

# ESTUDO EXPLORATÓRIO SOBRE A BOLSA DE VALORES E OPERAÇÕES AUTOMATIZADAS

Leonardo Manarin Vezzoni; Alex Sandro Romeo de Souza Poletto

*leonardo.m.vezzoni@gmail.com; apoletto@femanet.com.br*

**RESUMO:** O presente artigo tem como objetivo, explicar a história e o funcionamento da bolsa de valores, a importância do advento da tecnologia neste setor e por fim, realizar uma introdução aos métodos de análise clássicos de gráfico, assim como algumas técnicas que podem ser utilizadas para a construção de uma Inteligência Artificial (IA) que opera de forma autônoma na bolsa de valores.

**PALAVRAS-CHAVE:** Bolsa de Valores; Operações Automatizadas; Inteligência Artificial

**ABSTRACT:** The purpose of this article, is to explain the history and functioning of the stock exchange, the importance of technology in this sector, and finally, make an introduction of the classic methods of graphic analysis, as well as some techniques that can be used in the construction of an artificial intelligence (AI) that operates autonomously on the stock exchange.

**KEYWORDS:** Stock Exchange, Automated Trading, Artificial Intelligence

## 1. INTRODUÇÃO

Com a globalização e o conseqüente advento da tecnologia no setor financeiro, a estrutura da bolsa de valores sofreu grandes alterações, o espaço físico onde antes acontecia as negociações, popularmente conhecido como pregão viva voz, perdeu espaço para o atual pregão eletrônico, o qual permite que o usuário realize todos seus investimentos direto de sua casa, através da contratação de uma plataforma de negociação oferecida pelas corretoras.

Este cenário agora vigente, trouxe consigo novas formas de negociação, desde as mais tradicionais, como a análise técnica e a análise fundamentalista, até as mais contemporâneas, que se utilizam dos diversos dados disponíveis no mercado para tentar prever qual será o preço de um ativo daqui alguns minutos ou até mesmo segundos, como é o caso dos *High Frequency Trading*<sup>1</sup> (HFT), sendo este último, em conjunto com os

*Market Makers*<sup>2</sup>, uns dos grandes responsáveis pela liquidez das operações de mercado (possibilidade de compra e venda a qualquer momento).

Desta forma, pretende-se, através de um estudo exploratório, apresentar a origem da bolsa de valores, compreendendo então, seu papel fundamental na sociedade e elucidar as principais estratégias manuais de obtenção de lucro no mercado futuro, assim como algumas técnicas para a construção de uma IA que opera de forma autônoma.

<sup>1</sup> HFTs, são robôs que operam em alta frequência, podendo realizar centenas de operações em minutos.

<sup>2</sup> Market makers são empresas, devidamente cadastradas na bolsa de valores, cujo papel é prover liquidez para as operações.

## **2. BOLSA DE VALORES**

A troca de mercadorias por uma moeda equivalente é uma das práticas mais antigas da civilização humana, datando desde a Roma e Grécia antiga e mantendo uma característica constante durante todo este tempo. Há sempre um comprador e um vendedor e ambos tentam extrair o maior benefício possível desta troca (lucro), não sendo concluída a negociação se ambas as partes não concordarem com o preço estabelecido.

Neste contexto, com a necessidade de facilitar as trocas, surgem em meados do século XV na Europa (GOMES, 1997), as primeiras bolsas como hoje são conhecidas: um espaço fiscalizado por uma entidade responsável, onde é possível concentrar-se compradores, vendedores e o especulador, sendo este último conhecido também como o intermediário “agente econômico, que pode assumir tanto a posição de COMPRADOR como de VENDEDOR e vai intermediar e solucionar o problema no ato de compra e venda” (MANARELLI, 2007). Outro aspecto importante da bolsa é a não interferência do governo ou de agentes externos, assim constituindo um preço sempre adequado para o produto oferecido (lei da oferta e da procura).

### **2.1. TIPOS DE MERCADO**

Existem duas principais categorias para a classificação de mercado: liquidação do negócio à vista ou à prazo. Para a liquidação à vista se tem o mercado a vista e para à prazo, o mercado a termo, o mercado futuro e o mercado de opções. Será, tratado, apenas o mercado futuro já que este é o ponto central da pesquisa.

## 2.2. MERCADO FUTURO

A bolsa do Brasil (B3) oferece diversos contratos futuros, desde as commodities, que se caracterizam como sendo normalmente produtos de origem primária, como Boi Gordo, Ouro, Soja, até os juros, taxa básica de juros – Selic. Os contratos futuros nascem com o objetivo de proteger os produtores e empresas de uma possível variação no preço de um produto ou moeda.

A vista disso, um produtor de commodities que realiza a venda de seus produtos para uma empresa com uma data pré-definida, pode se prevenir da variação de preço através de um processo conhecido como *hedge* (cobertura), vendendo contratos futuros na bolsa de valores, garantindo que caso haja a desvalorização de seu produto ao decorrer do tempo combinado, ele poderá cobrir sua perda com um ganho equivalente provido da operação. De forma análoga a empresa poderia comprar contratos futuros para prevenir flutuações no preço final. Além de seu objetivo primordial, o mercado de futuros tem diversos pontos que o torna interessante para especuladores:

- Alta liquidez, ou seja, possibilidade de abrir uma posição no preço desejado a qualquer momento;
- Como é um mercado à prazo, a compra de um produto não é efetivamente realizada até fim do contrato, podendo encerrar uma posição aberta a qualquer momento;
- Possibilidade de abrir uma posição comprada ou vendida, desta forma podendo aproveitar *bull markets*<sup>1</sup> (mercado altista) e *bear markets*<sup>1</sup> (mercado baixista).

<sup>1</sup> Estes termos, são jargões do mercado financeiro que indicam a tendência de um ativo, sendo amplamente utilizados dentro deste meio.

## 3. MÉTODOS DE ANÁLISE

No que se diz respeito aos métodos de análise tradicional, tem-se duas principais vertentes: Análise técnica e Análise fundamentalista. A análise técnica utiliza o gráfico de um ativo (preço – eixo y / tempo – eixo x) em conjunto com indicadores e padrões gráficos para fazer previsões, normalmente para curto prazo, podendo esta variar de horas até mesmo semanas, em contrapartida, a análise fundamentalista leva em conta aspectos políticos e econômicos tendo o foco operacional de médio a longo prazo.

### 3.1. ANÁLISE TÉCNICA

Pode se dizer, que a análise técnica atual se originou da teoria de Dow, sendo esta teoria, a base para diversos *trading systems*<sup>1</sup>. Esta teoria foi concebida por Charles Dow ao final do século XIX, vale se destacar alguns de seus princípios:

1. As médias descontam tudo: O preço e a média de um índice refletem todos os eventos financeiros (notícias e indicadores econômicos) que podem afetar este ativo, com a exceção de eventos não previstos como desastres naturais.
2. O mercado tem três tipos de tendências: primária, secundária e terciária. A tendência primária pode permanecer por anos. Quando atingido um certo valor, a tendência recua, esse recuo é a tendência secundária que é oposta a primária e dura de semanas a meses, e pôr fim, a tendência terciária que são oscilações da tendência secundária que persistem no máximo por algumas semanas.
3. As médias devem se confirmar: para que uma tendência seja de fato confirmada, as médias de índices correlacionados devem sempre andar juntos, confirmando uma economia saudável.
4. Uma tendência está em vigência até que seja definitivamente revertida: Dow acreditava que assim como a lei da inercia, um ativo em alta ou em baixa tende a manter sua tendência.

<sup>1</sup> Um Trading System é um conjunto de regras e parâmetros, criado pelo próprio investidor, que tem como intuito diminuir a subjetividade da análise gráfica.

### 3.2. FERRAMENTAS DA ANÁLISE TÉCNICA

A análise técnica atualmente contém diversas vertentes, com técnicas, indicadores e análise de padrões distintos, a abordagem aqui tomada busca apenas explorar as partes mais básicas que compõe estas técnicas, como o gráfico de *candlestick*, linhas de tendência, suportes, resistências e indicadores, assim servindo como uma introdução ao mercado financeiro aplicado e esclarecendo termos comumente mencionados na construção de IA que operam na bolsa de valores.

- *Candlestick*: barra que se assemelha a uma vela, contendo o preço da abertura, preço do fechamento, preço máximo e preço mínimo, de um ativo no intervalo de tempo especificado pelo usuário;

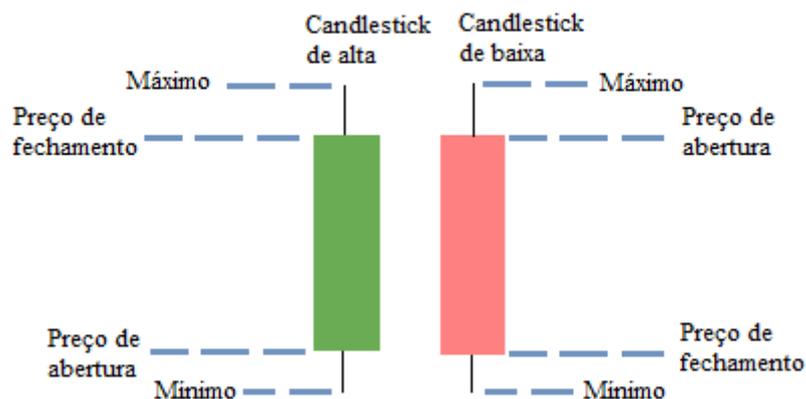


Figura 1: Representação de um Candlestick. Fonte: Autoria própria.

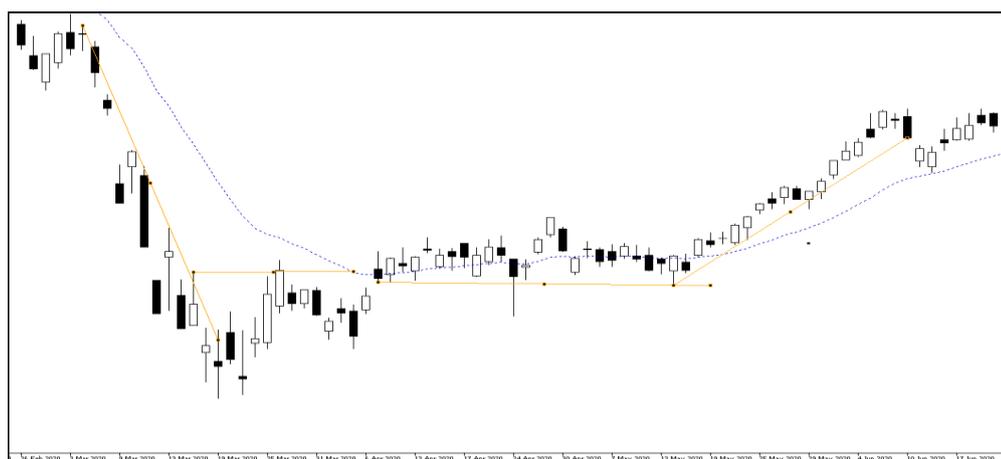


Figura 2: gráfico diário do índice Bovespa, contendo linhas de tendência, suportes, resistências e uma média exponencial de vinte períodos (azul pontilhado) Fonte: Autoria própria.

- Linhas de tendência: linhas diagonais desenhadas no gráfico com o intuito de reconhecer tendências;
- Suportes e resistências: pontos no gráfico onde é provável que uma tendência reverta ou pause, assim como as linhas de tendência, são construídos pelo usuário, possuindo grande grau de subjetividade;
- Indicadores: algoritmos normalmente disponibilizados pela plataforma de negociação, o qual se utiliza de dados disponíveis do ativo para construir indicadores que auxiliam nas tomadas de decisão. Há inúmeros indicadores disponíveis, entre estes, destacam-se a

média móvel simples e a exponencial, a primeira, calcula a média do preço para um período especificado e plota no gráfico, a segunda, funciona de maneira similar a média simples, no entanto é atribuído um peso maior para os dados mais recentes, desta forma realizando uma média ponderada, as médias móveis, tem como objetivo facilitar o investidor a identificar tendências.

#### **4. OPERAÇÕES AUTOMATIZADAS**

A previsão do preço de ativos de forma automatizada é algo relativamente recente e de grande interdisciplinaridade, a construção de um sistema de previsão de séries temporais financeiras, incluem áreas como Ciência da Computação, Economia, Matemática e entre outras. Seguindo o trabalho feito por Pimenta (2017), foi proposta uma nova nomenclatura para os sistemas automatizadas que utilizam IA: Sistemas Inteligentes para Previsão de Séries Financeiras (SIPSF).

Na produção destes sistemas, é amplamente questionado se é possível prever uma série financeira, muitos citam a hipótese do mercado eficiente (FAMA, 1970), esta hipótese acredita que o preço atual de um ativo, reflete toda a informação disponível no mercado, ou seja, as mudanças no preço ocorrem somente por causa de novas notícias, como a natureza destas é aleatória, seria impossível prever um momento futuro com um acerto maior que 50% (alta ou queda). No entanto, diversos modelos estudados já demonstraram um acerto superior a 50%, em alguns casos atingindo uma taxa superior a 60%.

Posto isto, foi feito um estudo de alguns dos conceitos utilizados para a montagem de uma IA de previsão. A seguir serão explicadas os que se destacaram e ao final, será mostrado como alguns autores construíram seus sistemas.

#### **5. TÉCNICAS DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL**

As seguintes técnicas serão explanadas: algoritmo evolutivo, algoritmo genético e rede neural artificial.

##### **5.1 ALGORITMO EVOLUTIVO**

No ramo da IA, este tipo de algoritmo tenta simular processos evolutivos naturais, utilizando conceitos como mutação, seleção natural, recombinação genética e entre outros. Algoritmos Evolucionários (AE), trabalham sempre com uma população de

indivíduos que podem ser a solução do problema em questão, sendo esta solução definida pelo usuário (CANTU-PAZ, 2005). O objetivo final é encontrar o indivíduo mais apto para a resolução do problema

AEs são ideais para quando é necessária uma resposta aproximada de um problema do mundo real já que, não precisam ser feitas presunções iniciais sobre a solução, no tópico seguinte serão discutidos os Algoritmos Genéticos (AG) em mais detalhes, que são uma classe dos AEs.

## 5.2. ALGORITMOS GENÉTICOS

Algoritmos genéticos (GE) por serem uma classe dos AEs, compartilham certas características com outras classes, como encontrar os indivíduos mais aptos e realizar cruzamento entre esses. O foco dos GEs é em simular a evolução natural de organismos, deste modo são introduzidas as mutações. A seguir serão detalhadas um pouco mais dos processos de *crossover* (cruzamento) e de mutação.

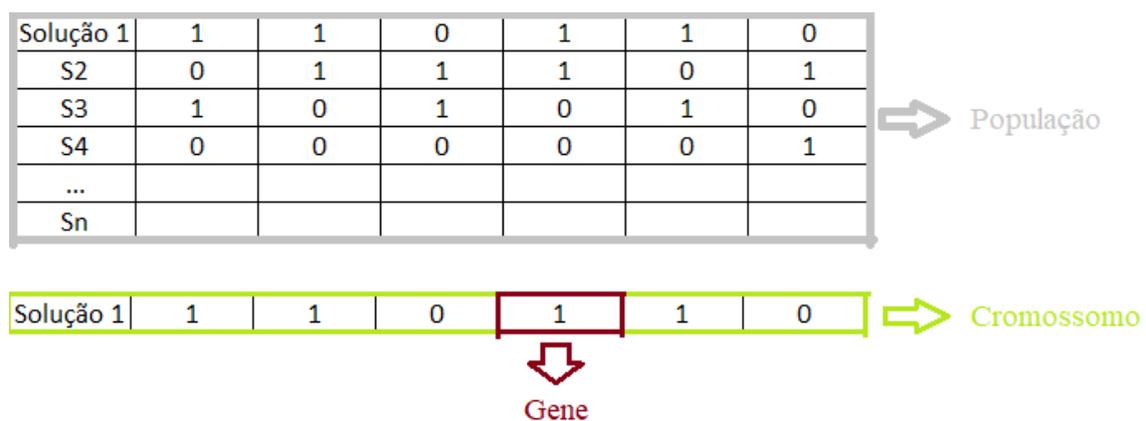


Figura 3: representação de população, cromossomo e gene. Fonte: Inspirado no artigo de MALLAWAARACHCHI (2017) .

O processo de *crossover* ocorre da seguinte maneira, existe uma população inicial, cada indivíduo desta população é chamado de cromossomo que são compostos por genes (zeros e uns)\*, é chamada a função que mede desempenho de cada um dos indivíduos, os indivíduos com melhor desempenho são selecionados para o processo de *crossover*. Neste processo ocorre a troca de genes entre os cromossomos, esta troca pode ser feita de diversas maneiras. Aqui serão explicadas algumas.

- Um ponto de cruzamento: divide os cromossomos em duas partes e realiza a troca de genes.

- Vários pontos de cruzamento: divide os cromossomos em N partes e realiza a troca de genes.
- Troca uniforme: a troca é feita gene a gene. Para cada gene há uma chance de 50% de fazer parte do novo cromossomo.

Após o fim do *crossover*, é iniciado o processo de mutação, este processo tem o intuito de explorar novas soluções, como é um processo que randomiza os genes, este ocorre com uma baixa frequência, caso contrário a busca pela solução seria aleatória. Um método comum de mutação é o *bit flip*, é escolhido um gene aleatório do cromossomo e então, inverte-se este gene, se originalmente o gene for 1, é atribuído o valor de 0 e vice-versa.



Figura 4: processo de bit flip. Fonte: Inspirado no site TutorialsPoint, genetic algorithm - mutations .

\*Observação: os exemplos utilizam zeros e uns, no entanto podem ser incluídos outros tipos de dados com formas de manipulação diferentes.

### 5.3. REDE NEURAL ARTIFICIAL

As Redes Neurais Artificiais (RNA) são inspiradas no funcionamento das redes neurais biológicas que compõe o cérebro dos animais. O objetivo destas redes é de aprender com uma certa quantidade de dados fornecidos e assim realizar tarefas como o reconhecimento de padrões, *clustering* de dados e entre outras. O treinamento destas redes pode se dar por métodos diferentes, sendo um deles os AEs, como apontado no artigo de Cantú-Paz (2005).

Os neurônios chamados de *node* nas RNAs, são conectados uns aos outros e quando um problema é proposto, é atribuído um peso para cada dessas conexões, assim gerando uma memória associativa para a solução de determinado problema, quantos mais dados são fornecidos para o treinamento destas redes mais precisas as respostas se tornam, podendo dizer até mesmo que essas redes são capazes de “aprender”.

## 6. APLICABILIDADE

Como apontado no Tópico 4, a construção de um SISPF é algo recente e de grande dificuldade requerendo um domínio da área de computação e construção de IA, assim como um entendimento intermediário do mercado financeiro. Dito isto, foram estudados dois projetos, o de B.Quian e K.Rasheed (2009) e o de Pimenta (2017), para o leitor que deseja saber mais detalhes recomenda-se os artigos originais.

O sistema desenvolvido por B.Quian e K.Rasheed utiliza quatro técnicas de IA diferentes: redes neurais, k-ésimo vizinho mais próximo, árvore de decisão e classificador de Naive Bayes. De forma resumida, cada uma destes classificadores é capaz de estruturar uma operação por si próprio, obtendo um taxa de acerto de em média 55%, o que já é um acerto suficiente para obter lucro, no entanto, B.Quian e K.Rasheed, fizeram uma confluência desta técnicas, ou seja, uma operação era realizada somente quando os quatros classificadores a indicavam, assim obtendo uma taxa de acerto de 67%.

Pimenta desenvolveu dois sistemas, com o segundo tendo destaque em relação ao primeiro quando exposto a mercados em crise. O segundo recebeu o nome de Sistema Automatizado de Investimento via Programação Genética Multiobjetivo (SisPG). O SisPG é dividido em 3 janelas, a 1 janela faz uma seleção de características de acordo com 12 indicadores da análise técnica, na 2 janela é gerado regras via programação genética e a montagem do comitê de decisão, durante a 1 e a 2 fase, são feitas detecções a remoções de *outliers*<sup>1</sup>, e na 3 janela são feitas as negociações. Pimenta montou uma carteira de ações e mediu o retorno financeiro delas, para o SisPG, quando em mercado normal, obteve um retorno de 54,20% e para mercado em crise, obteve o retorno de 18,19%, demonstrando assim a estabilidade de seu sistema, obtendo resultado positivo mesmo em momentos de desestabilidade política.

<sup>1</sup> Em estatística, outliers, são valores que tem que grande afastamento em relação aos demais da série analisada.

## 7. CONCLUSÃO

De 2018 a 2020, o número de investidores pessoa física, mais do que triplicou, passando de 813.291 para 2.648.975 (Perfil de investidores B3), este artigo pode servir como uma introdução para aqueles que desejam entender um pouco mais sobre bolsas de valores, explorando o mercado futuro, tipos de operações manuais e novas tecnologias,

como a IA aplicada para construção de robôs que podem operar de forma autônoma na bolsa de valores.

Desta forma, conclui-se, que apesar de a realização de investimentos no mercado financeiro ser algo que deixa o público em geral com um certo receio, desde que sejam devidamente estudadas as opções de investimento, é possível obter um rendimento significativamente maior do que as poupanças sem se arriscar em demasia.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ATSALAKIS, George S; VALAVANIS, Kimon P. Surveying stock market forecasting techniques, part ii: Soft computing methods. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0957417408004417>

BO, Quian; RASHEED, Khaled. Foreign exchange market prediction with multiple classifiers. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/for.1124>

B3, Informações sobre produtos, serviços e estrutura da Bolsa de valores. Disponível em: [http://www.b3.com.br/pt\\_br/](http://www.b3.com.br/pt_br/)

CANTU-PAZ, Erick. An empirical comparison of combinations of evolutionary algorithms and neural networks for classification problems. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/7525348\\_An\\_Empirical\\_Comparison\\_of\\_Combinations\\_of\\_Evolutionary\\_Algorithms\\_and\\_Neural\\_Networks\\_for\\_Classification\\_Problems](https://www.researchgate.net/publication/7525348_An_Empirical_Comparison_of_Combinations_of_Evolutionary_Algorithms_and_Neural_Networks_for_Classification_Problems)

FAMA, Eugene F. Efficient Capital Markets: A review of theory and empirical work. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/2325486?seq=1>

GOMES, Fátima Rocha, A Bolsa de Valores brasileira como fonte de informações financeiras. Disponível em: <http://portaldeperiodicos.eci.ufmg.br/index.php/pci/article/viewFile/633/422>

INVESTIDOR.GOV, Formas de Negociação. Disponível em: [https://www.investidor.gov.br/menu/Menu\\_Investidor/funcionamento\\_mercado/formas\\_de\\_negociacao.html](https://www.investidor.gov.br/menu/Menu_Investidor/funcionamento_mercado/formas_de_negociacao.html)

MALLAWAARACHCHI, Vijini. Introduction to genetic algorithms. Disponível em: <https://towardsdatascience.com/introduction-to-genetic-algorithms-including-example-code-e396e98d8bf3>

MANARELLI, Teucle Filho. Introdução aos mercados das bolsas. Disponível em: [http://www.feata.edu.br/downloads/revistas/economiaepesquisa/v9\\_artigo05\\_introducao.pdf](http://www.feata.edu.br/downloads/revistas/economiaepesquisa/v9_artigo05_introducao.pdf)

MONOGRAFIAS.BRASILESCOLA, Bolsas de valores. Disponível em: <https://monografias.brasilescola.uol.com.br/administracao-financas/bolsas-valores.htm>

MURPHY, John J. *Technical analysis of the financial Market*.

OPEREFUTUROS, História do mercado futuro. Disponível em:  
<https://www.operefuturos.com.br/analise-fundamentalista/historia-do-mercado-futuro/>

PIMENTA, Alexandre. Métodos automatizados para investimento no mercado de ações via inteligência computacional. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1843/BUOS-ATELWJ>

TUTORIALSPPOINT, Genetic Algorithms. Disponível em:  
[https://www.tutorialspoint.com/genetic\\_algorithms](https://www.tutorialspoint.com/genetic_algorithms)

WIKEPEDIA.ORG, Artificial neural network. Disponível em:  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Artificial\\_neural\\_network](https://en.wikipedia.org/wiki/Artificial_neural_network)