

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS
ESCOLA POLITÉCNICA
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO



**DESENVOLVIMENTO E IMPLEMENTAÇÃO DE UMA ESTRATÉGIA DE
TRADE QUANTITATIVO**

YURI SAMUEL MENDONÇA DE PAULA

GOIÂNIA
2022

YURI SAMUEL MENDONÇA DE PAULA

**DESENVOLVIMENTO E IMPLEMENTAÇÃO DE UMA ESTRATÉGIA DE
TRADE QUANTITATIVO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Escola Politécnica, da Pontifícia Universidade Católica de Goiás, como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Computação.

Orientadora: Profa. Ma. Angélica da Silva Nunes.

GOIÂNIA
2022

YURI SAMUEL MENDONÇA DE PAULA

**DESENVOLVIMENTO E IMPLEMENTAÇÃO DE UMA ESTRATÉGIA DE *TRADE*
QUANTITATIVO**

Este Trabalho de conclusão de Curso julgado adequado para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Computação, e aprovado em sua forma final pela Escola Politécnica, da Pontifícia Universidade Católica de Goiás, em ____/____/____.

Profa. Ma. Ludmilla Reis Pinheiro dos Santos
Coordenadora de Trabalho de Conclusão de
Curso

Banca examinadora:

Orientadora: Profa. Ma. Angélica da Silva Nunes.

Prof. Me Rafael Leal Martins.

Prof. Me. Wilmar Oliveira de Queiroz.

GOIÂNIA
2022

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais José Maria e Diná Mendonça pelo apoio e incentivo incondicional em todos os momentos da minha trajetória acadêmica e dedico este trabalho também a todos os professores da Escola de Ciências Exatas e da Computação, da Pontifícia Universidade Católica de Goiás, que me influenciaram na minha trajetória no curso de Engenharia de Computação, em especial à professora Angélica da Silva Nunes, minha orientadora, com quem dividi minhas dúvidas e anseios durante esse trabalho de conclusão de curso.

AGRADECIMENTOS

Os meus agradecimentos aos meus professores, pela paciência, conselhos e pela ajuda por me guiar no meu aprendizado, aos meus colegas de turma pelo companheirismo e a Escola de Ciências Exatas e da Computação, da Pontifícia Universidade Católica de Goiás, que me acolheu e fez parte do meu processo de formação profissional como engenheiro da computação.

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo mostrar o Desenvolvimento e implementação de uma estratégia de trade quantitativo. O objetivo é mostrar que com a estratégia proposta pode-se obter lucros consistentes de médio e longo prazo. Para fazer uso da solução proposta, é preciso instalar a plataforma Metatrader 5, importar o código da estratégia e ter uma conta em uma corretora de valores brasileira. A estratégia foi desenvolvida utilizando análise técnica e trade quantitativo e implementada usando a linguagem de programação (MQL5) *MetaQuotes Language 5* dentro da plataforma de *trade* Metatrader 5. Com a implementação da estratégia e com os resultados dos testes realizados foi possível verificar a eficiência e consistência da solução.

Palavras-chaves: *Trade* quantitativo, *trade* automatizado, estratégia de *trade*, Metatrader5, MQL5.

ABSTRACT

This work aims to show the development and implementation of a quantitative trade strategy. The objective is to show that the proposed strategy can obtain consistent profits in the medium and long term. To make use of the proposed solution, it is necessary to install the Metatrader5 platform, import the strategy code and have an account with a Brazilian stockbroker. The strategy was developed using technical analysis and quantitative trading and implemented using the programming language (MQL5) MetaQuotes Language 5 within the Metatrader 5 trading platform. of the solution

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – <i>Trade</i> de Compra Com P&L positivo	21
Figura 2 - <i>Trade</i> de Compra Com P&L Negativo	22
Figura 3 - Gráfico de <i>Candles</i> do instrumento BTCUSDT na Binance	23
Figura 4 - Exemplo de um Candle de Alta	24
Figura 5 - Exemplo de um Candle de baixa.....	24
Figura 6 - Representação esquemática das ondas de Elliot.....	30
Figura 7 - Retração de Alta.....	32
Figura 8 - Retração de Baixa	32
Figura 9- <i>Snapshot</i> do testador de estratégia do Metatrader 5.....	39
Figura 10 - Distribuição de probabilidade de <i>R</i> em BTCUSDT	46
Figura 11 - Distribuição de probabilidade de <i>R</i> em AUDCAD.....	46
Figura 12 - Distribuição de probabilidade de <i>R</i> em WIN\$.....	47
Figura 13 - Distribuição de probabilidade de <i>R</i> em USDJPY	48
Figura 14 - Distribuição de probabilidade de <i>R</i> em EURUSD.....	48
Figura 15 - Fluxograma da estratégia.....	52
Figura 16 – Primeira parte do <i>backtest</i> 01 (2020).....	55
Figura 17 – Segunda parte do resultado do <i>backtest</i> 01 (2020).....	56
Figura 18 – Gráfico da curva de capital do <i>backtest</i> 01 (2020).....	57
Figura 20 - <i>Snapshot</i> de algumas operações do <i>backtest</i> 02.....	58
Figura 21 - Primeira parte do <i>backtest</i> 02 (2019)	59
Figura 22 - Segunda parte do <i>backtest</i> 02 (2019)	59
Figura 23 - Gráfico da curva de capital do <i>backtest</i> 02 (2019)	60
Figura 24 - Lucros e perdas semanal e mensal do <i>Backtest</i> 02 (2019).....	60
Figura 25 - Primeira parte do <i>backtest</i> 03 (2018)	61
Figura 26 - Segunda parte do <i>backtest</i> 03 (2018)	62
Figura 27 - <i>Snapshot</i> de algumas operações do <i>backtest</i> 03 (2018).....	63
Figura 28 - Lucros e perdas semanal e mensal do <i>Backtest</i> 03 (2018).....	63
Figura 29 - Gráfico da curva de capital do <i>backtest</i> 03 (2018)	64
Figura 30 - <i>Snapshot</i> de algumas operações do <i>backtest</i> 04 (2017).....	65
Figura 31 - Primeira parte do <i>backtest</i> 04 (2017)	65
Figura 32 - Segunda parte do <i>backtest</i> 04 (2017)	66
Figura 33 - Gráfico da curva de capital do <i>backtest</i> 03 (2017)	66

Figura 34 - Lucros e perdas semanal e mensal do <i>Backtest</i> 04 (2017).....	67
Figura 35 - Primeira parte do <i>backtest</i> 05.....	68
Figura 36 - Segunda parte do <i>backtest</i> 05.....	68
Figura 37 - <i>Snapshot</i> de algumas operações do <i>backtest</i> 05.....	69
Figura 38 - Gráfico da curva de capital do <i>backtest</i> 05.....	69
Figura 39 - Lucros e perdas semanal e mensal do <i>Backtest</i> 05	70
Figura 40- Pesquisa no Google Trends: "Robôs de investimento"	72

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Configurações do <i>Backtest</i> 01 (2020).....	55
Tabela 2 - Configurações do <i>Backtest</i> 02 (2019).....	58
Tabela 3 - Configurações do <i>Backtest</i> 03 (2018).....	61
Tabela 4 - Configurações do <i>Backtest</i> 04 (2017).....	64
Tabela 5 - Configurações do <i>Backtest</i> 05 (21/04/2020 - 19/01/2021).....	67
Tabela 6 – Sumarização dos resultados.....	71

LISTA DE SIGLAS

API	Interface de programática de aplicações <i>Application Programming Interface</i>
AUDCAD	Instrumento financeiro AUD contado em CAD
B3	Brasil, bolsa e balcão
BRL	Real brasileiro
BTCUSDT	Instrumento financeiro BTC quotado em dólar
EURUSD	Instrumento financeiro EUR contado em USD
FIBO	Fibonacci
Forex	<i>Foreign Exchange</i>
IAS	<i>International Accounting Standards</i>
P&L	<i>Profit and Loss</i> , lucros e perdas
S/R	Suporte e resistência
USDJPY	Instrumento financeiro USD contado em JPY
VaR	Valor em risco, <i>Value at Risk</i>
WIN	Símbolo do mini índice na B3
WIN\$	Símbolo do mini índice na B3

SUMÁRIO

Dedicatória.....	4
Agradecimentos.....	5
Resumo.....	6
Abstract.....	7
Lista de figuras.....	8
Lista de tabelas.....	10
Lista de siglas.....	11
1 Introdução.....	15
1.1 Objetivo Geral.....	17
1.2 Objetivos Específicos.....	17
1.3 Procedimentos metodológicos.....	17
1.4 Estrutura da Monografia.....	18
2 Mercado financeiro.....	18
2.1 Introdução ao mercado financeiro.....	19
2.2 <i>Players</i> de mercado.....	19
2.3 Instrumentos financeiros.....	19
2.4 Dinâmica de um <i>trade</i>	20
2.5 Matemática aplicada ao mercado financeiro.....	23
2.5.1 Séries temporais de preço.....	23
3 Estratégias de <i>trading</i>	26
3.1 Teoria de Dow.....	26
3.2 Análise técnica.....	27
3.2.1 Indicadores técnicos.....	28
3.2.2 Ondas de Elliott.....	30
3.2.3 Retrações.....	31
3.2.4 Retrações de Fibonacci.....	32
3.3 <i>Trading</i> quantitativo.....	33

3.3.1 Estratégias de trading quantitativo.....	34
3.3.2 Modelos quantitativos comuns.....	35
3.3.3 Black-Scholes Model	35
3.3.4 Gestão de risco.....	36
3.3.5 <i>Backtest</i>	37
4 Desenvolvimento e implementação da estratégia	40
4.1 Metodologia de criação da estratégia de <i>trading</i>	41
4.2 Desenvolvimento do modelo matemático.....	41
4.2.1 Definição do processo aleatório.....	42
4.2.2 Definição da variável da aleatória.....	43
4.2.3 Análise da variável aleatória R	44
4.2.4 Distribuição de probabilidade da variável R.....	45
4.2.5 Modelo matemático	49
4.3 Definição da estratégia.....	50
4.3.1 Condições de entrada.....	51
4.3.2 Stop-loss.....	51
4.3.3 Esquema da estratégia.....	51
4.4 Implementação da estratégia	52
4.4.1 Metatrader 5	52
4.4.2 Retracement	53
5 Testes e resultados.....	54
5.1 <i>Backtests</i> realizados	54
5.2 Testes Realizados.....	54
5.2.1 <i>Backtest</i> 01 (2020).....	55
5.2.2 <i>Backtest</i> 02 (2019).....	58
5.2.3 <i>Backtest</i> 03 (2018).....	61
5.2.4 <i>Backtest</i> 04 (2017).....	64

5.2.5 <i>Backtest</i> 05 (21/04/2020 - 19/01/2021).....	67
5.3 Análise dos testes realizados.....	70
6 Considerações Finais	72
6.1 Trabalhos futuros	73
Apêndice A – Código-fonte do robô.....	76

1 INTRODUÇÃO

Segundo o Blog Nubank (2021), o mercado financeiro compreende todo o universo de negociações de ativos financeiros. Diferente dos bens passivos, os bens ativos são aqueles que ao em vez de gerar custos, geram renda aos seus proprietários. As bolsas de valores são os intermediários que conectam compradores e vendedores, para possibilitar a negociação destes bens.

A B3 (Brasil, Bolsa e Balcão) é a bolsa de valores brasileira, a única permitida por lei, a exercer esta função no Brasil. Criada em março de 2017 com a junção da Cetip (Central de Custódia e Liquidação Financeira de Títulos) e a BM&F Bovespa (Bolsa de Mercadorias & Futuros), a B3 se tornou uma das principais empresas de infraestrutura de mercado financeiro do mundo e a maior da América Latina (INFOMONEY, 2022).

De acordo com a InfoMoney (2022), entre julho de 2021 e junho de 2022, a B3 registrou um crescimento de 40% no número de contas abertas, saindo de 3,15 milhões para 4,40 milhões de CPF's cadastrados. Através da B3 estes investidores podem investir em várias categorias de ativos, tais como ações: FII (Fundos Imobiliários), BDRs (*Brazilian Depositary Receipts*), ETFs (*Exchange Traded Funds*), contratos futuros, etc.

De acordo com a ModalMais (2022), um contrato futuro é um tipo de derivativo, um ativo financeiro que é derivado de outro ativo. Ele consiste em um contrato de compra e venda de um determinado produto ou moeda. Este contrato estabelece que as partes envolvidas se comprometem a negociar, em uma data futura, o bem especificado. O objeto do contrato pode ser um bem tangível como commodities ou produtos, mas também podem ser bens intangíveis, como outros ativos financeiros.

Os contratos futuros permitem que o investidor opere alavancado, isso significa movimentar volumes financeiros maiores do que se tem disponível em seu saldo na corretora. Além de permitir alavancagem, os contratos futuros permitem que os investidores realizem lucro com as oscilações de mercado nas duas direções, comprar o ativo e vender em um preço superior e vender o ativo para recomprar em um preço inferior mesmo não possuindo o ativo previamente (MODALMAIS, 2022).

Segundo o Portal do *Trader* (2022) os contratos futuros são os ativos financeiros mais negociados na bolsa de valores brasileira na modalidade *day trade*,

que é uma modalidade de investimento de alto risco e de natureza especulativa. O *trader* tem o objetivo de lucrar com a oscilação dos preços num curto período. Eles buscam os contratos futuros como mini índice ou mini dólar, pela alta liquidez e volatilidade.

Para começar a operar no mercado futuro e poder negociar ativos como o mini índice, basta criar uma conta em uma corretora de valores brasileira como por exemplo a Modal Mais. Após criar a conta, existem algumas possibilidades para acessar o ambiente eletrônico da B3, o investidor pode usar o *home broker* da própria corretora ou pode usar um software como o MetaTrader5 da MetaQuotes (INFOMONEY, 2022).

Através de plataformas de negociação algorítmicas como o MetaTrader5 é possível implementar estratégias de *trade* automatizado para operar na B3. O *trade* automatizado consiste em implementar um programa de computador para negociar ativos em uma bolsa de valores, sem a intervenção humana. Em 2022 o *trade* automatizado já representa a maior parte do volume de ativos transacionados no mercado financeiro nos Estados Unidos (MORDOR INTELLIGENCE, 2022).

De acordo com Mordor Intelligence (2022) cerca de 75% de todo o volume de *trade* do mercado financeiro americano é realizado por robôs em estratégias de *trade* automatizadas. Cerca de 92% das negociações no mercado de Forex também são realizadas de forma algorítmica por robôs de *trade*.

Também é esperado um aumento de 59% no uso do *trade* automatizado de 2019 até 2024. A expectativa de crescimento do *trade* automatizado no Brasil está entre o nível médio, porém ainda representa um aumento significativo.

As principais plataformas algorítmicas para a criação de *bots* de *trade* são: Virtu Financial, Inc., Algo *Trader* AG e o Metatrader 5 da MetaQuotes Software Corp.

Porém apenas abrir conta em uma corretora de valores e ter acesso a uma plataforma algorítmica de *trade* automatizado, não é suficiente para atingir o objetivo do *day trade* que é realizar lucros com consistência no médio e no longo prazo. Conforme mostra a pesquisa realizada no intervalo de 2017 a 2019, feita pela FGV (Fundação Getúlio Vargas), revelou que, 97% dos investidores pessoa física perdem dinheiro investindo na bolsa de valores e desistem após esse período (FGV, 2019).

De todos os investidores analisados, 91,1% pararam em menos de um ano, dos que seguiram mais de um ano, fazendo operações diárias em mais de 300

pregões, 97% perderam dinheiro. Nos 3% que mostraram ganhos consistentes ao longo de mais de 300 pregões o lucro médio foi de R\$ 300,00 por dia.

Para desenvolver uma estratégia de *trade* automatizado é necessário utilizar alguma abordagem de análise de mercado, dentre elas estão a análise técnica e o *trade* quantitativo. A análise técnica é uma das mais usadas, consiste em avaliar investimentos e identificar oportunidades, analisando tendências estatísticas como movimento e volume de preços, coletados de acordo com a atividade de negociação.

Já o *trade* quantitativo é uma abordagem que utiliza modelos matemáticos e de negociação, que são aplicados a vários cenários para identificar oportunidades de lucros e permitir que a tomada de decisão não seja emocional e sim validada estatisticamente por estratégias testadas.

Diante da oportunidade de obter lucros significativos com estratégias de *trade* automatizado, operando com robôs no mercado financeiro na modalidade *day trade*, dado que, como mostrado pelo estudo realizado pela FGV, esta modalidade de investimento tem um alto risco associado, chegamos à questão deste presente trabalho:

- Como realizar lucros consistentemente com uma estratégia de *trade* automatizado usando a abordagem do *trade* quantitativo?

1.1 Objetivo Geral

Desenvolver e implementar uma estratégia de *trade* quantitativo vencedora.

1.2 Objetivos Específicos

- Aprofundar o conhecimento sobre *trade* no mercado financeiro;
- Aprofundar o conhecimento sobre estratégias de *trade* automatizado;
- Desenvolver uma estratégia de *trade* automatizado vencedora;
- Implementar a estratégia proposta em um robô de *trade* para a plataforma *Metatrader5*.

1.3 Procedimentos metodológicos

Este trabalho trata-se de uma pesquisa experimental, pois tem a finalidade de desenvolver, implementar e testar uma estratégia de *trade* quantitativo. Através da

análise dos resultados empíricos obtidos nos testes, é verificada a eficácia e consistência da estratégia.

O objetivo final é obter uma estratégia de *trade* quantitativo vencedora e implementá-la em um robô de *trade* automatizado real, que opere no mercado financeiro e faça lucros consistentes no longo e médio prazo.

Quanto aos procedimentos técnicos usados para obtenção destes resultados, foram usados conhecimento de análise técnica e *trading* quantitativo, temas detalhados nos itens 3.2 e 3.3 respectivamente. Também foram usados conhecimentos de estatística e probabilidade para o desenvolvimento de validação da estratégia. Por fim foi utilizado o conhecimento em programação para a implementação do robô na linguagem MQL5.

1.4 Estrutura da Monografia

No capítulo 2 é feita a fundamentação teórica sobre mercado financeiro e todos os conceitos necessários para o entendimento do capítulo 3, tais como o que são instrumentos financeiros e como é a dinâmica de um *trade*.

No capítulo 3 é feita a fundamentação teórica sobre estratégias de *trade* e as diversas abordagens usadas para análise de mercado. Estes conceitos são fundamentais para o entendimento do capítulo 4, pois nele é descrito como foi desenvolvida a estratégia proposta por este trabalho.

No capítulo 4 é descrito o processo pelo qual a estratégia proposta por este trabalho, foi desenvolvida e implementada. Nele é apresentado como a estratégia foi elaborada e as justificativas para cada escolha de sua composição. No item 4.4 é descrito como foi feita a implementação da estratégia em um robô de *trade* automatizado.

No capítulo 5 são descritos os testes realizados através da ferramenta de *backtest* do *Metatrader5*. Os resultados dos testes são analisados e comentados usando como base os conhecimentos apresentados na fundamentação teórica.

No capítulo 6 são feitas as considerações finais sobre o trabalho e as sugestões de trabalho futuro.

2 MERCADO FINANCEIRO

Neste capítulo se dedica a introduzir os conceitos sobre o mercado financeiro que serão necessários para o entendimento deste trabalho. Na primeira parte do capítulo é apresentado uma definição de mercado financeiro, em seguida o que são

players de mercado e o seu papel no mercado financeiro. É abordado o conceito de instrumento financeiro, e qual sua relação com o mercado financeiro. Além disso é apresentado a dinâmica de uma operação de um *trade* simples, como a matemática é aplicada ao mercado financeiro e qual é o impacto na estratégia de *trade* automatizado apresentada neste trabalho.

2.1 Introdução ao mercado financeiro

No mercado financeiro comercializa-se ativos financeiros, como valores mobiliários, mercadorias, câmbio etc. Os *players* de mercado negociam os ativos financeiros através das bolsas de valores ou *exchanges*, como por exemplo a B3 (bolsa de valores brasileira) ou a bolsa de valores de Nova York, New York Stock Exchange (NYSE) (O'HARA, 1998).

2.2 Players de mercado

Os *players* de mercado têm diversos objetivos ao entrar na dinâmica de compra e venda de ativos financeiros, dentre eles está o que é conhecido como *trade*, que no contexto do mercado financeiro significa tentar lucrar com as movimentações dos preços dos ativos financeiros. Os *traders* podem ser operadores humanos ou algoritmos de computador que atuam nas bolsas de valores na intenção de lucrar com a movimentação do preço dos ativos financeiros (LEMOS, 2015).

2.3 Instrumentos financeiros

Um instrumento financeiro pode ser definido como um contrato monetário entre duas partes. Segundo Normas Internacionais de Contabilidade, *International Accounting Standards* (IAS) (2007), um instrumento financeiro é “qualquer contrato que dê origem a um ativo financeiro de uma entidade e um passivo financeiro ou instrumento patrimonial de outra entidade”.

Existem vários tipos de instrumentos financeiros, para este trabalho, é importante o entendimento dos instrumentos financeiros do tipo derivativos negociados em bolsa, pois a estratégia quantitativa desenvolvida para operar de forma automatizada, foi implementada para ser executada em um instrumento financeiro desta natureza (IAS, 2007).

Os derivativos negociados em bolsa, podem pertencer a várias classes de ativos financeiros, como por exemplo: títulos futuros, opções em ações, contratos

futuros etc. Mais especificamente neste trabalho, a estratégia proposta opera em contratos futuros.

Um contrato futuro é um contrato monetário de compra ou venda entre duas partes. Este contrato obriga ambas as partes (compradora e vendedora), a negociar uma determinada mercadoria ou até mesmo outro ativo financeiro, no futuro, em uma data estabelecida no contrato, porém com um preço definido na hora da negociação do contrato.

O efeito prático da existência de um instrumento financeiro é que ele cria uma base para negociações de compra e venda nas bolsas de valores. Através de um instrumento financeiro é possível haver um par de ativos financeiros relacionados em que um ativo é cotado em outro, possibilitando a negociação.

No caso, o instrumento financeiro que foi usado para este presente estudo foi o WIN (mini índice Bovespa), que é um derivativo do tipo contrato futuro. Este instrumento financeiro é cotado em BRL (real brasileiro). Desta forma, para entrar em uma operação no WIN é necessário abrir uma posição de compra ou de venda neste ativo.

Para abrir uma posição em uma bolsa de valores é necessário ter dinheiro depositado em uma corretora, que é um intermediário entre a bolsa de valores e o investidor. Ao abrir uma posição, a corretora pega o dinheiro depositado pelo investidor para realizar a operação.

As posições abertas em um contrato futuro, podem ser de compra ou de venda. Após a posição aberta, a corretora bloqueia do dinheiro depositado do investidor a quantidade investida, mais o valor de um possível prejuízo, se caso o *Profit and Loss*, lucro & prejuízo (P&L) da operação estiver negativo naquele momento. Ao final da operação o dinheiro é liberado, caso o P&L no final da operação seja positivo e consiga pagar os custos operacionais da operação, o investidor obteve lucro, caso contrário o investidor obteve prejuízo. No caso de o valor do P&L, ficar negativo a ponto de liquidar a operação, a operação é fechada automaticamente pela corretora e o investidor perde todo dinheiro anteriormente bloqueado. No item 2.4 é dada a explicação de forma mais detalhada sobre a dinâmica de um *trade*.

2.4 Dinâmica de um *trade*

A dinâmica de um *trade*, pode ser descrita da seguinte forma:

Seja:

A : Um instrumento financeiro hipotético;

t_0 : Momento da abertura da operação (venda ou compra);

t_1 : Momento de fechamento da operação (venda ou compra);

x : Preço do instrumento A no instante t_0 ;

Δx : Deslocamento do valor de x do tempo t_0 até o tempo t_1 ;

O *trader* abre uma operação no ativo A no preço x em t_0 .

Dado que, os valores dos preços dos ativos estão sempre em constante mudança, no tempo t_1 o valor do preço do ativo A será $x + \Delta x$.

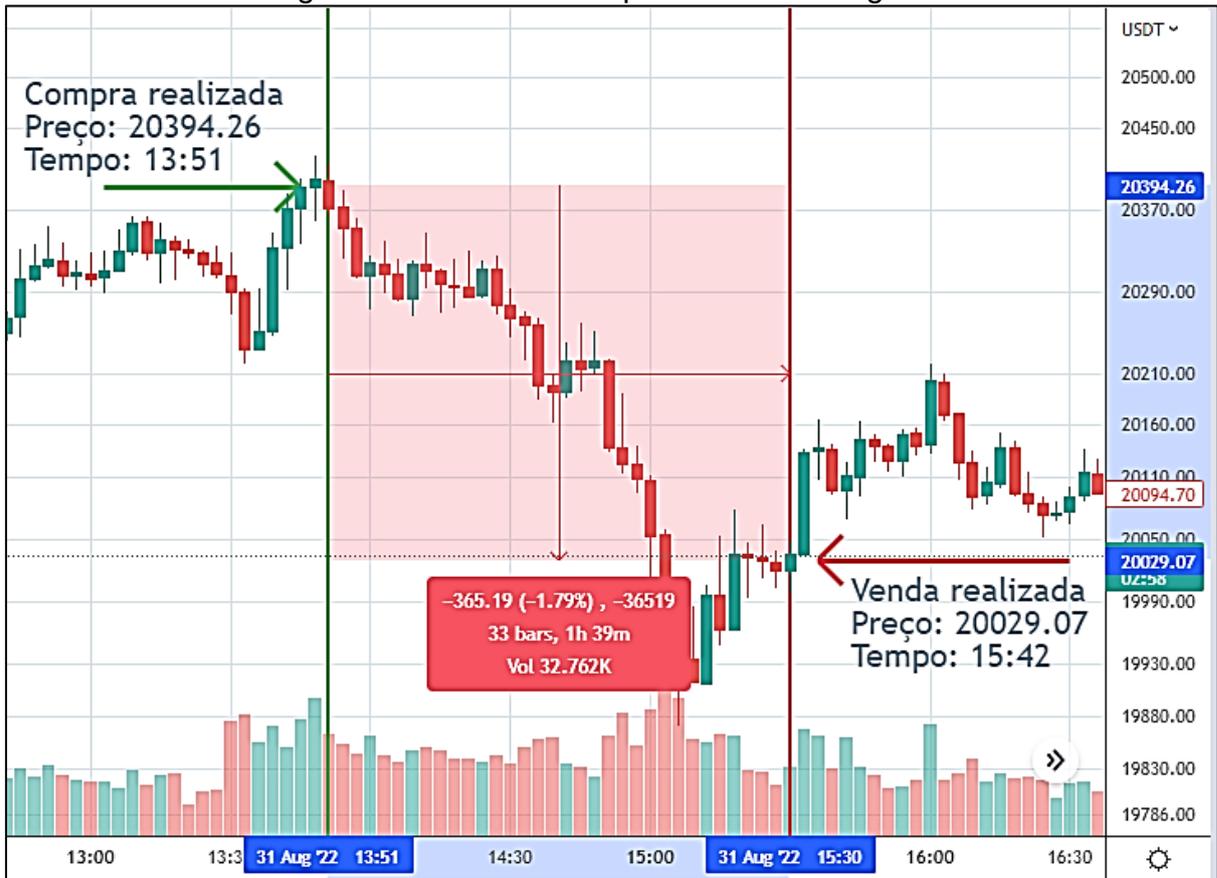
Figura 1 – Trade de Compra Com P&L positivo



Fonte: Elaborada pelo Autor através da Plataforma gráfica *tradingview.com*

Conforme mostrado na Figura 1, se $\Delta x > 0$ o *trader* tem seu P&L positivo, isso significa que ele está lucrando na operação em $t_0 < \text{instante corrente} < t_1$.

Figura 2 - Trade de Compra Com P&L Negativo



Fonte: Elaborada pelo Autor através da Plataforma gráfica *tradingview.com*

Assim como mostrado na Figura 2, caso o valor de $\Delta x < 0$ o P&L do *trader* é negativo, isso significa que o *trader* está no prejuízo nesta operação em $t_0 < \text{instante corrente} < t_1$.

No momento em que o *trader* decide realizar seu lucro/prejuízo, ele fecha a operação em A . Sendo esta operação fictícia, não resulta em taxas ou custos operacionais, o P&L realizado é calculado conforme a equação (1):

x : Valor do preço de A no momento da abertura da operação;

y : Valor do preço de A no momento do fechamento da operação;

a : Montante total da operação;

f : Taxas e custos operacionais da operação;

$$P\&L = (x \cdot a - y \cdot a) - f \quad (1)$$

2.5 Matemática aplicada ao mercado financeiro

No mercado financeiro é utilizado uma série de conceitos matemáticos aplicados a análise dos dados gerados pelo mercado, visando explorar questões como: o valor do preço no tempo, estimativa de juros, inflação e precificação de ativos financeiros.

2.5.1 Séries temporais de preço

Um dos dados econométricos mais importantes são as séries temporais de preço de um ativo, também chamada de gráfico de preços, que são coleções de amostras coletadas sequencialmente ao longo do tempo.

No mercado financeiro existem diversas formas diferentes de montar as séries temporais de preço ou gráficos de preço. Uma das formas mais comuns é utilizar os gráficos de *candles* ou gráficos de vela. O gráfico de *candle* é uma série temporal na qual cada amostra é um registro composto por quatro dados: abertura, máxima, mínima e fechamento. Cada *candle* representa uma amostra de um intervalo de tempo, por isso os gráficos de *candles* podem ser de vários tempos gráficos.

A Figura 3 mostra um exemplo de gráfico de *candle* do instrumento financeiro BTCUSDT no tempo gráfico diário, em que cada *candle* representa o intervalo de um dia.

Figura 3 - Gráfico de *Candles* do instrumento BTCUSDT na Binance

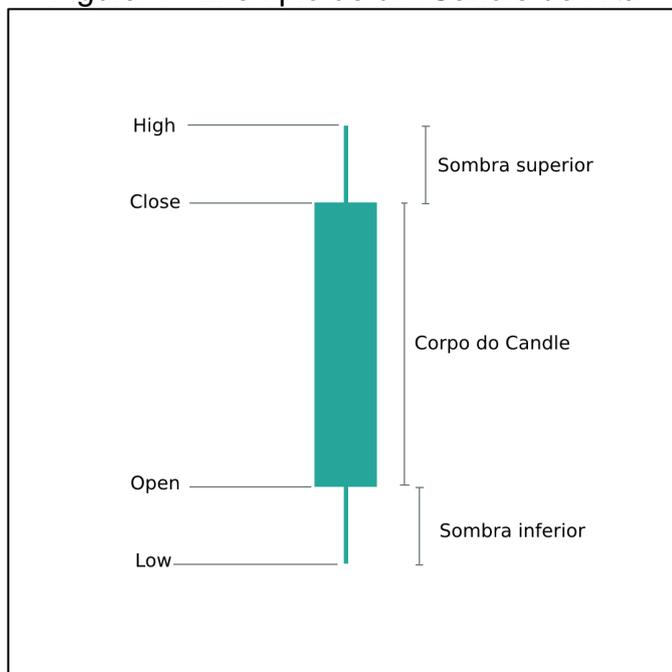


Fonte: Elaborada pelo Autor através da Plataforma gráfica *tradingview.com*

Iniciado o tempo gráfico do *candle* é realizado o primeiro registro que é o valor de abertura do *candle*. À medida que o tempo avança, o preço do ativo oscila,

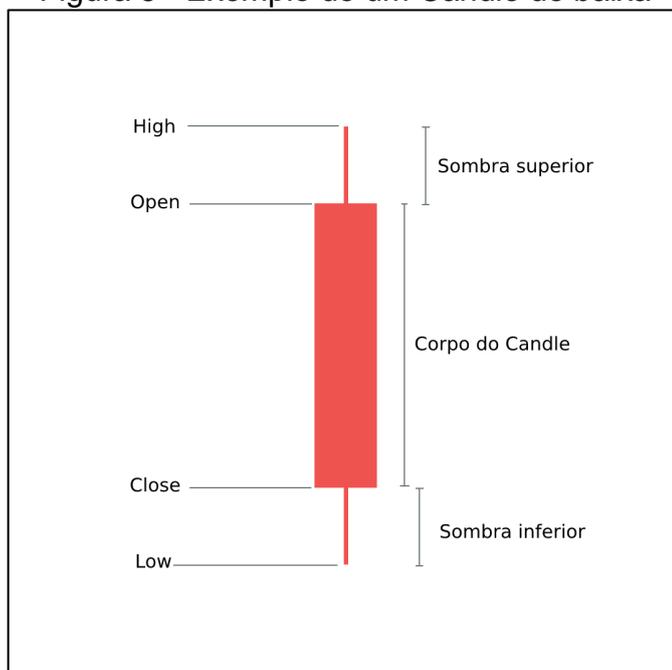
alcançando novas máximas e mínimas que são atualizadas dentro do *candle*. Ao final do tempo gráfico é registrado o valor de fechamento. Isso ocorre para todo *candle*, com exceção do último *candle* do gráfico, que é o *candle* mais recente do gráfico. Para este *candle*, o preço de fechamento é igual ao preço corrente do ativo.

Figura 4 - Exemplo de um Candle de Alta



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 5 - Exemplo de um Candle de baixa



Fonte: Elaborada pelo autor.

Seguindo a dinâmica de formação do *candle* descrita, é possível haver diversas configurações de *candles*, porém as três principais são os *candles* de alta, *candle* de baixa e os *dojis*

O *candle* de alta, conforme exemplificado na Figura 4, tem a propriedade de ter o seu valor de abertura menor do que o seu valor de fechamento e é representado no gráfico com a cor verde preenchendo o corpo do *candle*.

O *candle* de baixa, conforme representado na Figura 5 tem a seguinte propriedade, que o seu valor de abertura é maior do que o seu valor de fechamento e é representado com a cor vermelha preenchendo o corpo do *candle*.

O *doji* é o *candle* sem profundidade, e tem a propriedade de que o seu valor de abertura e de fechamento são iguais.

3 ESTRATÉGIAS DE *TRADING*

Este capítulo tem o objetivo de mostrar as diferentes abordagens existentes para se elaborar uma estratégia de *trade*.

Inicialmente é apresentada a teoria de Dow e uma introdução a esta abordagem. Também são listados os nove princípios que a compõe. A teoria de Dow por sua vez, é considerada um dos principais pilares para a próxima abordagem que é apresentada neste capítulo, a análise técnica. Após uma visão geral sobre a análise técnica, é introduzido o conceito de indicador técnico e alguns exemplos.

Dentro da análise técnica, são apresentados alguns conceitos que são fundamentais na elaboração da estratégia proposta neste trabalho. O primeiro deles é o conceito de retração de preço, que é detalhado no item 3.2.3 e o conceito de retração de Fibonacci.

A próxima abordagem para o *trade* no mercado financeiro mostrado neste capítulo é o *trading* quantitativo. É uma abordagem para a elaboração de estratégias de *trading* que se fundamenta no estudo das finanças quantitativas. Nesta parte do capítulo é feita uma pequena introdução ao *trading* quantitativo, mostrando sua importância e em que ele pode ser aplicado.

Ainda no capítulo 3, são mostrados alguns modelos quantitativos que são aplicados em estratégias por grandes *players* de mercado. É abordada a gestão de risco e o conceito de *backtest*, que é fundamental para o sucesso de uma estratégia.

3.1 Teoria de Dow

A teoria de Dow é o conjunto de princípios usado por investidores para orientar as decisões de compra e venda, no mercado financeiro. Os princípios desta teoria foram criados por Charles Dow, um jornalista e colunista do *The Wall Street Journal*, e um dos fundadores do *Dow Jones Financial News Service* que se tornou um dos maiores jornais econômicos de Nova York.

A teoria de Dow é constituída por nove princípios, são eles:

1. O mercado se move em tendências;
 - a. Tendência primária;
 - b. Tendência secundária;
 - c. Tendência terciária;
2. O volume deve acompanhar a tendência;
3. Tendências de alta primária tem três fases;

- a. Acumulação;
 - b. Subida sensível;
 - c. Estouro;
4. Tendências de baixa primária tem três fases;
 - a. Distribuição;
 - b. Pânico;
 - c. Baixa lenta;
 5. As médias descontam tudo;
 6. As duas médias devem se confirmar;
 7. O mercado pode se desenvolver em linha;
 8. As médias devem ser calculadas com os preços de fechamento;
 9. A tendência está valendo até que haja sinal de reversão.

3.2 Análise técnica

A análise técnica é uma prática de muitos especuladores, investidores e profissionais do mercado financeiro e tem como principal objetivo prever o comportamento futuro do mercado, baseando-se na análise do gráfico formado pela série temporal dos preços dos ativos (LEMOS, 2015).

A análise técnica, possui um escopo bastante amplo e difuso e não se encaixa como um estudo formal e científico do mercado financeiro, mas artigos científicos mostram que algumas estratégias de *trade* baseadas em análise técnica podem gerar retornos financeiros consistentes no longo prazo (ARONSON, 2007).

Supõe-se que os *players* de mercado, atuam e reagem de forma previsível e os investidores nem sempre são racionais. Portanto, o gráfico é uma expressão eficiente da ação dos investidores (LEMOS, 2015).

Segundo Lemos (2015) existem três premissas que são as suposições básicas que fundamentam a análise técnica, são elas:

A ação dos preços desconta tudo: Esta premissa diz respeito a interpretação da análise técnica de que todas as infindas variáveis que influenciam o comportamento do preço, como questões políticas, psicológicas ou de qualquer outra ordem já estão expressas no preço portanto se o histórico de preço do ativo é conhecido, então assume-se que tem-se conhecimento a respeito de todas estas outras variáveis.

Os preços movem-se em tendência: Esta premissa diz que o mercado se move em tendências, quando o preço começa a andar em uma determinada direção ele tende a permanecer nesta direção até que eventualmente essa tendência seja revertida e dê lugar a outra tendência.

O passado se repete no futuro: A última premissa diz respeito a suposição básica de que, padrões de comportamento do mercado passado, voltarão a se repetir.

Várias teorias no mundo das finanças quantitativas tentam explicar o movimento dos preços e porque os preços se movem. Algumas disputam espaço com a análise técnica pois fazem afirmações contrárias, como por exemplo, a teoria do *Random Walk* que afirma, que não se pode prever o comportamento futuro dos preços apenas se baseando no comportamento passado, pois o comportamento dos preços seria em essência aleatório segundo essa teoria.

Outra teoria também que disputa espaço com a análise técnica é a teoria dos portfólios eficientes, que afirma que é impossível contornar as tendências, para comprar uma ação subvalorizada ou vender uma ação supervalorizada e desta forma obter lucros significativos. Isso porque, a teoria dos portfólios eficientes afirma que todos os *players* de mercado têm acesso às mesmas informações e sempre agem de forma racional, assim as ações sempre são transacionadas ao “preço justo”, nunca sub ou supervalorizadas (LEMOS, 2015).

Existe, portanto, uma teoria econômica que está em harmonia com a análise técnica, que se chama teoria das finanças comportamentais. Esta teoria afirma que, uma parcela das decisões dos *players* de mercado não são racionais, seja por razões de ignorância a respeito das informações relevantes sobre o mercado ou simplesmente questões de ordem psicológica e ou emocional. Algumas das decisões de compra ou venda que acabam influenciando o preço dos ativos financeiros, não são justificadas racionalmente, abrindo espaço para a existência de ações subvalorizadas ou supervalorizadas (LEMOS, 2015).

3.2.1 Indicadores técnicos

Usado por analistas técnicos, os indicadores são ferramentas, que auxiliam, na geração de sinais de compra e venda e que explicam o comportamento passado dos preços (LEMOS, 2015).

Matematicamente, um indicador é uma série temporal discreta, que é derivada do gráfico de *candle* de um instrumento financeiro. Similar a um filtro em processamento digital de sinais, os indicadores processam uma série temporal para gerar uma nova série. Através de uma equação ou um algoritmo específico, os indicadores transformam os dados públicos de mercado, como por exemplo abertura, fechamento ou volume, em uma nova série discreta de dados, que geralmente é plotada em cima do gráfico de *candle*. Porém, também pode ser plotada em um gráfico a parte (LEMOS, 2015).

Existem duas categorias principais de indicadores: os indicadores atrasados e os indicadores antecedentes (LEMOS, 2015). Os indicadores atrasados servem para confirmar uma tendência ou um movimento, dado que eles tentam resumir de alguma forma o que aconteceu no passado. Os indicadores antecedentes têm o objetivo de prever uma tendência ou um movimento, dado que eles têm o objetivo de anteceder o próximo movimento do mercado, se baseando nas premissas do indicador.

Um grupo de indicadores trabalhando em conjunto pode servir para que o investidor use um indicador antecedente para se antecipar para um movimento do mercado, e caso esse movimento realmente aconteça, o investidor pode usar o indicador atrasado para confirmar o movimento previsto (LEMOS, 2015).

Um exemplo de indicador técnico é a média móvel, em processamento digital de sinais, a média móvel funciona como um filtro para o um determinado sinal digital. Similarmente na análise técnica, a média móvel é usada como um indicador de tendência, portanto um indicador do tipo atrasado, filtrando a granularidade gerada pela volatilidade dos preços, para mostrar mais claramente a tendência corrente dos preços de um instrumento financeiro.

A média móvel é calculada usando como entrada de dados, os preços de fechamento em um gráfico de *candle* de um determinado instrumento e calculada da seguinte forma, seja:

MA_k : Valor da média móvel de tamanho k ;

n : Total de *candles*;

k : Tamanho da média móvel;

i : Índice do vetor X ;

X : Vetor com dados de fechamento;

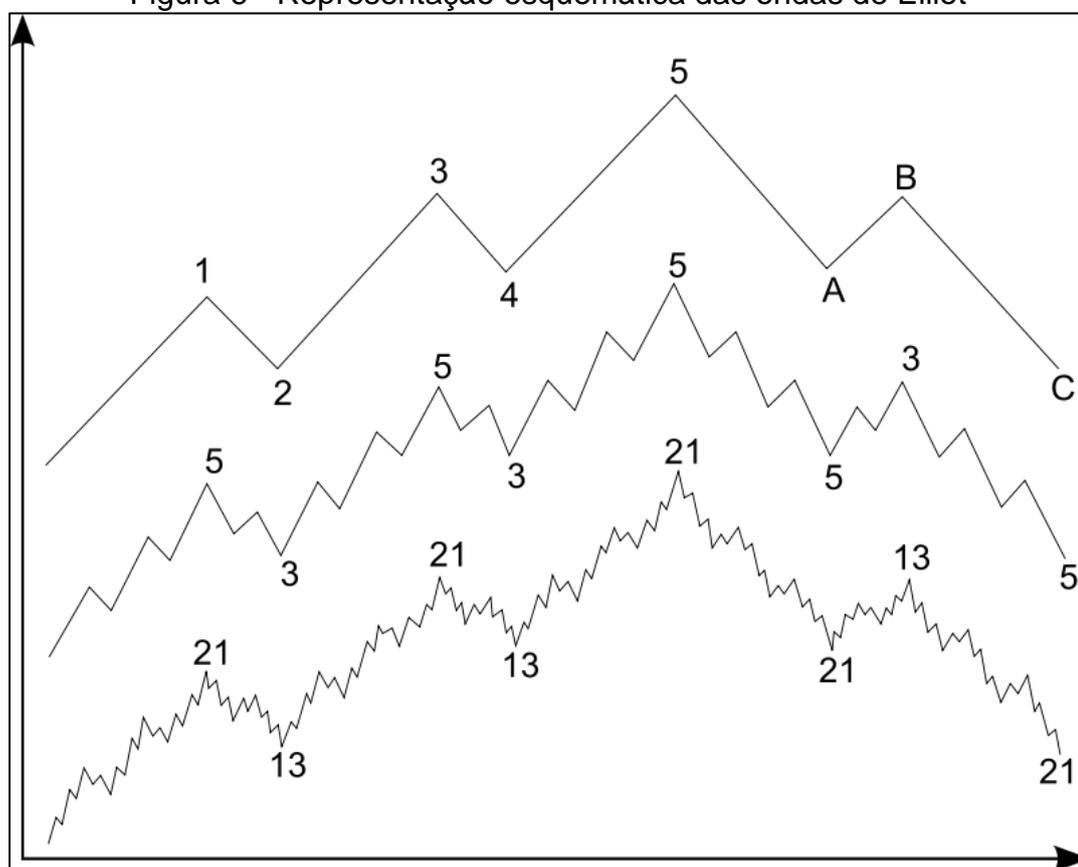
$$MA_k = \frac{1}{k} \sum_{i=n-k+1}^n X_i \quad (2)$$

3.2.2 Ondas de Elliott

A técnica chamada ondas de Elliott é uma técnica amplamente utilizada por analistas técnicos e tem o objetivo de prever o comportamento do mercado no que diz respeito ao reconhecimento das tendências secundárias e terciárias dentro de uma tendência primária principal.

A Figura 6 mostra de forma representativa as tendências primárias e secundárias e a contagem das ondas de acordo como foi proposto por Elliott.

Figura 6 - Representação esquemática das ondas de Elliott



Fonte: *The Basics of the Elliott Wave Principle*, PRECHTER, 2013.

As Ondas Elliott foram criadas por Ralph Nelson Elliott, um contador americano, que no seu livro *Nature's Law: The Secret of the Universe* (Leis da natureza: O Segredo do Universo), introduziu dentre outras coisas, alguns padrões de comportamento do mercado financeiro. Os padrões de comportamento do mercado financeiro identificados por Elliott dizem respeito principalmente a alternância entre tendências de alta e de baixa e suas proporções no tempo.

As tendências identificadas por Elliott são tendências secundárias e terciárias que recebem o nome de ondas, fazendo movimentos na direção da tendência principal e suas respectivas correções, que é quando o preço assume uma pequena tendência na direção contrária.

Os padrões de tendência identificadas por Elliott se dividem em dois grupos, as ondas impulsivas, que estão na direção da tendência dominante, seja de alta ou de baixa, e as ondas corretivas, que estão contra a tendência principal. As ondas impulsivas são um conjunto de cinco movimentos: onda 1; onda 2; onda 3; onda 4 e onda 5. Estas cinco ondas se expressam em forma de "zig-zag" que levam até o topo da tendência principal.

As ondas corretivas por sua vez se dividem em três ondas: onda A, onda B e onda C. Estas ondas também são constituídas de três movimentos na direção contrária a tendência principal e levam ao fim do ciclo.

3.2.3 Retrações

Na análise técnica o termo retração é usado para se referir a situação em que uma pequena tendência secundária, contrária a tendência principal, toma o lugar da tendência principal temporariamente, retraindo uma porcentagem do movimento realizado pela tendência principal.

Também conhecida como correção, a retração de preço é muito utilizada por investidores para identificar possíveis entradas para uma operação de *trade*. Dado que a retração não é uma reversão da tendência principal, o *trader* pode abrir uma operação contra a tendência, no início de uma retração e fechar a operação na retomada da tendência principal pelo preço.

Existem algumas técnicas para identificar quando começam e terminam as retrações. Uma das técnicas para se identificar um movimento de retração é através dos níveis de suporte e resistência previamente detectados. Se o preço assume uma tendência contrária a tendência principal e o próximo nível de suporte e resistência (S/R) está, ou abaixo do último topo ou acima do último fundo, então este nível de S/R muito provavelmente é um ponto de retração de preço.

Existem dois tipos de retração de preço, retrações de alta e retrações de baixa, assim como mostrado na Figura 7 e 8 respectivamente. A retração de alta é quando um o preço retrai dentro de uma tendência de baixa e uma retração de baixa quando o preço retrai dentro de uma tendência de alta.

Figura 7 - Retração de Alta



Fonte: Elaborada pelo Autor através da Plataforma gráfica *tradingview.com*

Figura 8 - Retração de Baixa



Fonte: Elaborada pelo Autor através da Plataforma gráfica *tradingview.com*

3.2.4 Retrações de Fibonacci

Como já foi citado nesse trabalho, existem várias estratégias para tentar antecipar um movimento de retração, para poder tirar vantagem desse movimento e realizar uma operação de *trade*. Uma técnica muito utilizada é a chamada retração de Fibonacci, ela consiste em tentar determinar os possíveis níveis de retração.

A técnica consiste em traçar uma faixa de preço que liga um topo e um fundo, esta faixa é subdividida, seguindo uma relação de porcentagem de Fibonacci. Estas subdivisões na faixa são chamadas de níveis de Fibonacci, ou apenas níveis de

FIBO. Os níveis mais comuns e mais utilizados para projetar os níveis de S/R são: o nível 0, que significa correção mínima, o nível 0,382 ou comumente chamado 38% de FIBO, o nível 0,5, que corresponde a 50% do movimento usado como base para a retração, o nível 0,618 ou 0,61% de FIBO, considerada a mais importante por analistas técnicos e o nível de 1,00 ou 100% de retração, que seria correção máxima, a partir desse ponto se configura reversão de tendência.

3.3 *Trading* quantitativo

O estudo da economia é multidisciplinar e engloba desde ciências humanas, até matemática e estatística. Dentre vários assuntos estudados dentro das ciências econômicas estão as finanças quantitativas, que tem como principal objetivo elaborar estratégias para tomada de decisão no mercado financeiro, seja para a gestão de risco ou para investimentos (BELL, 2016).

Diferente da análise técnica as finanças quantitativas usam técnicas de probabilidade, estatística e análise de dados na elaboração de suas estratégias, sendo considerada assim, uma ciência (BELL, 2016).

As finanças quantitativas podem ser definidas como aplicação de teoria de probabilidade e estatística ao mercado financeiro, mais especificamente no comportamento do preço dos diversos instrumentos financeiros, que o compõe, se baseando em dados empíricos de mercado, como as séries temporais de preço geradas pela execução das compras e vendas feitas, no livro de ordens das *exchanges*. As finanças quantitativas conseguem gerar modelos para explicar o movimento do preço e em algumas ocasiões, predizer seu comportamento.

O estudo das finanças quantitativas é muito usado por gestores de fundos de investimentos, *hedge funds*, bancos e engenheiros que desenvolvem soluções para os *brokers*, como algoritmos de livro de ordens e até mesmo companhias de seguros (BELL, 2016).

Os profissionais que trabalham especificamente com finanças quantitativas são chamados de analistas quantitativos e muito frequentemente apenas de “quants”. O *trading* quantitativo surge quando analistas quantitativos aplicam a computação às finanças quantitativas para elaborar algoritmos de transação automatizada para operar no mercado financeiro e performar capital ou realizar gestão de risco de algum fundo.

O *trading* quantitativo pode ser definido como estratégias de *trade* automatizadas elaboradas através das finanças quantitativas, criando algoritmos de computador para atuarem como *players* de mercado, também conhecidos como *bots* de *trade*. No *trading* quantitativo, muito comumente são utilizadas análises das séries temporais de preço dos ativos ou indicadores econômicos importantes para a elaboração das estratégias.

3.3.1 Estratégias de trading quantitativo

Como as finanças quantitativas tratam de aplicar computação e técnicas avançadas de probabilidade e estatística ao mercado financeiro, para criar uma estratégia de *trading* quantitativo basta usar estas ferramentas no processo de criação de uma estratégia de *trading*.

O objetivo principal de uma estratégia de *trading* é aproveitar o movimento do preço dos instrumentos financeiros para obter lucro. Portanto, a estratégia precisa, em alguma medida, estimar o comportamento futuro do preço dos ativos, para poder se antecipar aos possíveis movimentos vindouros. Comprando antes de um movimento de alta e vendendo após uma valorização ou vendendo antes de um movimento de baixa para recomprar após uma desvalorização em ambas as situações, maximizando o objetivo da estratégia, que é maximizar o lucro e minimizar o prejuízo.

Além da necessidade de haver, em alguma medida, a predição do valor do preço do instrumento financeiro no qual a estratégia é executada, as estratégias de *trading* quantitativo precisam ter um conjunto de procedimentos, para saber o que fazer em cada situação, de forma a minimizar o risco da estratégia. O risco é um tema muito abordado em finanças quantitativas e é abordado de forma mais aprofundada adiante, nesse trabalho.

Portanto, na elaboração de uma estratégia de *trading* quantitativo são aplicadas técnicas computacionais de análise de dados e ferramentas matemáticas de estatística e probabilidade para se tentar gerar algum modelo que sirva de fundamento para o operacional da estratégia. Além do uso ferramentas matemáticas na criação do modelo que justifica as operações, também é necessária uma validação estatística da estratégia como um todo. Para tanto, são utilizadas algumas abordagens estatísticas de validação, como por exemplo, o teste de hipótese.

O processo de avaliação, validação e muitas vezes de otimização da estratégia é chamado de *backtest*, que é melhor detalhado no item 3.3.5. Contudo, o processo de *backtesting* se trata de simular a execução da estratégia utilizando dados reais. O *backtest* tenta dizer quais teriam sido os resultados da estratégia, caso ela tivesse sido executada no passado. Para realizar o *backtest*, se usa dados históricos reais de preço do ativo que se deseja analisar e qual é a *performance* da estratégia nele.

3.3.2 Modelos quantitativos comuns

Existem alguns modelos matemáticos muito usados no *trading* quantitativo, principalmente em estratégias para negociação de opções. Alguns modelos têm o objetivo de fundamentar o operacional da estratégia como por exemplo, realizando previsões do comportamento dos preços ou provendo precificações, para que se possa saber quando um ativo está sub ou sobre precificado. Outros modelos têm o objetivo de reduzir os riscos de se operar em mercados voláteis. Nos próximos itens deste trabalho, são detalhados alguns dos mais conhecidos modelos desenvolvidos em finanças quantitativas.

3.3.3 Black-Scholes Model

O modelo quantitativo conhecido como Black-Scholes é um dos modelos mais conhecidos no mundo das finanças quantitativas. Se trata de um modelo matemático usado para de precificação de opções. O modelo possui uma equação que determina o valor de uma opção de compra e outra equação que determina o valor de uma opção de venda em um dado instante no tempo (BELL, 2016).

O modelo Black-Scholes foi desenvolvido por dois economistas, Fischer Black e Myron Scholes e em 1997 Myron Scholes e Robert Merton que receberam um prêmio Nobel de economia por seu trabalho, Fischer Black não recebeu o prêmio pois morreu anos antes da premiação (BELL, 2016).

Segundo Bell (2016), uma das possíveis soluções para a equação de Black-Scholes é apresentada a seguir. Esta solução é comumente chamada de a fórmula de Black-Scholes. Ela é uma equação composta por parâmetros relativos a esta solução em particular e parâmetros referentes ao ativo subjacente a opção a qual se deseja precificar.

A equação 3 se aplica a opções de compra (*call*) e opções de venda (*put*).

$$C = SN(d_1) - Xe^{-r(T-t)}N(d_2) \quad (3)$$

Onde:

C : Valor da opção;

S : Preço do ativo subjacente;

$N(d)$: Função de distribuição normal padrão;

X : Preço exercido na opção

e : Número de Euler

r : Taxa de juros da opção;

T : Tempo total de expiração da opção;

σ : Volatilidade do ativo subjacente.

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S}{X}\right) + \left(r + \frac{1}{2}\sigma^2\right)(T-t)}{\sigma\sqrt{(T-t)}} \quad (4)$$

$$d_2 = \frac{\ln\left(\frac{S}{X}\right) + \left(r - \frac{1}{2}\sigma^2\right)(T-t)}{\sigma\sqrt{(T-t)}} \quad (5)$$

3.3.4 Gestão de risco

Quando se realiza uma operação de *trading*, existe a possibilidade de se perder parte ou a totalidade do capital investido na operação. Essas possibilidades de perda são chamadas de risco dentro das finanças quantitativas. Existem dois tipos de riscos envolvidos em uma operação de *trade*, o risco operacional e risco de mercado (BELL, 2016).

A gestão de risco em finanças quantitativas, não se refere ao risco operacional, que é quando acontece alguma falha técnica ou erro humano na execução da operação, resultando em perdas. Quando se fala em gestão de risco em finanças quantitativas, geralmente se refere ao risco de mercado, que é quando o preço do ativo que está sendo negociado vai na direção contrária a operação. Como já foi visto no item 2.4 desse trabalho, quando a operação é de venda e o

preço do ativo sobe acima do ponto de entrada o P&L se torna negativo resultando na possibilidade de perda do capital (BELL, 2016).

Dentro de finanças quantitativas existem várias formas de definir o risco de mercado matematicamente, assim como várias estratégias para minimizá-lo

Uma das formas de definir risco de mercado estatisticamente é através do Valor em Risco *Value at Risk* (VaR). Esta medida é comumente usada em vários setores do mercado financeiro, como bancos e *hedge funds*. (BELL, 2016)

Existem várias formas de se minimizar o risco de mercado, como por exemplo usar estratégias de diversificação, investindo em vários ativos diferentes ao mesmo tempo. Outra forma de minimizar o risco de mercado é com a definição de *stop-loss*. (BELL, 2016)

O *stop-loss* é a forma mais trivial de se realizar gestão de risco, uma vez tendo definido a perda máxima aceita pela estratégia, uma ordem de fechamento da operação é colocada, ou uma ordem pré-programada por algum software fica engatilhada, quando a perda máxima for atingida a ordem de fechamento é executada automaticamente fechando a operação.

3.3.5 Backtest

Segundo Steve Bell (2016), a diferença entre o *trading* quantitativo e as demais abordagens de *trading* é que, no *trading* quantitativo as estratégias são testadas contra dados históricos reais, gerando evidências concretas da *performance* da estratégia em um determinado período no passado.

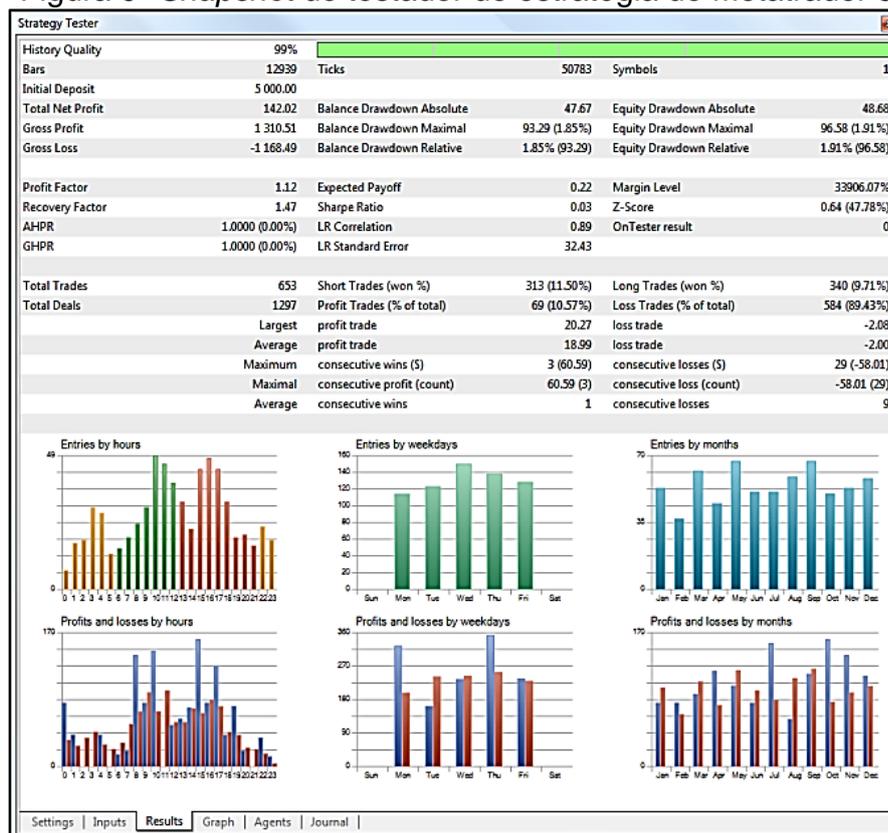
O processo de *backtest* é um processo em que a estratégia é testada com dados reais do passado, simulando o funcionamento do robô durante o período selecionado. O primeiro passo para realizar um *backtest* é encontrar um *software* especializado para realização de *backtests*, posteriormente deve se encontrar uma fonte segura de dados de mercado dos instrumentos financeiros. Dependendo de como estiver a base de dados adquirida, é essencial realizar um tratamento nos dados.

O *backtest* serve para vários propósitos, além de prover medidas uteis sobre a *performance* de uma estratégia, também permite maior entendimento da estratégia e dá a possibilidade de otimização de parâmetros da estratégia.

Existem muitas plataformas comerciais especializadas na realização de *backtest* e outras plataformas que, apesar de não serem especializadas possibilitam a realização de *backtests*.

Das plataformas não especializadas em *backtest*, as mais comumente usadas são o Excel da Microsoft e o Matlab de Mathworks. Existem também plataformas especializadas na realização de *backtest*, umas das opções mais conhecidas são a plataforma *TradeStation* e o Testador de estratégias do Metatrader 5. A Figura 9 mostra um snapshot da tela do Testador de estratégias do Metatrader 5.

Figura 9- Snapshot do testador de estratégia do Metatrader 5



Fonte: Elaborada pelo autor através da plataforma Metatrader 5

O processo de *backtest* do testador de estratégias do Metatrader 5 funciona da seguinte forma. Primeiramente o Metatrader 5 adquire os dados históricos dos preços se conectando com o servidor do *broker*, uma vez em posse dos dados históricos do instrumento financeiro que se deseja realizar o *backtest*, o testador de estratégias executa o programa de Metatrader 5 que implementa a estratégia no período selecionado.

Existem algumas medidas muito importantes geradas através do *backtest*. O *backtest* realizado pelo testador de estratégias do Metatrader 5 calcula muitas dessas medidas de *performance* e outros dados estatísticos a respeito da estratégia.

A seguir são listadas e detalhadas algumas medidas de *performance* de uma estratégia, estas medidas são geradas após a execução do processo de *backtesting*.

- Fator de lucro: Este indicador mostra a relação entre o lucro bruto e o prejuízo bruto. O fator de lucro é calculado dividindo-se o lucro bruto pelo prejuízo bruto, de modo que se o valor do fator de lucro for positivo, indica que a estratégia obteve lucro no período selecionado no *backtest*, e caso contrário a estratégia obteve prejuízo;

- *Drawdown* absoluto: Esta medida mostra a diferença entre o depósito inicial e o menor valor registrado no saldo durante a execução do *backtest*. Portanto, o *Drawdown* absoluto é calculado: depósito inicial – min (saldo);
- *Drawdown* máximo: Este indicador mostra a maior queda de saldo em relação ao máximo e mínimo local em toda a execução do *backtest*, sendo calculado da seguinte forma: máximo = Max[máximo local - próximo mínimo local];
- *Drawdown* relativo: Este indicador mostra a maior queda de saldo em toda a execução da estratégia no processo de *backtest* em porcentagem relativo = Max[(máximo local - próximo mínimo local) / máximo local * 100];
- Fator de recuperação: esta medida de *performance* reflete o risco da estratégia. Este indicador mostra o que está sendo arriscado pela estratégia em relação ao que se espera obter de lucro. O fator de recuperação é calculado dividindo-se o lucro líquido pelo *Drawdown* máximo;
- *Expected Payoff*: Este talvez seja o indicador mais importante para o processo de avaliação e validação de uma estratégia de *trading* quantitativo. Ele reflete a diferença entre o prejuízo esperado e o ganho esperado, cujos quais são calculados estatisticamente;
- *Sharpe Ratio*: Este é um indicador clássico para avaliação de portfólios e estratégias. É muito usado para avaliação de resultados em fundos de investimentos ou em estratégias quantitativas, o *Sharpe Ratio* é calculado (Rendimento - Rendimento Livre de Risco) / Desvio Padrão do Rendimento. O *Sharpe Ratio* costuma ser interpretado da seguinte maneira;
 - *Sharpe Ratio* < 0 – Estratégia não lucrativa, não é boa;
 - $0 < \textit{Sharpe Ratio} < 1.0$ – Risco não compensa. Tais estratégias podem ser tomadas para operar se não houver alternativas. Incerto;
 - *Sharpe Ratio* ≥ 1.0 – Caso o índice de Sharpe seja maior que um, o risco está compensando, a carteira/estratégia está funcionando;
 - *Sharpe Ratio* ≥ 3.0 – Um número alto indica que a probabilidade de ocorrência de uma perda em qualquer transação em particular é muito baixa.

4 DESENVOLVIMENTO E IMPLEMENTAÇÃO DA ESTRATÉGIA

Este capítulo se dedica a descrever o processo pelo qual a estratégia proposta por este trabalho foi desenvolvida e implementada. Além de apresentar a

metodologia usada para se alcançar os resultados apresentados no capítulo 5, o capítulo 4 também apresenta quais foram as ferramentas utilizadas no processo de desenvolvimento e implementação da estratégia.

Na primeira parte deste capítulo é apresentada a metodologia que é usada para alcançar os resultados apresentados por este trabalho. Na próxima parte é apresentado o modelo usado para fundamentar a estratégia. Após o desenvolvimento do modelo, o capítulo apresenta como foi feito o processo de escolha do instrumento financeiro onde a estratégia é implementada e executada.

Na última parte do capítulo 4 são apresentados os materiais e as ferramentas utilizadas para a implementação da estratégia e a criação do programa que de fato foi executado para operar no mercado.

4.1 Metodologia de criação da estratégia de *trading*

Uma estratégia de *trading* consiste em um algoritmo que decide quando abrir uma operação de *trading*, quando fechar uma operação de *trading* e quais devem ser as configurações de cada operação. Dada uma configuração específica de mercado, o algoritmo faz tais decisões com o objetivo de maximizar o lucro ao longo de várias operações.

Portanto é necessário que exista um conjunto de regras que justifique cada decisão feita com base na estratégia. Este conjunto de regras pode ser composto por princípios, lemas ou modelos matemáticos.

No caso da estratégia proposta por este trabalho, as regras que justificam a abertura das operações, também chamadas de condições de entrada, são feitas por um modelo matemático que é apresentado no item 4.2.5. As regras que definem o fechamento das operações são deduzidas do princípio de gestão de risco *stop-loss*, apresentado no item 3.3.4. A definição das regras que decidem as propriedades de cada operação é empiricamente justificada através de testes.

4.2 Desenvolvimento do modelo matemático

O primeiro passo na criação de qualquer modelo matemático é especificar o problema de interesse. No caso do *trade*, o problema é: como realizar lucros com consistência no mercado financeiro. Portanto, é necessário um modelo matemático para fazer algum tipo de previsão do comportamento futuro dos preços.

A solução para este problema citado, precisa ser um modelo matemático estocástico que represente o comportamento do preço de um ou mais instrumentos financeiros, em determinadas situações preestabelecidas e que tenha acurácia estimada. Este modelo matemático por sua vez, serve de fundamento para a elaboração da estratégia de *trade*.

A abordagem utilizada para a criação do modelo matemático, consiste em tentar encontrar algum comportamento do preço, que acontece com certa regularidade, realizar análise estatística neste comportamento regular e modelar seu comportamento através de uma equação.

Dado que se sabe que o modelo matemático precisa ser um modelo estocástico que represente o comportamento do preço, o primeiro passo para o desenvolvimento de um modelo matemático estocástico é definir o processo aleatório que ele pretende representar. Uma vez definido o processo aleatório, as variáveis aleatórias que fazem parte desse conjunto precisam ser definidas.

Definir o processo aleatório de interesse como sendo o valor do preço no tempo, não seria algo factível. Portanto, a metodologia adotada foi buscar nas diversas abordagens para estudo do mercado financeiro, como foi visto no capítulo 3, alguma ideia de evento que supostamente ocorra com uma relativa periodicidade.

Tanto análise técnica, quanto a teoria de Dow e o *trading* quantitativo, foram fonte de inspiração para se encontrar um suposto mecanismo de funcionamento do mercado que possa ser estudado e avaliado. Deste modo, assim como visto no item 3.4 do capítulo 3, o *trading* quantitativo aliado a análise técnica pode gerar bons resultados. Uma vez que as técnicas computacionais empregadas no *trading* quantitativo conseguem testar e validar alguma ideia oriunda da análise técnica.

4.2.1 Definição do processo aleatório

Dentre as várias suposições propostas pela análise técnica, foi escolhida a suposição de que o preço corrige um movimento prévio, ou simplesmente a ideia de retração de preço, já visto no item 3.1.3 no capítulo 3. Usando o princípio de retração como premissa, pode-se definir um processo aleatório para estudar.

Porém precisa-se especificar mais a definição de retração de preço para que possa identificar uma retração e distinguir o que é uma retração de uma reversão ou simplesmente um movimento aleatório de preço. Para tanto é necessário fazer algumas simplificações e algumas suposições.

No intervalo de um *candle*, há uma variação de preço que vai da máxima até a mínima do *candle*, sendo que com exceção do *candle doji*, todo *candle* tem seu valor de fechamento mais próximo de uma das extremidades do *candle*. Se for considerado um *candle* como sendo um único movimento de preço, o problema pode ser simplificado para chegar em uma definição mais precisa do que é uma retração de preço. Dado que a retração é uma correção no movimento anterior, pode-se supor que todo *candle* corrige ou retrai em relação ao *candle* anterior.

Portanto, é definida a retração de preço como sendo o movimento do *candle* corrente, que é contrário ao *candle* anterior a ele. Desta forma, tem-se dois tipos de retração, uma retração de *candle* de alta e retração de *candle* de baixa. Dado que esta é a definição de retração de preço, define-se este como sendo o processo aleatório.

4.2.2 Definição da variável da aleatória

Uma vez definido o processo aleatório, é necessário definir a variável aleatória que se deseja estudar. Como já foi visto no item 3.1.3 no capítulo 3, o valor da retração de preço é medido em porcentagem. Esta porcentagem é uma relação entre o movimento corrente e o movimento anterior. Sendo um valor em porcentagem, o valor da retração é definido no intervalo $> 0\%$ e $< 100\%$.

Usando a definição de retração de preço apresentada no item 4.1.3, pode-se definir a variável aleatória sendo, a função que mapeia todos os valores possíveis de retração de preço, para cada valor de probabilidade associado. Em outras palavras, esta variável aleatória representa a probabilidade de cada valor possível de retração de preço.

Dada a natureza computacional do domínio do problema, os valores que as variáveis podem assumir dentro desse domínio, são sempre discretos. Portanto, a variável aleatória do processo aleatório em questão, é uma variável aleatória discreta definida nos números naturais, dentro do intervalo $>0\%$ e $<100\%$, podendo assumir 98 valores possíveis.

Seja R a variável aleatória discreta que representa a probabilidade de cada valor do processo aleatório de retração de preço tem-se que:

$$R = \{ r \mid r \in \mathbb{N}, \quad r \geq 1 \text{ e } r \leq 98 \} \quad (6)$$

$$P(R = r) = p \quad (7)$$

4.2.3 Análise da variável aleatória R

Uma vez definido o processo aleatório e a variável aleatória, torna-se possível realizar a análise da variável aleatória. Uma forma eficiente de realizar a análise de uma variável aleatória, é através da distribuição de probabilidade. Calculando a distribuição de probabilidade da variável aleatória discreta R , pode-se observar visualmente o comportamento da variável.

Através da distribuição de probabilidade pode-se visualizar possíveis convergências e se existe alguma regularidade no processo aleatório que se está estudando. Primeiro é necessário descobrir se existe alguma regularidade no processo aleatório que se está estudando. O próximo passo é encontrar na lista de probabilidades gerada pela distribuição de probabilidade da variável aleatória, o evento que mais tem chance de acontecer.

O *plot* da distribuição de probabilidade de uma variável discreta pode ser feito com gráfico de barras ou histograma. Neste trabalho foi escolhido o gráfico de barras para a plotagem do gráfico da distribuição de probabilidade. Para saber se existe alguma regularidade no processo aleatório que se deseja estudar, é necessário observar a homogeneidade do gráfico.

Caso a distribuição seja muito próxima de uma distribuição uniforme, com quase todas as barras do mesmo tamanho, é provável que o processo aleatório em questão não tenha nenhuma regularidade. Isso significa que todos os eventos possíveis têm igualmente a mesma probabilidade de acontecer.

Caso a distribuição seja mais heterogênea as chances são maiores que algum valor da variável tenha uma probabilidade maior associado. Neste caso, a abordagem é pegar o valor com a maior probabilidade para usar na construção do modelo que fundamenta o operacional da estratégia.

Escolhendo o valor da variável R que possui a maior probabilidade associado, é possível fazer a “melhor aposta” para tentar prever os próximos valores da variável R no processo aleatório escolhido.

Desta forma, a abordagem de análise da variável R , para a criação da estratégia de *trading* apresentada neste trabalho, é tentar descobrir qual é a retração de preço que tem maior probabilidade de acontecer, pois sabendo quantos por cento

é a retração de preço mais provável, pode-se usar este valor de retração para ajustar os alvos no modelo matemático que fundamenta a estratégia de *trading*.

Como mostrado no item 2.5.1 cada instrumento financeiro tem sua própria série temporal de preços. Uma vez que os instrumentos financeiros são tão diferentes entre si, é esperado que a distribuição da variável R seja diferente para cada instrumento financeiro. Isto implica que, para cada instrumento financeiro é necessário recalcular a distribuição de probabilidade e refazer o processo de análise.

4.2.4 Distribuição de probabilidade da variável R

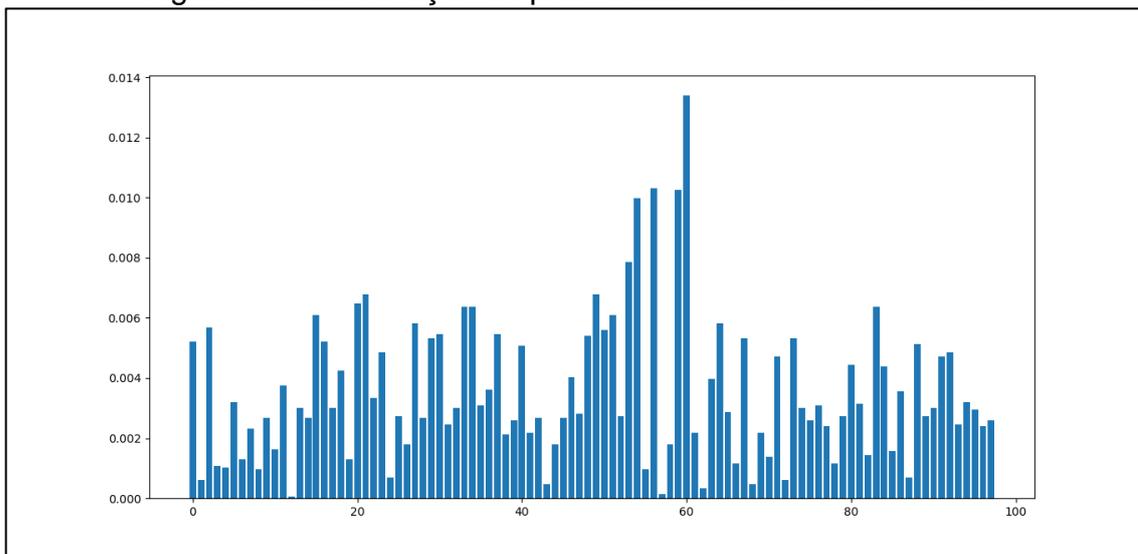
A distribuição de probabilidade da variável R foi calculada para 5 instrumentos financeiros diferentes, são eles: BTCUSDT, AUDCAD, WIN\$, USDJPY, EURUSD. Cada um destes instrumentos financeiros possui suas próprias características e suas especificidades.

A metodologia para a realização do cálculo de distribuição de probabilidade da variável R foi a seguinte: primeiro foi realizada a obtenção dos dados históricos de preço de cada um destes instrumentos financeiros, para a criação de um *dataset*, posteriormente foi necessário a criação de um algoritmo que fizesse a leitura deste *dataset* e calculasse para cada ativo a distribuição de probabilidade da variável do processo aleatório que estamos estudando, que no caso, é a retração de preço.

Devido escassez e a dificuldade para obtenção de dados históricos de preço que sejam confiáveis, a análise da variável R foi realizada para apenas um pequeno número de instrumentos financeiros.

4.2.4.1 Análise da variável R em BTCUSDT

Figura 10 - Distribuição de probabilidade de R em BTCUSDT

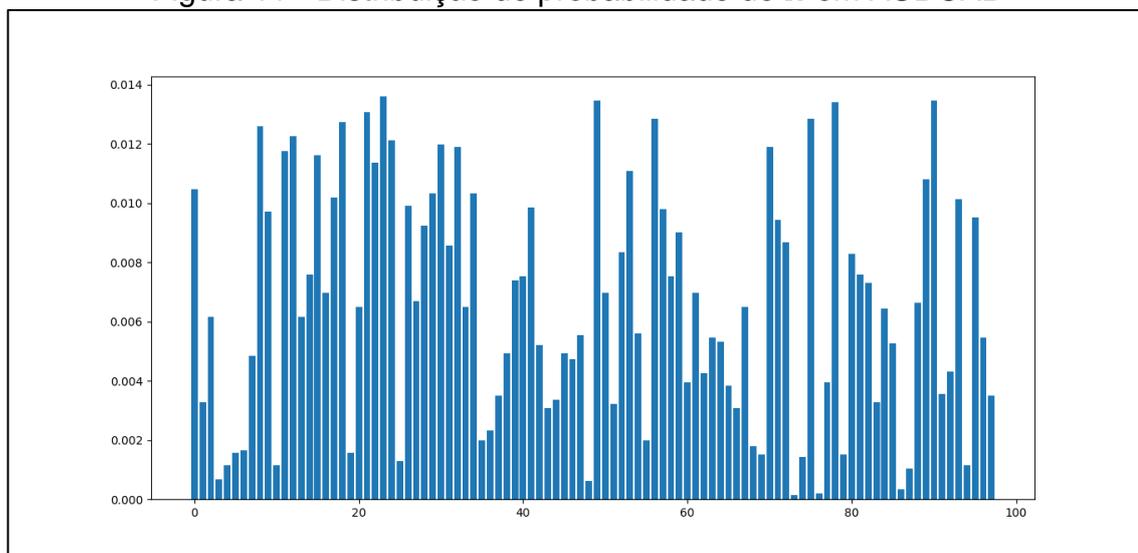


Fonte: Elaborada pelo autor através da ferramenta pyplot

Nota-se na Figura 10 pelo gráfico de distribuição de R para o BTCUSDT, que o processo aleatório de retração de candle para este instrumento financeiro é bastante irregular. Também se nota que os valores de R com maior probabilidade de acontecer são 60, 59, 56 e 54 por cento de retração, portanto estes são os principais candidatos a serem escolhidos como a constante do modelo matemático, para a realização dos testes.

4.2.4.2 Análise da variável R em AUDCAD

Figura 11 - Distribuição de probabilidade de R em AUDCAD

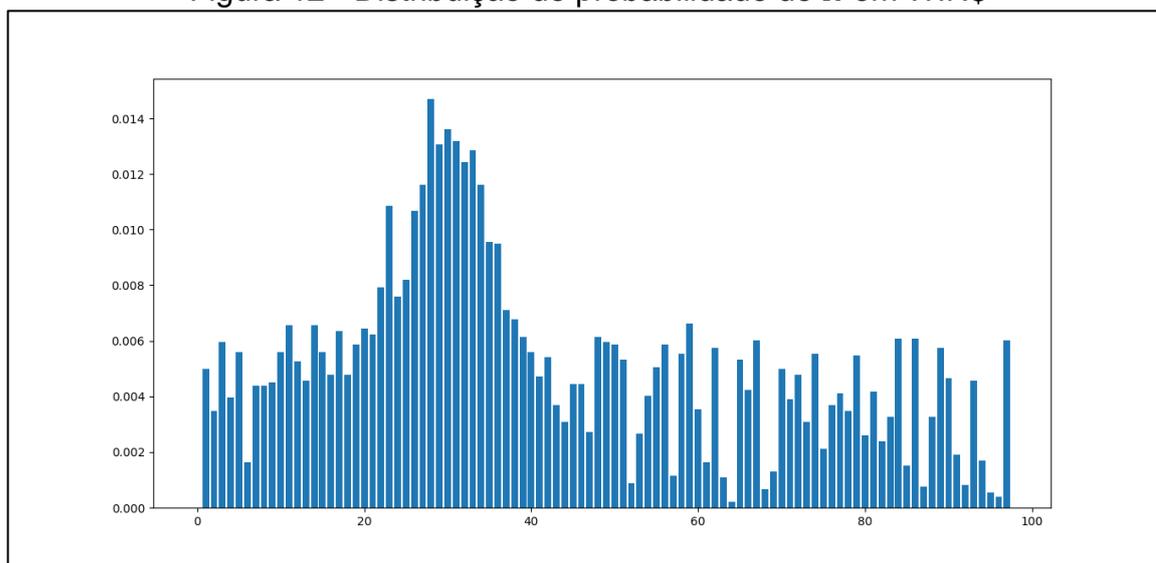


Fonte: Elaborada pelo autor através da ferramenta pyplot

Nota-se na Figura 11, no gráfico de distribuição de R para o AUDCAD, que o processo aleatório de retração de *candle* para este instrumento financeiro, tem o seu gráfico de barras muito próximo de uma distribuição uniforme, portanto não existem bons valores candidatos para serem usados no modelo matemático.

4.2.4.3 Análise da variável R em WIN\$

Figura 12 - Distribuição de probabilidade de R em WIN\$



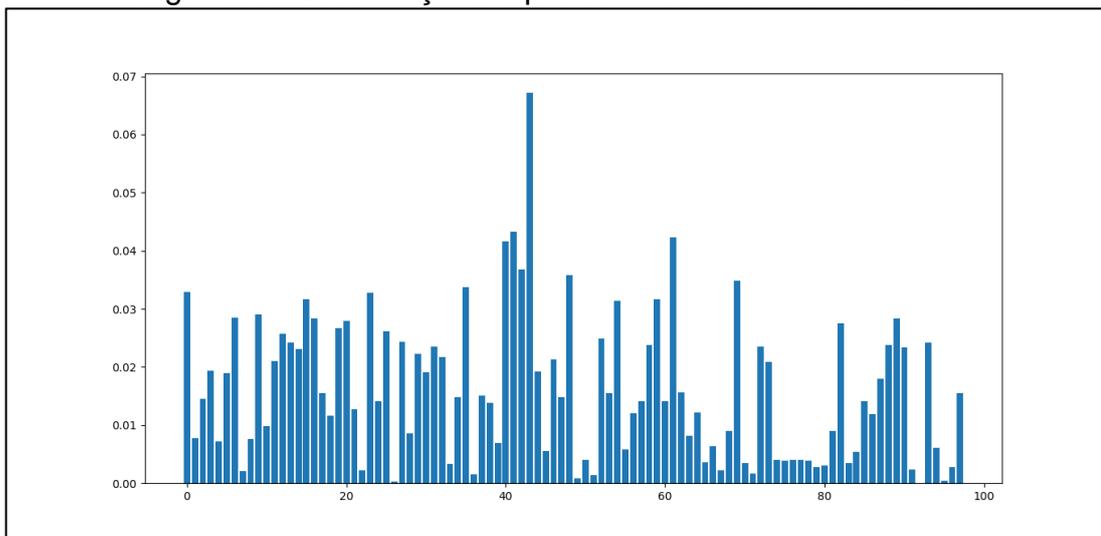
Fonte: Elaborada pelo autor através da ferramenta pyplot

Nota-se Figura 12, no gráfico de distribuição de R para o WIN\$ que o processo aleatório de retração de *candle* possui uma certa regularidade, a distribuição de probabilidade se assemelha a uma distribuição normal onde as maiores probabilidades estão em torno de 30 e se afastam deste valor gradativamente, também se nota que o valor da variável R com maior probabilidade de acontecer é 30, portanto este valor é o principal candidato para determinar a escolha dos alvos e condições de entrada na estratégia.

Este valor foi escolhido e usado como constante no modelo matemático apresentado no item 4.2.5, que por sua vez é usado como parâmetro para o robô de *trade* que foi implementado e é apresentado 4.4.2.

4.2.4.4 Análise de da variável R em USDJPY

Figura 13 - Distribuição de probabilidade de R em USDJPY

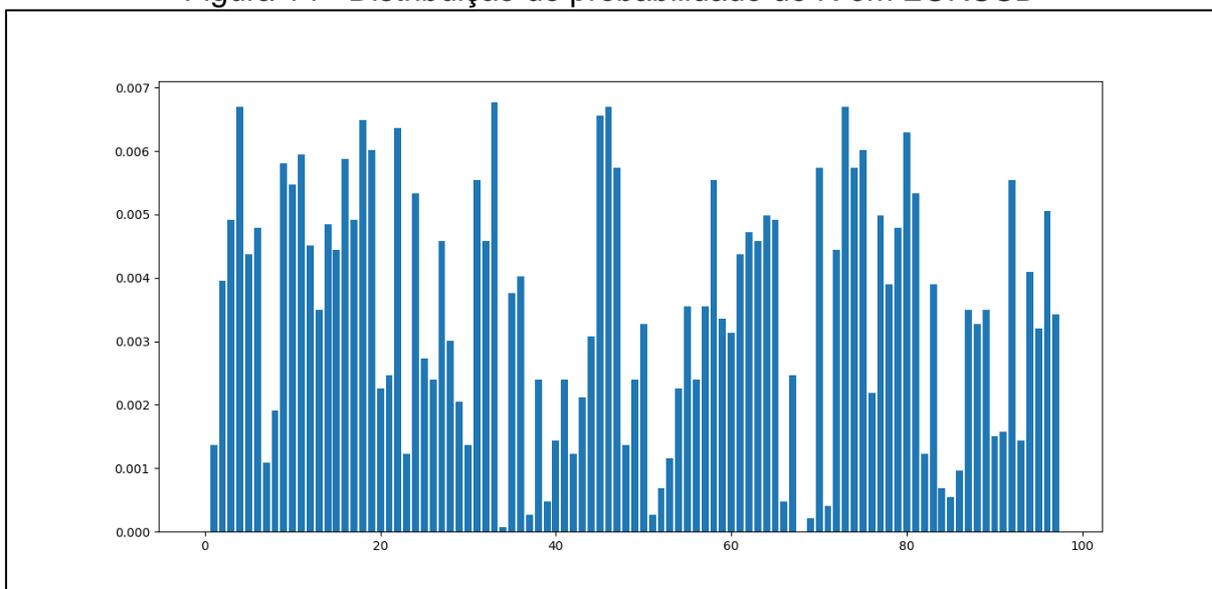


Fonte: Elaborada pelo autor através da ferramenta pyplot

Nota-se Figura 13, no gráfico de distribuição de R para o USDJPY que o processo aleatório de retração de *candle* para este instrumento que o valor 43 tem a maior probabilidade de ocorrer, entretanto o resto das barras estão distribuídas uniformemente, portanto o valor 43 é tratado como *outlier*.

4.2.4.5 Análise de da variável R em EURUSD

Figura 14 - Distribuição de probabilidade de R em EURUSD



Fonte: Elaborada pelo autor através da ferramenta pyplot

Nota-se Figura 14, no gráfico de distribuição de R para o EURUSD que o processo aleatório de retração de *candle* possui baixa regularidade, portanto não existe valor candidato a ser testado no modelo matemático.

4.2.5 Modelo matemático

O modelo matemático representa o comportamento de retração de preço de cada *candle* em relação ao seu *candle* anterior. Usando o melhor valor de retração de preço, sugerido pela análise da variável R , pode-se ter uma expectativa de até quantos por cento o *candle* corrente, pode retrair em relação ao seu *candle* anterior.

Portanto, ao início de cada *candle*, o modelo pode ser aplicado para calcular até que o valor de preço seja mais provável que o *candle* corrente atinja, tomando como base o *candle* anterior. Desta forma, a equação do modelo precisa relacionar o tamanho do corpo real do *candle* anterior com o alvo da operação, que é mais provável que o *candle* atual chegue.

Os valores possíveis da variável R são porcentagens de retrações possíveis do *candle* atual em relação ao *candle* anterior. Portanto para que esses valores possam ser úteis na equação do modelo, é necessário transformá-los em uma constante multiplicadora que definida no conjunto dos números reais, portanto para cada valor r de R mapeado tal que $1 \leq r \leq 98$ que é a divisão de $\frac{r}{100}$.

$$R \rightarrow \left\{ k \mid k = \frac{r}{100} \right\} \quad (8)$$

Com base em todas estas considerações, segue a definição da equação e o significado de cada variável.

$$T_i = p + k(C_{(i-1)} - O_{(i-1)}) \quad (9)$$

$$T_i = p - k(O_{(i-1)} - C_{(i-1)}) \quad (10)$$

- T_i : Preço alvo esperado para o *candle* corrente;
- p : Preço corrente do instrumento financeiro;

- k : Constante derivada do melhor valor da variável R ;
- O_i : Valor de abertura do *candle* anterior;
- C_i : Valor de fechamento do *candle* anterior.

4.3 Definição da estratégia

O algoritmo da estratégia funciona da seguinte forma. Ele recebe como entrada os dois últimos *candles* da série temporal de preços do instrumento financeiro, em que a estratégia está sendo executada. O *candle* anterior é um *candle* fechado, portanto, possui preço de abertura e de fechamento definidos, o *candle* corrente por sua vez está em formação. Portanto, o valor do preço de fechamento e o preço corrente do ativo são iguais.

A abordagem da estratégia é abrir uma operação no preço corrente p e tentar fechar a operação no preço alvo T_i , valor obtido através do modelo matemático. Neste caso a operação resulta em lucro. Caso ao longo da operação, o preço não atinja o alvo T_i e siga na direção contrária a operação aberta, a estratégia assume o prejuízo ao atingir um P&L negativo máximo preestabelecido, executando o *stop-loss* que fecha a operação.

Para garantir que a operação resulte em lucro, caso o preço atinja o alvo T_i , o algoritmo verifica as seguintes condições: Verifica se é possível realizar lucro no intervalo entre o preço corrente p , e o preço alvo T_i , se a retração do *candle* corrente já ocorreu, significa que o preço já atingiu o alvo T_i portanto é necessário esperar o próximo *candle*.

Também é necessário verificar se o intervalo entre o preço corrente p até a próxima retração no preço alvo T_i , é igual ou maior que o intervalo mínimo exigido por aquele instrumento financeiro.

Além disso, é necessário verificar se, caso o intervalo entre p e T_i resulta em um P&L positivo, desde que este seja maior que os custos operacionais da operação, pois caso ele seja menor, mesmo sendo positivo, a operação resulta em perda, como visto no item 2.4.

Nesta estratégia não há nenhuma condição de saída da operação, portanto não há nenhum gatilho de saída. Ao invés disso, a estratégia tem um *stop-loss* fixo, assumindo o prejuízo quando o *stop-loss* for alcançado, saindo da operação.

4.3.1 Condições de entrada

A estratégia opera de forma bidirecional. Isso significa que pode abrir posições tanto de compra, quanto de venda. A condição de abertura de uma posição está definida para a abertura de todo *candle*, pois como visto no item 4.2.1, todo *candle* é considerado um movimento definido e, portanto, tem sua retração. Porém, no caso de o *candle* anterior ser muito pequeno, pode acontecer de o alvo projetado para a operação não resulte em lucros. Portanto é necessário que o alvo esteja a uma distância mínima do valor de abertura da posição. No caso desta estratégia que opera no WIN, dado as suas particularidades, a distância mínima entre o valor do alvo de retração projetado pelo modelo e o valor de abertura da posição precisa ser de 10 pontos.

4.3.2 Stop-loss

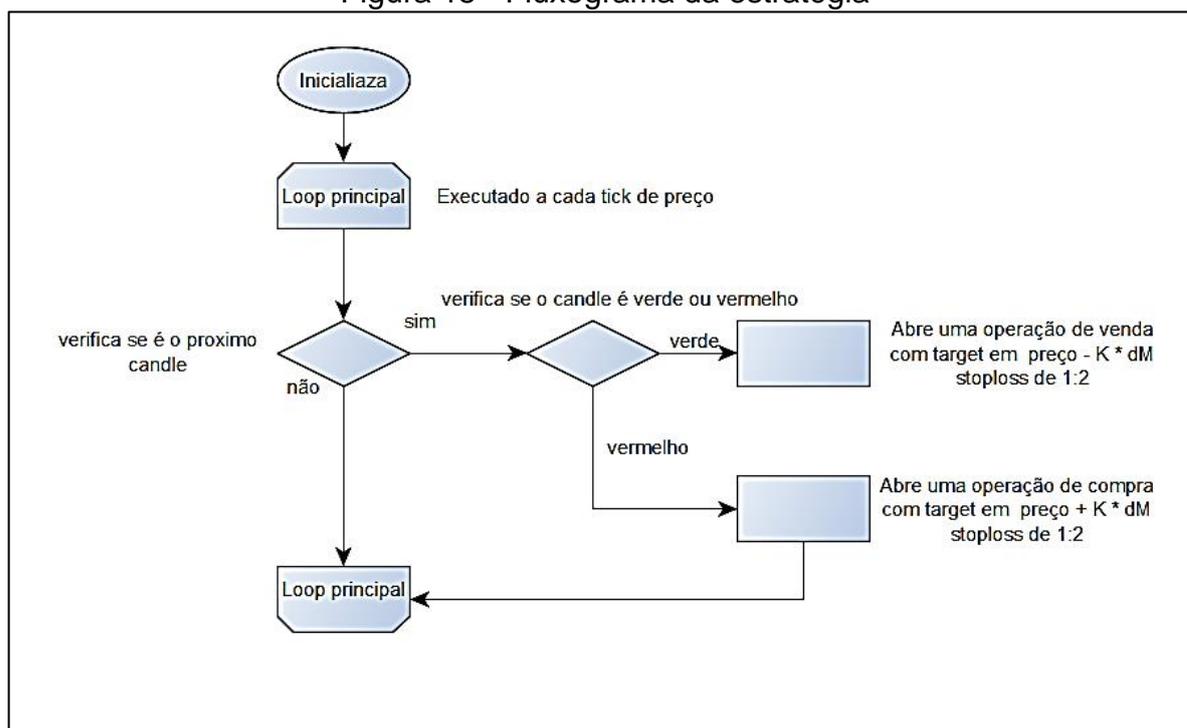
Assim como visto no item 3.3.3 o *stop-loss* é a forma mais simples de realizar a gestão de risco em uma estratégia. O *stop-loss* para essa estratégia foi inicialmente definido como sendo 1:1 (um para um) isso significa que, para cada operação de *trade*, a estratégia arisca perder a mesma quantidade de dinheiro que pretende ganhar. Esta é uma boa forma de inicializar um processo de otimização de *stop-loss* através do processo de *backtest* e análise, pois a proporção do *stop-loss* pode ser ajustada para maximizar os lucros. Com a relação de *stop-loss* sendo 1:1, basta que a sua probabilidade de atingir o alvo seja maior que a probabilidade de atingir o *stop-loss*, nesse caso a estratégia será vencedora.

4.3.3 Esquema da estratégia

Segue abaixo um esquema da estratégia, mostrando as condições específicas que foram definidas para cada tipo de operação.

Segue um fluxograma que representa o funcionamento da estratégia.

Figura 15 - Fluxograma da estratégia



Fonte: Elaborada pelo autor

4.4 Implementação da estratégia

Para implementar a estratégia foi necessário utilizar um *software* que se comunica com uma corretora de valores brasileira, para possibilitar a negociação do instrumento financeiro escolhido. Além disso é necessário que o *software* possa ser programável, para serem implementados os algoritmos da estratégia.

4.4.1 Metatrader 5

O *software* escolhido para implementar a estratégia foi o Metatrader 5, que é uma plataforma de negociação eletrônica desenvolvida pela MetaQuotes Software. O Metatrader 5 é licenciado para as corretoras e *brokers*. Através do Metatrader é possível enviar ordens de compra ou de venda, abrir e fechar posições na bolsa de valores brasileira B3 (“MQL5 Reference”, 2022).

A plataforma de negociação eletrônica Metatrader também conta com uma linguagem de programação própria, chamada MQL5, usada para implementar programas que são executados dentro do próprio Metatrader 5. Estes programas são chamados de *Expert Advisors*, e podem ser usados para implementar estratégias de negociação. Os *Expert Advisors* são *bots* de *trading* que tem a

capacidade de observar o mercado e reagir ao movimento do preço, se baseando em uma estratégia definida em seu código (“MQL5 Reference”, 2022).

MQL5 é uma linguagem de programação de alto nível projetada especificamente para desenvolver estratégias de negociação e automatizar processos de negociação em MT5. É baseado na linguagem de programação C++, por tanto compartilha a mesma sintaxe e possui tipos de dados semelhantes.

A plataforma MT5 inclui a sua própria IDE, o MetaEditor, que possui um depurador integrado e permite escrever e testar os códigos em MQL5, bem como uma variedade de bibliotecas e funções que podem ser usadas para acessar dados de mercado, fazer negociações e realizar outras tarefas.

4.4.2 Retracement

A implementação da estratégia definida neste capítulo gerou os seguintes artefatos, o arquivo `retracement.mq5` que é o código fonte do programa e o arquivo `retracement.ex5`, que é o *bot* de *trade*. propriamente dito, este programa é executado dentro da plataforma Metatrader 5 e o código fonte `retracement.mq5` encontra-se na seção de apêndice.

5 TESTES E RESULTADOS

Este capítulo se dedica a mostrar os resultados dos *backtests* realizados utilizando o artefato criado que implementa a estratégia, o Expert Advisor `retracement.ex5`. Na primeira parte deste capítulo são dadas algumas explicações a respeito de como foi conduzido o processo de *backtest* e quais foram os testes propostos. Na segunda e última parte deste capítulo são apresentados os resultados dos *backtests* feitos no Metatrader 5.

5.1 *Backtests* realizados

Neste trabalho o *software* de *backtest* escolhido para realizar os testes da estratégia, foi o próprio testador de estratégias do Metatrader 5. A plataforma Metatrader 5 tem uma solução própria de *backtest* que permite realizar o *backtest* da estratégia usando o próprio código operacional que irá rodar em conta real.

Para realizar um *backtest* no Metatrader 5, basta abrir o testador de estratégias, selecionar o Expert Advisor que se deseja realizar o *backtest* e preencher algumas configurações para o *backtest*, como por exemplo escolher o ativo, data de início e data de fim do *backtest* e qual a modelagem escolhida.

5.2 Testes Realizados

Ao todo foram realizados 5 testes, dentro do intervalo de 2017 a 2021. O objetivo era analisar a *performance* da estratégia o maior período possível e acompanhar o seu comportamento ao longo do tempo. Foram testados separadamente cada ano, de 2017 a 2021, utilizando-se os mesmos parâmetros. Os resultados obtidos para cada ano, são apresentados e comentados.

A análise dos resultados dos *backtests* responde as seguintes perguntas: a estratégia realmente obteve lucro nos períodos executados? Se obteve lucro, este lucro foi significativo? Os lucros são obtidos com consistência ao longo do tempo? Qual a vantagem da estratégia em relação as demais opções de investimento oferecidas no mercado?

5.2.1 Backtest 01 (2020)

Segue na Tabela 1 as configurações utilizadas no *backtest* 01 (2020).

Tabela 1 - Configurações do *Backtest* 01 (2020)

Expert Advisor	retracement.ex5
Ativo	WIN\$
Time frame	5M
Data	01/01/2020 - 31/12/2020
Latência	5ms
Modelagem	tick-a-tick
Aporte	1000 R\$ (BRL)
Alavancagem	1:100
Volume por entrada	1 contrato
k	0.3

Fonte: Elaborada pelo autor

Figura 16 – Primeira parte do *backtest* 01 (2020)

Qualidade do histórico	96%
Barras	26949
Depósito Inicial	1 000.00
Lucro Líquido Total	16 136.20
Lucro Bruto	46 853.00
Perda Bruta	-30 716.80
Fator de Lucro	1.53
Fator de Recuperação	5.23
AHPR	1.0005 (0.05%)
GHPR	1.0004 (0.04%)
Total de Negociações	6699
Ofertas Total	14192
	Maior
	Média
	Máximo
	Máxima
	Média

Fonte: Elaborada pelo autor

A Figura 16 mostra a primeira parte do resultado do *backtest* 01. Nota-se que a estratégia obteve lucro no ano de 2020, com um depósito inicial de R\$ 1000,00 obteve-se um lucro líquido de R\$ 16136,20, isso representa .1613,62% de retorno neste ano, em torno de 134,46% ao mês em média.

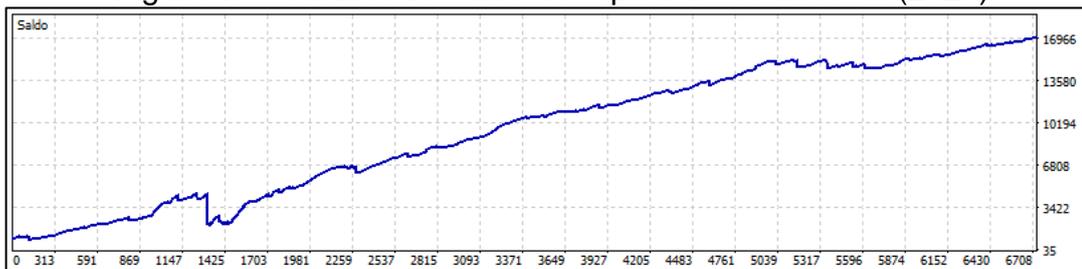
Figura 17 – Segunda parte do resultado do *backtest* 01 (2020)

Ticks	383134909
Rebaixamento Absoluto do Saldo	150.20
Rebaixamento Máximo do Saldo	2 626.00 (56.69%)
Rebaixamento Relativo do Saldo	56.69% (2 626.00)
Retorno Esperado (Payoff)	2.41
Índice de Sharpe	8.90
Correlação LR	0.99
Erro Padrão LR	775.11
Posições Vendidas (% e ganhos)	0 (0.00%)
Negociações com Lucro (% of total)	5801 (86.60%)
lucro da negociação	210.20
lucro da negociação	8.08
ganhos consecutivos (\$)	46 (374.00)
lucro consecutivo (contagem)	602.40 (41)
ganhos consecutivos	7

Fonte: Elaborada pelo autor

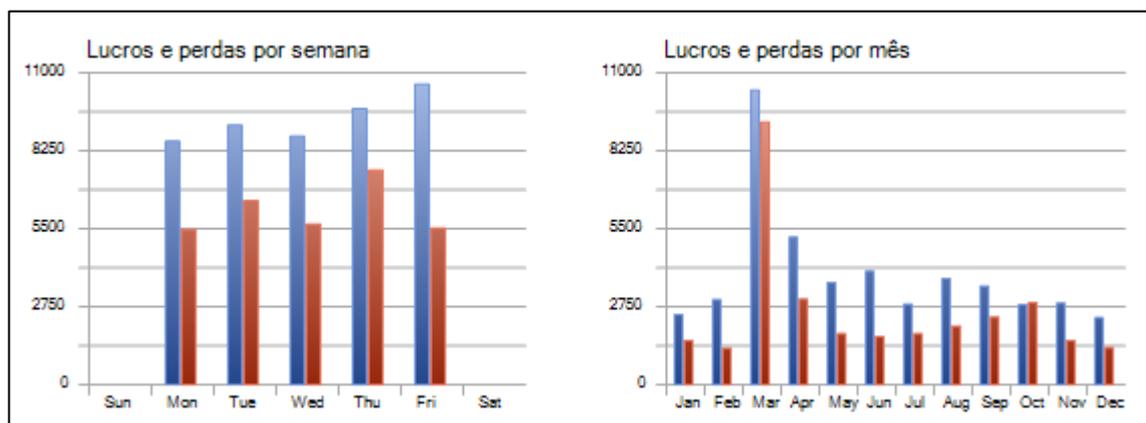
A Figura 17 mostra a segunda parte do resultado do *backtest* 01. Nota-se que o *Drawdown* máximo (rebaixamento máximo do saldo) atingido foi 56,69%, isso significa que no ano de 2020 a estratégia chegou a perder mais da metade do valor investido, evidenciando o alto risco de perda da estratégia.

Observa-se que o retorno esperado da estratégia foi de 2,41. Isso significa que o lucro médio esperado para cada operação é de, 2,41 multiplicado pelo volume negociado em cada entrada. Também nota-se que o índice de correlação é de 99%, mostrando a consistência dos lucros ao longo do período.

Figura 18 – Gráfico da curva de capital do *backtest 01 (2020)*

Fonte: Elaborada pelo autor

A Figura 18 mostra o crescimento do lucro acumulado ao longo do ano de 2020, através do gráfico da curva de capital. Observa-se que o crescimento do lucro acumulado foi gradativo e consistente, porém com algumas quedas, assim como esperado conforme a análise do *Drawdown* máximo.

Figura 19 – Lucros e perdas semanal e mensal do *Backtest 01 (2020)*

Fonte: Elaborada pelo autor

A Figura 19 mostra os lucros/perdas médios por semana e os lucros/perdas absolutos por mês, no qual as barras azuis representam os lucros e as barras vermelhas representam as perdas. Conforme mostrado na figura, no primeiro gráfico, a maioria das barras estão situadas na faixa de R\$ 5500,00 a R\$ 9625,00 e no segundo gráfico, a maioria das barras encontram-se na faixa de R\$ 2750,00 a R\$ 4125,00, em ambos os casos apresentam uma baixa variação, indicando regularidade e consistência no comportamento da estratégia.

Também como mostra a Figura 19, o mês de março foi um mês com um número de negociações acima da média. Isso se deve a alta volatilidade do mercado financeiro, início da pandemia do COVID-19. Além do impacto econômico da pandemia, os mercados financeiros também foram afetados por uma série de outros fatores em março de 2020, incluindo a queda acentuada dos preços do petróleo e a corte emergencial das taxas do reserva federal americana (OUM; KATES; WEXLER,

2022). Todos esses eventos combinados criaram um ambiente altamente volátil para os mercados financeiros.

5.2.2 Backtest 02 (2019)

Segue na Tabela 2 as configurações utilizadas no *backtest 02* (2019).

Tabela 2 - Configurações do *Backtest 02* (2019)

Expert Advisor	retracement.ex5
Ativo	WIN\$
Time frame	5M
Data	01/01/2019 - 31/12/2019
Latência	5ms
Modelagem	tick-a-tick
Aporte	1000 R\$ (BRL)
Alavancagem	1:100
Volume por entrada	1 contrato
k	0.3

Fonte: Elaborada pelo autor

Figura 20 - *Snapshot* de algumas operações do *backtest 02*



Fonte: Elaborada pelo autor

Observa-se através da Figura 20 o funcionamento da estratégia, os alvos projetados nas retrações de *candle*, acontecem com alta frequência. Nesta figura são mostradas 8 operações, todas elas são operações de lucro.

Figura 21 - Primeira parte do *backtest* 02 (2019)

Qualidade do histórico	96%
Barras	26738
Depósito Inicial	1 000.00
Lucro Líquido Total	5 289.20
Lucro Bruto	25 439.60
Perda Bruta	-20 150.40
Fator de Lucro	1.26
Fator de Recuperação	5.74
AHPR	1.0004 (0.04%)
GHPR	1.0004 (0.04%)
Total de Negociações	5229
Ofertas Total	11135
	Maior
	Média
	Máximo
	Máxima
	Média

Fonte: Elaborada pelo autor

A Figura 21 mostra a primeira parte do resultado do *backtest* 02. Nota-se que a estratégia, obteve lucro no ano de 2019, com um depósito inicial de R\$ 1000,00 obteve-se um lucro líquido de R\$ 5289,20. isso representa .528,92% de retorno neste ano, em torno de 44,08% ao mês em média.

Figura 22 - Segunda parte do *backtest* 02 (2019)

Ticks	301194618
Rebaixamento Absoluto do Saldo	0.00
Rebaixamento Máximo do Saldo	863.80 (30.39%)
Rebaixamento Relativo do Saldo	30.39% (863.80)
Retorno Esperado (Payoff)	1.01
Índice de Sharpe	9.67
Correlação LR	0.93
Erro Padrão LR	449.06
Posições Vendidas (% e ganhos)	0 (0.00%)
Negociações com Lucro (% of total)	4385 (83.86%)
lucro da negociação	71.80
lucro da negociação	5.80
ganhos consecutivos (\$)	35 (236.20)
lucro consecutivo (contagem)	266.80 (33)
ganhos consecutivos	6

Fonte: Elaborada pelo autor

A Figura 22 mostra a segunda parte do resultado do *backtest* 02. Nota-se que *Drawdown* máximo (rebaixamento máximo do saldo) atingido foi 30,39%, isso significa que ao longo da execução da estratégia, no ano de 2019, o capital investido não esteve sob risco de perda total.

Observa-se que o retorno esperado da estratégia foi de 1,01, isso significa que o lucro médio esperado para cada operação é de 1,01 multiplicado pelo valor investido em cada entrada. Também se nota que o índice de correlação é de 93%, mostrando a consistência dos lucros ao longo do período.

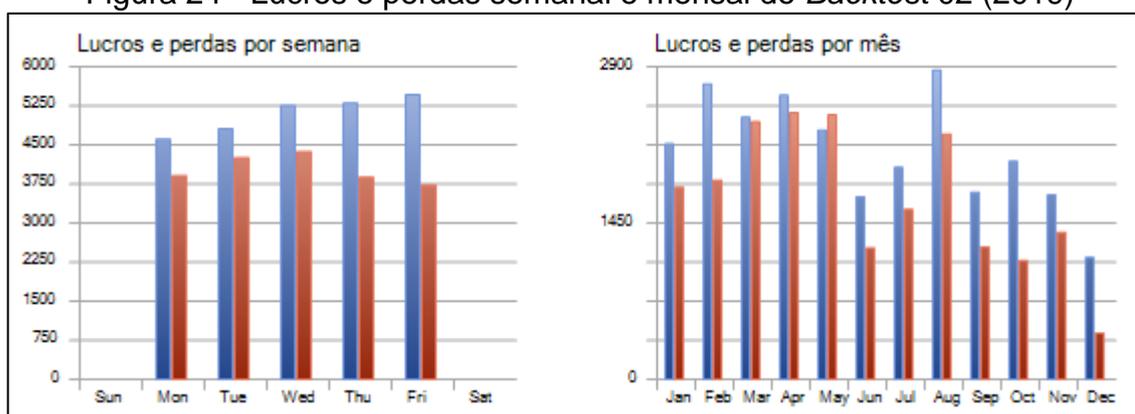
Figura 23 - Gráfico da curva de capital do *backtest* 02 (2019)



Fonte: Elaborada pelo autor

Através da Figura 23 é possível perceber que a curva de capital do *backtest* 02 obteve um crescimento gradual e consistente, porém com alguns períodos de estagnação.

Figura 24 - Lucros e perdas semanal e mensal do *Backtest* 02 (2019)



Fonte: Elaborada pelo autor

Observa-se na Figura 24, no segundo gráfico, que os lucros/perdas absolutas por mês, do *Backtest* 02, foram mais irregulares do que os mesmos dados no *Backtest* 01 (2020), evidenciando uma maior irregularidade do comportamento da estratégia neste período. Mesmo com resultados mais irregulares que no ano de

2020, os lucros foram maiores que as perdas em todos os meses de 2019, com exceção do mês de maio, conforme mostra a figura 24.

5.2.3 Backtest 03 (2018)

Segue na Tabela 3 as configurações utilizadas no *backtest 03* (2018).

Tabela 3 - Configurações do *Backtest 03* (2018)

Expert Advisor	retracement.ex5
Ativo	WIN\$
Time frame	5M
Data	01/01/2018 - 31/12/2018
Latência	5ms
Modelagem	tick-a-tick
Aporte	1000 R\$ (BRL)
Alavancagem	1:100
Volume por entrada	1 contrato
k	0.3

Fonte: Elaborada pelo autor

Figura 25 - Primeira parte do *backtest 03* (2018)

Qualidade do histórico	95%
Barras	26410
Depósito Inicial	1 000.00
Lucro Líquido Total	3 011.40
Lucro Bruto	28 820.00
Perda Bruta	-25 808.60
Fator de Lucro	1.12
Fator de Recuperação	0.98
AHPR	0.9987 (-0.13%)
GHPR	1.0002 (0.02%)
Total de Negociações	5560
Ofertas Total	11945
	Maior
	Média
	Máximo
	Máxima
	Média

Fonte: Elaborada pelo autor

A Figura 25 mostra a primeira parte do resultado do *backtest* 03. Nota-se que a estratégia, obteve lucro no ano de 2018, com um depósito inicial de R\$ 1000,00 obteve-se um lucro líquido de R\$ 3011,40, isso representa 301,14% de retorno neste ano, em torno de 25,10% ao mês em média.

Figura 26 - Segunda parte do *backtest* 03 (2018)

Ticks	192391762
Rebaixamento Absoluto do Saldo	1 063.00
Rebaixamento Máximo do Saldo	2 990.00 (102.15%)
Rebaixamento Relativo do Saldo	102.15% (2 990.00)
Retorno Esperado (Payoff)	0.54
Índice de Sharpe	0.74
Correlação LR	0.62
Erro Padrão LR	803.15
Posições Vendidas (% e ganhos)	0 (0.00%)
Negociações com Lucro (% of total)	4604 (82.81%)
lucro da negociação	217.20
lucro da negociação	6.26
ganhos consecutivos (\$)	43 (238.80)
lucro consecutivo (contagem)	251.20 (6)
ganhos consecutivos	6

Fonte: Elaborada pelo autor

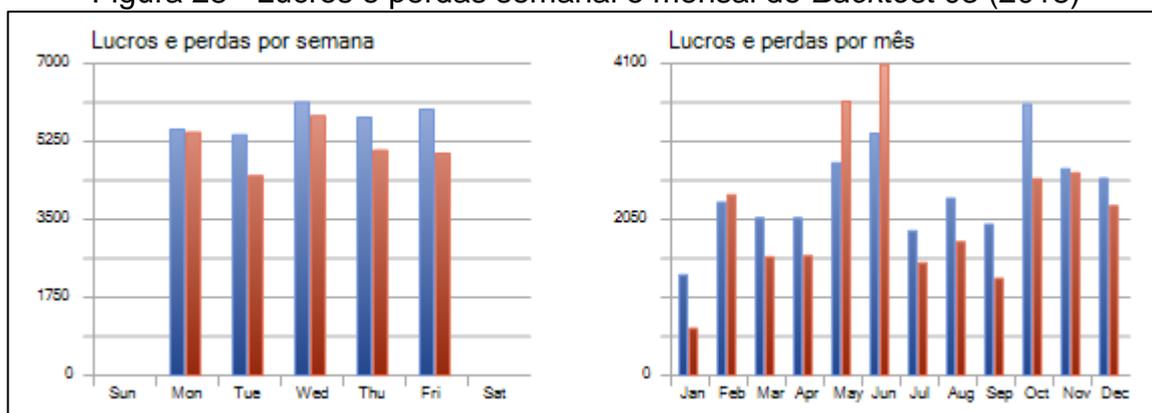
A Figura 26 mostra a segunda parte do resultado do *backtest* 03. Nota-se que *Drawdown* máximo (rebaixamento máximo do saldo) atingido foi 102,15%, isso significa que neste período houve perda total do capital investido.

Mesmo havendo perda total do capital, observa-se que o retorno esperado da estratégia foi de 0,54, portanto se o depósito inicial fosse 2,15% maior, não haveria perda total do capital. Também nota-se que o índice de correlação é de 62%, mostrando uma menor consistência dos lucros neste período, comparado ao *Backtest 01* (2020) e ao *Backtest 02* (2019).

Figura 27 - Snapshot de algumas operações do *backtest 03* (2018)

Fonte: Elaborada pelo autor

Observa-se através da Figura 27 o funcionamento da estratégia, os alvos projetados nas retrações de *candle*, acontecem com alta frequência. Nesta figura são mostradas 8 operações, todas as elas mostradas são operações de lucro.

Figura 28 - Lucros e perdas semanal e mensal do *Backtest 03* (2018)

Fonte: Elaborada pelo autor

Através da Figura 28, é possível constatar que a estratégia mantém uma regularidade no que diz respeito aos lucros/perdas, assim como no *backtest 01* (2020) as barras azuis e vermelhas concentram-se em sua maioria na mesma região do gráfico. Diferente dos outros *backtests* houveram 3 meses no ano de 2018 em que os lucros do robô, foram menores do que as perdas. No mês de fevereiro, maio e junho, as perdas superaram os ganhos.

Figura 29 - Gráfico da curva de capital do *backtest 03* (2018)



Fonte: Elaborada pelo autor

Através da Figura 29, nota-se que, no primeiro semestre de 2018 a estratégia obteve lucros consistentes, porém entre abril e julho, a curva de capital desce até números negativos, mostrando o *Drawdown* máximo observado na Figura 26 neste período houve perda total do capital investido. Após julho a estratégia volta a crescer gradualmente, até o final do ano de 2018.

5.2.4 *Backtest 04* (2017)

Segue na Tabela 4 as configurações utilizadas no *backtest 04* (2017).

Tabela 4 - Configurações do *Backtest 04* (2017)

Expert Advisor	retracement.ex5
Ativo	WIN\$
Time frame	5M
Data	01/01/2017 - 31/12/2017
Latência	5ms
Modelagem	tick-a-tick
Aporte	1000 R\$ (BRL)
Alavancagem	1:100
Volume por entrada	1 contrato
k	0.3

Fonte: Elaborada pelo autor

Figura 30 - *Snapshot* de algumas operações do *backtest* 04 (2017)

Fonte: Elaborada pelo autor

Observa-se através da Figura 30 o funcionamento da estratégia. Nesta Figura são mostradas 2 operações, uma de prejuízo e outra de lucro.

Figura 31 - Primeira parte do *backtest* 04 (2017)

Qualidade do histórico	95%
Barras	18875
Depósito Inicial	1 000.00
Lucro Líquido Total	2 357.00
Lucro Bruto	10 972.40
Perda Bruta	-8 615.40
Fator de Lucro	1.27
Fator de Recuperação	5.33
AHPR	1.0005 (0.05%)
GHPR	1.0005 (0.05%)
Total de Negociações	2629
Ofertas Total	5612
	Maior
	Média
	Máximo
	Máxima
	Média

Fonte: Elaborada pelo autor

A Figura 31 mostra a primeira parte do resultado do *backtest* 04. Nota-se que a estratégia obteve lucro no ano de 2017, com um depósito inicial de R\$ 1000,00

obteve-se um lucro líquido de R\$ 2357,00, isso representa 235,70% de retorno neste ano, em torno de 19,64% ao mês em média.

Figura 32 - Segunda parte do *backtest* 04 (2017)

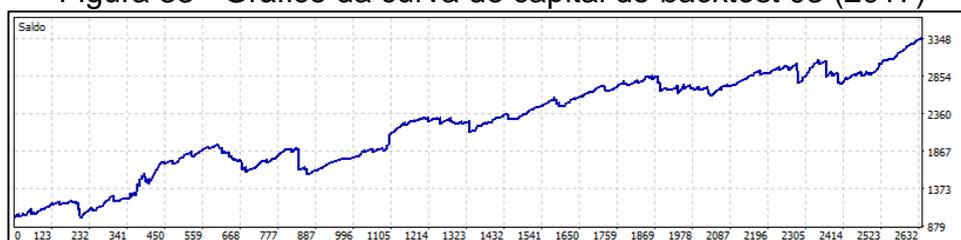
Ticks	60913219
Rebaixamento Absoluto do Saldo	2.00
Rebaixamento Máximo do Saldo	400.60 (20.43%)
Rebaixamento Relativo do Saldo	20.43% (400.60)
Retorno Esperado (Payoff)	0.90
Índice de Sharpe	13.36
Correlação LR	0.97
Erro Padrão LR	146.71
Posições Vendidas (% e ganhos)	0 (0.00%)
Negociações com Lucro (% of total)	2081 (79.16%)
lucro da negociação	131.60
lucro da negociação	5.27
ganhos consecutivos (\$)	39 (301.00)
lucro consecutivo (contagem)	301.00 (39)
ganhos consecutivos	5

Fonte: Elaborada pelo autor

A Figura 32 mostra a segunda parte do resultado do *backtest* 04. Nota-se que *Drawdown* máximo (rebaixamento máximo do saldo) atingido foi 20,43%, o menor *Drawdown* entre o *backtest* 01, *backtest* 02 e o *backtest* 03.

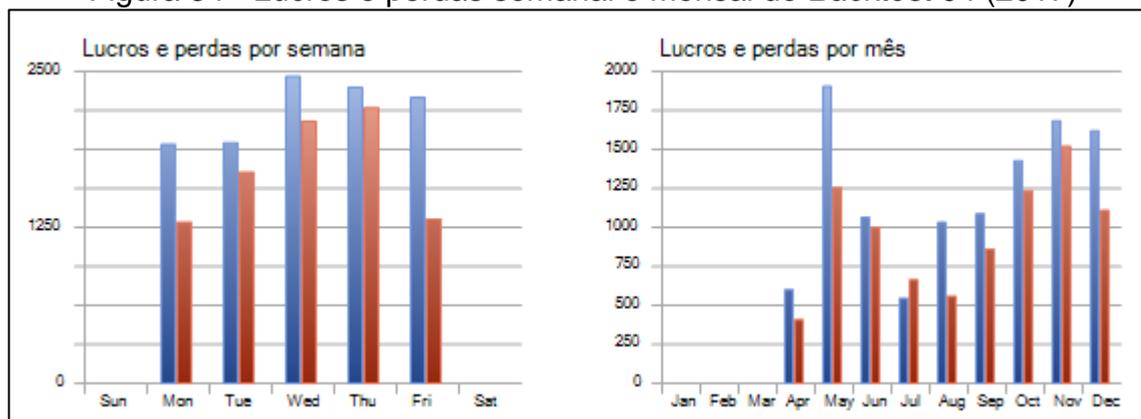
Observa-se que o retorno esperado da estratégia foi de 0,90. Também se nota que o índice de correlação é de 97%, mostrando a consistência dos lucros ao longo do período.

Figura 33 - Gráfico da curva de capital do *backtest* 03 (2017)



Fonte: Elaborada pelo autor

A Figura 33 mostra o crescimento do lucro acumulado ao longo do ano de 2017, através do gráfico da curva de capital. Observa-se que o crescimento do lucro acumulado foi gradativo e consistente.

Figura 34 - Lucros e perdas semanal e mensal do *Backtest 04* (2017)

Fonte: Elaborada pelo autor

A Figura 34 mostra uma estabilidade nos lucros/perdas no ano de 2017, assim como aconteceu nos *Backtest 01* e *Backtest 02*. Também nota-se que com exceção do mês de julho, todos os outros meses fecharam no positivo, obtendo lucros maiores que as perdas.

5.2.5 *Backtest 05* (21/04/2020 - 19/01/2021)

Segue na Tabela 5 as configurações utilizadas no *backtest 05* (21/04/2020 - 19/01/2021).

Tabela 5 - Configurações do *Backtest 05* (21/04/2020 - 19/01/2021)

Expert Advisor	retracement.ex5
Ativo	WIN\$
Time frame	5M
Data	01/01/2017 - 31/12/2017
Latência	5ms
Modelagem	tick-a-tick
Aporte	1000 R\$ (BRL)
Alavancagem	1:100
Volume por entrada	1 contrato
k	0.3

Fonte: Elaborada pelo autor

Figura 35 - Primeira parte do *backtest* 05

Qualidade do histórico	96%
Barras	20091
Depósito Inicial	1 000.00
Lucro Líquido Total	10 255.60
Lucro Bruto	29 539.00
Perda Bruta	-19 283.40
Fator de Lucro	1.53
Fator de Recuperação	11.35
AHPR	1.0006 (0.06%)
GHPR	1.0005 (0.05%)
Total de Negociações	4837
Ofertas Total	10253
	Maior
	Média
	Máximo
	Máxima
	Média

Fonte: Elaborada pelo autor

A Figura 35 mostra a primeira parte do resultado do *backtest* 05. Nota-se que a estratégia, obteve lucro no intervalo de 21/04/2020 a 19/01/2021, com um depósito inicial de R\$ 1000,00 obteve-se um lucro líquido de R\$ 10255,00, isso representa 1025,5% de retorno neste ano, em torno de 85,46% ao mês em média.

Figura 36 - Segunda parte do *backtest* 05

Ticks	291556786
Rebaixamento Absoluto do Saldo	537.00
Rebaixamento Máximo do Saldo	766.00 (7.96%)
Rebaixamento Relativo do Saldo	59.80% (688.80)
Retorno Esperado (Payoff)	2.12
Índice de Sharpe	10.69
Correlação LR	0.98
Erro Padrão LR	688.88
Posições Vendidas (% e ganhos)	0 (0.00%)
Negociações com Lucro (% of total)	4207 (86.98%)
lucro da negociação	210.20
lucro da negociação	7.02
ganhos consecutivos (\$)	46 (374.00)
lucro consecutivo (contagem)	374.00 (46)
ganhos consecutivos	8

Fonte: Elaborada pelo autor

A Figura 36 mostra a segunda parte do resultado do *backtest* 05. Nota-se que *Drawdown* máximo (rebaixamento máximo) atingido foi 7,96%, isso significa que o

capital investido esteve sob baixo risco no período investido, se considerado aos outros *backtest* apresentados.

Observa-se que o retorno esperado da estratégia foi de 2,12. Também nota-se que o índice de correlação é de 98%, mostrando a consistência dos lucros ao longo do período.

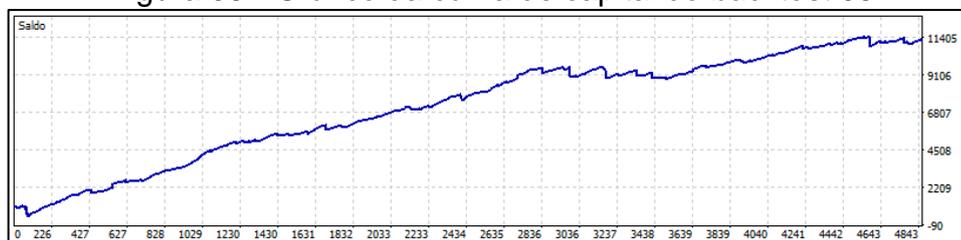
Figura 37 - *Snapshot* de algumas operações do *backtest* 05



Fonte: Elaborada pelo autor

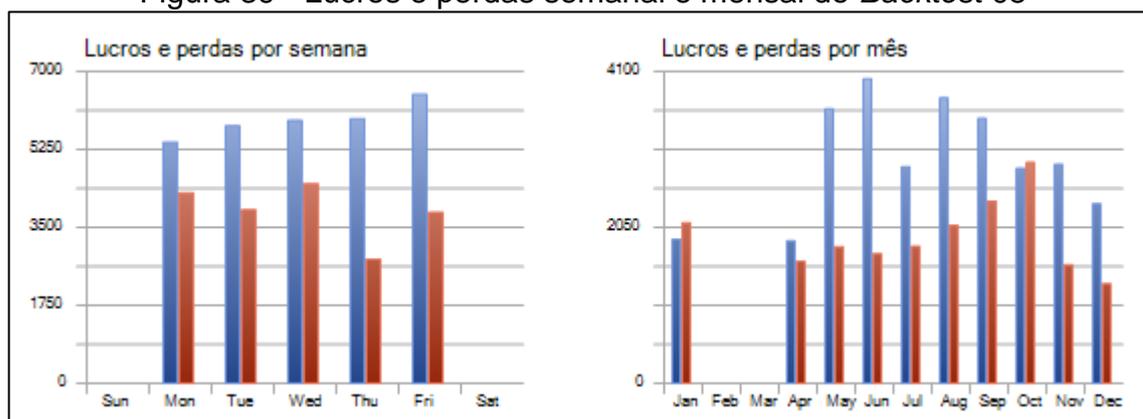
Observa-se através da Figura 37 o funcionamento da estratégia. Nesta figura são mostradas 7 operações, sendo delas 2 de prejuízo e 5 de lucro.

Figura 38 - Gráfico da curva de capital do *backtest* 05



Fonte: Elaborada pelo autor

A Figura 38 mostra o crescimento do lucro acumulado ao longo do intervalo de 21/04/2020 a 19/01/2021, através do gráfico da curva de capital. Observa-se que o crescimento do lucro acumulado foi gradativo e consistente, porém com algumas quedas, assim como esperado conforme a análise do *Drawdown* máximo.

Figura 39 - Lucros e perdas semanal e mensal do *Backtest 05*

Fonte: Elaborada pelo autor

Conforme mostrado na Figura 39 os lucros/perdas apresentam uma regularidade e com exceção dos meses de janeiro e de outubro, os lucros foram maiores do que as perdas.

5.3 Análise dos testes realizados

Ao longo de 4 anos de execução da estratégia ela obteve 2679,38% de *performance* total sob o capital investido, isso equivale a um lucro médio mensal de 55,82%. De acordo com os *backtests* realizados é possível perceber que, não só a estratégia obteve lucro em todos os períodos executados, como também apresentou uma regularidade mensal em seus lucros, pois na maioria dos meses, os lucros foram maiores que as perdas com poucas exceções, portanto diante destes dados podemos concluir que a estratégia realmente obteve lucros consistentes.

Para saber se os lucros obtidos pela estratégia são significativos, é necessário olhar para outras opções de investimento, para saber se os resultados obtidos pela estratégia superaram os resultados de outros investimentos no mercado. Para isso é feito o uso de duas referências, a primeira é a Selic (taxa básica de juros) e a segunda, o fundo de investimento G5 CC.

Segundo o Blog Nubank (2020) a Selic oferecia um rendimento de 2,75% ao ano em 2020 e segundo o Valor Investe (2022), o fundo de investimento que mais rendeu em 2020 foi o G5 CC, com uma rentabilidade de 162,44% neste ano. Tendo em vista estes dados, podemos concluir que os lucros obtidos pela estratégia foram significativos, pois a *performance* anual média da estratégia, superou a *performance* do melhor fundo de investimento do mercado.

A maior vantagem da estratégia é a alta rentabilidade, pois como já demonstrado, a estratégia tem potencial de superar as opções de investimento do mercado. Entretanto como observado no *backtest 03*, houve perda total do capital investido e no *backtest 01*, houve um *drawdown* de mais de 50%, indicando a possibilidade de perda de mais da metade do capital. Por tanto conclui-se que apesar da alta rentabilidade, a estratégia possui um alto risco associado.

A Tabela 6 mostra a sumarização dos resultados de todos os *backtestets* realizados.

Tabela 6 – Sumarização dos resultados

<i>Backtest</i>	Lucro anual	Lucro médio mensal
<i>Backtest 01</i>	1613,62%	134,46%
<i>Backtest 02</i>	528,92%	44,08%
<i>Backtest 03</i>	301,14%	25,10%
<i>Backtest 04</i>	235,70%	19,64%
Total	2679,38%	55,82%

Fonte: Elaborada pelo autor

Conforme mostrado na Tabela 6, o *backtest 01* executado para o ano de 2020, obteve um rendimento de 1613,62%, bastante acima da média dos demais *backtest*, uma possível razão para essa diferença, se deve ao fato de que no mês de março de 2020, a pandemia do COVID-19 refletiu um alto impacto na economia. Nos demais *backtests* temos resultados mais semelhantes, condizentes com o esperado baseado na análise da variável *R*.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar do aumento do número de novas contas abertas na B3, e a expectativa do crescimento de robôs de *trade* no mercado financeiro para os próximos anos, os investidores perderam o interesse no assunto no ano de 2022. De acordo com o *Google Trends* (2022) o interesse no assunto “Robô de investimento” caiu 63% de janeiro a novembro de 2022, conforme mostra a Figura 40.

Figura 40- Pesquisa no Google Trends: "Robôs de investimento"



Fonte: Elaborada pelo autor

Isso pode indicar uma possível falha nos robôs que estão disponíveis no mercado, como mostra a pesquisa da FGV (2019), a maioria dos *traders* brasileiros são perdedores, portanto, apenas implementar suas estratégias pode não ser o suficiente, robôs como Titan 4.0 (Titan 4.0 MetaRobôs, 2022), que utilizam apenas análise técnica estão sujeitos a cometer esse erro.

Portanto o método usado é mais objetivo e menos propensos a vieses, não depende da interpretação de padrões gráficos e outros indicadores visuais e não estão sujeitas as opiniões pessoais dos *traders*, isso leva a um desempenho mais consistente e confiável.

A abordagem para o desenvolvimento da estratégia proposta por este trabalho traz mais confiança ao investidor, por possuir maior rigor matemático do que as estratégias mais comuns do mercado. Fazendo uso de estatística, probabilidade e ferramentas especializadas em *backtest*, os testes foram conduzidos e foi possível alcançar todos os objetivos propostos neste trabalho.

Diante dos resultados apresentados no capítulo 5, percebe-se que a estratégia proposta neste trabalho pode gerar retornos significativos, porém dada a natureza de constante mudança do mercado, não é garantido que a estratégia continue performando bem no futuro. Também pode-se concluir que esta estratégia não teve bons resultados nos testes 04 e 05, portanto isto levanta questões para estudos futuros sobre esta estratégia.

6.1 Trabalhos futuros

Como visto no capítulo 3, o processo de *backtesting* é muito usado para otimização de estratégias, porém o *backtest* tem um custo computacional relativamente alto e um custo de rede associado, desta forma a quantidade de *backtests* possíveis se torna reduzida, entretanto para continuar o desenvolvimento desta estratégia proposta neste trabalho, é necessário investimento em infraestrutura computacional para realização de novos *backtests* com parâmetros diferentes dos que já foram testados.

Portanto uma sugestão de *backtest* para trabalhos futuros é testar vários outros tipos de *stop-loss*, pois apesar de ter sido testado o *stop-loss* 1:1 para esta estratégia, outras possibilidades de *stop-loss* podem aumentar ainda mais os retornos.

Outra sugestão de trabalho futuro é a utilização de movimentos maiores que o corpo de um *candle* para se calcular a retração e projetar os alvos.

REFERÊNCIAS

ARONSON, David R. **Evidence-Based Technical Analysis: Applying the Scientific Method and Statistical Inference to Trading Signals**. Hoboken, John Wiley & Sons, 2007.

BELL, Steve. **Quantitative Finance for Dummies**. Chichester, West Sussex, John Wiley & Sons Inc, 2016.

FERNANDES, Alexandre. **Fundamentos de Análise Técnica de Ações**. 1st ed., Rio de Janeiro - RJ, 2014.

FVG, **Day trade é cassino, muito mais sorte do que técnica, diz pesquisador**. Disponível em: <<https://eesp.fgv.br/noticia/day-trade-e-cassino-muito-mais-sorte-do-que-tecnica-diz-pesquisador>>. Acesso em: 30 nov. 2022.

GOOGLE TRENDS. Disponível em: <<https://trends.google.com.br/trends/explore?date=2022-01-01%202022-11-29&geo=BR&q=%2Fm%2F07h5dh>>. Acesso em: 30 nov. 2022.

IAS 39. **Financial Instruments: Recognition and Measurement**. Disponível em: <http://www.iasplus.com/en/standards/ias/ias39>

INFOMONEY, **O que é a B3 e como investir na bolsa brasileira**. Disponível em: <<https://www.infomoney.com.br/guias/o-que-e-b3/>>. Acesso em: 30 nov. 2022.

LEMOS, F. **Análise técnica dos mercados financeiros**. 1. ed. São Paulo: Saraiva Educação, 2015.

METAROBÔS - **Robôs investidores**. Disponível em: <<https://metarobos.com/>>. Acesso em: 17 dez. 2022.

MODALMAIS, **Contrato Futuro: o que é e tudo o que você precisa saber para operar**. Disponível em: <<https://www.modalmais.com.br/blog/o-que-e-contrato-futuro/>>.

MORDORINTELLIGENCE, **Algorithmic Trading Market | Growth, Trends, and Forecasts (2020 - 2025)**. Disponível em: <<https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/algorithmic-trading-market>>.

MQL5 Reference - **How to use algorithmic/automated trading language for MetaTrader 5**. Disponível em: <<https://www.mql5.com/en/docs>>. Acesso em: 30 nov. 2022.

NUBANK, **Tabela Selic acumulada: veja como a taxa evoluiu nos últimos anos**. Disponível em: <<https://blog.nubank.com.br/tabela-selic-acumulada/>>. Acesso em: 30 nov. 2022.

OUM, S.; KATES, J.; WEXLER, A. **Economic Impact of COVID-19 on PEPFAR Countries**. Disponível em: <<https://www.kff.org/global-health-policy/issue-brief/economic-impact-of-covid-19-on-pepfar-countries/>>.

O'HARA, Maureen. **Market Microstructure Theory**. Cambridge, Mass., Blackwell Business, 1998.

PORTAL DO TRADER, **Quais são os ativos mais operados no Day Trade? Conheça o que os day traders mais operam, entre ações, contratos futuros, opções, commodities e outros**. Disponível em: <<https://portaldotrader.com.br/aprenda/day-trade-curso-gratuito/conceitos-iniciais/ativos-mais-operados>>. Acesso em: 30 nov. 2022.

PRECHTER, R. R. **The Basics of the Elliott Wave Principle**. [s.l.] Createspace Independent Publishing Platform, 2013.

VALOR INVESTE, **Quais os fundos de renda fixa mais rentáveis em 2022?** Disponível em: <<https://valorinveste.globo.com/blogs/carlos-heitor-campani/coluna/quais-os-fundos-de-renda-fixa-mais-rentaveis-em-2022.ghtml>>. Acesso em: 30 nov. 2022.

APÊNDICE A – Código-fonte do robô

```
39 CopyOpen(_Symbol, _Period, 0, count, Open);
40 ArraySetAsSeries(Close, true);
41 CopyClose(_Symbol, _Period, 0, count, Close);
42 ArraySetAsSeries(Time, true);
43 CopyTime(_Symbol, _Period, 0, count, Time);
44 }
45
46 string getComment(string side){
47     string comment = "";
48     StringConcatenate(comment, SETUP_NAME, ";", _Symbol, ";", side, ";",
49     _Period, "m");
50     return comment;
51 }
52
53 void OnDeinit(const int reason){
54 }
55 }
56
57 bool thereIsPendingOrder(){
58     return ( OrdersTotal() != 0 );
59 }
60
61 bool thereIsPositionOpened(){
62     return ( PositionsTotal() != 0 );
63 }
64
65 int Normalize2MiniIndice(double price){
66     return 5 * NormalizeDouble( (price / 5), _Digits);
67 }
68
69 void splitTime(string strTime, int& hour, int& minute){
70     string sep = ":";
71     ushort u_sep;
72     string result[];
73     u_sep = StringGetCharacter(sep, 0);
74     int k = StringSplit(strTime, u_sep, result);
75     hour = result[0];
76     minute = result[1];
```

```
1 //+-----+
2 //|                                     tld.mq5 |
3 //|                                     Copyright 2021, MetaQuotes Ltd. |
4 //|                                     https://www.mql5.com |
5 //+-----+
6 #property copyright "Copyright 2021, MetaQuotes Ltd."
7 #property link      "https://www.mql5.com"
8 #property version   "1.00"
9 #include <Trade\Trade.mqh>
10
11 MqlTradeResult result={};
12 MqlTradeRequest request={};
13
14 int lastCandle = 0;
15
16 input int volume_contratos = 1;
17 input int retracementPorcentagem = 20;
18 input string hora_inicio = "09:00";
19 input string hora_fim = "11:30";
20
21 const string SETUP_NAME = "Rretracement";
22
23 double Open[];
24 double High[];
25 double Low[];
26 double Close[];
27 datetime Time[];
28
29 int OnInit(){
30     refreshOHLC();
31     lastCandle = (int)Time[0];
32
33     return(INIT_SUCCEEDED);
34 }
35
36 void refreshOHLC(){
37     int count = 2;
38     ArraySetAsSeries(Open, true);
```

```

77 }
78
79 bool timeAllowed(){
80     int initHour, initMinute;
81     splitTime(hora_inicio, initHour, initMinute);
82     int finalHour, finalMinute;
83     splitTime(hora_fim, finalHour, finalMinute);
84     int initTime = initHour * 60 + initMinute;
85     int finalTime = finalHour * 60 + finalMinute;
86     MqlDateTime dt_struct;
87     datetime dtSer=TimeCurrent(dt_struct);
88     int now = dt_struct.hour * 60 + dt_struct.min;
89     return now >= initTime && now <= finalTime;
90 }
91
92 double getTakeProfit(ENUM_POSITION_TYPE side){
93     double lastCandleBody = MathAbs(Close[1] - Open[1]);
94     double retracement = lastCandleBody * retracementPorcentagem / 100;
95     if(side == POSITION_TYPE_BUY){
96         return Close[0] + Normalize2MiniIndice(retracement);
97     }
98     return Close[0] - Normalize2MiniIndice(retracement);
99 }
100
101 double getStopLoss(ENUM_POSITION_TYPE side){
102     double lastCandleBody = MathAbs(Close[1] - Open[1]);
103     double retracement = lastCandleBody * retracementPorcentagem / 100;
104     if(side == POSITION_TYPE_BUY){
105         return Close[0] - Normalize2MiniIndice(retracement * 5);
106     }
107     return Close[0] + Normalize2MiniIndice(retracement * 5);
108 }
109
110 void openPosition(ENUM_POSITION_TYPE side, double takeprofit, double stoploss){
111     CTrade * trade = new CTrade();
112     if( side == POSITION_TYPE_BUY ){
113         if( trade.Buy( volume_contratos , _Symbol, 0, stoploss, takeprofit, getComment(EnumToString(side)) ) ){
114             Print("Operação de compra a mercado executada com codigo: ", trade.ResultRetcode());
115         }
116         Print("Operação de compra a mercado position falhou");
117     }
118     }else{
119         if( trade.Sell( volume_contratos , _Symbol, 0, stoploss, takeprofit, getComment(EnumToString(side)) ) ){
120             Print("Operação de venda a mercado executada com codigo: ", trade.ResultRetcode());
121         }
122         }else{
123             Print("Operação de venda a mercado position falhou");
124         }
125     }
126     delete trade;
127 }
128
129 ENUM_ORDER_TYPE decideOrderType(string side, double price){
130     if(side == "b"){
131         if(price < Close[0]){
132             return ORDER_TYPE_BUY_LIMIT;
133         }
134         }else{
135             return ORDER_TYPE_BUY_STOP;
136         }
137     }else {
138         if(price < Close[0]){
139             return ORDER_TYPE_SELL_STOP;
140         }
141         }else{
142             return ORDER_TYPE_SELL_LIMIT;
143         }
144     }
145 }
146
147 //+-----+
148 //| Expert tick function |
149 //+-----+
150 void OnTick(){
151     refreshOHLC();
152
153     if( (int)Time[0] != lastCandle ){
154         lastCandle = (int)Time[0];
155         if(Open[1] - Close[1] > 0){

```

```
155         if( takeprofit - Close[0] > 10 && takeprofit - Close[0] < 25 ){
156             openPosition(POSITION_TYPE_BUY, takeprofit, getStopLoss(POSITION_TYPE_BUY));
157         }
158     }else{
159         double takeprofit = getStopLoss(POSITION_TYPE_SELL);
160         if( Close[0] - takeprofit > 10 && Close[0] - takeprofit < 25 ){
161             openPosition(POSITION_TYPE_SELL, takeprofit, getStopLoss(POSITION_TYPE_SELL));
162         }
163     }
164 }
165 }
```



PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS
GABINETE DO REITOR

Av. Universitária, 1009 • Setor Universitário
Caixa Postal 85 • CEP 74605-010
Goiânia • Goiás • Brasil
Fone: (62) 3946.1000
www.pucgoias.edu.br • reitoria@pucgoias.edu.br

RESOLUÇÃO n° 038/2020 – CEPE

ANEXO I

APÊNDICE ao TCC

Termo de autorização de publicação de produção acadêmica

O(A) estudante Yuri Samuel M de Paula
do Curso de Eng. da Computação, matrícula 2016.1003301793,
telefone: 62 32133529 e-mail yurysamko@hotmail.com, na qualidade de titular dos
direitos autorais, em consonância com a Lei n° 9.610/98 (Lei dos Direitos do autor),
autoriza a Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC Goiás) a disponibilizar o
Trabalho de Conclusão de Curso intitulado
Criação de um estratégia de Trade Para bolsa de
valores, gratuitamente, sem ressarcimento dos direitos autorais, por 5
(cinco) anos, conforme permissões do documento, em meio eletrônico, na rede mundial
de computadores, no formato especificado (Texto (PDF); Imagem (GIF ou JPEG); Som
(WAVE, MPEG, AIFF, SND); Vídeo (MPEG, MWV, AVI, QT); outros, específicos da
área; para fins de leitura e/ou impressão pela internet, a título de divulgação da
produção científica gerada nos cursos de graduação da PUC Goiás.

Goiânia, 17 de agosto de 2022.

Assinatura do(s) autor(es): Yuri Samuel M de Paula

Nome completo do autor: Yuri Samuel M de Paula

Assinatura do professor-orientador: Angélica da Silva Nunes

Nome completo do professor-orientador: Angélica da Silva Nunes