

14º Congresso de Inovação, Ciência e Tecnologia do IFSP - 2023

AGENTE DE SIMULAÇÃO DE OPERAÇÃO NO MERCADO DE AÇÕES COM BASE EM SISTEMAS INTELIGENTES

RAFAEL ROCHA CASAQUE¹, JOÃO LUIZ DE CASTRO², FABRICIU ALARCÃO VEIGA BENINI³

¹ Graduando em Tecnologia de Análise e Desenvolvimento de Sistemas, Bolsista PIBIFSP, IFSP, Câmpus São Carlos, casaque.rafael@aluno.ifsp.edu.br.

² Pós Graduando em especialização em gestão de sistemas de informação joo.lui.98@outlook.com

³ Professor de Ensino Básico, Técnico e Tecnológico, IFSP, Câmpus São Carlos, benini@ifsp.edu.br.

Área de conhecimento (Tabela CNPq): 1.03.03.04-9 Sistemas de Informação

RESUMO: O contexto pandêmico foi um dos principais aceleradores da informatização brasileira. Atualmente, o percentual de domicílios brasileiros com acesso à internet atingiu um patamar nunca antes alcançado. Esse aumento de usuários, aliado ao crescimento dos infoprodutos, principalmente relacionados à investimentos e renda extra, culminou no grande novo interesse pelo mercado financeiro, fazendo com que a bolsa brasileira batesse recordes de pessoas negociando ativos diariamente. Juntamente disso, o surgimento acelerado de inteligências artificiais como Chat GPT e Bing também foi um atrativo para os usuários da rede mundial de computadores, elevando as buscas e estudos pelo ramo tecnológico. Nesse sentido, esse projeto visa a integração entre tecnologia e finanças, introduzindo inteligência artificial aplicada ao mercado de ações de renda variável. Portanto, o objetivo do projeto é a criação e implementação de um agente inteligente que fará a indicação de compra ou venda de determinadas ações, com base nos algoritmos de tendência e predição de dados. Para isso, serão utilizadas duas técnicas distintas, o algoritmo genético, baseado no princípio da evolução das espécies de Charles Darwin, buscando o indivíduo mais preparado para fazer a indicação, com base em indicadores de tendência e um baseado no aprendizado de máquina, utilizando redes neurais recorrentes. Este trabalho é um passo importante para a integração da inteligência artificial no mercado financeiro, oferecendo uma abordagem mais informada e estratégica para a tomada de decisões de investimento.

PALAVRAS-CHAVE: finanças; python; b3; programação; bovespa; automatização

SIMULATION AGENT FOR STOCK MARKET OPERATIONS BASED ON INTELLIGENT SYSTEMS

ABSTRACT: The pandemic context served as one of the principal catalysts for the digitalization of Brazil. Presently, the percentage of Brazilian households with internet access has reached an unprecedented level. This surge in users, coupled with the growth of infoproducts, primarily linked to investments and supplementary income, culminated in a pronounced renewed interest in the financial market. This, in turn, led to record-breaking numbers of individuals engaging in daily asset trading on the Brazilian stock exchange.

Concurrently, the rapid emergence of artificial intelligences such as Chat GPT and Bing also acted as alluring factors for users of the worldwide web, thereby intensifying inquiries and explorations into the technological domain. In this context, the current project endeavors to effectuate the fusion of technology and finance by introducing artificial intelligence into the realm of variable-income stock markets. Consequently, the project's objective centers on the conception and implementation of an

intelligent agent that will proffer recommendations for the acquisition or liquidation of specific stocks, grounded in the tenets of trend analysis and data prediction.

To achieve this, two distinctive methodologies shall be harnessed: the genetic algorithm, inspired by Charles Darwin's theory of evolution, aiming to discern the most adept candidate for providing recommendations, informed by trend indicators; and a machine learning approach founded on recurrent neural networks.

KEYWORDS: Finance; Python; B3 (Brazilian stock exchange); Programming; Bovespa (São Paulo Stock Exchange); Automation

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a sociedade brasileira passou por um grande aceleração na comunicação tecnológica. Isso se deu ao fato do aumento de modelos remotos, decorrentes da pandemia. Cerca de 7,9 milhões de brasileiros atuaram neste modelo durante o período pandêmico (IBGE, 2020). Portanto, a maior conectividade dos usuários ficou como um dos resultados dessa tragédia. Atualmente, o percentual de domicílios brasileiros com acesso à internet chega a 90%, uma grande expansão tecnológica nunca antes vista (Gov.br, 2022).

Cidadãos se tornaram novos usuários. Assim, um novo nicho de mercado toma a dianteira: os infoprodutos, produtos digitais com o objetivo de transmitir informações sobre um determinado assunto (Lima, 2020). Entre eles, os mais atrativos são os que vendem a ideia de prosperidade financeira. O aumento do interesse dos usuários pelo mercado financeiro fez com que a B3, bolsa de valores brasileira, atingisse o patamar de mais de 5 milhões de pessoas físicas (B3, 2023). Aliado a isso, o aprendizado de máquina ganha a cada dia mais admiradores e entusiastas, decorrente da grande disseminação de ferramentas especializadas que utilizam desse recurso.

Portanto, este projeto se mostra extremamente relevante para o cenário atual, tanto pelo aumento no interesse em assuntos financeiros, quanto tecnológicos. Essa pesquisa integra a terceira edição de um projeto maior, nessa nova edição foi planejada a construção de um agente que irá realizar a manutenção de uma carteira de investimentos de forma totalmente autônoma. Esse agente utilizará ambos os algoritmos desenvolvidos anteriormente, com a finalidade de testar e medir a eficácia individual de cada um deles. Essa eficácia será definida encontrando qual solução retornou uma melhor rentabilidade após todas as operações realizadas pelo agente.

MATERIAL E MÉTODOS

Como dito, essa pesquisa integra a terceira edição de um projeto maior intitulado PrABoVAIA (Precificador de Ações da Bolsa de Valores com Inteligência Artificial). A primeira edição desse projeto teve como objetivo a criação de um algoritmo genético para realizar a indicação de compra, venda ou mantimento de determinado ativo em carteira (Souza, 2021). Já o segundo projeto foi responsável pela criação de um algoritmo utilizando redes neurais recorrentes para realizar a predição do valor de determinada ação no dia seguinte (Souza, 2022).

Esse projeto de pesquisa visou a construção e implementação de um agente autônomo para fazer o gerenciamento de uma carteira de ações de renda variável. Para isso, serão utilizados os conhecimentos gerados nas edições anteriores, ou seja, a inteligência artificial utilizará como modelo de tendência e aprendizado o algoritmo genético e o algoritmo de redes neurais recorrentes.

O algoritmo genético é baseado na teoria da evolução de Charles Darwin, buscando a melhor adaptabilidade de um indivíduo ao longo de transformações dentro de uma população. O algoritmo funciona exatamente dessa maneira, inicialmente cria-se uma população com cinquenta indivíduos distintos, a partir disso, eles são submetidos a iterações, simulando o tempo de evolução, em cada iteração é selecionado o indivíduo mais adaptado e seu conhecimento é passado adiante. Ao final, o

algoritmo retorna o melhor indivíduo, ou seja, o indivíduo mais adaptado para a realização da predição de tendência das ações.

Já o algoritmo de redes neurais recorrentes é uma técnica de aprendizado de máquina inspirada no funcionamento do cérebro humano, projetada para lidar com dados sequenciais. Ao contrário das redes neurais tradicionais, as recorrentes possuem conexões internas que formam estruturas de repetições, permitindo a análise de dependências temporais. Assim, durante o treinamento, essas redes aprendem padrões em dados históricos e são capazes de fazer previsões com base em tendências passadas, contribuindo para o desenvolvimento de um agente autônomo para gerenciamento de carteira de ações de renda variável. Dessa forma, o algoritmo retorna, ao final, uma predição de valor de uma determinada ação.

Nesse contexto, para realizar as predições e indicações de tendências com melhor precisão, é necessário utilizar o período total de dados históricos de uma determinada ação. No entanto, essa tarefa não se mostrou trivial, uma vez que não foi encontrada uma api pronta para recuperar o histórico completo. Dessa forma, foi necessário o desenvolvimento de uma aplicação para recuperar todos os ativos disponíveis na bolsa de valores brasileira e todo o histórico de negociações e valores de abertura e fechamento.

Para a construção desse serviço foi desenvolvida uma api restfull com express.js e typescript. Essa aplicação está integrada com a api pública da brapi (Brapi.dev), trata-se de uma aplicação que possibilita a obtenção de informações relevantes dos fundos disponíveis na bolsa, possuindo endpoints para obter todos os ativos disponíveis e para obter o histórico completo de um determinado ativo. Vale ressaltar, que uma api é uma arquitetura para comunicação cliente e servidor, onde o cliente, nesse caso, o script do agente de simulação, consome os recursos disponíveis pela api, a fim de obter e manipular os dados gerenciados por ela. Nesse projeto, os dados são de suma importância para o treinamento e predição dos valores das ações, para a obtenção da tendência. Mesmo com essa api, foi identificado um problema, obter o histórico completo de todos os ativos exigia muito tempo, sobrecarregando o servidor e obtendo erro de tempo máximo excedido. Para contornar esse problema, foi adotada a estratégia de divisão e paralelismo, primeiro o bloco de código obtém todos os ativos listados na bolsa de valores, aproximadamente 1600, e insere-os em uma lista. Logo em seguida são criados vinte endereços de requisições distintas, passando os ativos como parâmetros para obtenção do tempo total de negociação. Por fim, esses endereços são envolvidos em uma função de paralelismo (Mozilla Developer, 2023), que tem seu tempo total de demora baseado no tempo da requisição mais demorada, uma vez que as outras já foram resolvidas. Os resultados são concatenados e devolvidos como um JSON para o cliente que requisitou o serviço. Essa rota foi idealizada com um baixo acoplamento no número da divisão, uma vez que as requisições estejam muito pesadas, é possível aumentar o número da divisão, criando mais endereços de requisição.

A partir deste serviço, os dados históricos completos de todas as ações podem ser obtidos por quaisquer clientes que executem chamadas HTTP, para esse projeto, o cliente em questão será o script de inteligência artificial que fará as predições. Para isso, foi escolhida a linguagem Python, por ser uma das linguagens mais populares e mais utilizadas para a criação de sistemas com inteligência artificial, por conter uma grande quantidade de bibliotecas maduras e amplamente utilizadas para esse fim. Nesse contexto, estão sendo utilizadas as seguintes bibliotecas: numpy, para manipulação de arrays n-dimensionais, pandas, para manipulação de dados e dataframes, sklearn, keras e tensorflow para implementação das técnicas de aprendizado de máquina e, por fim, a biblioteca matplotlib para obter a visualização gráfica dos dados, como por exemplo, a criação dos gráficos para visualização da variação dos preços de uma determinada ação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Uma das etapas fundamentais do projeto, como já dito anteriormente, foi a criação de uma API para a obtenção dos dados históricos completos de todas as ações listadas na bolsa de valores brasileira. Através desta API, foi possível superar os desafios relacionados à ausência de uma fonte pronta, gratuita e segura para a recuperação dos dados. A estratégia de divisão e paralelismo foi adotada para otimizar o processo de recuperação dos dados, garantindo um desempenho eficiente e evitando sobrecargas no servidor, vale lembrar que em testes antes dessa estratégia, o servidor da brapi

bloqueou o acesso por duas semanas, considerando ser um cliente que ofereceria riscos ao desempenho do serviço web.

O projeto avançou na sua terceira edição com a construção de um agente autônomo capaz de gerenciar uma carteira de ações de renda variável. Esse agente foi desenvolvido utilizando todos os conhecimentos gerados nas edições anteriores do projeto, especificamente os algoritmos genéticos e de redes neurais recorrentes, um exemplo de predição desse algoritmo pode ser visualizado na Figura 1, onde p é a previsão dos valores e r é o valor real da cotação. O algoritmo genético, inspirado na teoria da evolução, buscou identificar a adaptabilidade dos ativos ao longo de iterações. Por outro lado, o algoritmo de redes neurais recorrentes, inspirado no funcionamento do cérebro humano, lidou com dados sequenciais para prever valores e calcular as tendências de estado de uma determinada ação.

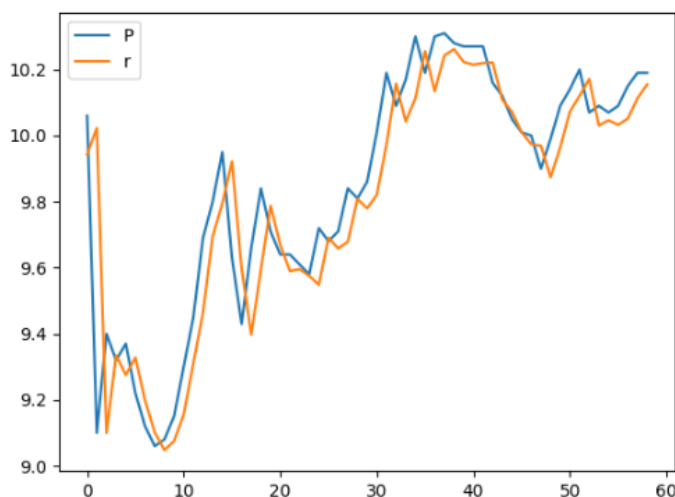


Figura 1 - Predição de preço do MXRF11, Fonte: criação própria (2023)

Um aspecto crucial foi a padronização das saídas geradas pelos algoritmos. Ambos os algoritmos foram configurados para fornecer recomendações claras: comprar, vender ou manter um determinado ativo. Através do algoritmo genético, o agente avaliou a melhor adaptação de um ativo às mudanças do mercado e forneceu orientações sobre o que fazer com cada ativo. Da mesma forma, o algoritmo de redes neurais recorrentes analisou padrões temporais em dados históricos para identificar tendências e embasar suas decisões. Essa padronização permitiu uma compreensão mais direta e eficaz das ações a serem tomadas em relação à carteira de investimentos.

Os resultados alcançados nessa etapa do projeto demonstram a integração bem-sucedida entre a obtenção de dados históricos através da API desenvolvida, pode ser visualizado um exemplo de dados históricos na Figura 2, a implementação dos algoritmos genético e de redes neurais recorrentes, além da padronização das saídas para tomadas de decisão. A criação de um agente autônomo capaz de gerenciar uma carteira de ações de renda variável representa um avanço significativo na interseção entre inteligência artificial e finanças, abrindo portas para estratégias mais eficazes e informadas no mercado de investimentos.

```
"historicalDataPrice": [
  {
    "date": 1407121200,
    "open": 8.225000381469727,
    "high": 8.244999885559082,
    "low": 8.01099967956543,
    "close": 8.199999809265137,
    "volume": 249260
  },

```

Figura 2 - Resposta da API, cotação diária do MXRF11, Fonte: criação própria (2023)

CONCLUSÕES

No desfecho deste projeto, é evidente que a convergência entre tecnologia e finanças atingiu uma nova dimensão de relevância. A conjuntura pandêmica, embora trágica, exerceu um papel acelerador ao impulsionar a informatização da sociedade brasileira. A expansão do acesso à internet em domicílios brasileiros para um patamar nunca antes alcançado, aliada ao surgimento de infoprodutos e ao crescente interesse por investimentos e renda extra, desencadeou um novo cenário no mercado financeiro nacional. Nesse sentido, o aumento exponencial de participantes no mercado financeiro, notavelmente na B3, a bolsa de valores brasileira, gerou um interesse renovado pela construção de riqueza e investimentos inteligentes. Ao mesmo tempo, a ascensão da inteligência artificial em forma de agentes como o Chat GPT e Bing adicionou um novo componente de atração na paisagem digital, impulsionando as buscas e a exploração de fronteiras tecnológicas.

Este projeto emergiu como um elo vital entre os dois mundos. A proposta de integrar a inteligência artificial ao mercado de ações de renda variável não apenas reflete o clima contemporâneo de exploração sinérgica, mas também apresenta uma contribuição substancial para ambos os campos. A criação de um agente inteligente capaz de fornecer orientações de compra e venda de ativos baseadas em algoritmos de tendência e previsão de dados é um passo crucial em direção a uma abordagem mais informada e estratégica nas decisões de investimento. O algoritmo genético e de redes neurais recorrentes, construídos ao longo das edições anteriores deste projeto, formam a espinha dorsal desse agente autônomo. Ao fundir o conceito de evolução adaptativa com a capacidade de análise sequencial de dados, esses algoritmos criaram um mecanismo robusto para a identificação de padrões, tendências e, conseqüentemente, para a tomada de decisões embasadas.

Além disso, a abordagem inovadora para a obtenção de dados históricos através do desenvolvimento de uma API personalizada reforça o compromisso com soluções práticas e eficientes. A estratégia de divisão e paralelismo, adotada para otimizar a recuperação desses dados, demonstra a busca contínua por soluções inteligentes mesmo diante de desafios técnicos complexos.

Em última análise, este projeto transcende os limites tradicionais da pesquisa financeira e tecnológica, abraçando uma sinergia que reflete o espírito da era atual. A capacidade de um agente autônomo em gerenciar uma carteira de ações de renda variável, baseado em análises e decisões precisas fornecidas pela inteligência artificial, potencializa a capacidade dos investidores e expande os horizontes do mercado financeiro. Como resultado, esta pesquisa ressoa como um marco promissor para futuras investigações e aplicações práticas. A convergência entre finanças e tecnologia continuará a moldar nossa sociedade e economia de maneira fundamental. Por meio deste projeto, lançamos uma luz sobre o caminho que se estende adiante, onde a inteligência artificial e a automação podem revolucionar a maneira como abordamos e gerenciamos nossos investimentos, abrindo oportunidades para estratégias mais informadas, eficazes e adaptáveis. No futuro, planejamos expandir nosso agente para considerar mais variáveis e testá-lo em diferentes mercados.

CONTRIBUIÇÕES DOS AUTORES

Rafael Rocha Casaque; Responsável pela pesquisa, desenvolvimento, implementação e testes dos softwares gerados no projeto, bem como a escrita de relatórios de atividades e textos de teor científico para congressos e apresentações em eventos científicos para demonstrações dos resultados obtidos a partir do projeto

João Luiz de Castro; Responsável pela revisão e correção dos textos desenvolvidos, destacando mudanças estruturais de sintaxe e semântica para a melhor disseminação dos conhecimentos e apresentação dos resultados obtidos ao longo das pesquisas.

Fabriziu Alarcão Veiga Benini; Orientador do projeto, responsável por fazer as revisões finais dos textos, acompanhamento das atividades e fonte de conhecimento para orientações acerca das implementações a serem desenvolvidas.

Todos os autores contribuíram com a revisão do trabalho e aprovaram a versão submetida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao professor Fabriciu Alarcão Veiga Benini pela oportunidade de atuação nesse projeto, que pode contribuir grandemente para minha carreira como programador e pesquisador científico, agradeço também pela orientação e acompanhamento ao longo de todo o projeto. Também agradeço ao João Luiz de Castro pela grande ajuda nas revisões de textos, materiais tão importantes quanto a própria pesquisa, uma vez que são o ponto principal da transmissão do conhecimento adquirido. Agradeço ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia (IFSP) pela oportunidade de ser um dos alunos contemplados como bolsista PIBIFSP e também agradeço aos meus companheiros de curso que me estimularam grandemente ao longo do projeto e ao meu caro amigo Gabriel Gatti, por ouvir minhas frustrações e vitórias durante todo o desenvolvimento do sistema. Sem a participação dos envolvidos citados, esse projeto não poderia ter sido concluído com a qualidade e satisfação alcançadas.

REFERÊNCIAS

Aumenta para 90% o número de domicílios com internet no Brasil. **Gov.br**, São Paulo, 16 de setembro de 2022. Disponível em: <bit.ly/3JH50WR>. Acesso em: 03 de julho de 2023.

DE SOUZA, C.; BENINI, F. PRECIFICAÇÃO NA BOLSA DE VALORES COM AUXÍLIO DE ALGORITMO GENÉTICO. In: CONICT - Congresso de Inovação, Ciência e Tecnologia, Brasil, setembro de 2021. **Anais [...]** Disponível em: <bit.ly/3reqAvP>, Acesso em 03 de Julho de 2023.

DE SOUZA, C.; FERREIRA, W.; BENINI, F. PRECIFICAÇÃO NA BOLSA DE VALORES COM AUXÍLIO DE REDE NEURAL RECORRENTE E INDICADORES TÉCNICOS. In: CONICT - Congresso de Inovação, Ciência e Tecnologia, Brasil, setembro de 2022. **Anais [...]**. Disponível em: <bit.ly/3NDgkEz>. Acesso em 03 de Julho de 2023.

LIMA, S. S.; MENEZES, N. K. B. PANDEMIA E O CRESCIMENTO DE INFOPRODUTORES NO MARKETING DIGITAL NO BRASIL. **Trabalho de Conclusão de Curso** (Graduação em Administração) - Escola de Direito, Negócios e Comunicação, Pontifícia Universidade Católica. Goiás, 2021.

Mozilla Developer. (2023). Promise.all. Disponível em: https://developer.mozilla.org/pt-BR/docs/Web/JavaScript/Reference/Global_Objects/Promise/all. Acesso em: 30/08/2023.

Painel Coronavírus. **Coronavírus Brasil**, São Paulo, 30 de junho de 2023. Disponível em: <<https://covid.saude.gov.br>>. Acesso em: 03 de julho de 2023.

PNAD Covid19. **IBGE**, São Paulo, setembro de 2020. Disponível em <<https://covid19.ibge.gov.br/pnad-covid/>>. Acesso em 03 de julho de 2023.

Uma análise da evolução dos investidores na B3. **B3**, São Paulo, março de 2023. Disponível em: <bit.ly/3rcEzCe>. Acesso em: 03 de julho de 2023.