



Universidade Federal
do Rio de Janeiro
Escola Politécnica

TÉCNICAS DE MACHINE LEARNING APLICADAS À ESTRATÉGIA DE SWING TRADE DO MERCADO FINANCEIRO

Pedro Henrique Barbosa Nori

Projeto de Graduação apresentado ao Curso de Engenharia Eletrônica e de Computação da Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Engenheiro.

Orientador: Heraldo Luis Silveira de Almeida

Rio de Janeiro

Julho de 2021

TÉCNICAS DE MACHINE LEARNING APLICADAS À
ESTRATÉGIA DE SWING TRADE DO MERCADO
FINANCEIRO

Pedro Henrique Barbosa Nori

PROJETO DE GRADUAÇÃO SUBMETIDO AO CORPO DOCENTE DO CURSO
DE ENGENHARIA ELETRÔNICA E DE COMPUTAÇÃO DA ESCOLA PO-
LITÉCNICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO
PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU
DE ENGENHEIRO ELETRÔNICO E DE COMPUTAÇÃO

Autor:

Pedro Henrique Barbosa Nori

Orientador:

Heraldo Luis Silveira de Almeida, D. Sc.

Examinador:

Prof xxxxxx

Examinador:

Prof xxxx

Rio de Janeiro

Julho de 2021

Declaração de Autoria e de Direitos

Eu, *Pedro Henrique Barbosa Nori* CPF *134.129.077-82*, autor da monografia *TÉCNICAS DE MACHINE LEARNING APLICADAS À ESTRATÉGIA DE SWING TRADE DO MERCADO FINANCEIRO*, subscrevo para os devidos fins, as seguintes informações:

1. O autor declara que o trabalho apresentado na disciplina de Projeto de Graduação da Escola Politécnica da UFRJ é de sua autoria, sendo original em forma e conteúdo.
2. Excetua-se do item 1. eventuais transcrições de texto, figuras, tabelas, conceitos e idéias, que identifiquem claramente a fonte original, explicitando as autorizações obtidas dos respectivos proprietários, quando necessárias.
3. O autor permite que a UFRJ, por um prazo indeterminado, efetue em qualquer mídia de divulgação, a publicação do trabalho acadêmico em sua totalidade, ou em parte. Essa autorização não envolve ônus de qualquer natureza à UFRJ, ou aos seus representantes.
4. O autor pode, excepcionalmente, encaminhar à Comissão de Projeto de Graduação, a não divulgação do material, por um prazo máximo de 01 (um) ano, improrrogável, a contar da data de defesa, desde que o pedido seja justificado, e solicitado antecipadamente, por escrito, à Congregação da Escola Politécnica.
5. O autor declara, ainda, ter a capacidade jurídica para a prática do presente ato, assim como ter conhecimento do teor da presente Declaração, estando ciente das sanções e punições legais, no que tange a cópia parcial, ou total, de obra intelectual, o que se configura como violação do direito autoral previsto no Código Penal Brasileiro no art.184 e art.299, bem como na Lei 9.610.
6. O autor é o único responsável pelo conteúdo apresentado nos trabalhos acadêmicos publicados, não cabendo à UFRJ, aos seus representantes, ou ao(s) orientador(es), qualquer responsabilização/ indenização nesse sentido.
7. Por ser verdade, firmo a presente declaração.

Pedro Henrique Barbosa Nori

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

Escola Politécnica - Departamento de Eletrônica e de Computação

Centro de Tecnologia, bloco H, sala H-217, Cidade Universitária

Rio de Janeiro - RJ CEP 21949-900

Este exemplar é de propriedade da Universidade Federal do Rio de Janeiro, que poderá incluí-lo em base de dados, armazenar em computador, microfilmear ou adotar qualquer forma de arquivamento.

É permitida a menção, reprodução parcial ou integral e a transmissão entre bibliotecas deste trabalho, sem modificação de seu texto, em qualquer meio que esteja ou venha a ser fixado, para pesquisa acadêmica, comentários e citações, desde que sem finalidade comercial e que seja feita a referência bibliográfica completa.

Os conceitos expressos neste trabalho são de responsabilidade do(s) autor(es).

DEDICATÓRIA

À minha mãe engenheira mecânica que tanto amo no meu coração.

AGRADECIMENTO

Agradeço ao meu país, que esconde um povo tão sofrido e ao mesmo tempo tão amoroso. Este trabalho é apenas um pedacinho do pagamento da minha dívida.

RESUMO

Todos os dias, diversas negociações são realizadas nas bolsas de valores no mundo inteiro. Com os mais diversos objetivos, investidores buscam um aumento crescente de patrimônio de forma consistente. Paralelamente, inteligências artificiais vem substituindo cada vez mais atividades antes desempenhadas pelo homem.

Nesse sentido, este trabalho visa a aplicação de técnicas de aprendizado de máquina para aumento de performance de uma estratégia de swing trade no mercado de ações brasileiro (B3). Para isso, é realizada a reprodução aproximada da estratégia, seguida pela substituição dos critérios de decisão de entrada nas operações e preços alvos de venda por um modelo de aprendizado de máquina.

Palavras-Chave: Machine Learning, Análise Técnica, Swing Trade, Mercado Financeiro.

ABSTRACT

Insert your abstract here. Insert your abstract here. Insert your abstract here.
Insert your abstract here. Insert your abstract here.

Key-words: word, word, word.

SIGLAS

B3 - Bolsa, Brasil, Balção

AT - Análise Técnica

API - *Application Programming Interface*

CSV - *Comma-separated values*

TSV - *Tab-separated values*

ML - *Machine Learning*

iBovespa - Índice Bovespa

JSON - *JavaScript Object Notation*

Sumário

1	Introdução	1
1.1	Tema	1
1.2	Delimitação	1
1.3	Justificativa	2
1.4	Objetivos	2
1.5	Metodologia	3
1.6	Descrição	4
2	Fundamentação Teórica	5
2.1	Mercado de Capitais, Bolsa de Valores e Ações	5
2.1.1	Hipótese do Mercado Eficiente	6
2.1.2	Índice de Bolsa de Valores	7
2.1.3	Análise Técnica e Análise Fundamentalista	7
2.2	Aprendizado de Máquina	8
2.2.1	Teste 4	8
2.3	Trabalhos Relacionados	8
	Bibliografia	9

Lista de Figuras

Lista de Tabelas

Capítulo 1

Introdução

1.1 Tema

O tema deste trabalho se resume no aperfeiçoamento de uma estratégia de swing trade na bolsa de valores através de métodos de aprendizado de máquina.

Nesse contexto, o problema a ser abordado é a identificação do momento apropriado para compra de um determinado ativo, como também os preços alvos determinantes para venda, tendo em vista uma variação positiva de seu preço.

1.2 Delimitação

Este trabalho se limita aos ativos negociados na Bolsa de Valores de São Paulo, a B3, cujos dados diários são de domínio público e foram adquiridos através da plataforma Yahoo Finance pela API open-source yfinance, disponível em Python. Não são levadas em consideração informações sobre proventos (dividendos e juros sobre capital próprio) devido à inconsistência dos mesmos na API supracitada e à dificuldade técnica para automatização da busca de tais dados.

A duração das operações tem em vista um horizonte mínimo de um dia, sendo portanto operações de swing trade. Não são realizadas vendas a descoberto, portanto só há lucro em variações positivas dos ativos. Apenas uma operação por ativo pode existir em um determinado instante de tempo para uma estratégia. Em outras

palavras, só é possível comprar mais ações de uma empresa após a venda completa das ações da mesma, caso existam.

A incidência de impostos devidos (e.g., imposto de renda) está fora do escopo.

1.3 Justificativa

O crescimento do número de investidores na bolsa de valores brasileira [1] demonstra um maior interesse da população na busca por um complemento da renda familiar ou até na substituição da fonte de renda principal.

No cenário global, o aumento do uso de robôs de trading (ou algoritmos) tem se mostrando expressivo [2], sejam por pessoas físicas ou fundos de investimento, de forma total ou parcial em suas estratégias. Por outro lado, tal crescimento não vem sendo igualmente representado no Brasil devido às peculiaridades do mercado de capitais nacional, como a alta volatilidade e a alta sensibilidade a notícias [3].

Paralelamente, estudos relacionados a aprendizado de máquina vem trazendo resultados práticos no dia-a-dia das pessoas, desde o clássico exemplo de reconhecimento de mensagens de spam em um caixa de email à identificação do perfil de consumo de clientes em uma loja. Da mesma forma, instituições financeiras e bancos centrais também estão, com cautela, incorporando aplicações de aprendizado de máquina em tarefas internas [4].

Apesar das dificuldades inerentes ao cenário atual do mercado de capitais brasileiro, não se pode ignorar o potencial que os algoritmos podem trazer. Desta forma, o presente trabalho visa a união de técnicas de aprendizado de máquina a estratégias de trading de forma a trazer uma melhor performance, colaborando assim para uma maior variedade de opções de investimentos à população brasileira.

1.4 Objetivos

O objetivo geral deste trabalho é implementar um software capaz de simular uma estratégia de swing trade e gerar uma nova estratégia baseada na anterior

utilizando machine learning a fim de melhorar sua performance. Especificamente, o software deve: (1) Criar um ambiente automatizado que permita buscar, atualizar e armazenar dados diários da bolsa brasileira de forma simples e conforme necessidade do usuário da aplicação; (2) Simular a estratégia de swing trade do trader André Moraes da forma mais fidedigna que a janela de dados diária permita; (3) Criar e simular um novo algoritmo baseado na estratégia anterior utilizando aprendizado de máquina; (4) Criar e simular uma estratégia de baseline, referente à estratégia de machine learning; (5) Analisar os modelos gerados.

1.5 Metodologia

O trabalho teve início na criação de um ambiente propício à simulação de estratégias, bem como sua configuração e manutenção. Consequentemente, a fim de: otimizar o tráfego de dados pela internet; minimizar o processamento necessário para a geração de dados derivados (pré-processamento); e armazenar os resultados das estratégias de forma organizada, foi utilizado um banco de dados PostgreSQL. Dentre as atividades realizadas durante o pré-processamento dos dados, anteriores à simulação, é possível citar a geração de candles semanais a partir de candles diários, a identificação de picos, os momentos de tendência de alta do mercado e as médias móveis exponenciais dos preços de fechamento.

Em seguida, a etapa de simulação começa na leitura de um arquivo JSON contendo todos parâmetros necessários para a execução das estratégias. Nesta etapa, o programa itera dia após dia para cada estratégia configurada verificando os momentos e os valores de compra e de venda para cada ativo que compõe as carteiras. Ao final, registram-se no banco todas as operações executadas, independente da obtenção de lucro, junto com as informações estatísticas necessárias para a avaliação da performance. Aqui são criadas e executadas: a estratégia base, que é uma adaptação do André Moraes; a estratégia aprimorada, que utiliza aprendizado de máquina; e a estratégia de baseline, respectivamente.

Por fim, com o objetivo de facilitar a análise dos resultados gerados, criou-se um dashboard responsável por centralizar todas as informações pertinentes a uma

execução de estratégia em uma única página web.

Observa-se que além do uso de estruturas do banco de dados PostgreSQL, como triggers e functions, o código foi construído em Python devido à ampla variedade de bibliotecas, especialmente de Data Science, e ao suporte da comunidade, apesar da desvantagem de desempenho por ser uma linguagem interpretada. Bastante foco foi dado à escalabilidade e à manutenção do código, que contou com as bibliotecas e as APIs yfinance, pandas, numpy, scikit-learn, multiprocessing, matplotlib e dash. Também utilizou-se containers Docker para simplificar a execução.

1.6 Descrição

No capítulo 2 é desenvolvida a fundamentação teórica acerca do mercado de capitais, da bolsa de valores e das ações, com enfoque no contexto brasileiro.

Capítulo 2

Fundamentação Teórica

Neste capítulo, são introduzidos alguns conceitos chave para o entendimento do projeto. Nas próximas seções, são feitas contextualizações sobre o Mercado de Capitais, Bolsa de Valores, Ações e Aprendizado de Máquina.

2.1 Mercado de Capitais, Bolsa de Valores e Ações

O Mercado de Capitais, também conhecido como Mercado de Valores Mobiliários, é um dos segmentos do sistema financeiro responsável por fazer o intermédio entre agentes superávitaros, que tem capital de investimento, e agentes deficitários, que buscam capital para rentabilizá-lo, através da compra e venda valores mobiliários (i.e., ativos financeiros) [5]. Consequentemente, gera-se uma maior liquidez destes ativos e também uma melhora no fluxo de capitais entre os agentes econômicos, sejam eles os governos por meio dos bancos centrais, os bancos privados, as instituições financeiras ou até mesmo as pessoas físicas.

No Brasil, o Mercado de Capitais é regulado e fiscalizado pela CVM (Comissão de Valores Mobiliários), uma autarquia federal vinculada ao Ministério da Fazenda e criada em 1976 através da Lei nº 6.385 [6].

A Bolsa de Valores é uma plataforma onde se negociam os valores mobiliários do Mercado de Capitais, dentre eles ações (i.e., fatias, pedaços) de sociedades anônimas (ou companhias). No Brasil, a única Bolsa de Valores oficial existente é a B3 (Brasil, Bolsa, Balcão) [7], que administra os sistemas de negociação, compensação,

liquidação, depósito e registro para todas as principais classes de ativos.

O processo de abertura de capital de uma empresa é uma iniciativa que possui vantagens estratégicas [8] como: o aumento da confiança na perspectiva do mercado, seja para o consumidor final ou para parceiros comerciais; a solução de problemas decorrentes de processos sucessórios; e também a captação de capital de investimento, a fim de contribuir para o crescimento ou para a consolidação da companhia. Esse processo acontece através de uma oferta pública [9], ou IPO (Initial Public Offering), onde as ações que compõem o capital social [10] de uma companhia são vendidas pela primeira vez ao público geral. Uma vez encerrado o IPO, estas mesmas ações passam para o mercado secundário [11], onde investidores as negociam entre si. Em retorno ao capital adquirido pela companhia, surgem algumas responsabilidades, dentre elas a publicação de demonstrações financeiras [12], auditadas pela própria CVM [13].

Para o acionista de uma sociedade anônima, existem duas formas de se obter lucro: através de proventos (dividendos e juros sobre capital próprio) [14]; ou através de operações de compra e de venda de ações, mediante oscilações de seu valor de mercado. Conforme a expectativa corretamente induz, o lucro é comumente aferido durante a venda de um determinado papel (i.e., ação) posteriormente à sua aquisição a um preço de compra inferior. No entanto, também é possível trabalhar com posições vendidas (short selling) [15], onde um investidor aluga ações de outro investidor por meio de um contrato. Em seguida as vende para posteriormente recomprá-las a um preço inferior, devolvendo-as assim ao respectivo dono. Neste caso, o lucro é obtido quando expectativa de queda de um ativo se mostra verdadeira.

2.1.1 Hipótese do Mercado Eficiente

A Hipótese do Mercado Eficiente, definida por FAMA [16], afirma que idealmente o preço de um ativo reflete toda a informação disponível sobre seu valor intrínseco. Em outras palavras, quanto menor o efeito de fatores que contribuam para uma inércia no fluxo de capital de investidores e na transmissão de informações, mais o mercado tende a ser eficiente. São estudados os três níveis de hipóteses:

- HME fraca: O preços atuais refletem o todo o histórico de informações dispo-

nibilizados publicamente.

- HME semi-forte: Engloba a HME fraca, acrescentando a existência de uma mudança instantânea que os preços sofrem ao surgirem novas informações.
- HME forte: Engloba a HME semi-forte, porém entende que a mudança instantânea dos preços acompanha toda e qualquer informação existente sobre o ativo. Assim, absolutamente nenhum investidor conseguiria obter lucro superior a outro, pois não há como acessar nenhuma informação privilegiada, uma vez que ela já estaria refletido no preço corrente do ativo.

O autor menciona que o HME forte não é estritamente válida na realidade, o que é uma afirmação coerente quando se verifica a existência de casos em que o vazamento de informações confidenciais trouxe aos acusados uma lucratividade significativa [17].

A HME fraca foi verificada devido à consistência da correlação dos preços dia após dia de determinadas ações, mesmo que esta fosse baixa.

A hipótese semi-forte também foi sustentada por alguns fatores, dentre eles a verificação de que os futuros pagamentos de dividendos das companhias se refletem, em média, no preços das ações [18].

Em resumo, o estudo das Hipóteses de Mercado Eficiente traz informações relevantes quanto se avalia a possibilidade da aplicação de estratégias de trading no mercado financeiro. No entanto, é importante ressaltar que outros autores questionam algumas das premissas levantadas por FAMA (citar), deixando assim um consenso mínimo de ...

2.1.2 Índice de Bolsa de Valores

2.1.3 Análise Técnica e Análise Fundamentalista

A variação do preço das ações listadas na Bolsas de Valores mundiais é decorrente de diversos fatores

2.2 Aprendizado de Máquina

2.2.1 Teste 4

2.3 Trabalhos Relacionados

Referências Bibliográficas

- [1] B3, “B3 atinge 5 milhões de contas de investidores em renda variável em janeiro”, https://www.b3.com.br/pt_br/noticias/5-milhoes-de-contas-de-investidores.htm, (Acesso em 21 de Março de 2022).
- [2] INFOMONEY, “Robôs de investimentos já controlam mais de US\$ 200 bilhões ao redor do mundo”, <https://www.infomoney.com.br/onde-investir/robos-de-investimentos-ja-controlam-mais-de-us-200-bilhoes-ao-redor-do-mundo>, (Acesso em 22 de Março de 2022).
- [3] INFOMONEY, “No Brasil, robôs de investimento não conseguem bater melhores fundos”, <https://www.infomoney.com.br/onde-investir/no-brasil-robos-de-investimento-nao-conseguem-bater-melhores-fundos>, (Acesso em 22 de Março de 2022).
- [4] FERNANDEZ, A., “Artificial intelligence in financial services”, Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=3366846> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3366846>, Apr. 5, 2019 [Online].
- [5] CVM, “Entendendo o Mercado de Valores Mobiliários”, https://www.investidor.gov.br/menu/primeiros_passos/entendendo_mercado_valores.html, (Acesso em 24 de Março de 2022).
- [6] BRASIL, “Lei nº 6.385, de 7 de dezembro de 1976. Dispõe sobre o mercado de valores mobiliários e cria a Comissão de Valores Mobiliários.”, http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6385.htm.
- [7] B3, “Uma das principais empresas de infraestrutura de mercado financeiro do mundo”, https://www.b3.com.br/pt_br/b3/institucional/quem-somos/, (Acesso em 24 de Março de 2022).

- [8] B3, “Ações”, https://www.b3.com.br/pt_br/produtos-e-servicos/negociacao/renda-variavel/acoes.htm, (Acesso em 24 de Março de 2022).
- [9] BRASIL, “Lei nº 6.404, de 15 de dezembro de 1976. Dispõe sobre as Sociedades por Ações.”, Capítulo XC, Seção VII, http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6404consol.htm, (Acesso em 24 de Março de 2022).
- [10] CVM, “Lei 6.404/76: Exposição de Motivos”, Capítulo II, Seção I, <https://www.gov.br/cvm/pt-br/acesso-a-informacao-cvm/institucional/sobre-a-cvm/>, (Acesso em 24 de Março de 2022).
- [11] INVESTIMENTOS, X., “Mercado secundário: entenda as diferenças com o mercado primário”, <https://conteudos.xpi.com.br/aprenda-a-investir/relatorios/mercado-secundario/>, (Acesso em 24 de Março de 2022).
- [12] BRASIL, “Lei nº 6.404, de 15 de dezembro de 1976. Dispõe sobre as Sociedades por Ações.”, Capítulo XV, Seção II, Art. 176, http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6404consol.htm, (Acesso em 24 de Março de 2022).
- [13] BRASIL, “Lei nº 6.404, de 15 de dezembro de 1976. Dispõe sobre as Sociedades por Ações.”, Capítulo XXI, Seção IV, Art. 275, § 4º, http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6404consol.htm, (Acesso em 24 de Março de 2022).
- [14] INFOMONEY, “Proventos: O que são, como funcionam e como ganhar dinheiro com eles?”, <https://www.infomoney.com.br/guias/proventos/>, (Acesso em 24 de Março de 2022).
- [15] B3, “Posições vendidas no mercado de ações”, https://www.b3.com.br/pt_br/noticias/short-selling.htm, (Acesso em 24 de Março de 2022).
- [16] FAMA, E. F., “Efficient Capital Markets: A Review of Theory and Empirical Work”, *The journal of Finance*, , 1970.

- [17] INVESTOPEDIA, “Four Scandalous Insider Trading Incidents”, <https://www.investopedia.com/articles/stocks/09/insider-trading.asp#:~:text=Four>(Acesso em 25 de Março de 2022).
- [18] EUGENE F. FAMA, LAWRENCE FISHER, M. C. J., ROLL, R., “The Adjustment of Stock Prices to New Information”, *International Economic Review*, , February 1969.