação de cada sinal de tendência utilizado na CST.

Fonte: criado pelos autores.

A quinta etapa coleta todos os resultados obtidos nas operações realizadas nos experimentos, nos valores obtidos pela estratégia de B&H e pelo Índice Ibovespa (Infomoney, 2023b).

Tanto as operações realizadas em cada experimento quanto para a estratégia de B&H o cálculo dos rendimentos devem ser realizados utilizando, inicialmente, a Equação 3 para

calcular a quantidade de cotas adquiridas. Sendo, Q_c representa a quantidade de cotas compradas no início da operação, C_i o valor do capital inicial aplicado e V_{ac} o valor da ação no momento da compra.

$$Q_c = C_i / V_{ac}$$

Equação 3. Fórmula que calcula a quantidade de cotas compradas.

Com base na quantidade de cotas para a ação será calculado o rendimento na operação utilizando a Equação 4. Onde, R_t é o rendimento obtido na operação, Q_c representa a quantidade de cotas compradas no início da

operação e V_{av} o valor da ação no momento da venda.

$$R_t = Q_c * V_{av}$$

Equação 4. Fórmula que calcula o rendimento obtido na operação.

Nessa etapa também é realizada a avaliação dos resultados registrados. Para isto, deve-se comparar os rendimentos obtidos pela estratégia proposta com os conseguidos pela estratégia de B&H assim como os percentuais obtidos nessas operações e a alcançada pelo Índice Ibovespa. Onde, esses resultados devem ser armazenados na Tabela 2.

Fonte	Capital inicial	Rendimento	Capital acumulado	Rentabilidade
Carteira estratégica proposta	R\$ 6.000,00			
Carteira estratégica B&H	R\$ 6.000,00			
Índice Ibovespa	-	-	-	

Tabela 2. Armazena os resultados obtidos pelas estratégias e pelo Índice Ibovespa.
Fonte: criado pelos autores.

Estudo de caso

Essa seção apresenta um estudo para ilustrar a aplicabilidade das estratégias descritas neste artigo.

Setup da Rede Neural

A rede neural LSTM foi criada utilizando a linguagem Python (Python,

2022) e a biblioteca Keras (Keras, 2023). Sua configuração foi realizada de forma experimental (empírica). A Figura 6 mostra a configuração utilizada no modelo. Foi executado em uma máquina com um Processador Intel Core i5 de 11ª Geração, 16 GB RAM, SSD 256 GB NVMe e sistema operacional Linux Ubuntu 22.04.2 LTS.

```
model.add(LSTM(units = 100, return_sequences = True, input_shape = (look_back, 1)))
model.add(Dropout(0.3))
model.add(LSTM(units = 50, return_sequences = True))
model.add(Dropout(0.3))
model.add(LSTM(units = 50, return_sequences = True))
model.add(Dropout(0.3))
model.add(LSTM(units = 50))
model.add(Dropout(0.3))
model.add(Dense(units = 1, activation = 'linear'))
model.compile(optimizer = 'adam', loss = 'mse')
```

Figura 6. Configuração do modelo.

Fonte: criado pelo autor

Como métrica de avaliação do desempenho do modelo no treino, usou-se o erro quadrático médio (MSE). Que é utilizado para avaliar o erro de

previsão realizado pelo algoritmo. O resultado médio obtido por cada ação pode ser visualizado na Tabela 3.

Métricas MSE	ABEV3	B3SA3	ELET3	ITUB4	PETR4	VALE3
Treino	0.025128	0.015666	0.020567	0.018010	0.015698	0.015055
Validação	0.068059	0.084374	0.033883	0.085841	0.100801	0.063694

Tabela 3. Valor do MSE calculado para cada ativo.

Fonte: criado pelos autores.

Coleta de dados

A API do *Yahoo Finance* foi adotada para a coleta das séries históricas dos preços das cotações diárias dos ativos envolvidos (Yfinance, 2022). Para esta pesquisa foi utilizado o período de 01/01/2016 a 11/06/2022, totalizando 1.603 registros.

Os dados foram separados para o treinamento, validação do treinamento e execução das estratégias, como o exibido na Figura 7. O período separado para a execução da estratégia é utilizado no cálculo da rentabilidade obtida pela estratégia proposta e a de B&H assim como a do Índice Ibovespa.



Figura 7. Períodos por etapa.

Fonte: criado pelos autores.

Seleção das ações

Foram selecionadas as 8 primeiras ações com maior participação na

carteira do dia 22/11/22 do Índice Bovespa (Ibovespa B3). Desta lista foram descartadas as ações BBDC4 e PETR3 por já existirem representantes do

mesmo ramo melhor ranqueados (ITUB4 e PETR4, respectivamente). As 6 restantes possuíam 39,5% de participação no valor do índice observado. Então, as ações utilizadas para compor a carteira foram:

- VALE3: VALE (empresa do ramo da mineração) com 17,837%
- ITUB4: ITAU UNIBANCO (empresa do ramo bancário) com 6,295%
- PETR4: PETROBRAS (empresa do ramo petrolífero) com 5,272%
- B3SA3: B3 (empresa do ramo financeiro) com 3,484%
- ABEV3: AMBEV S/A (empresa do ramo de bebidas) com 3,374%
- ELET3: ELETROBRAS (empresa do ramo de transmissão de energia) com 3,242%

É importante destacar que as empresas anteriormente listadas fazem parte das ações com os maiores volumes diários de transações. E, assim, esses ativos apresentam alta liquidez, ou seja, o ativo pode ser comprado ou vendido rapidamente a preço corrente de

mercado (Machado e de Medeiros, 2012).

Execução das estratégias

Após a montagem do ambiente, configuração do setup e coleta dos dados foram executadas as duas estratégias indicadas na metodologia.

Estratégia de B&H

Para a execução da estratégia de B&H foi montada uma carteira inicial com um capital de R\$ 6.000,00. Sendo esse valor dividido igualmente entre os 6 ativos selecionados, totalizando R\$ 1.000,00 para cada ação que compõe a carteira. Os lucros obtidos nessas operações são isentos de tributação e de taxas de corretagem (Infomoney, 2023a). O período utilizado para a realização do cálculo do rendimento está incluído dentro do período utilizado para a execução da estratégia, como exibido na Figura 7. A Tabela 4 mostra os valores utilizados nesse intervalo para a realização da compra-venda das ações da carteira.

Ação	Compra		Venda	
	Data	Valor	Data	Valor
ABEV3	09/08/21	R\$ 17,16	10/06/22	R\$ 13,59
B3SA3	09/08/21	R\$ 15,77	10/06/22	R\$ 11,66
ELET3	09/08/21	R\$ 40,47	10/06/22	R\$ 41,00
ITUB4	09/08/21	R\$ 31,20	10/06/22	R\$ 24,10
PETR4	09/08/21	R\$ 28,19	10/06/22	R\$ 29,65
VALE3	09/08/21	R\$ 109,01	10/06/22	R\$ 84,56

Tabela 4. Informações das operações de compra e venda utilizando a estratégia de B&H.

Fonte: criado pelos autores.

A Tabela 5 mostra os rendimentos conseguidos para cada ativo utilizando a estratégia de B&H. Nela, podemos observar que apenas as ações

ELET3 e PETR4 conseguiram obter uma rentabilidade positiva no período avaliado.

Ação	Capital inicial	Rendimento	Rentabilidade
ABEV3.sa	R\$ 1.000,00	-R\$ 208,04	-20,80%
B3SA3.sa	R\$ 1.000,00	-R\$ 260,62	-26,06%
ELET3.sa	R\$ 1.000,00	R\$ 13,10	1,31%
ITUB4.sa	R\$ 1.000,00	-R\$ 227,56	-22,76%
PETR4.sa	R\$ 1.000,00	R\$ 51,79	5,18%
VALE3.sa	R\$ 1.000,00	-R\$ 224,29	-22,43%

Tabela 5. Resultados obtidos com a estratégia de B&H ao final do período.

Fonte: criado pelos autores.

Estratégia proposta

Assim como ocorreu na estratégia de B&H foi montada também uma carteira inicial com um capital de R\$ 6.000,00. Sendo esse valor também dividido igualmente entre os 6 ativos selecionados, totalizando R\$ 1.000,00 para cada título que faz parte da carteira montada.

Para avaliar a melhor estratégia a ser utilizada, realizamos 4 experimentos configurados de acordo com o exibido na Tabela 6. Todos os experimentos foram executados a partir do mesmo modelo treinado utilizando a CST "4x6".

Experimento	Avaliação de tendência a partir dos dados previstos	Stop gain	Stop loss
1	X	0	0
2	X	1	1
3	X	2	1
4	X	3	1

Tabela 6. Configuração dos experimentos.

Fonte: criado pelos autores.

Ao executar as 3 etapas exibidas na Figura 4 para o experimento 1 e apenas a etapa 3 para os demais experimentos obtivemos os resultados exibidos

na Figura 8. Onde, podemos visualizar que ocorreu um melhor desempenho quando utilizamos a estratégia de compra e venda levando em consideração a análise da tendência dos preços de

fechamento junto com a utilização de *Stop-Gain* e *Stop-Loss* configurados no

experimento 2. Sendo este utilizado a estratégia proposta.

Experimento 1					
Stop gain x Stop loss	Ticket	Rendimento obtido		Capital acumulado após operação	
		B&H	Estratégia	B&H	Estratégia
Sem stop programado	VALE3	-R\$ 224,29	-R\$ 15,60	R\$ 775,71	R\$ 984,40
	ITUB4	-R\$ 227,56	-R\$ 36,39	R\$ 772,44	R\$ 963,61
	PETR4	R\$ 51,79	R\$ 11,26	R\$ 1.051,79	R\$ 1.011,26
	B3SA3	-R\$ 260,62	-R\$ 48,94	R\$ 739,38	R\$ 951,06
	ABEV3	-R\$ 208,04	-R\$ 74,25	R\$ 791,96	R\$ 925,75
	ELET3	R\$ 13,10	R\$ 75,27	R\$ 1.013,10	R\$ 1.075,27
Valor acumulado na carteira =>				R\$ 5.144,38	R\$ 5.911,35

Experimento 2					
Stop gain x Stop loss	Ticket	Rendimento obtido		Capital acumulado após operação	
		B&H	Estratégia	B&H	Estratégia
1x1	VALE3	-R\$ 224,29	R\$ 74,27	R\$ 775,71	R\$ 1.074,27
	ITUB4	-R\$ 227,56	-R\$ 112,67	R\$ 772,44	R\$ 887,33
	PETR4	R\$ 51,79	R\$ 67,39	R\$ 1.051,79	R\$ 1.067,39
	B3SA3	-R\$ 260,62	R\$ 83,75	R\$ 739,38	R\$ 1.083,75
	ABEV3	-R\$ 208,04	R\$ 12,77	R\$ 791,96	R\$ 1.012,77
	ELET3	R\$ 13,10	-R\$ 40,38	R\$ 1.013,10	R\$ 959,62
Valor acumulado na carteira =>				R\$ 5.144,38	R\$ 6.085,13

Experimento 3					
Stop gain x Stop loss	Ticket	Rendimento obtido		Capital acumulado após operação	
		B&H	Estratégia	B&H	Estratégia
2x1	VALE3	-R\$ 224,29	R\$ 160,07	R\$ 775,71	R\$ 1.160,07
	ITUB4	-R\$ 227,56	-R\$ 189,61	R\$ 772,44	R\$ 810,39
	PETR4	R\$ 51,79	R\$ 35,38	R\$ 1.051,79	R\$ 1.035,38
	B3SA3	-R\$ 260,62	-R\$ 19,19	R\$ 739,38	R\$ 980,81
	ABEV3	-R\$ 208,04	-R\$ 68,77	R\$ 791,96	R\$ 931,23
	ELET3	R\$ 13,10	-R\$ 133,02	R\$ 1.013,10	R\$ 866,98
Valor acumulado na carteira =>				R\$ 5.144,38	R\$ 5.784,86

Experimento 4					
Stop gain x Stop loss	Ticket	Rendimento obtido		Capital acumulado após operação	
		B&H	Estratégia	B&H	Estratégia
3x1	VALE3	-R\$ 224,29	R\$ 160,07	R\$ 775,71	R\$ 1.160,07
	ITUB4	-R\$ 227,56	-R\$ 69,00	R\$ 772,44	R\$ 931,00
	PETR4	R\$ 51,79	R\$ 97,60	R\$ 1.051,79	R\$ 1.097,60
	B3SA3	-R\$ 260,62	R\$ 39,11	R\$ 739,38	R\$ 1.039,11
	ABEV3	-R\$ 208,04	-R\$ 68,77	R\$ 791,96	R\$ 931,23
	ELET3	R\$ 13,10	-R\$ 172,57	R\$ 1.013,10	R\$ 827,43
Valor acumulado na carteira =>				R\$ 5.144,38	R\$ 5.986,44

Figura 8. Resultados obtidos com os experimentos.

Fonte: criado pelos autores.

A Figura 9 mostra a diferença existente na acumulação da lucratividade de cada ativo, assim como os pontos de compra e venda das ações espelhadas na linha da estratégia de B&H onde seu capital oscila de acordo com o preço da ação. As retas exibidas no gráfico informam que a ação não está comprada no período.

Para avaliar o desempenho da estratégia realizamos a comparação com Índice Ibovespa (^BVSP) levando

em consideração o percentual da evolução do rendimento conseguido. Nos gráficos exibidos na Figura 10 podemos visualizar que apenas o rendimento obtido na ação ITUB4 apresentou uma performance no final muito próxima ao conseguido pelo Índice Ibovespa. Os dados coletados para o Índice Ibovespa correspondem ao mesmo período utilizado para executar a estratégia exibida na Figura 4.

Ação	Capital inicial	Rendimento	Rentabilidade
ABEV3	R\$ 1.000,00	R\$ 12,77	1,28%
B3SA3	R\$ 1.000,00	R\$ 83,75	8,38%
ELET3	R\$ 1.000,00	-R\$ 40,38	-4,04%
ITUB4	R\$ 1.000,00	-R\$ 112,67	-11,27%
PETR4	R\$ 1.000,00	R\$ 67,39	6,74%
VALE3	R\$ 1.000,00	R\$ 74,27	7,43%

Tabela 7. Resultados obtidos com a estratégia proposta.

Fonte: criado pelos autores.

Coleta dos resultados e avaliação dos rendimentos

A Tabela 7 exibe os rendimentos calculados após a execução da estratégia proposta para todas as ações. Nela, podemos averiguar que apenas as ações ELET3 e ITUB4 não apresentaram um rendimento positivo.

Utilizando como referência os resultados obtidos após a execução da estratégia proposta e a de B&H exibidos nas Tabelas 7 e 5, respectivamente. Foi montada a Tabela 8 que destaca o percentual positivo no lucro obtido pela estratégia trabalhada em detrimento ao lucro aferido pela estratégia de B&H e compara também com o percentual conseguido pelo Índice Ibovespa.

Fonte	Capital inicial	Rendimento	Capital acumulado	Rentabilidade
Carteira estratégica proposta	R\$ 6.000,00	R\$ 85,13	R\$ 6.085,13	1,42%
Carteira estratégica B&H	R\$ 6.000,00	-R\$ 855,62	R\$ 5.114,38	-14,26%
Índice Ibovespa	-	-	-	-14,25%

Tabela 8. Rentabilidade obtida após execução das estratégias para as carteiras e para o índice Ibovespa.

Fonte: criado pelos autores.

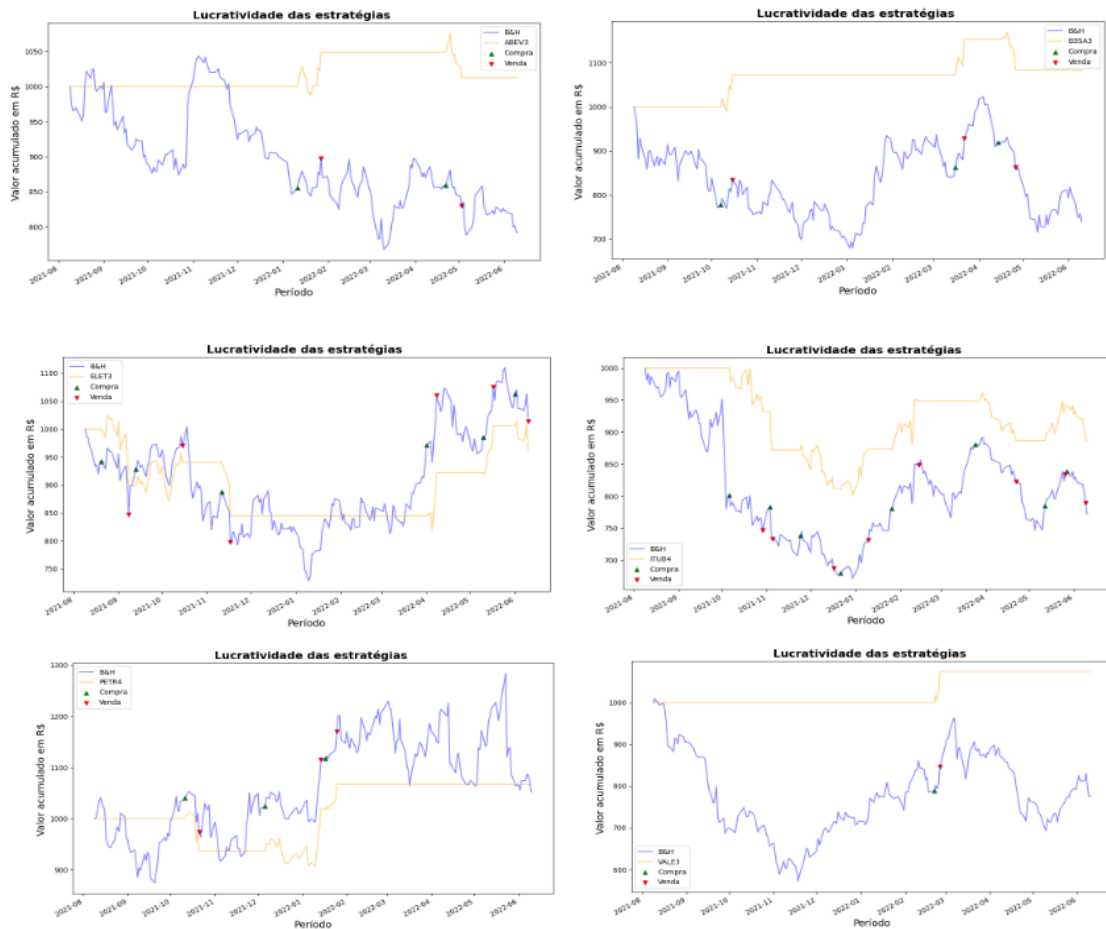


Figura 9. Lucratividade acumulada para cada ação na execução da estratégia proposta.

Fonte: criado pelos autores.

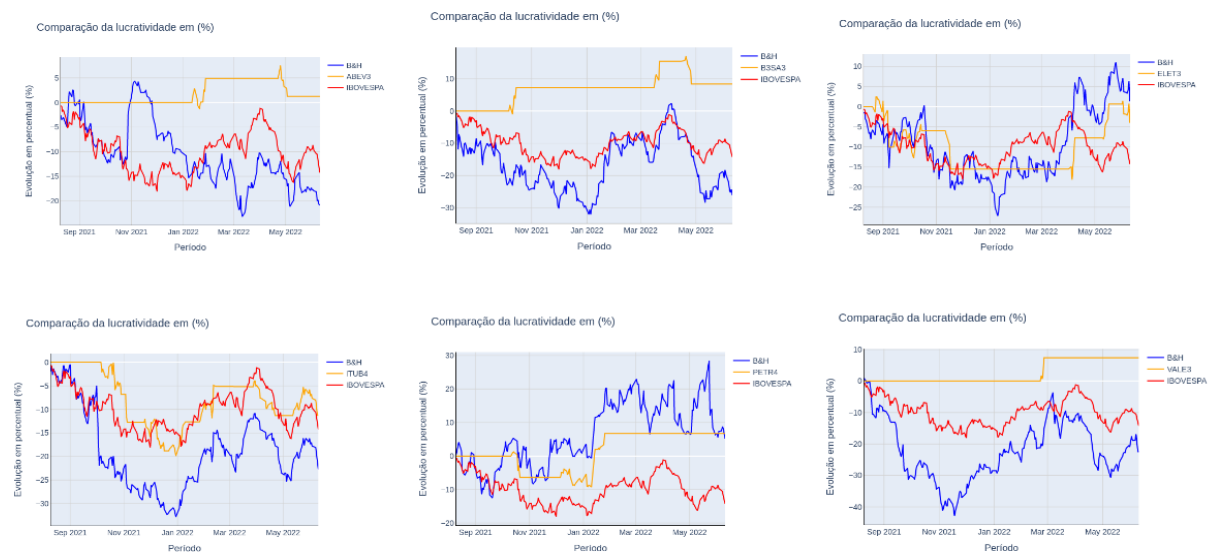


Figura 10. Comparação da lucratividade em (%) comparando com ^BVSP.

Fonte: criado pelos autores.

Ao comparar os resultados exibidos na Tabela 8 pode perceber que a carteira trabalhada na estratégia proposta obteve uma margem de lucro melhor que a conseguida pela estratégia de B&H e ao percentual obtido pelo Índice Ibovespa, pode-se perceber uma diferença de 15,68% e 15,67%, respectivamente. É importante observar que a aplicação da estratégia protegeu o capital investido no período avaliado, uma vez que, o capital aplicado utilizando a estratégia de B&H gerou um prejuízo de -14,26%.

Conclusão

Este estudo teve como objetivo utilizar a rede *Long Short Term Memory* (LSTM) para prospectar os preços futuros de fechamento das ações e com essas informações analisar a tendência dos preços indicando a compra ou a venda do título com a ajuda de Stop. Cada estratégia abordada iniciou com um valor disponível para investimento de R\$ 1.000,00 para cada ação existente na carteira, totalizando assim um capital de R\$ 6.000,00.

Após a execução, os resultados alcançados pela estratégia proposta superaram o obtido pela estratégia de B&H no cenário avaliado. Foi registrado um aumento positivo no capital acumulado da carteira de 1,42%. Já na

estratégia de B&H houve um decréscimo de -14,26% do capital inicial. Diante do exposto, foi verificado que o objetivo foi alcançado tendo em vista que, a estratégia proposta além de conseguir proteger o investimento obteve um rendimento positivo.

Este trabalho concentrou-se na aplicação de redes LSTM para a predição dos preços de fechamento das ações, limitando-se ao estudo de ações específicas. Devido à utilização de uma única configuração para a rede LSTM em todas as ações, o desempenho dos modelos não atingiu o nível ideal. Além disso, o valor alocado para o investimento em cada ação da carteira foi fixado em R\$ 1.000,00 de forma arbitrária, com o objetivo de avaliar os percentuais de rendimento obtidos. Por fim, houve uma limitação nas configurações dos stops, que foram ajustados para 1x1, 2x1 e 3x1.

Para trabalhos futuros, planejamos aumentar o número de ações estudadas, configurar o modelo LSTM individualmente para cada ação, incorporar o volume de negociações. O volume será utilizado para confirmar tendências de alta ou baixa, enquanto as médias móveis ajudarão a determinar os momentos ideais para compra ou venda das ações. Além disso, pretendemos comparar os resultados obtidos com outras abordagens preditivas, como ARIMA, ARCH e GARCH.

Referências

- B3 (2022, agosto). Uma das principais empresas de infraestrutura de mercado financeiro do mundo. B3. Recuperado em https://www.b3.com.br/pt_br/b3/institucional/quem-somos.
- B3 (2023a, 15 de março). B3 divulga resultados financeiros do quarto trimestre de 2022. B3. Recuperado em https://www.b3.com.br/pt_br/noticias/b3-divulga-resultados-financeiros-do-quarto-trimestre-de-2022.htm.
- B3 (2023b, 06 de outubro). Gráfico dos preços das ações. B3. Recuperado em https://www.b3.com.br/pt_br/market-data-e-indices/servicos-de-dados/market-data/cotacoes.
- B3 (2023c, 02 de janeiro). Composição da carteira ibovespa. B3. Recuperado em https://www.b3.com.br/pt_br/market-data-e-indices/indices/indices-amplos/indice-ibovespa-ibovespa-composicao-da-carteira.htm.
- Cardoso, Guilherme (2023, 25 de julho). O risco é o seu maior aliado. *InfoMoney*. Recuperado em <https://www.infomoney.com.br/colunistas/tudo-clear/o-risco-e-o-seu-maior-aliado>.
- da Costa, T. R. C. C., & Sobreiro, V. A. (2013). Trading System baseado no Moving Average Convergence-Divergence: Uma Experimentação Computacional. *Revista de Administração, Contabilidade e Economia da Fundace*, 4(1).
- Dalla Corte, V., dos Santos, V. K., & Casanova, D. (2019). Chatbot baseado em rede neural Long Short-Term Memory (LSTM): um estudo de caso baseado no livro William Shakespeare. *Anais do Computer on the Beach*, 484-492.
- Data Science Academy (2023, 19 de fevereiro). Capítulo 51– Arquitetura de redes neurais long short term memory (lstm). *Deep Learning Book*. Recuperado em <https://www.deeplearningbook.com.br/arquitetura-de-redes-neurais-long-short-term-memory>.
- do Nascimento, K. K. F., da Silva Jale, J., & Ferreira, T. A. E. (2021). Simulação de mercado financeiro com compra e venda otimizadas por Enxame de Partículas. *Ciência e Natura*, 43, e21-e21.
- Infomoney (2023a, 05 de maio). Como declarar ações no Imposto de Renda 2023. *Infomoney*. Recuperado de <https://www.infomoney.com.br/guias/declarar-acoes-imposto-de-renda-ir>.
- Infomoney (2023b, 15 de julho). Ibovespa (IBOV). *Infomoney*. Recuperado

de <https://www.infomoney.com.br/cotacoes/b3/indice/ibovespa/historico/>.

Keras (2023, 05 de janeiro). Keras 2.11.0. Keras. Recuperado de <https://pypi.org/project/keras>.

Leandro, J. C. (2021). Aplicação de redes neurais LSTM para previsão de séries temporais financeiras.

Machado, A. E., Viana, R. T., Dalip, D. H., Cardoso, R. T., & da Cruz, A. (2022, July). Avaliação de estratégias de operação em swing trade baseadas em aprendizado de máquina. In *Anais do I Brazilian Workshop on Artificial Intelligence in Finance* (pp. 69-80). SBC.

Machado, M. A. V., & de Medeiros, O. R. (2012). Existe o efeito liquidez no mercado acionário Brasileiro?. *BBR-Brazilian Business Review*, 9(4), 28-51.

Nascimento, O. S., Santos, F. G., & Ferreira, K. H. A. (2022, July). Previsão de preços de ações utilizando inteligência artificial. In *Anais do I Brazilian Workshop on Artificial Intelligence in Finance* (pp. 37-47). SBC.

Neves, R. J. T. (2019). Análise técnica ou buy and hold (Doctoral dissertation).

Pacce, T. A. (2017). Estratégia de negociação baseada em Inteligência Artificial para atuação em mercados de capitais.

Price, O. (2022). Influência de mercado da China na predição do movimento de preços com base em redes neurais.

Python (2022, 15 de dezembro). *Python is powerful... and fast; plays well with others; runs everywhere; is friendly & easy to learn; is Open. Python*. Recuperado de <https://www.python.org/about/>.

Ribeiro, M. V. D. O., & Correa, M. M. (2021). Previsão de Preço de Ações Baseada em Redes Neurais Recorrentes: LSTM e GRU.

Roondiwala, M., Patel, H., & Varma, S. (2017). Predicting stock prices using LSTM. *International Journal of Science and Research (IJSR)*, 6(4), 1754-1756.

da Silva Santos, G. F., da Silva Santos, C. A., & Marques, N. L. (2021). A estratégia de buy and hold na composição da carteira de jovens investidores da baixada fluminense. *Caderno de Administração*, 29(2), 6-31.

Shah, D.; Isah, H.; Zulkernine, F. (2019). Stock market analysis: A review and taxonomy of prediction techniques. *International Journal of Financial Studies*, v. 7, n. 2, p. 26.

Souto, G., Capistrano, B., Matias, M., Soares, J., Ogasawara, E., & Giusti, L. (2021, November). Avaliação dos dife-

rentes tipos de redes LSTM para predição de ações na bolsa de valores. In *Anais da IV Escola Regional de Informática do Rio de Janeiro* (pp. 65-71). SBC.

XP (2023, Junho). Stop Gain: como e porque utilizar no investimento!. *Expert*

XP. Recuperado em <https://conteudos.xpi.com.br/aprenda-a-investir/relatorios/stop-gain/>.

Yfinance (2022, dezembro). Yfinance 0.2.26. *Pypi*. Recuperado de <https://pypi.org/project/yfinance>.

Os autores gostariam de agradecer à FACEPE e ao CNPq pelo suporte para a realização deste trabalho.

Taciano Amorim (taciano.amorim@ufrpe.br)* trabalhou na realização da pesquisa e escrita do artigo.

Gustavo Callou (gustavo.callou@ufrpe.br) trabalhou na orientação da pesquisa.

Anderson dos Santos (anderson.sena@ufrpe.br) trabalhou como revisor realizando várias sugestões.

*Autor-correspondente.

Data de Submissão: 17/06/2024 Data de Aprovação: 03/07/2024.

Editor-Chefe: Diogo Henrique Helal.

Editor Adjunto: Bruno Melo Moura.

Esta obra está licenciada sob uma Licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC BY NC 4.0). Esta licença permite que outros distribuam, remixem, adaptem e criem a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que lhe atribuam o devido crédito pela criação original. Texto da licença: https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/deed.pt_BR.