

ARTIGO ORIGINAL

Avaliação de estratégias de negociação baseadas na teoria das ondas de Elliott para o mercado de ações

Strategies for negotiation based on Elliott's waves of theory for the stock market

Eduardo Jabbur Machado¹ and Adriano César Machado Pereira²

¹Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG), ²Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)

*ejabbur@gmail.com; †adrianoc@gmail.com

Recebido: 20/04/2021. Revisado: 04/05/2022. Aceito: 22/07/2022.

Resumo

O mercado de capitais tem crescido a cada dia e desempenhado um importante papel entre as pessoas físicas que querem investir e as empresas que precisam capitalizar-se para expandir o seu negócio. Em especial, o investimento no mercado de ações é uma das formas mais rápidas e atrativas de obter lucros consideráveis em um curto espaço de tempo. Este tema é muito heterogêneo e interdisciplinar envolvendo técnicas e recursos de diversas áreas do conhecimento, como por exemplo, matemática, estatística, economia, ciência de dados e inteligência computacional de forma integrada e aplicada. Diante deste cenário, propõe-se a implementação de um arcabouço metodológico contendo 3 etapas: Extração de Dados, Estratégias de negociação e a Análise de Resultados. Durante as simulações, avaliou-se dados de cotações 8 índices globais, para um período de 1.000, para a avaliação de 10 propostas de estratégias de negociação baseadas na Teoria das Ondas de Elliott utilizando os movimentos (Rompimento e Correção) acrescidos de indicadores técnicos de tendências de preço e volume. Serão apresentados para cada um dos 8 índices avaliados o gráficos das séries de preço de fechamento e um tabela contendo os retorno financeiro acumulado em percentual (%) por estratégia de negociação. Os resultados mostram como o uso de indicadores técnicos podem ajudar a minimizar perdas e maximizar os ganhos que geram lucro.

Palavras-Chave: Bolsa de Valores; Caracterização de Dados; Estratégias de Negociação; Indicadores Técnicos; Mercado de Ações.

Abstract

The capital market has grown every day and has played an important role between individuals who want to invest and companies that need to capitalize to expand their business. In particular, investing in the stock market is one of the fastest and most attractive ways to earn considerable profits in a short period of time. This topic is very heterogeneous and interdisciplinary involving techniques and resources of areas of knowledge, such as mathematics, statistics, economics, data science and computational intelligence in an integrated and applied way. Given this scenario, we propose the implementation of a methodological framework containing 3 steps: Data Extraction, Negotiation Strategies and Results Analysis. During the simulations, quotes data from 8 global indices were evaluated, for a period of 1,000, for the evaluation of 10 proposals of trading strategies based on Elliott Wave Theory using the movements (Breakout and Correction) added of technical indicators of price and volume trends. For each of the 8 evaluated indices, the charts of the closing price series and a table containing the accumulated financial return in percentage (%) by trading strategy will be presented. The results show how using technical indicators can help minimize losses and maximize profit-generating triggers. They are subject to risks that can also result in great losses. This article proposes the implementation of a methodological framework containing 3 steps: Data Extraction, Negotiation Strategies and Analysis of Results. During the simulations, quotation data was evaluated on 8 global indexes, for a period of 1,000, for the evaluation of 10 negotiation negotiation proposals based on the Elliott Wave Theory using the movements (Break and Correction) added technical indicators of price and volume trends. The graphs of the closing price series and a table containing the accumulated financial return in percentage (%) per trading strategy will be informed for each of the 8 indexes obtained. The results show how the use

1 Introdução

As redes sociais e a *World Wide Web* (WWW)¹ têm assumido um papel cada vez mais importante e influente em todo o mundo. São consideradas os principais meios de articulação, interação e divulgação de ideias entre a sociedade, organizações e instituições, possibilitando a utilização do grande tráfego de informações disponíveis, como fonte de dados, para a aplicação de estratégias de negociação no contexto de bolsa de valores. O investimento em ações é uma das formas mais atrativas de obter lucros consideráveis em um curto espaço de tempo. Porém, devido a grande variação no comportamento das ações, os investidores estão sujeitos ao risco de grandes prejuízos.

De acordo com Palladino (2008), investidores do mercado financeiro tentando minimizar perdas e maximizar ganhos, procuram informações referentes às ações em diversas fontes, tais como: notícias, balanços, gráficos, relatórios, histórico de cotações, tempo, período de variação e também sugestões de compra e venda de ativos feitas por corretoras e fóruns com outros investidores e analistas.

Pesquisas de empresas da área de investimentos mostram que notícias divulgadas na Web, redes sociais e plataformas de comunicações podem afetar os valores das ações, devido as reações precipitadas dos investidores, que podem modificar a dinâmica do mercado.

Buscando uma correlação entre cotações do passado e indicadores atuais, investidores recorrem aos dados de preços históricos dos ativos para identificar algum tipo de comportamento tendencioso, coletando subsídios para a escolha de suas estratégias de negociação para a compra e venda de ações.

A análise técnica realiza o estudo dos movimentos dos preços onde se comportavam de formas cíclicas formando padrões geométricos baseados em ondas, os quais são gerados pelo comportamento do emocional de massa refletindo o sentimento dos agentes do mercado por um tempo finito de 8 ondas de acordo com o intervalo de tempo (granularidade), através da avaliação e aplicação da Teoria das Ondas de Elliott (Prechter, 2017).

Neste trabalho propõe-se o uso de dados de redes sociais e da Web para criar novas estratégias de negociação de ativos acrescidas de indicadores de volume, usando dados (preço e volume) de cotações históricas oficiais disponibilizados pela Bolsa de Valores de São Paulo – Bolsa Brasil Balcão (B3). As estratégias de negociação foram modeladas e implementadas baseadas nos padrões de Elliott, para a realização de experimentos em um simulador realístico do mercado financeiro, com o objetivo de analisar o desempenho da quantidade de gatilhos executados e seus respectivos retornos financeiros acumulados.

O restante deste artigo está organizado da seguinte forma. Alguns trabalhos relacionados são apresentados na Seção 2. Na Seção 3 é detalhado a fundamentação teórica apresentando alguns conceitos de análise técnica, Teoria das Ondas de Elliott e indicadores técnicos de tendências de volume e preços. Na Seção 4 apresenta-se a metodologia implementada para a extração de dados, modelagem e avaliação de estratégias de negociação. As análises e os

resultados contendo o acumulado da quantidade de gatilhos executados juntamente com seus respectivos retornos financeiros são apresentados na Seção 5. Finalmente, a Seção 6 descreve-se as conclusões, limitações e direções futuras deste trabalho.

2 Trabalhos relacionados

O objetivo desta seção é reunir subsídios para entender os temas interdisciplinares, mapeando o atual estado da arte, com o intuito de correlacionar conceitos (teorias, fontes e bases de dados, indicadores técnicos financeiros e estratégias de mercado) para modelar, implementar e avaliar novas estratégias de negociação para o mercado financeiro utilizando dados disponíveis na Web.

O mercado financeiro é constituído de agentes investidores, comprando e vendendo ativos, com o objetivo de obter lucros. Estes agentes investidores são compostos de seres humanos, sujeitos às emoções, razões, medos e vontade de ganhar. É comum o desejo dos investidores e operadores do mercado financeiro adotarem critérios objetivos para embasar suas decisões em operações financeiras.

Embora existam várias escolas de análise de mercado, como a análise técnica (Lemos, 2018) e análise fundamentalista (Pinheiro, 2016) e outras mais recentes como *tape reading* (Graifer and Schumacher, 2004), este estudo focará na utilização da análise técnica, pois é nela que serão extraídos dados e informações necessárias para as simulações que serão realizadas neste trabalho.

A análise técnica pode ser definida como o estudo da ação do mercado, primariamente por meio de uso de gráficos, com o objetivo de prever comportamento ou tendências futuras. Assim, são utilizados ferramentas como indicadores para interpretação das ações do mercado. Os indicadores são fórmulas matemáticas utilizadas para alertar que um comportamento tem probabilidade de ocorrer, confirmar as informações fornecidas por outros indicadores ou mesmo prever um comportamento futuro de uma série histórica do ativo.

A Hipótese dos Mercados Eficientes (HME) tem se mostrado uma das mais influentes teorias no campo das finanças, sendo base para inúmeros modelos de precificação de ativos, com aplicações que vão desde modelos tradicionais utilizados em Finanças Corporativas até avançadas teorias utilizadas na identificação do preço "justo" de derivativos financeiros. Um dos pilares da HME é a possibilidade da arbitragem como mecanismo de correção de possíveis desvios que o mercado possa sofrer de sua forma eficiente (CVM, 2017). Pela teoria clássica dos mercados eficientes, mesmo em um ambiente caracterizado pela presença de alguns investidores não totalmente racionais, a possibilidade de arbitragem anularia o efeito destes nos preços dos ativos negociados, trazendo-os de volta ao seu valor fundamental.

No trabalho de Merlo et al. (2019) verificou-se a estratégia do lançamento coberto de opções de compra, apoiada pelo uso de indicadores da análise técnica de ações, pode promover um retorno sobre o capital investido superior a clássica estratégia BuyandHold. Os resultados mostraram que a estratégia de lançamento coberto de opções com o

¹World Wide Web (WWW): será usado apenas o termo Web como abreviação.

uso de indicadores grafistas alcançou um desempenho significativamente superior ao obtido com o das duas outras estratégias.

Já em [Turcas et al. \(2020\)](#) realizaram uma análise crítica quantitativa e qualitativa sobre os três aspectos importantes da evolução do mercado de ações (previsão, avaliação e retorno da carteira). Os métodos utilizados revelaram a importância de adotar algumas ferramentas econométricas importantes para testar a robustez de diferentes teorias principais do mercado de ações e algumas práticas importantes utilizadas entre os investidores e sugere que as teorias atuais registram algumas lacunas quanto à aderência às realidades dos mercados de ações.

Os trabalhos [Chang et al. \(2019\)](#), [Nicolau \(2018\)](#), [Wickham and Grolemond \(2017\)](#) [Machado et al. \(2014\)](#), [Menkveld \(2013\)](#) e [Aldridge \(2013\)](#) investigaram como as negociações de alta frequência (HFT) afetam o estudo da análise técnica por regiões que estão de forma direta e indireta relacionadas. Como exemplo, podemos citar a diferença entre os horários de abertura do pregão da B3 e a Bolsa de Valores Norte Americana, que interfere nas oscilações dos preços das ações negociadas durante o período de 10h às 12h.

Em [Miranda \(2019\)](#) foi proposto a implementação de um simulador de bolsa de valores (capaz de reproduzir as ordens e negociações enviadas à bolsa de valores dos dias de negociação passados), um conjunto de indicadores baseados em microestrutura de mercado, uma técnica de rotulação de séries de preço e, por fim, um agente autônomo de negociação. A base de dados escolhida para a validação experimental consiste dos dados de negociação de 2018 do minicontrato futuro de dólar da B3, com avaliações em diferentes cenários considerando-se custos de operação e latências de rede.

Outra abordagem de simulação encontrada foi em [Machado \(2020\)](#), que propôs a implementação de um arcabouço automatizado constituído de 5 etapas: Extração de Dados, Transformação de Dados, Classificação de Modelos de Previsão de Tendências, Estratégia de Operação e Análise de Resultados. Durante as simulações, avaliaram-se dados de cotações históricas de 50 ativos negociados na Bolsa Brasil Balcão (B3), acrescidos de mais 10 índices globais, para um período de 1.000 dias úteis (2010 a 2014) na etapa de Treinamento e outros 1.000 dias úteis (2015 a 2019) na etapa de Validação, para os 8 modelos de previsão de tendências propostos. Como resultado foi selecionado o modelo combinado RBM + NB que gerou para dos 50 ativos da B3 juntamente com os 10 índices globais uma Precisão média de 52,85%, uma Acurácia média de 53,11% e um Retorno Financeiro Bruto médio de 50,93%, sendo 28,02% superior ao baseline de Buy and Hold médio de 30,60%.

Diante dos setores que tiveram melhor desempenho mesmo com o sentimento do mercado afetado pela pandemia, [Ding et al. \(2020\)](#) avaliou os preços diários das ações de fechamento de uma amostra total utilizável de 1.567 empresas de 37 setores são primeiramente analisados usando uma combinação de agrupamento hierárquico e medidas de distância baseada em forma (SBD). O sentimento do mercado foi modelado a partir do Google Trends na pandemia de COVID-19. Isso é então analisado contra a série temporal de preços de ações de fechamento diário usando autoregressão vetorial aumentada (VAR). Os resultados

empíricos indicaram que o sentimento do mercado em relação à pandemia tem efeitos significativos nos preços das ações dos setores.

Já em [Igarashi et al. \(2021\)](#) buscou-se construir conhecimento acerca da influência de notícias e opiniões na constante movimentação do mercado, confrontando a polaridade destes sentimentos com a tendência sugerida pela aplicação de técnicas de análise como as médias móveis. Para tanto, utilizou-se de portais especializados em publicações de notícias com foco no mercado financeiro e técnicas de linguagem de processamento natural (PLN). Os resultados obtidos pelo estudo demonstram que a correlação existente entre os sentimentos e a movimentação do preço da ação é, predominantemente, moderada.

Desta forma, investigou-se trabalhos com temas de aplicações de dados de séries temporais financeiras para geração de estratégias de negociação com a utilização de indicadores financeiros, caracterizações de dados, coleta e tratamento de dados de redes sociais e da Web, utilização de robôs e plataformas de implementação e avaliação de estratégias de negociação na bolsa de valores brasileira.

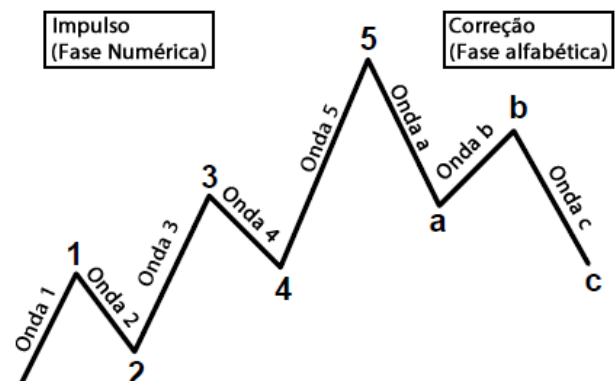
3 Fundamentação Teórica

Este estudo está fundamentado na análise técnica, na qual identifica o comportamento e os movimentos futuros de ativos baseada em estatísticas do histórico de preço e volume, utilizando o estudo de padrões gráficos. A [Seção 3](#) é dividida em duas partes: a descrição da Teoria das Ondas de *Elliott* e dos indicadores financeiros.

3.1 Teoria das Ondas de *Elliott*

A Teoria das Ondas de *Elliott* foi desenvolvida por *Ralph Nelson Elliott* em 1930, com o objetivo de determinar o comportamento futuro dos preços através de um padrão repetitivo de cinco ondas de impulso e três ondas de Correção. Segundo [Prechter \(2017\)](#), a teoria de *Elliott* afirma que todas as atividades humanas são constituídas de três aspectos: padrão, razão e tempo.

Figura 1: Princípio das Ondas de *Elliott*



Fonte: Figura adaptada de [Prechter \(2017\)](#)

Trabalhos como [Correio \(2014\)](#) e [Ribeiro \(2014\)](#) descrevem que as Ondas de *Elliott* seguem um padrão de comportamento, em uma estrutura de dependência de movimento, conforme detalhamento do tópico a seguir:

- A onda 1 (primeira onda de uma sequência) é a base para se determinar as razões das demais ondas;
- A onda 2 (segunda onda da sequência) se relaciona com a onda 1, numa razão de 50,00% a 62,00% do valor da onda 1;
- A onda 3 está relacionada à onda 1 segundo a proporção 161,80%, 261,80% ou 423,60%;
- A onda 4 relaciona-se à onda 3 por uma das relações: 24,00%, 38,00% ou 50,00% desta;
- A onda 5 está relacionada à onda 1 segundo uma das proporções: 100,00%, 161,80% ou 261,80% identificável que surge sob a forma de ondas.

Uma onda pode ser subdividida e o resultado da divisão serão ondas de grau menores, que compõem a onda original ([Prechter, 2017](#)). Desta forma, a Teoria de *Elliott* é aplicável tanto a investidores que visam operações de curtíssimo prazo (*day trade*) a investidores que visam estratégias com ordens de compra e venda a longo prazo.

Figura 2: Movimento de Rompimento

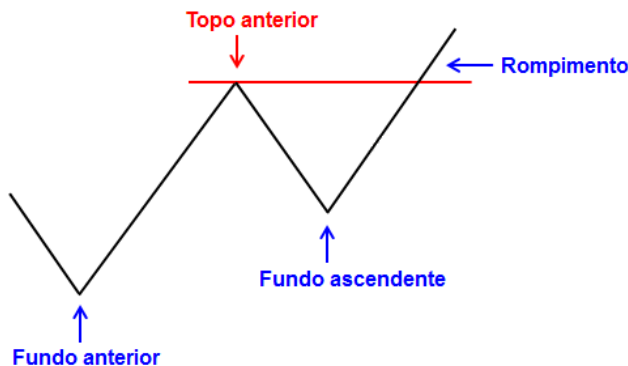
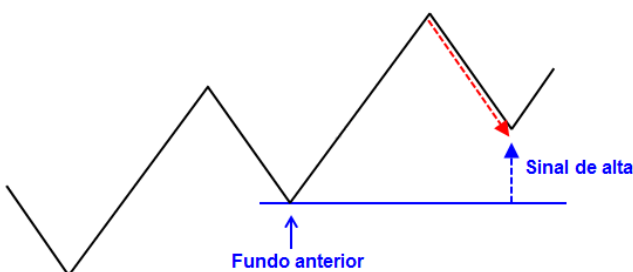


Figura 3: Movimento de Correção



Fundamentado na Teoria das Ondas de *Elliott* e associado as estratégias de negociação de compra e venda de

ações, identificou-se 2 (dois) movimentos (Rompimento e Correção) onde foram correlacionados características semelhantes entre *Elliott* e técnicas de negociação utilizadas no mercado financeiro, conforme [Figs. 2 e 3](#).

O movimento de Rompimento consiste em comprar um ativo após o movimento do topo anterior e de ocorrer a formação de um fundo ascendente. Correlacionando à *Elliott*, podemos encontrar as possíveis Ondas 3 e 5, conforme [Fig. 2](#). Já o movimento de Correção consiste em comprar um ativo após um movimento de baixa dentro de uma tendência de alta quando o movimento de baixa supera o valor do fundo anterior. Correlacionando a *Elliott*, podemos realizar a compra nas possíveis Ondas 2, 4 ou "a", conforme [Fig. 3](#).

Os atributos avaliados na identificação dos movimentos (Rompimento e Correção) são os preços (abertura e fechamento) da granularidade diária de tempo avaliada, com a análise variando quando o movimento em questão é um *candlestick*, no qual é a variação dos preços (abertura, mínimo, máximo e fechamento) em um intervalo de tempo durante o processo de simulação.

3.2 Indicadores Técnicos (Preço e Volume)

Os indicadores técnicos de preço e volume representam linhas de oscilações ou tendências, construídas através de fórmulas matemáticas ou estatísticas, cujos objetivos são antecipar, confirmar ou descrever tendências. Podemos citar os seguintes indicadores de volume: Índice de Fluxo de Dinheiro (MFI), *On Balance Volume* (OBV) e Média Móvel Simples de Volume (SMAV).

- **MFI:** avalia a intensidade do fluxo de dinheiro para um ativo através da comparação das taxas de crescimento positivas e negativas ao longo de um período determinado, tendo em conta o volume das negociações, sendo calculado pela razão do preço médio positivo pelo preço médio negativo, onde H = preço máximo atual, L = preço mínimo atual, C = preço de fechamento, Vol = volume, conforme a [Eq. \(1\)](#).

$$MFI = \frac{\frac{H+L+C}{3} * Vol}{((\frac{H+L+C}{3} * Vol) -)} \quad (1)$$

- **OBV:** relaciona mudanças no preço com as variações de volume, que identifica a direção do fluxo do volume, para verificar se está entrando ou saindo volume de um determinado ativo. Quando o volume de fechamento do dia atual for superior ao volume de fechamento do dia anterior, todo o volume é considerado volume de alta. Caso contrário, todo o volume é considerado volume de baixa, conforme detalhado nas [Eqs. \(2\) e \(3\)](#).
Dias de Alta:

$$OBV = OBV(\text{Anterior}) + \text{Volume}(\text{Atual}) \quad (2)$$

Dias de Baixa:

$$OBV = OBV(\text{Anterior}) - \text{Volume}(\text{Atual}) \quad (3)$$

- **SMAV**: utiliza o volume transacionado (compras e vendas executadas), ou seja, é o número de negócios efetivados de um determinado período do ativo avaliado, através da média móvel. A SMAV identifica rompimentos de suportes e resistências, quebras de tendências nos preços e a tendência do volume transacionado, onde $VF(i)$ é o volume de fechamento do período e n é o período total avaliado, conforme Eq. (4).

$$\frac{\sum_{VF=1}^n}{n} \quad (4)$$

Os conceitos que englobam a Teoria das Ondas de *Elliott* e indicadores financeiros de volume abordados nesta Seção, serão modelados e aplicados como proposta de estratégias de negociação para a comercialização de ativos da bolsa de valores.

4 Metodologia proposta

A Seção 4 está subdividida em 3 (três) etapas: descrição da forma de extração de dados de cotações históricas de séries temporais que serão utilizadas, a modelagem das estratégias de negociação propostas baseadas na teoria das Ondas de *Elliott* acrescidas de estratégias de comparação (*baselines*) do mercado de ações e, por último, a etapa de análise dos resultados gerados nesta simulação, conforme Fig. 4.

4.1 Extração de Dados

Para desenvolver a presente pesquisa utilizou-se ativos listados na Bolsa de Valores de São Paulo (B3) e de índices globais coletados por meio do terminal *Bloomberg*² que disponibiliza informações, dados de preço, indicadores e notícias do mercado financeiro e de capitais. Esta plataforma disponibiliza o serviço *Bloomberg Professional* conectando mais de 320.000 profissionais de negócios, finanças e entidades governamentais a uma rede global e dinâmica de informações, notícias, pessoas e ideias, viabilizando decisões mais rápidas e eficazes. O acesso a esta plataforma foi disponibilizado pelo Laboratório do Grupo de Finanças (GFin) do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais Campus VI³.

Realizou-se a extração destes dados de forma manual via *download* de arquivos de cotações históricas em formato (.csv) através da própria plataforma que disponibiliza um função parametrizável que agrupa a série temporal solicitada por granularidade (diária, semanal, mensal, etc.) juntamente com seus respectivos atributos relativos ao código do ativo, preços, dentre outros. Os dados coletados que são séries históricas dos preços (fechamento, abertura, máximo e mínimo), já ajustados, além da quantidade de negócios, volume financeiro e data (ano, mês e dia) na granularidade diária.

4.2 Estratégias de Negociação

As estratégias de operação foram modeladas com a finalidade de realizar uma combinação de ordens de compra e venda (gatilhos) dos ativos / índices avaliados, com operações iniciando e finalizando no mesmo dia (*daytrade*), utilizando uma granularidade de dados diária.

O Algoritmo descrito na Fig. 5 **Estratégias propostas (Rompimento e Correção)** executa o gatilho caso uma oportunidade de Rompimento ou de Correção são identificadas, realiza-se a ordem de compra com o valor do Preço de Abertura do dia seguinte (D+1) e, a ordem de venda com o valor do Preço de Fechamento do dia seguinte (D+1).

Como *baselines* para comparação das estratégias (Rompimento e Correção) propostas, foram implementadas as estratégias (*Buy and Hold* e *Comprar Sempre*), que serão detalhados a seguir:

O Algoritmo da Fig. 6 **Estratégia Comprar Sempre** executa o gatilho de uma ordem de compra com o valor do Preço de Abertura e uma ordem de venda com o valor do Preço de Fechamento todos os dias da série avaliada.

O Algoritmo da Fig. 7 **Estratégia Buy and Hold** será realizado somente uma ordem de compra com o valor do Preço de Abertura do 1º dia (D1) e uma ordem de venda com o valor do Preço de Fechamento do último dia (DN) da série avaliada.

Ao final da avaliação das estratégias de operação propostas, para cada ativo ou índice, serão armazenados os dados e parâmetros que fazem parte do processo de execução das ordens de compra e vendas (gatilhos), como por exemplo, a quantidade de gatilhos e o percentual (%) (ganho, perda e retorno) acumulados no arquivo contendo a Log de operação, conforme destacado nas Figs. 5 a 7.

4.3 Análise de Resultados

A etapa da análise de resultados apresenta dois tipos de análises distintas consolidadas para cada um dos ativos/índices que serão avaliados, sendo elas: as análises de operação dos retornos acumulados em percentual (%) e os dados de caracterização / distribuição.

A análise de distribuição dos dados apresenta a caracterização da amostra de cada de ativo sendo composta pela distribuição dos dados em relação ao período da série temporal avaliada contemplando os seguintes indicadores:

- Quantidades de dias avaliados da série;
- Preço Inicial do código de ativo;
- Preço Médio do código de ativo;
- Preço Final do código de ativo;
- Quantidade de dias que ocorreram altas e baixas; e
- Percentual de dias que ocorreram altas e baixas.

A análise de operação dos retornos acumulados em (%) é responsável por apresentar os resultados das duas estratégias propostas (Rompimento e Correção) e dos dois *baselines* (*buy and hold* e *Comprar Sempre*), através da utilização das etapas da metodologia proposta, para cada código de ativo / índice avaliado.

²Bloomberg: <http://www.bloomberg.com.br>

³GFIN: <http://www.dcsa.cefetmg.br/pesquisa/grupos-cnpq/gfin>

Figura 4: Metodologia proposta

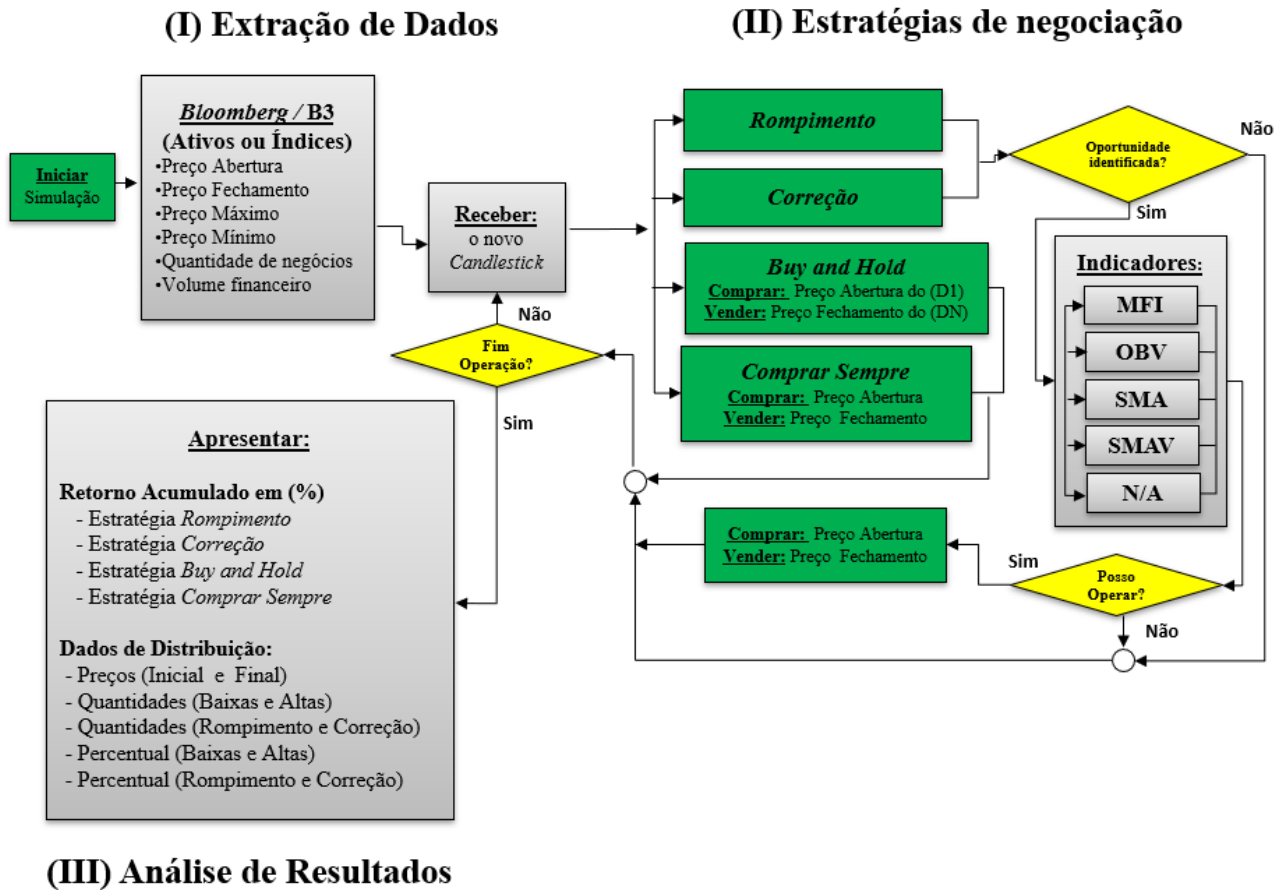


Figura 5: Pseudocódigo das Estratégias Rompimento e Correção

```

Entrada: QtdeDiasPredicao
Safda: Arquivo LogOperacao da estratégia.
inicio
  para j < QtdeDiasPredicao[i] faça
    if OportunidadeRompimento[j] = "sim" then
      comprar (PrecoAbertura(D + 1));
      vender (PrecoFechamento(D + 1));
      calcular (LogOperacao[i, j]);
    end
    if OportunidadeCorrecao[j] = "sim" then
      comprar (PrecoAbertura(D + 1));
      vender (PrecoFechamento(D + 1));
      calcular (LogOperacao[i, j]);
    end
  fim
  gravar (LogOperacao[i, j])
fim
retorna LogOperacao

```

Figura 6: Pseudocódigo da estratégia Comprar Sempre

```

Entrada: QtdeDiasPredicao
Safda: Arquivo LogOperacao da estratégia.
inicio
  para j < QtdeDiasPredicao[i] faça
    comprar (PrecoAbertura(D + 1));
    vender (PrecoFechamento(D + 1));
    calcular (LogOperacao[i, j]);
  fim
  gravar (LogOperacao[i, j])
fim
retorna LogOperacao

```

5 Experimentos: Resultados e Análises

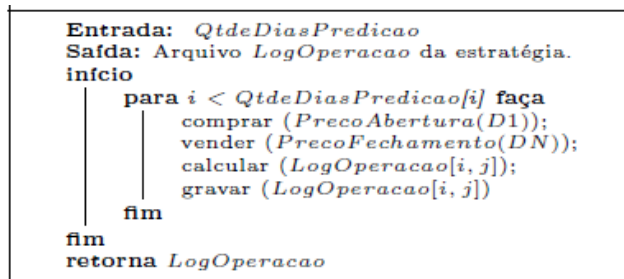
4.4 Considerações

Nesta Seção foi apresentado a metodologia proposta que fora implementada como um arcabouço para a avaliação de estratégias de negociação para o mercado de ações baseadas na Teoria das Ondas de Elliott e alguns conceitos de análise técnica.

Na experimentação utilizou-se dados de cotações históricas de séries temporais de índices globais das principais bolsas de valores do mundo, de indicadores técnicos de volume e preço, para a realizar comparativo do retorno financeiro acumulado nas simulações com os *baselines* de mercado. O arcabouço foi implementado na linguagem de programação *Python*, com a utilização dos recursos e funções da biblioteca *Scikit-learning* específica para aplicações de avaliação de séries temporais, caracterizações e análises de dados, que facilita na estratégias de investimentos

Tabela 1: Descrição dos 8 índices globais por setor, *buy and hold* (Variação) no período de (2015 a 2018) .

Ativo	Nome	Setor / Mercado	Referências	Variação
BOVA1	Ibovespa	Sao Paulo - Brazil	b3.com.br	96,56%
ASX11	ASX 200	Sydney - Austrália	marketindex.com.au	-9,24%
CAC11	CAC 40	Euronext Paris - França	live.euronext.com	11,82%
CCMP1	Nasdaq	New York - Estados Unidos	nasdaq.com	52,51%
DAX11	DAX 30	Frankfurt - Alemanha	boerse-frankfurt.de	7,72%
NYA11	NYSE	New York - Estados Unidos	nasdaq.com	11,57%
SHCOM	SSE	Shanghai China	english.sse.com.cn	-27,00%
UKX11	FTSE 100	Londres - Inglaterra	londonstock.com	-10,88%

Figura 7: Pseudocódigo da estratégia *Buy and Hold*

para o mercado de ações.

A [Tabela 1](#) apresenta 8 índices globais selecionados das principais Bolsas de Valores mundiais (Brasil, Austrália, França, Estados Unidos da América, Alemanha, China e Inglaterra), sendo compostos pelas principais empresas representativas mundiais.

Ao iniciar as simulações, para cada estratégia avaliada, o simulador financeiro recebe o valor do *candlestick* e tenta identificar uma oportunidade, ou seja, uma possível onda e ou um movimento completo que caracterizam as estratégias (Rompimento ou Correção), conforme a [Fig. 4](#). A modelagem das 2 estratégias iniciais (Rompimento e Correção) acrescidas dos 4 indicadores técnicos tem o objetivo de tentar eliminar possíveis ruídos que possam ser tratados como oportunidades de operação.

A [Fig. 8](#) é composta das série de Preços de Fechamento do período de 1.000 dias úteis de janeiro de 2015 a outubro de 2018 para os 8 índices globais avaliados. Verifica-se que para o período avaliado 5 índices globais (CCMP1, DAX11, NYA11, CAC11 e BOVA1) apresentaram tendências de alta, e os outros 3 índices (ASX11, SHCOM, UKX11) tendências de baixa.

Serão avaliadas nos experimentos 10 estratégias de negociação propostas (Rompimento e Correção), individualmente e acrescidas dos indicadores técnicos (MFI, OBV, SMA e SMAV) e 2 *baselines* para comparação, totalizando 12 estratégias implementadas, em relação ao seus respectivos retornos financeiro em percentual (%), descritas a seguir:

- Estratégia *Rompimento* sem indicador (N/A);
- Estratégia *Rompimento* mais indicador MFI;
- Estratégia *Rompimento* mais indicador OBV;
- Estratégia *Rompimento* mais indicador SMA;
- Estratégia *Rompimento* mais indicador SMAV;
- Estratégia *Correção* sem indicador (N/A);
- Estratégia *Correção* mais indicador MFI;

- Estratégia *Correção* mais indicador OBV;
- Estratégia *Correção* mais indicador SMA;
- Estratégia *Correção* mais indicador SMAV;
- Estratégia *Buy and Hold* (baseline); e
- Estratégia *Comprar Sempre* (baseline).

Na [Tabela 2](#) é descrito o extrato de todo o experimento realizado contendo os dados dos 8 índices globais, o retorno financeiro acumulado em (%) das 10 estratégias de operação propostas e dos 2 *baselines* de comparação, a amostra da quantidade e o percentual de distribuição de ocorrências de (Rompimento e Correção), os preços (Inicial e Final) e o percentual de altas e baixas encontrados no período avaliado de 1.000 dias úteis compreendido entre janeiro de 2015 a outubro de 2018.

Destacado na coloração verde na [Tabela 2](#) aparecem os retornos financeiros acumulados em (%) das estratégias iniciais propostas (Rompimento e Correção) sem utilização de indicadores técnicos, superiores aos 2 *baselines* de mercado (*Comprar Sempre* e *buy and hold*, no qual foram encontrados 5 índices globais (CCMP1, ASX11, NYA11, SHCOM e UKX11). Os resultados ficaram acima de 600% em relação seus respectivos *baselines*.

A quantidade de ocorrências de oportunidades gatilhos encontrados entre as estratégias iniciais (Rompimento e Correção) foram respectivamente em média aproximada de 12,00% e 4,00% em relação a amostra de 1.000 dias úteis avaliados no experimento. Como o estratégia de Correção é um movimento mais completo, ou seja, que necessidade de uma quantidade maior de dias avaliados para que ele seja caracterizado, é normal que a quantidade de ocorrências seja quase 1/3 das ocorrências de oportunidades de gatilhos de Rompimento.

Para as estratégias de Correção acrescidas dos indicadores técnicos melhoraram a performance da estratégia inicial sem os indicadores, como por exemplos DAX11, SHCOM e CAC11. Já para as estratégias de Rompimento, o destaque foi para o indicador de média móvel de preço (SMA), que melhorou os retornos acumulados de 4 de um total de 5 índices globais.

6 Conclusão e Trabalhos Futuros

Fundamentado na Teoria das Ondas de *Elliott* correlacionamos às estratégias de compra e venda de ações, dois movimentos utilizados no mercado financeiro, originando duas estratégias iniciais de negociação denominadas (Rompimento e Correção), com o objetivo de confirmar a ocorrência destes movimentos e identificação de uma forma de aplicação para tentar antecipar certas fases e ciclos da

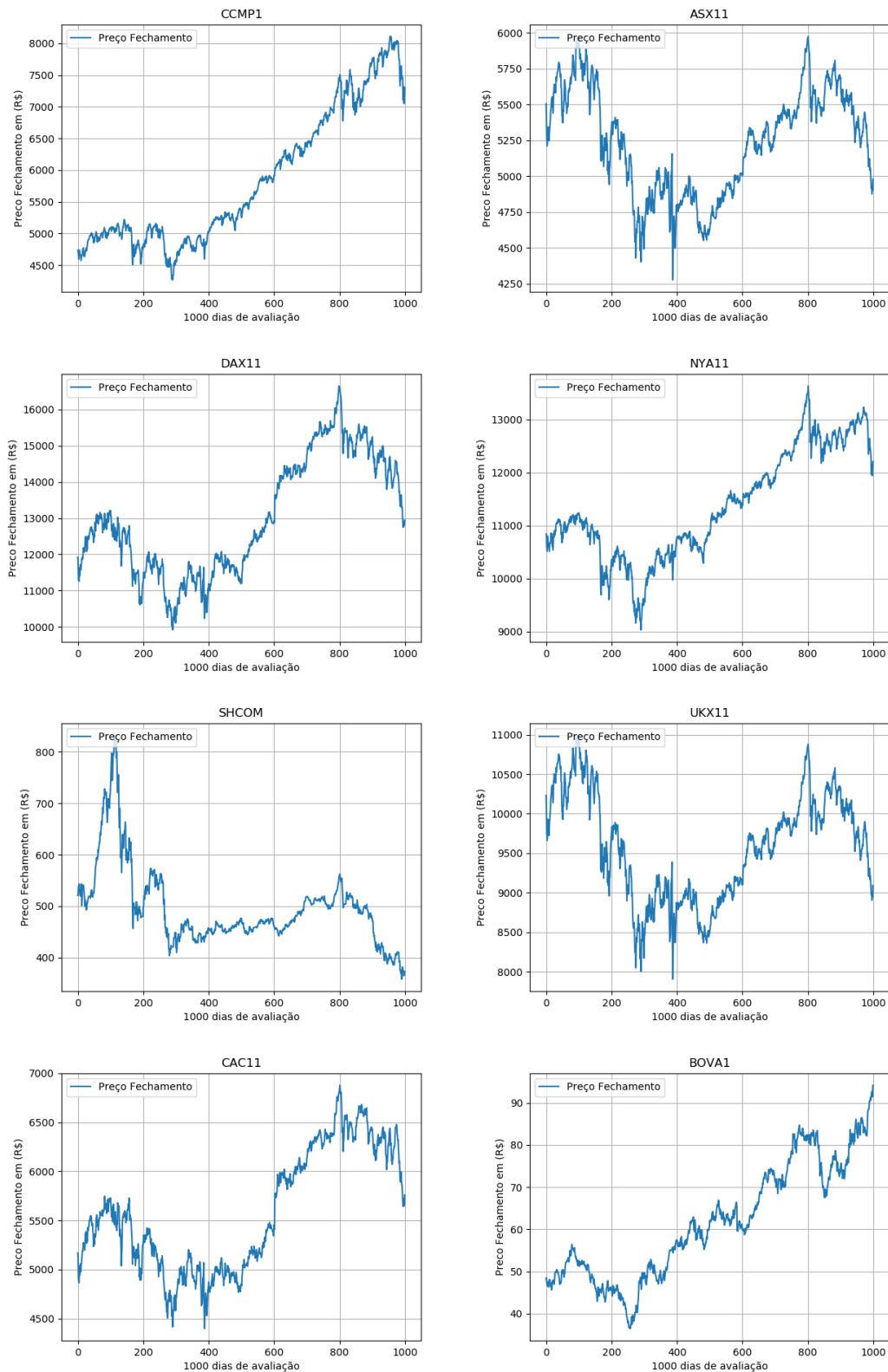


Figura 8: Série de Preços de Fechamento do período avaliado para os 8 índices globais.

Tabela 2: Extrato da simulação: 2 *baselines*, 10 estratégias propostas de Rompimento e Correção.

Ativos	CCMP1	ASX11	DAX11	NYA11	SHCOM	UKX11	CAC11	BOVA1
Buy And Hold (%)	43,58	-7,67	6,41	9,61	-22,41	-9,03	9,81	83,16
Comprar Sempre (%)	19,78	14,32	-13,07	17,08	158,32	12,23	-4,99	-30,77
Rompimento (%)	696,33	304,24	-981,36	544,84	123,80	283,55	-229,71	-0,47
Rompimento MFI (%)	574,82	77,74	-600,27	194,68	10,31	-250,71	-198,56	1,24
Rompimento OBV (%)	347,86	159,24	-619,71	98,34	61,66	409,14	-77,07	-0,47
Rompimento SMA (%)	709,56	364,36	-1410,76	690,97	68,68	516,38	-207,17	-8,41
Rompimento SMAV (%)	557,38	158,84	-188,04	-20,40	-11,68	13,32	-264,33	-8,41
Correção (%)	143,23	-149,21	465,49	-37,66	67,51	-551,93	66,81	-3,23
Correção MFI (%)	-14,05	-25,39	303,85	94,45	44,03	-27,44	-158,87	1,02
Correção OBV (%)	-0,08	-68,20	681,79	-258,09	-1,17	-525,95	68,71	0,00
Correção SMA (%)	10,86	-278,10	387,94	-154,88	88,09	-531,10	120,00	-3,50
Correção SMAV (%)	66,76	-22,44	539,89	-308,65	44,70	-341,13	-36,22	-3,50
Qtde. Baixas	438	468	483	471	409	473	484	501
Qtde. Rompimento	112	127	128	116	109	126	124	110
Qtde. Correcao	40	46	41	36	41	45	49	36
Preço Final	\$7305,90	\$4979,45	\$12942,55	\$12208,06	\$373,12	\$9091,18	\$5758,64	R\$94,17
Preço Inicial	\$4790,53	\$5486,41	\$12014,88	\$10941,68	\$511,10	\$10200,88	\$5149,97	R\$47,04
Qtde. Altas	562	532	517	529	591	527	516	499
Altas (%)	56,20	53,20	51,70	52,90	59,10	52,70	51,60	49,90
Baixas (%)	43,80	46,80	48,30	47,10	40,90	47,30	48,40	50,10

Bolsa de Valores.

Quando a oportunidade de negociação era identificada pelas estratégias iniciais (Rompimento e Correção), ocorreu a necessidade de avaliar outras informações e ou indicadores que pudessem trazer subsídios para executar ou cancelar um determinado gatilho, limitando desta forma, a quantidade de ordens de compra e venda, potencializando os gatilhos que acertam e consequentemente minimizando os gatilhos que erram, ou seja, a eliminação do tratamento de possíveis ruídos.

Em seguida, associou-se às estratégias iniciais aos dados de volume coletados de redes sociais e da Web, contendo os indicadores financeiros de volume (MFI, OBV, SMAV e SMAV) após a identificação da possível oportunidade de negociação. O objetivo foi de diminuir a quantidade de gatilhos executados e analisar se o que é comentado nestes meios de comunicação pode ou não influenciar no preço de um determinado ativo.

Foram implementadas 12 estratégias de operação, 5 de Rompimento e 5 de Correção acrescidos de indicadores técnicos (MFI, OBV, SMA e SMAV) e ainda, 2 estratégias de *baseline* (*buy and hold* e *Comprar Sempre* com o objetivo de comparar o desempenho do retorno financeiro em percentual (%) acumulado.

A principal contribuição deste artigo é a comprovação da existência de oportunidades de geração de estratégias de negociação para a bolsa de valores, baseadas na teoria das Ondas de *Elliott*. Além disso, conforme as Tabelas 2 verificou-se que as estratégias de Rompimento acrescida do indicador técnico de média móvel de preço (SMA) apresentaram melhora no desempenho do retorno financeiro acumulador (%), 4 dos 5 índices globais avaliados, em relação à estratégia de Rompimento sem o referido indicador técnico.

Desta forma, este artigo possui algumas limitações, mas abre oportunidades para o desenvolvimento de trabalhos futuros, tais como:

- A amostra avaliada de 1.000 dias úteis foram encon-

tradas somente em média 12,00% e 4,00% de oportunidades de Rompimento e Correção respectivamente para dados diários. Devido limitação de acesso a dados, não foi possível avaliar granularidades menores, na qual pode ser um caminho para verificar um aumento do número de oportunidades;

- Modelar e implementar novas estratégias de negociação com acréscimos de filtros e combinações de novos indicadores e ou atributos, análise de outras granularidades (diárias, semanais e ou mensais), avaliação de negociações em baixa, média e alta frequência;
- Realizar um levantamento das principais técnicas desenvolvidas durante os últimos anos para previsão de séries temporais do mercado financeiro, como por exemplos, técnicas de aprendizado de máquina, redes neurais, a modelagem de componentes, sistemas especialistas e multi-agentes e a análise textual utilizando notícias como fontes de informação, com o objetivo de para aumentar o número de oportunidades de negociação identificadas; e
- Utilização nas estratégias de medidas de dispersão (amplitude, variância, desvio padrão, desvio absoluto), medidas de tendências (média, mediana, quantil e moda), medidas de desempenho (acurácia, precisão, f1score) e medidas de avaliação de risco, para a criação de um arcabouço completo de avaliação de estratégias de investimentos, para a análise de distribuição de frequência, população e amostra, dentre outros.

Durante as simulações foram armazenados datas, horários das execuções dos gatilhos e demais variáveis, que fazem parte do processo de identificação dos movimentos das estratégias de negociação baseadas na Teoria das Ondas *Elliott* até a execução do gatilho, que podem conter informações de padrões, tendências e comportamentos que originam o lucro e ou o prejuízo.

Em geral vários trabalhos avaliados na Seção 2 foram utilizadas técnicas combinadas através de recursos de algoritmos de aprendizado de máquina comitantes com indi-

cadores técnicos e dados coletados de fontes distintas. No entanto, esta proposta limitou-se a caracterizar somente os movimentos de Rompimento e Correção oriundos da Teoria das Ondas de Elliott e aplicá-los como estratégia de modelo (fase de treinamento e teste) e como estratégia de operação, realizando variações com o acréscimo de indicadores técnicos (MFI, OBV, SMA e SMAV).

O objetivo principal, foi entender melhor o comportamento desta teoria na prática e, coletar e caracterizar subsídios para o aprimoramento e refinamento de novas estratégia. Pois tem-se algumas evidências que não é somente a escolha e calibragem de um modelo e ou algoritmo de aprendizado de máquina (do tipo classificador) que possam contribuir para a geração de resultados positivos e aplicáveis em um cenário real no futuro.

Portanto, fica evidente que a forma como os dados de séries temporais de preço (OHLC) e volume são tratados (caracterização, normalização, dentre outras técnicas de limpeza e preparação de dados) antes de serem entregues como entrada para os modelos e algoritmos de aprendizado de máquina, pode contribuir para a retirada de ruídos e consequentemente para o aumento da precisão e acurácia das estratégias de negociação propostas.

Referências

- Aldridge, I. (2013). *High-frequency trading: a practical guide to algorithmic strategies and trading systems*, Vol. 604, John Wiley & Sons. <https://doi.org/10.1002/9781119203803>.
- Chang, W., Cheng, J., Allaire, J., Xie, Y. and McPherson, J. (2019). *shiny: Web Application Framework for R*. Disponível em <https://CRAN.R-project.org/package=shiny>.
- Correio, W. R. V. (2014). Ondas de Elliott: aspectos econômicos e matemáticos envolvidos, *Revista Científica Online, Tecnologia, Gestão e Humanismo*. Disponível em <http://www.fatecguaratingueta.edu.br/revista/index.php/RCO-TGH/article/view/21/61>.
- CVM, C. d. V. M. (2017). *Direito do Mercado de Valores Mobiliários*, 1 edn, CVM, Rio de Janeiro.
- Ding, D., Chong, G., Chan, C. M. L. and Liu, W. (2020). Building stock market resilience through digital transformation: using google trends to analyze the impact of covid-19 pandemic, *Frontiers of Business Research in China* 2(21): 2–21. <https://doi.org/10.1186/s11782-020-00089-z>.
- Graifer, V. and Schumacher, C. (2004). *Techniques of Tape Reading*, IRWIN EDGE. Disponível em <https://swab.zlibcdn.com/dtoken/242f18a9b250229b63db591e637c1ae0>.
- Igarashi, W., Valdevieso, G. S. and Correa, D. C. (2021). Sentiment analysis and technical indicators: a correlation analysis of asset prices and polarity of stock market news, *Brazilian Journals of Business* 3(1): 470–486. <https://doi.org/10.34140/bjbv3n1-029>.
- Lemos, F. (2018). *Análise Técnica dos Mercados Financeiros*, Vol. 2, 2 edn, Editora Saraiva.
- Machado, E. J. (2020). Modeling, implementation and evaluation of negotiation strategies based on learning algorithms of machine for the financial market, *Revista Brasileira de Computação Aplicada* 12(1): 16–31. <https://doi.org/10.5335/rbca.v12i1.9106>.
- Machado, E. J., Silva, E., Castilho, D., Pereira, A. and Brandão, H. (2014). Design and evaluation of automatic agents for stock market intraday trading, *Proceedings of the 2014 IEEE/WIC/ACM International Joint Conferences on Web Intelligence (WI) and Intelligent Agent Technologies (IAT) - Volume 03, WI-IAT '14*, IEEE Computer Society, Washington, DC, USA, pp. 396–403. <http://dx.doi.org/10.1109/WI-IAT.2014.194>.
- Menkveld, A. J. (2013). High frequency trading and the new market makers, *Journal of Financial Markets* 16(4): 712 – 740. <http://dx.doi.org/10.1016/j.finmar.2013.06.006>.
- Merlo, M. F., Junior, T. P., Ambrozini, M. A. and Gaio, E. (2019). O uso de indicadores de análise técnica e o desempenho da estratégia de lançamento coberto de opções, *Revista Eletrônica de Administração (Online)* 18(2). <https://doi.org/10.1007/s40065-017-0164-6>.
- Miranda, A. W. M. (2019). *Estratégias de investimento baseadas em microestrutura de mercado*, Master's thesis, Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Disponível em <https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/32279>.
- Nicolau, M. (2018). *Croptest: data-drive test automation for crop modeling systems*, Master in Applied Computing, Graduate Program in Applied Computing at University of Passo Fundo. Disponível em <http://tede.upf.br/jspui/handle/tede/1531>.
- Palladino, B. E. (2008). *Na Onda das Ações A Matemática e a Saúde do Seu Lucro*, 1 edn, Saraiva.
- Pinheiro, J. L. (2016). *Mercado de Capitais*, Vol. 2, 9 edn, Atlas.
- Prechter, R. P. F. (2017). *Elliott Wave Principle: A Key to Market Behavior*, 11 edn, Elliott Wave International.
- Ribeiro, S. C. A. (2014). *Aplicação do princípio das ondas de Elliott a bolsa portuguesa*, Master's thesis, Universidade Autônoma de Lisboa. Disponível em <https://repositorio.ipl.pt/handle/10400.21/5484>.
- Turcas, F., Dumiter, F. C., Brezeanu, P. and Boita, M. (2020). Forecasting, valuation and portfolio returns of stock market evolution: Problems, paradoxes and efficient information. worldwide implications and romanian evidence, *Jornal of Business Economics and Management* 12(1): 87–114. <https://doi.org/10.3846/jbem.2019.11355>.
- Wickham, H. and Grommund, G. (2017). *R for Data Science: Import, Tidy, Transform, Visualize, and Model Data*, 1 edn, O'Reilly Media, Sebastopol, CA. <https://doi.org/10.1145/3138860.313886>.