



CENTRO UNIVERSITÁRIO DR. LEÃO SAMPAIO - UNILEÃO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO

RAINNA LEITE DIODATO

**PREVISÃO DE COTAÇÕES HISTÓRICAS DE AÇÕES UTILIZANDO REDES
NEURAIS ARTIFICIAIS**

Juazeiro do Norte - CE
2020
RAINNA LEITE DIODATO

**PREVISÃO DE COTAÇÕES HISTÓRICAS DE AÇÕES UTILIZANDO REDES
NEURAS ARTIFICIAIS**

Trabalho de conclusão de curso – *Artigo Científico*,
apresentado à Coordenação do Curso de Graduação
de em Administração do Centro Universitário Doutor
Leão Sampaio, em cumprimento às exigências para a
obtenção do grau de Bacharel em Administração.
Orientador: Prof. José Eduardo de Carvalho Lima.

Juazeiro do Norte – CE
2020
RAINNA LEITE DIODATO

**PREVISÃO DE COTAÇÕES HISTÓRICAS DE AÇÕES UTILIZANDO REDES
NEURAS ARTIFICIAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à coordenação do Centro Universitário Doutor Leão Sampaio, como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Administração.

Data da aprovação: 21 /12 /2020

BANCA EXAMINADORA:

José Eduardo de Carvalho Lima

Mestre, Unileão

Antônio Raniel Silva Lima

Especialista, Unileão

Welison de Lima Sousa

Mestre, Univs

PREVISÃO DE COTAÇÕES HISTÓRICAS DE AÇÕES UTILIZANDO REDES NEURAIIS ARTIFICIAIS

Rainna Leite Diodato¹
José Eduardo de Carvalho Lima²

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo explorar a capacidade preditiva das Redes Neurais Artificiais (RNA) na previsão do preço de uma determinada ação comercializada na Bolsa de Valores, Mercadorias e Futuros de São Paulo (BM&FBOVESPA) como auxílio à tomada de decisão na escolha dos ativos que compõem os investimentos. Ressaltamos que os dados usados nesse trabalho são de domínio público. Como problemática traz a seguinte inquietação: Qual a eficiência da aplicação das redes neurais na previsão de preços de ações para futuros investimentos? Como método fez-se a escolha da empresa que foi parte do estudo e a definição dos dados utilizados bem como definição da execução do processo de precificação da ação. Os resultados encontrados possibilitaram perceber que a arquitetura MGLU23 é a mais indicada, tanto por apresentar dados confiáveis como por mostrar o menor erros durante a aplicação das redes neurais. Os métodos utilizados buscaram apresentar de forma mais objetiva mudanças que podem vir a ocorrer no mercado financeiro dentro do (MGLU3), diante disso possibilita prevê como poderão ser feitos investimentos futuros de forma mais segura e organizada.

Palavras-chave: RNA. Ações. Mercado. Investimentos.

¹ Graduanda do curso de Administração do Centro Universitário Dr. Leão Sampaio. E-mail: rainna.leitte@gmail.com

² Professor Orientador do curso de Administração do Centro Universitário Dr. Leão Sampaio. E-mail: joseeduardo@leaosampaio.edu.br

ABSTRACT

This work aims to explore the predictive capacity of Artificial Neural Networks (RNA) in forecasting the price of a specific stock traded on the São Paulo Stock Exchange, Commodities and Futures (BM & FBOVESPA) as an aid to decision making in the choice of assets that make up the investment portfolio. We emphasize that the data used in this work are in the public domain. As a problem, it brings the following concern: How efficient is the application of neural networks in forecasting stock prices for future investments? As a method, the company that was part of the study was chosen and the data used was defined, as well as the execution of the action pricing process. The results found made it possible to realize that the MGLU23 architecture is the most suitable, both for presenting reliable data and for showing fewer errors during the application of neural networks. The methods used sought to present, in a more objective way, changes that may occur in the financial market within (MGLU3), given that it makes it possible to predict how future investments can be made in a more secure and organized manner.

Keywords: RNA. Actions. Marketplace. Investments.

1 INTRODUÇÃO

O mercado acionário é um dos principais mecanismos para o desenvolvimento econômico de um país, sendo um instrumento significativo para captação de capitais. Contudo, quem busca aplicar nesse mercado tem como objetivo otimizar seus recursos financeiros, maximizando seus rendimentos e minimizando possíveis perdas. Logo, deve-se ponderar os riscos associados a compra de ações e uma forma de controlá-los é empregando o princípio da diversificação, ou seja, obter uma carteira de ativos, isto é, não comprar ações de empresas pertencentes ao mesmo setor. Quanto mais eficiente a carteira de ativos, melhor será sua performance, isto é, maior o retorno sobre o capital investido.

Bodie, Kane e Marcus (2014), ressaltam a complexidade de selecionar uma carteira de ativos e que, cada vez mais, técnicas para escolher quais ações deverão compor a carteira estão chamando a atenção dos investidores, devido a seus cálculos computacionalmente rápidos e precisos.

Para os investidores desse mercado, existe uma grande quantidade de dados expostos pela integração global, principalmente de caráter financeiro, e a aplicação de recursos financeiros se configura como uma ação extremamente complexa. Organizações empresariais e investidores quando aplicam recursos, têm ciência do risco e do retorno (AZEVEDO et al., 2016). Diante disso, Markowitz (1952), com o desenvolvimento da sua teoria onde investidores adversos ao risco podem construir um portfólio para obter recompensa a partir de um certo grau de ameaça no mercado, considerando os retornos esperados, os riscos e a correlação, visto que o indivíduo tenha conhecimento apropriado a respeito do mercado financeiro, aliado a uma

quantidade suficiente de informações, pode-se garantir um determinado nível de retorno, sendo assim, consegue de defender em relação as ameaças, podendo encontrar o maior nível de retorno para um certo nível de risco, ou o contrário, o menor nível de risco para um certo nível de retorno.

Os pesquisadores Sharpe (1964), Lintner (1965) e Mossin (1966), por sua vez, aperfeiçoaram o modelo inicial de Markowitz (1952), desenvolvendo o amplamente conhecido *Capital Asset Pricing Model* (CAPM), modelo central na teoria de precificação de ativos, que trocam as variâncias do modelo original por índices já conhecidos. O uso de índices de performance associado ao empenho de realizar a previsão do desempenho de preço de ações neste mercado é muito relevante, podendo oferecer benefícios significativos aos investidores, pois viabiliza ampla quantidade de informações sobre o mercado financeiro amenizando a exposição ao risco.

Tendo em vista a complexidade do mercado financeiro na obtenção de lucros, e a dificuldade de se escolher ativos financeiros para carteira de investimentos onde exista uma ponderação entre o risco e retorno, surge o seguinte questionamento: qual a eficiência da aplicação das redes neurais na previsão de preços de ações para futuros investimentos?

Considerando as observações expostas, o presente trabalho tem como objetivo explorar a capacidade preditiva das Redes Neurais Artificiais (RNA) na previsão do preço de ações comercializadas na Bolsa de Valores, Mercadorias e Futuros de São Paulo (BM&FBOVESPA) como auxílio à tomada de decisão na escolha dos ativos que compõem a carteira de investimentos.

A importância do desenvolvimento dessa pesquisa visa auxiliar os investidores e profissionais da área financeira na possibilidade do uso de formalismos de séries temporais como RNA, como um método preditivo para precificação do valor das cotações das ações. De acordo com Wernke e Lemberck (2004) o aperfeiçoamento administrativo das empresas institui de maneira eventual protótipos econômicos e financeiros que podem executar informações positivas e relevantes para base da resolução e melhoramento do preço de seus ativos financeiros.

Outra proposta agregadora dessa pesquisa é proporcionar o reconhecimento sobre a predição do preço das ações como uma forma de garantir um investimento nesse mercado, mitigando-se conscientemente das ameaças que podem surgir. Existe uma ligação assertiva entre o risco pertinente a cada título e seu retorno esperado com análise de correlação. Segundo Markowitz (1952) o desvio padrão pode ser limitado quando feito a diversificação dos ativos na carteira. A introdução da ferramenta de redes neurais como nova proposta de referência de

predição de ativos financeiros é justificável porque, segundo Costa et al. (2016), explorar e verificar os procedimentos do preço dos ativos financeiros persistem em inúmeras pesquisas.

A pesquisa está estruturada em quatro seções, além da introdução. A segunda seção é dedicada a uma revisão da literatura sobre séries temporais, previsão de séries temporais, preços de ações, e conceitos sobre redes neurais artificiais; a terceira é dedicada ao detalhamento da metodologia usada; na quarta seção encontra-se a análise dos resultados obtidos a partir do treinamento, execução da RNA e comparação com dados reais (medida de erros), por fim, na quinta seção são feitas as conclusões.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 SÉRIES TEMPORAIS

Uma série temporal é um agrupamento de termos sequenciais de uma determinada variável aleatória, estruturada no tempo, em períodos paralelos (minuto, hora, dias, semanas, meses, semestres, anos), de modo que haja uma dependência da série durante o processo, seu comportamento é associado com a origem dos dados, podem ser classificadas como Z_1, Z_2, \dots, Z_T , sendo T o tamanho da série, a qual representa a quantidade de análises da variável aleatórias, (SOUSA; CAMARGO, 2004).

Em séries temporais pode-se utilizar duas possibilidades: a análise de domínio de tempo e de frequência, onde no domínio de tempo é levado em conta o progresso temporal do procedimento, ou seja, a importância deve estar direcionada a proporção do evento no ponto do tempo, e para esse tipo de análise são utilizadas as práticas de autocovariância e autocorrelação. Na qual a autocovariância é a covariância da série com ela mesma sendo que em um período atrasado, e a autocorrelação indica o total de atraso que dependem de t , e é determinada como autocovariância padronizada, existe também a autocovariância parcial, que explora a correlação serial sem levar em conta as análises intermediárias. Já na de domínio de frequência, a análise é realizada sobre a periodicidade com que as ocorrências acontecem, e são usadas quando os itens compatíveis da série são mais significantes, para isso é utilizada a densidade espectral, onde esta, é capaz de remover as características relativas as frequências, visto que o espectro de um procedimento não é identificado, é preciso avaliar, o que é feito normalmente por meio do periodograma de janelas espectrais, (SOUSA; CAMARGO, 2004).

É possível qualificar as séries temporais quanto ao seu procedimento gerador de informações como estocásticas ou determinísticas. As séries classificadas como

determinísticas, têm seu desempenho caracterizado por equações matemáticas já exploradas, bem como a predição incide na execução comum que representa a série, contudo, a grande parte dos problemas que abrange séries temporais apresenta comportamento estocástico pois explica o comportamento de série inexistente ou que não é conhecida, (PEREIRA, 1945; HAMILTON, 1954; MCCABE e TREMAYNE, 1995). Como a possibilidade de usar modelos matemáticos, métodos fundamentados em análises de parâmetros como regressão e RNAs, podem ser usadas na previsão de valores futuros de séries temporais, comportamento estocásticos, esses métodos utilizam as informações de dados históricos comuns, ou seja, a identificação de padrões de oscilações na série temporal que ocorreram em momentos de tempos retroativos e assim prever os valores no momento posterior, (KOSKELA *et al.*, 1996; KEDEM; FOKIANOS, 2002).

2.2 PREVISÃO DE SÉRIES TEMPORAIS

O modelo preciso pode ser utilizado para realizar previsões de valores futuros, fundamentados nos dados passados e atuais são considerados de forma quantitativas aos eventos posteriores. Em uma previsão, a área é o intervalo de tempo adiante, desde a última análise para a qual os valores são considerados (SOUZA, 2004).

Para determinar os valores futuros, é preciso criar um modelo matemático capaz de retratar o comportamento e características da série em estudo, (SOUZA, 2004). As coletas dos dados podem ser executadas em períodos específicos ou imprecisos de maneira a descrever uma série temporal. Essas séries podem apresentar intervalos regulares e irregulares caracterizados como a comparação de componentes de tendência, onde apresenta modificações graduais em longo prazo, gerando mudanças sistemáticas dos valores da série, de sazonalidade onde ocorre oscilações em diferentes estações periódicas na série, em um determinado período ao longo do tempo, Souza (2004).

2.2 PREÇO DAS AÇÕES

O termo “preço das ações” corresponde ao preço atual pelo qual uma ação está sendo negociada no mercado. Toda empresa de capital aberto, quando esses ativos são emitidos, recebe um preço, isto é, uma atribuição de seu valor que reflete idealmente o valor da própria empresa. Para Milan *et al.*(2016), preço corresponde à quantidade de dinheiro que deve ser oferecida tendo em vista a aquisição de uma propriedade ou o direito ao acesso e consumo de um serviço ou produto. Por meio dele, se cria um processo que resulta numa permuta entre

vendedores e compradores. Nesse sentido, o preço se transforma num elemento de análise conforme o reconhecimento do poder de satisfação produzido por um serviço ou produto.

De acordo com Hayashi (2017), o valor de uma ação sobe e desce em relação a vários fatores diferentes, devido mudanças na economia como um todo, mudanças nas indústrias, eventos políticos, guerras e mudanças ambientais. Os preços desses ativos podem mudar devido a problemas em uma empresa, ou então fusão e aquisição de outras empresas entre outros, a estabilidade financeira de uma empresa está ligada as oscilações de suas ações. Um preço das ações é dado para cada uma que é emitida pela empresa de capital aberto. Hayashi (2017), ainda afirma que o preço é um reflexo do valor da empresa, o que o público está disposto a pagar por um pedaço da empresa. Pode e irá aumentar e diminuir, com base em uma variedade de fatores no cenário global e dentro da própria empresa.

Os preços das ações são determinados, primeiro pela oferta pública inicial (IPO) de uma empresa, quando ela coloca suas ações no mercado, as empresas de investimento usam uma variedade de métricas, acompanhada de o número total de ações oferecidas, para determinar qual deve ser o preço desses ativos financeiros. As várias razões com oferta e procura do produto da organização, mudanças no seu gerenciamento e notícias referentes ao seu contexto empresarial farão com que o preço das ações suba e desça, impulsionado em grande parte pelos lucros que podem ser esperados da empresa.

A previsão de preços de ações pode oferecer benefícios significativos aos investidores, pois viabiliza ampla quantidade de informações a respeito do mercado financeiro, reduzindo a exposição ao risco. Para realizar tal procedimento segundo Kruse et al (2013), é destinado a inteligência computacional a agregação de métodos, cujos questionamentos são influenciados pelo ambiente, aptos a solucionar questões complicadas onde ocorrem as indagações comuns improdutivas.

Essas formas de precificação são verificadas regularmente quanto sua validade e em consequência apontam ampliações desses modelos com o objetivo de atender as deficiências encontradas ao longo do processo (AZEVEDO et al., 2016). Uma das grandes mudanças que acontecem nos mercados financeiros, tem sido o aumento da extensão absoluta de negociação no mercado de ações (FORAN; HUTCHINSON; O'SULLIVAN, 2015). Associado ao desenvolvimento da quantidade negociada observa-se que com o decorrer de incontáveis crises nos mercados e devido a inúmeras possibilidades da falta da liquidez relativas a essa incerteza (MAYORDOMO; RODRIGUEZ-MORENO; PEÑA, 2014), pois para Sadka (2011) a questão da liquidez passou a ser mais examinado.

De acordo com Costa (2016), os *traders*, conhecidos como operadores no mercado de

ativos financeiros usam métricas financeiras constantemente para definir o valor da instituição, inclusive seu histórico de ganhos, mudanças no mercado e o lucro que pode razoavelmente trazer, isso fará com que eles ofereçam preços de ações para cima e para baixo.

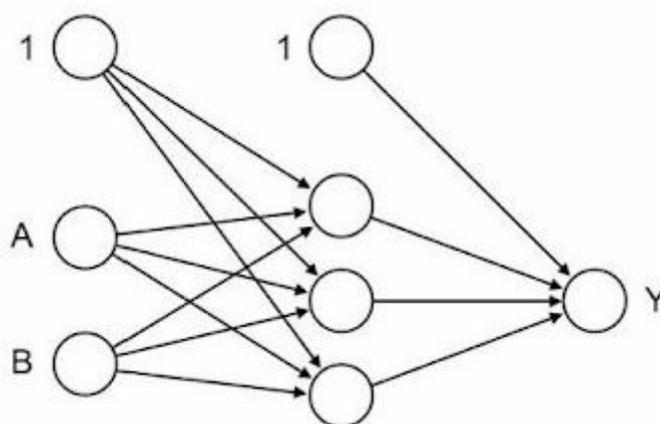
Os investidores desse tipo de mercado pretendem garantir o retorno sobre suas aquisições. Ou seja, realizados de suas formas fundamentais: dividendos (se as ações da empresa pagarem dividendos, são feitos pagamentos regulares aos acionistas por ação detida); comprar ações com preço baixo e revendê-las quando o preço subir, Moreira (2019).

De acordo com Hayashi (2017), as informações financeiras são recursos usados cotidianamente pelos investidores. Portanto, buscam estas em inúmeras fontes visando o acompanhamento das oscilações do mercado e procurando prever títulos que podem facilitar na conquista de seus investimentos. Além disso, por meio de programas extratores e do processamento de informações obtidas de páginas de finanças, são capazes de realizar análises financeiras, fundamentais para tomadas de decisão em relação à compra e venda de ações, Hayashi (2017) ainda afirma que a probabilidade e a estatística facilitam a aplicação de um protótipo apto para avaliar os resultados dos preços das ações de empresas.

2.3 REDES NEURAIIS E PRECIFICAÇÃO DE AÇÕES

Uma rede neural artificial (RNA) é um formalismo de previsão que se baseia na modelagem matemática do cérebro (inspirado pelas redes neurais biológicas): os neurônios são organizados em camadas de entrada (preditores) e uma camada de saída (previsão), podendo haver outras camadas conhecidas como intermediárias/ocultas. O modelo mais simples é uma regressão linear, cujos regressores (variáveis independentes) são multiplicados por coeficientes (pesos), que são reajustados a cada *loop* (processo de cálculo) de modo a minimizar o erro. Ao adicionar camadas ocultas, a RNA se torna não linear. As redes neurais são utilizadas principalmente na modelagem de relações complexas entre entradas e saídas ou para encontrar padrões em dados.

Figura 1: Representação de uma rede neural artificial de múltiplas camadas.



Fonte: Adaptado de Günther e Fritsch (2010)

A figura 1 mostra um exemplo de uma rede neural com dois neurônios na camada de entrada (A e B) e um neurônio na camada de saída (Y), além de uma camada oculta com três neurônios (CRESTAN et al, “s.d”).

Rede neural é uma inteligência computacional que simula o funcionamento do cérebro humano de maneira simples, e é usada como técnica para a precificação, pois têm a habilidade de mapear sistemas complexos, reconhecer padrões, dispensando o conhecimento de modelos matemáticos que expliquem como elas se comportam. Por isso, podem ser consideradas um recurso capaz de aferir dados relacionados ao comportamento do mercado financeiro, Mello (2004).

Uma rede neural é composta por unidades simples de processamento, dispostas naturalmente a guardar conhecimento experimental e a dispor esse conhecimento para execução. Sendo um tipo de processador simultâneo, maciçamente partilhado, tem semelhança com o cérebro humanos, especialmente em dois aspectos: a rede adquire conhecimento com base situação em que se encontra, via processo de aprendizagem; as sinapses que acontecem a partir da conexão entre os neurônios permitem o armazenamento de conhecimentos obtidos. Nesse sentido, “[...] as redes neurais são baseadas no cérebro humano, que recebe continuamente informação, percebe-a e toma decisões adequadas baseadas nas referências (CRESTAN et al., “s.d.”).

Conforme Crestan et al. (“s.d.”), as redes neurais oferecem os seguintes benefícios: “[...] generalização, que se relaciona ao fato de a rede neural produzir saídas adequadas para entradas que não estavam presentes durante o treinamento; poder computacional mediante suas condições simultâneas; habilidade de aprender.

Santana, Dantas e Loiola (2016), consideram que as RNAs se constituem instrumentos que se adequam como suporte para resolução a respeito de investimentos, pois conseguem

delinear funções complexas e apresentam o potencial de antecipar preços de títulos, proporcionando vantagens consideráveis para investidores, em particular por causa de inseguranças relacionadas a investimentos em renda variável, que condicionam o investidor às oscilações do mercado financeiro.

Na compreensão de Santana, Dantas e Loiola (2016), esse instrumento pode oferecer dados seguros durante o processo de seleção, podendo representar uma considerável contribuição para os investidores, pois possibilitam uma ampla vantagem no processo de competição com outros investidores. Nesse sentido, as RNA, enquanto mecanismo de escolha, tem se mostrado eficiente na comparação de características do desempenho de ações, tendo por base padrões históricos.

Para ilustrar o sucesso das RNAs, os referidos autores reportam a pesquisa produzida por Cao et al. (2005), que, utilizando RNAs, na qual procuraram obter previsão do movimento dos preços de ações comercializadas no mercado acionário chinês. Após análise dos dados, concluíram a utilidade da ferramenta para mercados emergentes, a exemplo da China, devido os retornos destes serem mais fáceis de prever do que os dos mercados desenvolvidos.

3 MÉTODO

Com o propósito de alcançar o objetivo geral apresentado nesse trabalho, o seu desenvolvimento inicia-se com a escolha da empresa que fará parte desse estudo e a definição dos dados utilizados, em seguida, como será feita a preparação dos dados que foram coletados num determinado período e a ferramenta utilizada, e por fim, como será realizado a execução do processo de previsão dessa ação.

É importante destacar inicialmente que a definição do modelo e os parâmetros da RNA é uma análise empírico-quantitativa, considerando que na literatura não existem modelos e parâmetros ideais da RNA que possam levar a resultados mais satisfatórios.

Dentre as diversas empresas listadas na BM&FBOVESPA, a empresa escolhida para esse estudo foi a Magazine Luiza (MGLU3), que vem apresentando nos últimos 5 anos um desenvolvimento consistente com aumento de patrimônio líquido e receitas líquidas, e também por ser uma empresa com histórico consolidado de forte posição no mercado, com estimativa de crescimento anual de 20%, alimentando as vendas do e-commerce.

Os dados das cotações históricas relativas à negociação do ativo MGLU3 utilizados no estudo são de uso público e foram obtidos do site Yahoo Finanças. Neste trabalho, foram utilizadas séries temporais históricas diárias referentes ao período de 01 de janeiro de 2015 a

30 de novembro de 2020.

Após a coleta, os dados foram preparados em planilhas eletrônicas (Excel) e normalizados numa escala de intervalo de (0 e 1). Na sequência foram utilizados 100% dos dados no treinamento da RNA em busca de minimizar o erro da saída e gerar o modelo de RNA utilizando o *software* R. A Figura 2, apresenta a série de preços das cotações históricas da ação da Magazine Luiza (MGLU3).

Figura 2: Série histórica de preços da ação ordinária da Magazine Luiza (MGLU3)



Fonte: Elaborado pelo autor usando dados da ação MGLU3 (2020)

A arquitetura da RNA proposta neste trabalho é uma rede neural *feedforward*, treinada pelo algoritmo *backpropagation* para realizar a estratégia que indica a previsão da cotação da ação da Magazine Luiza (MGLU3), o modelo visa fornecer ao investidor uma ferramenta que irá auxiliá-lo a tomar uma decisão mais segura.

A camada de entrada formada por cinco entradas, um para cada atraso no tempo usado pela rede. O número de neurônios nas camadas escondidas foi variado durante os treinos visando obter um resultado satisfatório. A camada de saída será composta por um neurônio que representa o resultado desejado, nesse caso o valor da cotação da ação para o período seguinte. Os dados da rede foram alterados durante o processo de treinamento com o objetivo de se encontrar um modelo acurado no *software* R, na qual consegue criar, alterar e simular todos estes parâmetros.

Para a obtenção do melhor modelo, será utilizada as métricas de erros RMSE, MAE e MAPE.

Raiz do Erro quadrático médio (RMSE)

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\hat{X}_i - X_i)^2} \quad (1)$$

Erro absoluto médio (MAE)

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |\hat{X}_i - X_i| \quad (2)$$

Erro absoluto médio percentual (MAPE)

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{|\hat{X}_i - X_i|}{X_i} 100 \right) \quad (3)$$

onde $\{X_i\}$ representa os dados históricos reais e $\{\hat{X}_i\}$ o valor preditivo.

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A partir do desenvolvimento da pesquisa percebeu-se que as redes neurais possibilitam reduzir custos, já que a longo prazo tornam-se mais inteligentes e com isso o nível de eficiência na análise de dados tem uma tendência a ser mais eficaz, já que são usados objetos artificiais, isso permite criar condições para investimentos com lucros significativos a longo prazo.

O uso de redes neurais na previsão de séries que apresentam alguma regularidade é extremamente eficiente. No entanto, algumas séries usadas em finanças não seguem um padrão muito claro. Isso não permite ter também certa clareza com relação aos resultados. Mesmo assim, esta pesquisa conseguiu traçar uma possível tendência geral. Nos dados analisados as redes neurais conseguiram prever o que aconteceria com a série, desprezando as pequenas flutuações.

Um dos primeiros passos na análise do uso das RNAs na previsão do preço de ações é entender o comportamento da série temporal. A figura 3 apresenta o comportamento das cotações históricas acompanhado do volume transacionado.

Figura 3: Gráfico de dados da série de fechamento e volume transacionado utilizados para previsão

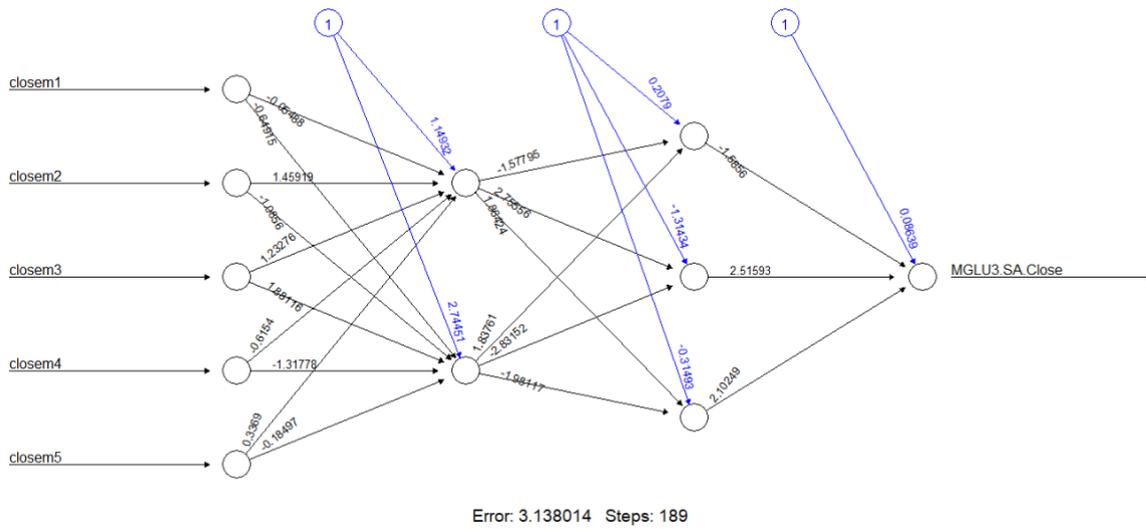


Fonte: Elaborado pelo autor usando dados da ação MGLU3 (2020)

A partir da análise gráfica é possível verificar um comportamento crescente do valor da ação MGLU3, bem como, uma variabilidade no volume transacionado nos últimos meses. Esses resultados refletem o posicionamento da empresa com histórico consolidado de forte posição no mercado, associado a uma estimativa de crescimento anual de 20%.

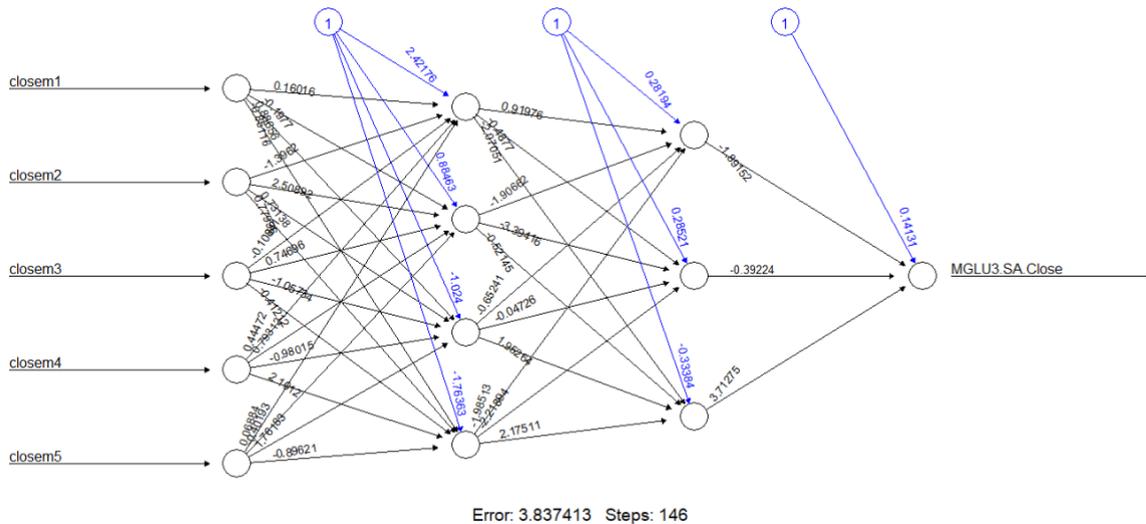
O próximo passo na análise do uso das RNAs na previsão do preço de ações é escolher qual a arquitetura de rede que será utilizada. Para tanto, decidiu-se utilizar RNAs *feedforward*, treinada pelo algoritmo *backpropagation*, uma com 5 neurônios na camada de entrada, duas camadas ocultas com 2 e 3 neurônios e um neurônio da camada de saída definida por MGLU23, conforme figura 4. E uma segunda arquitetura com 5 neurônios na camada de entrada, duas camadas ocultas com 4 e 3 neurônios e um neurônio da camada de saída definida por MGLU43, conforme figura 5. Cabe ressaltar, que esta escolha foi aleatória.

Figura 4: Rede Neural com duas camadas intermediárias, uma com 2 neurônios e outra com 3 (MGLU23).



Fonte: Elaborado pelo autor usando dados da ação MGLU3 e software R.

Figura 5: Rede Neural com duas camadas intermediárias, uma com 4 neurônios e outra com 3 (MGLU43).

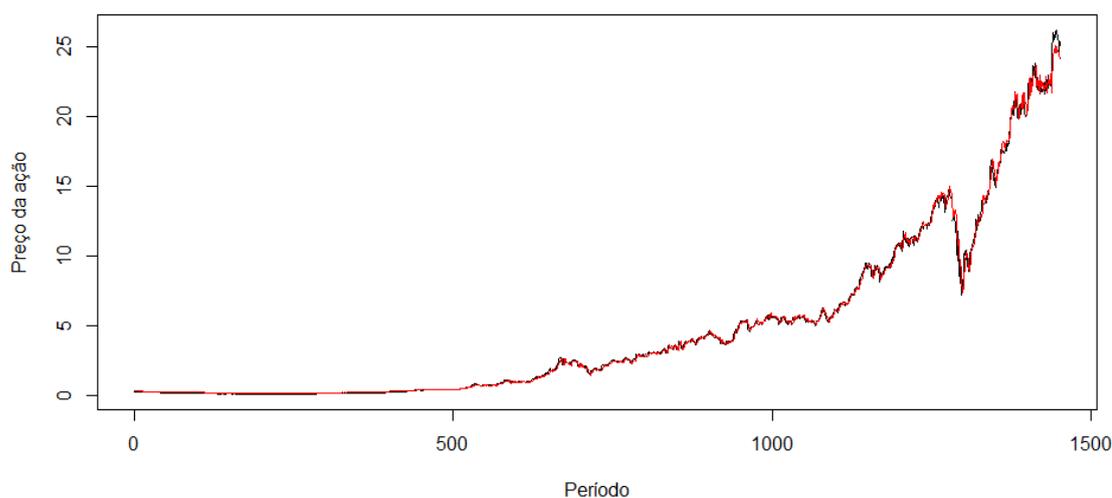


Fonte: Elaborado pelo autor usando dados da ação MGLU3 e software R.

Assim sendo, nesse trabalho utiliza-se duas arquiteturas para prever os preços da ação da empresa selecionada. Porém, poderia ser mais interessante na busca por melhores resultados a utilização de outras arquiteturas mais robustas. Possivelmente isso traria mais precisão para a previsão, porém mais complexidade para a modelagem. Cabe aos interessados na previsão decidir uma relação confortável entre precisão e complexidade.

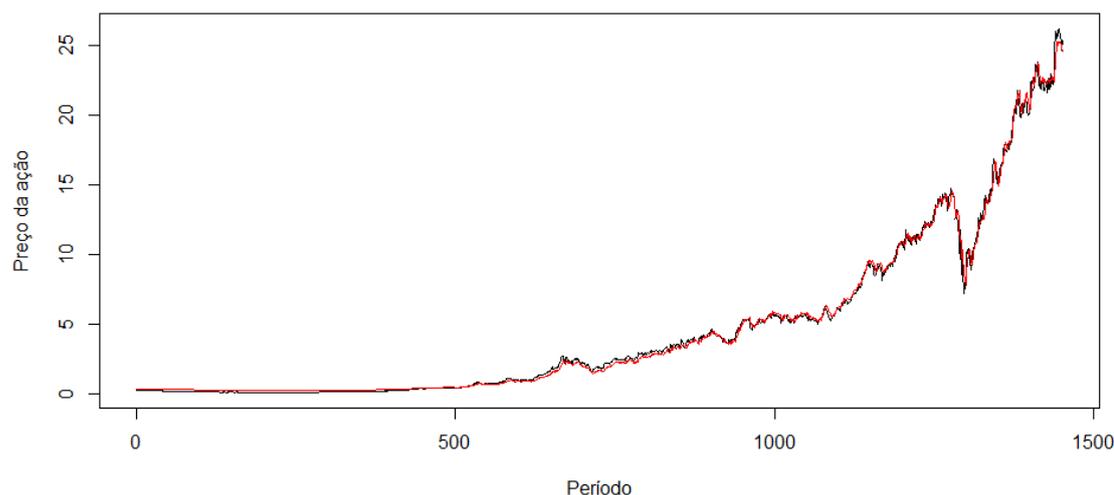
Dentre as diversas técnicas utilizadas na avaliação dos resultados obtidos com RNAs utilizamos para esse fim a comparação gráfica e as métricas de erros RMSE, MAE e MAPE.

Figura 5: Gráfico da cotação histórica da ação MGLU3 e sua previsão para arquitetura MGLU23.



Fonte: Elaborado pelo autor usando dados da ação MGLU3 e software R para arquitetura MGLU23.

Figura 5: Gráfico da cotação histórica da ação MGLU3 e sua previsão para arquitetura MGLU43.



Fonte: Elaborado pelo autor usando dados da ação MGLU3 e software R para arquitetura MGLU43.

Por meio da comparação gráfica é possível ter uma melhor visualização dos resultados. É uma métrica bem simples que não quantifica os resultados, mas permite fazer uma boa análise visual. Nas figuras 5 e 6 podem ser visualizados os gráficos com os valores alvos (preto) e as respectivas previsões (vermelho) feitas pelas RNAs.

Tabela 1: Medidas de acurácia para os modelos MGLU23 e MGLU43. Os melhores resultados estão em negrito

Arquitetura	RMSE	MAE	MAPE
MGLU23	0.0006756364	0.1551508	20.82998
MGLU43	-0.001753237	0.2924232	70.57619

Fonte: Elaborado pelo autor usando dados da ação MGLU3 e software R para as arquiteturas MGLU23 e MGLU43.

Por fim, analisando as medidas de acurácia aplicadas aos dois modelos de RNAs, conforme a Tabela 6. Nota-se que o modelo com arquitetura MGLU23 apresenta valores menores para as métricas o que representa menor erro de previsão.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O problema da seleção de carteiras de investimentos tem atraído o interesse tanto de simples investidores quanto de profissionais que atuam no dia a dia das instituições financeiras.

A disponibilidade de recursos computacionais tem possibilitado o desenvolvimento de métodos capazes de alcançar resultados importantes, como, por exemplo, realizar previsões de ativos do mercado de ações, estabelecendo novos rumos para pesquisas no mercado financeiro.

O presente trabalho foi motivado pela possibilidade de aplicação de uma ferramenta de auxílio ao investidor de ações, que proporcionasse maior segurança na sua tomada de decisão. A escolha das redes neurais artificiais justifica-se, principalmente, pela sua capacidade de captar não-linearidades no sistema sem qualquer intervenção humana e pelo fato delas superarem as dificuldades encontradas pelos métodos ditos tradicionais utilizados neste campo de aplicação.

A partir dos gráficos analisados neste trabalho com base nas redes neurais percebemos um crescente valor da ação MGLU3 bem como uma variação em relação a alguns meses do período analisado. Foram analisados dois tipos de arquiteturas, a MGL23 e a MGL43, e diante dos estudos realizados percebeu-se que a MGL23 é a melhor arquitetura uma vez que na previsão feita permite verificar menos erros que na MGL43 e com isso os resultados em relação a sua aplicação no mercado são mais significativos e confiáveis. Sabendo que no mercado de ações quanto menos erros forem detectados, melhor. Consideramos e usamos a MGL23 como melhor arquitetura na precificação com base nos neurônios artificiais.

Deste modo percebeu-se também que pelo fato da empresa citada ter um mercado consolidado e um histórico forte nesse mercado ela acaba se tornando uma empresa que consegue passar por uma crise, por exemplo, e se manter firme dentro do mercado de ações.

Com isso diante da problemática que foi levantada chegamos a seguinte conclusão: As redes neurais na previsão de séries que apresentam certa regularidade são extremamente eficientes isso numa previsão de preços para futuros investimentos já que possibilita auxiliar na tomada de decisão.

No caso do MAGLU empresa escolhida para estudo, observou-se que seu patrimônio líquido, e receitas líquidas dentro do período analisado não sofreu variações que pudessem alterar de forma negativa seus investimentos, ou ainda as redes neurais permitiram observar que as um até mesmo um investidor mais simples pode aplicar seus recursos no MAGLU tendo em vista que essa empresa não corre o risco de falência e seus ativos só tendem a crescer. Investirem ações é um meio que tem conquistado cada vez mais seguidores e investir em uma empresa

com histórico consolidado é significado principalmente para quem está começando nessa linha de investimentos.

REFERÊNCIAS

- AZEVEDO, F.; COSTA, F. M. **Efeito da Troca da Firma de Auditoria no Gerenciamento de Resultados das Companhias Abertas Brasileiras**. In: CONGRESSO DA ANPCONT, 2, 2008, Salvador. **Anais...** Salvador: ANPCONT, 2008.
- BARROS, M. **Processos Estocásticos**. Rio de Janeiro. Papel Virtual, 2004.
- BODIE, Zvi; KANE, Alex; MARCUS, Alan. **Fundamentos de investimentos**. AMGH Editora, 2014.
- BINOTI, M. L. M. S. **Redes neurais artificiais para prognose da produção de povoamentos não desbastados de eucalipto**. 2010. 54f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2010
- BINOTI, D. H. B. et al. **Redução dos custos em inventário de povoamentos equiâneos utilizando redes neurais artificiais**. *Agrária*, v. 8, p. 125-129, 2012.
- BINOTI, D. H. B. et al. **Modelagem da distribuição diamétrica em povoamentos de eucalipto submetidos a desbaste utilizando autômatos celulares**. *Revista Árvore*, v.36, n.5, p.931-939, 2012b.
- CAO, Q., Leggio, K. B. e Schniederjans, M. J. (2005). **Uma comparação entre o modelo de Fama e o de French e as redes neurais artificiais na previsão do mercado de ações chinês**. *Computadores e Pesquisa Operacional*, v. 32, n. 10, p. 2499-2512.
- COSTA, H. C., Mazzeu, J. H. G., & Costa Jr., N. C. A. (2016). **O comportamento dos componentes da volatilidade das ações no Brasil**. *Revista Brasileira de Finanças*, v.14, n.2, p.225-268.
- FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica**. Fortaleza: UEC, 2002. Apostila.
- FORAN, J.; HUTCHINSON, M. C.; O’SULLIVAN, N. **Comunalidade de liquidez e preços em ações do Reino Unido**. *Pesquisa em Negócios Internacionais e Finanças*, n. 34, p. 281-293, 2015. _____. Systematicliquidityandexcessreturns: evidencefromthe London stock exchange.
- GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 1999. Como elaborar projetos de pesquisa. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2007
- HAMILTON, J.D. **Análise de séries temporais**. Princeton University Press, 1994.
- HAYASHI, André Hideo. **Processo para predição de preços das ações no mercado financeiro com uso de Big Data**. 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Computação)

- Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT. São Paulo, 2017.

HAYKIN, S. *Redes neurais: Princípios e prática*. Bookman, 2008.

HAYKIN, S., **Redes neurais: Uma fundação abrangente**. New Jersey, Prentice Hall, 2o Edição, 1999.

KEDEM, B. E K. FOKIANOS 2002 **Modelos de regressão para análise de séries temporais**. Universidade de Marylan e Chipre: Jonh Wiles,

KOSKELA, T. M. LEHTOKANGAS. **O tempo obtém previsão com perceptron multicamadas**. 1996

KINTNER, J. **Os preços dos títulos, ganhos e ganhos máximos com a diversificação. O jornal de finanças**, 1965

MARKOWITZ, H. **Seleção de portfólio**. *Journal of Finance*, 1952.

MAYORDOMO, S.; RODRIGUEZ-MORENO, M.; PEÑA, J. I. **Comunalidades de liquidez na empresa** CDS Market around the 2007-2012 financial crisis. *International Review of Economics and Finance*, v. 31, p. 171-192, 2014

MCCABE, B.; P; M E A. R. TREMAYNE 1995, **Testar uma série temporal para a aridade de estação de difração**. *The annals of statistics*

MEDEIROS, M. C., **Técnicas de Pesquisa em Economia**, Notas de Aula, 2005.

MELLO, M. T. **Aplicação de redes neurais artificiais no processo de precificação de ações. 2004. TCC (Bacharelado em Ciências da Computação)** – Instituto de Física e Matemática, UFPel, Pelotas.

MILAN, Gabriel Sperandio. **As estratégias de precificação e o desempenho das empresas**. *REAd*, Porto Alegre, v. 84, n. 2, p. 419-543, maio/ago. 2016.

MINAYO, M. C. S.; MINAYO-GOMÉZ, C. **Difíceis e possíveis relações entre métodos quantitativos e qualitativos nos estudos de problemas de saúde**. In: GOLDENBERG, P.;

MOREIRA, E. **O que faz um trader no mercado financeiro?** 2019 (On-line). Disponível em: <https://edumoreira.com.br/o-que-faz-um-trader-no-mercado-financieiro/>. Acesso em: 05 abr. 2020.

MOSSIN, J. **Equilibrium in a capital asset Market**. *Econometrica* 34, 1966

OLIVEIRA Jr, W. **Estudo comparativo entre modelos lineares e redes neurais artificiais como tecnologias geradoras de previsões de valores financeiros**. 2007. Dissertação (Mestrado em Gestão do Conhecimento e Tecnologia da Informação) – UCB, Brasília

OSORIO, F. S. **Um estudo sobre reconhecimento visual de caracteres através de redes neurais**. 1991. Dissertação (Mestrado em Ciências da Computação) – Instituto de Informática, UFRGS, Rio Grande do Sul.

PEREIRA, B. B. 1945, **Análise espectral de series temporais – uma introdução para engenharia**, econômica e estatística (1 ed.) rio de janeiro – Brasil : arte final leasing editorial LTDA

SADKA, R. **Risco de liquidez e informações contábeis**. Journal of Accounting and Economics, n. 52, p. 144-152, 2011.

SANTANA, DANTAS E LOIOLA (2016), **Aplicação de redes neurais para a predição no mercado de ações nacional**, Simpósio Brasileiro de pesquisa operacional. Vitória - ES

SATURNINO, Odilon et al. Oferta pública inicial (IPO) de ações no Brasil: **UMA análise dos retornos da ipo de ações com baixo índice preço/lucro (P/L)**. In: CONGRESSO LATINO-IBEROAMERICANO DE INVESTIGACIÓN OPERATIVA. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL. **Anais [...]**. Rio de Janeiro, 2012.

SHARPE, W. F. **Preços de ativos de capital: uma teoria do equilíbrio do mercado em condições de risco**. Jornal de Finanças. v. 19, n. 3, p. 425-442, 1964

SOBRINHO, Erica Juvercina. **Potenciais efeitos dos dividendos na composição e na performance de fundos de ações no Brasil**. 2016. Dissertação (Mestrado em Ciências Contábeis) - Universidade Federal de Uberlândia – UFU, Uberlândia, 2016. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/18028/1/PotenciaisEfeitosDividendos.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2020.

SOUZA, R. C., CAMARGO, M. E., **Análise e Previsão de Séries Temporais : Os Modelos ARIMA**. 2ª Ed., 2004.

WERNKE, R., & Lembeck, M. (2004). **Análise de rentabilidade dos segmentos de mercado de empresa distribuidora de mercadorias**. *Revista Contabilidade & Finanças*, 15(35)