



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
Faculdade de Tecnologia

Mateus Soraggi Battagin

**Análise de Estratégias Automatizadas no Mercado de
Forex**

Limeira
2021

Mateus Soraggi Battagin

Análise de Estratégias Automatizadas no Mercado de Forex

Monografia apresentada à Faculdade de Tecnologia da Universidade Estadual de Campinas como parte dos requisitos para a obtenção do título de Bacharel em Sistemas de Informação, na área de Sistemas de Informação e Comunicação.

Orientador: Prof. Dr. Ulisses Martins Dias

Este exemplar corresponde à versão final da Monografia defendida por Mateus Soraggi Battagin e orientada pelo Prof. Dr. Ulisses Martins Dias.

Limeira
2021

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca da Faculdade de Tecnologia
Luiz Felipe Galeffi - CRB 8/10385

B321a Battagin, Mateus Soraggi, 1999-
Análise de estratégias automatizadas no mercado de Forex / Mateus Soraggi
Battagin. – Limeira, SP : [s.n.], 2021.

Orientador: Ulisses Martins Dias.
Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Estadual de
Campinas, Faculdade de Tecnologia.

1. Câmbio. 2. Mercado financeiro. 3. Automação. I. Dias, Ulisses
Martins, 1983-. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Tecnologia.
III. Título.

Informações adicionais, complementares

Palavras-chave em inglês:

Foreign exchange

Money market

Automation

Titulação: Bacharel

Banca examinadora:

Ulisses Martins Dias [Orientador]

Plinio Roberto Souza Vilela

Luis Augusto Angelotti Meira

Data de entrega do trabalho definitivo: 06-12-2021

FOLHA DE APROVAÇÃO

Abaixo se apresentam os membros da comissão julgadora da sessão pública de defesa de dissertação para o Título de Bacharel em Sistemas de Informação na área de concentração Sistemas de Informação e Comunicação, a que se submeteu o aluno Mateus Soraggi Battagin, em 06 de dezembro de 2021 na Faculdade de Tecnologia – FT/UNICAMP, em Limeira/SP.

Prof. Dr. Ulisses Martins Dias
Presidente da Comissão Julgadora

Prof. Dr. Plínio Roberto Souza Vilela
FT/UNICAMP

Prof. Dr. Luis Augusto Angelotti Meira
FT/UNICAMP

Ata da defesa, assinada pelos membros da Comissão Examinadora, consta no SIGA/Sistema de Fluxo de Dissertação/Tese e na Secretaria de Pós Graduação da FT.

Agradecimentos

Agradeço à toda minha família pelo apoio incondicional que sempre me deram, agradeço também ao professor Ulisses pela orientação durante o desenvolvimento deste trabalho e também à Unicamp e professores que contribuíram para a minha formação.

Resumo

Nos últimos anos, o número de brasileiros no mercado financeiro aumentou, atuar neste mercado pode levar tempo, dedicação e causar estresse. De modo a contornar essas dificuldades, este trabalho explora o desenvolvimento de robôs para realizar operações automatizadas no mercado de câmbio, sem a necessidade de intervenção humana, isto é, abrir e fechar operações de compra e venda de acordo com o conjunto de regras de cada robô, além de abordar as formas de otimizar um robô a fim de obter melhores resultados. Assim, o trabalho realiza um estudo comparativo entre três estratégias, uma utilizando o gráfico de *Heiken Ashi*, outra utilizando uma estratégia de retorno à média móvel e por fim uma utilizando as Bandas de Bollinger, que demonstram a possibilidade de ter ganhos sólidos no mercado financeiro utilizando robôs completamente autônomos e com um baixo capital inicial.

Palavras-chave: Negociação Algorítmica, *Expert Advisor*, *Forex*, *Backtesting*

Abstract

In the last years the number of Brazilians in the financial market has increased, operate in this market can take time, dedication, and cause stress. In order to circumvent these difficulties, this study explores the development of robots to perform automated operations in the foreign exchange market, without the need for human intervention, that is, open and close buy and sell operations according to each robot's set of rules, besides addressing the ways to optimize a robot in order to obtain better results. Thus, the paper performs a comparative study between three strategies, one using the Heiken Ashi chart, another using a return-to-average price strategy and finally one using Bollinger Bands, which demonstrate the possibility of having solid gains in the financial market using completely autonomous robots and with a low initial capital.

Keywords: Algorithmic Trading, Expert Advisor, Forex, Backtesting

Lista de Figuras

1.1	Número de brasileiros na bolsa	9
2.1	Exemplo de um <i>candlestick</i>	12
2.2	Gráfico do EUR/USD	13
3.1	Mapeamento do testador de estratégias	16
3.2	Parâmetros no otimizador de estratégias	18
4.1	Gráfico de <i>Heiken Ashi</i>	22
4.2	Pontos de entrada da estratégia <i>Heiken Ashi</i>	24
4.3	Exemplo de médias móveis	25
4.4	Ponto de entrada da estratégia de retorno a média	27
4.5	Exemplo bandas de bollinger	28
4.6	Pontos de entrada da estratégia das Bandas de Bollinger	29
5.1	Curva de ganhos da estratégia <i>Heiken Ashi</i>	32
5.2	Curva de ganhos da estratégia de retorno a média	33
5.3	Curva de ganhos da estratégia das Bandas de Bollinger	34

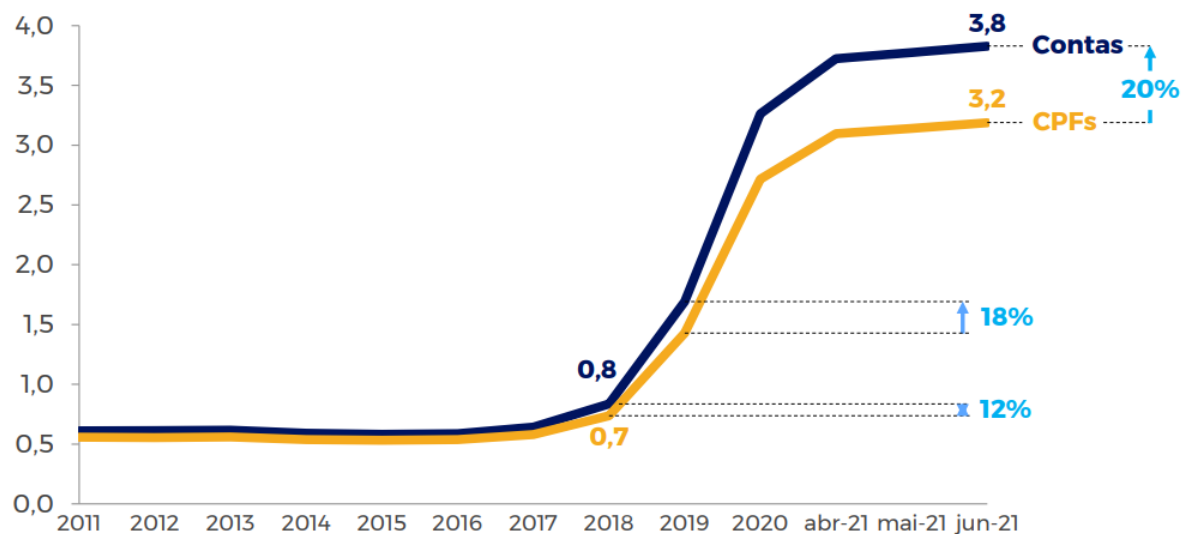
Sumário

1	Introdução	9
1.1	Motivação	10
1.2	Objetivo	10
1.3	Organização da Monografia	10
2	Conceitos Básicos	11
2.1	Gráfico de <i>Candlesticks</i>	11
2.2	Mercado de <i>Forex</i>	13
2.3	Alavancagem	14
3	Metodologia para Análise de Estratégias	15
3.1	Testador de Estratégias	16
3.2	Otimização de Estratégias	18
3.3	Critério de otimização	19
4	Estratégias	21
4.1	Estratégia <i>Heiken Ashi</i>	21
4.2	Estratégia de retorno à média	23
4.3	Estratégia das Bandas de Bollinger	26
5	Resultados	30
5.1	Resultados da Estratégia <i>Heiken Ashi</i>	31
5.2	Resultados da Estratégia de Retorno a Média	32
5.3	Resultados da Estratégia das Bandas de Bollinger	33
5.4	Conclusão	35
	Referências bibliográficas	36

Capítulo 1

Introdução

De acordo com a B3 (2021), a participação de investidores brasileiros no mercado financeiro tem aumentado drasticamente nos últimos anos, principalmente durante a pandemia da COVID-19, como podemos observar na Figura 1.1



Disclaimer: CPF = um investidor / Conta = investidor na corretora

Figura 1.1: Histórico do número de brasileiros na bolsa em milhões.

No entanto, se comparado a países mais desenvolvidos como os Estados Unidos, a diferença é de se espantar. A B3 atingiu a marca de 3.2 milhões de pessoas físicas cadastradas no ano de 2021. Embora esse crescimento possa impressionar, isso equivale a apenas 1,5% da população brasileira, enquanto nesse mesmo ano nos Estados Unidos, de acordo com a Center (2021), o número chega a 52% da população.

Tradicionalmente, pessoas físicas atuam nesse mercado de forma ativa e manual, desde a análise gráfica até abrir operações de compra ou venda de um ativo. No entanto, atuar ativamente nesse mercado pode levar tempo, dedicação e causar estresse. De modo a contornar esses problemas e se aproveitando do avanço da tecnologia, todo o processo envolvendo a análise gráfica e a compra e venda de ativos pode ser automatizada por robôs.

Isso possibilita que o investidor tenha uma renda passiva provinda do mercado financeiro e possa seguir normalmente com suas tarefas rotineiras e desfrutar de momentos de lazer, deixando o robô gerenciar todas as suas operações no mercado.

1.1 Motivação

Esse trabalho tem como motivação explorar a viabilidade de automatização de operações de compra e venda no mercado cambial a fim de obter lucros com menos esforço e sem que o investidor necessite atuar ativamente no acompanhamento do mercado. Isso possibilitaria que o investidor tenha um ganho passivo constante utilizando da tecnologia e automação.

1.2 Objetivo

Este trabalho tem como objetivo o desenvolvimento e a análise de estratégias automatizadas no mercado de câmbio. Um robô executará operações de compra e de venda completamente automatizadas, sem a necessidade de intervenção humana. Este robô agirá de acordo com um conjunto de regras determinadas pelo desenvolvedor, com variáveis, como lucro e perda, por exemplo.

1.3 Organização da Monografia

O Capítulo 2 apresenta conceitos básicos de investimentos focando no mercado de câmbio. O Capítulo 3 explica a automatização através do uso de robôs, além de mostrar as metodologias possíveis para realizar o teste de estratégias. O Capítulo 4 aborda as estratégias que serão validadas, quais são os elementos que as compõem e como elas funcionam. Por último, o Capítulo 5 apresenta os resultados de cada uma das estratégias realizando um estudo comparativo entre elas, assim como a conclusão e considerações finais.

Capítulo 2

Conceitos Básicos

Neste capítulo, apresentaremos conceitos comuns na área de investimentos, de modo a esclarecer a visualização e o entendimento das estratégias automatizadas nesse trabalho. A Seção 2.1 aborda os elementos e principais tópicos que dizem respeito ao gráfico de *candlesticks*, a Seção 2.2 explica sobre as principais características do mercado de *Forex*, por último, a Seção 2.3 aborda o conceito de alavancagem e como ele possibilita que investidores com pouco capital possam operar no mercado de *Forex*.

2.1 Gráfico de *Candlesticks*

Com o avanço da tecnologia, se tornou mais fácil realizar a análise do ativo a ser negociado. Os investidores têm a possibilidade de utilizar uma plataforma de negociação, que se trata de um *software* que permite que o investidor veja o preço de um ativo de forma visual por meio de um gráfico. O gráfico abordado neste trabalho é o gráfico de *candlesticks*, ou simplesmente, de *candles*.

O gráfico de *candlesticks* é um gráfico temporal, isto é, cada *candle* (nome dado a barra da Figura 2.1) é formado após um determinado período de tempo escolhido pelo investidor. Esses intervalos de tempo (chamados de *timeframe*) podem ser desde 1 minuto por *candle*, a até vários dias. Tudo depende de quanto tempo terão as operações de compra e venda que o investidor deseja realizar.

Na Figura 2.1, podemos ver os quatro elementos que compõem um *candle*, usaremos como exemplo um intervalo de tempo de 5 minutos por *candle* para facilitar o entendimento:

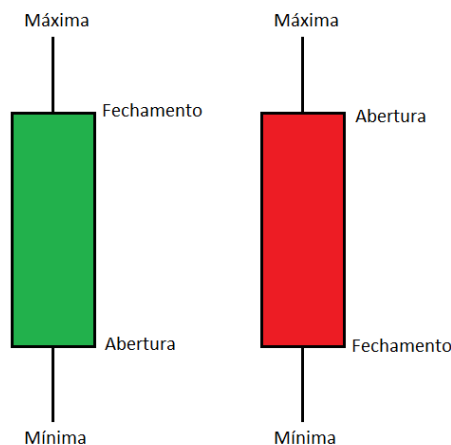


Figura 2.1: *Candlesticks* com seus quatro elementos principais, máxima, mínima, fechamento e abertura. O verde representando um *candle* de alta e o vermelho um *candle* de baixa

Abertura: como o próprio nome diz, representa o preço de abertura do *candle*. Logo, como a cada 5 minutos um *candle* se forma, é nesse momento que será registrado o preço de abertura do *candle*.

Fechamento: diferente do preço de abertura, o preço de fechamento ocorre exatamente quando se passa 5 minutos em um *candle* para abrir outro. Ou seja, nesse *candle* que acabou de se fechar, é registrado o último preço que ele teve como o preço de fechamento.

Mínima: o menor preço que um *candle* teve durante esses 5 minutos.

Máxima: o maior preço que um *candle* teve durante esses 5 minutos.

Entendendo esses elementos, é lógico afirmar que se um *candle* teve um preço de fechamento maior que o preço de abertura, logo ele foi um *candle* de alta, ou seja, durante o período de tempo que ele estava aberto, o preço do ativo se valorizou.

O mesmo serve para o inverso, caso um *candle* tenha um preço de fechamento inferior ao preço de abertura, ele foi um *candle* de baixa, ou seja, o preço do ativo desvalorizou durante esse período de tempo.

Geralmente, *candles* de alta são representados pela cor verde e *candles* de baixa pela cor vermelha para facilitar a visualização, como observado na Figura 2.1. No entanto isso pode ser configurado na plataforma de acordo com as preferências do investidor (DOLAN, 2011). Na Figura 2.2, podemos observar um gráfico da variação do euro/dólar no *timeframe* de 5 minutos.



Figura 2.2: Gráfico do EUR/USD no *timeframe* de 5 minutos.

2.2 Mercado de *Forex*

O mercado de *Forex*, ou *Foreign Exchange*, é o mercado mundial de câmbio. Diferente dos outros mercados, ele se trata de um mercado descentralizado e fica aberto durante 24 horas, 5 dias na semana.

Para negociar as moedas, o investidor deve inserir o código respectivo ao par de moedas que deseja negociar dentro da plataforma. Por exemplo, caso o investidor deseje operar o valor do dólar em relação ao euro, o código do par seria EURUSD, ou então USDJPY caso deseje negociar o dólar em relação ao iene. A ordem de cada moeda no nome do par também faz diferença. A primeira moeda do par é a que está sendo comprada e a segunda é a que está sendo vendida, logo, se você realizar uma compra no EURUSD, você estará especulando que o euro irá se valorizar em relação ao dólar. Além disso, o mercado de *Forex* é o maior do mundo, com uma movimentação diária de 6.6 trilhões de dólares (TRIENNIAL CENTRAL BANK SURVEY..., 2019).

É importante mencionar que existem alguns termos que o investidor deve se atentar ao negociar não apenas no mercado de *Forex*, mas como também em outros tipos de mercado. São eles:

Ask: preço mínimo que um vendedor está disposto a receber por determinado ativo, ou seja, se um investidor vê uma oportunidade em que o mercado irá subir e ele deseja comprar nesse exato momento, ele comprará a *Ask*, já que é o melhor preço disponível naquele momento.

Bid: preço mínimo que um comprador está disposto a pagar por um determinado ativo, ou seja, se um investidor vê uma oportunidade em que o mercado irá cair e ele deseja vender nesse exato momento, ele venderá a *Bid*, já que é o melhor preço disponível nesse momento.

Spread: é a diferença entre o preço *Ask* e o preço *Bid*, por meio do *spread* é possível determinar a liquidez do ativo naquele momento. As corretoras geralmente possuem um *spread* "artificial", isto é, aumentam um pouco o verdadeiro tamanho do *spread* com a finalidade de obter lucro em cada operação do investidor.

Tick: menor flutuação possível do preço de um determinado ativo (DOLAN, 2011).

2.3 Alavancagem

Um dos recursos que os investidores podem utilizar para negociar moedas é a alavancagem. Ela permite que o investidor empreste dinheiro (geralmente da corretora) e use esse dinheiro para realizar operações. Isso possibilita que o investidor possa entrar em operações com uma quantia de dinheiro muito superior a dele, e conseqüentemente lucrar muito mais, além de arriscar muito mais.

Um lote padrão de EURUSD é equivalente a 100.000 euros (a unidade é o euro porque é a primeira moeda do par, também chamada de moeda base), mas isso não significa que o investidor necessita ter toda essa quantia em caixa, já que ele pode utilizar da alavancagem.

A alavancagem é escolhida pelo próprio investidor de acordo com as opções que a sua corretora oferece. Assumindo que um investidor tenha somente 1.000 dólares para operar, ele usaria, por exemplo, uma alavancagem de 100:1 em um par em que a moeda base seja o dólar. Como a alavancagem permite operar com quantias muito maiores do que o investidor possui, é necessário ter um bom gerenciamento de risco para limitar as perdas, já que pequenas variações podem impactar severamente o capital do investidor.

Outro ponto importante é que o *Forex* permite que o investidor possa realizar operações com pouco capital, pois não é necessário entrar com um lote padrão, sendo possível entrar com os chamados micro lotes ou mini lotes, que valem 1000 e 10000 unidades da moeda base, respectivamente (DOLAN, 2011).

Capítulo 3

Metodologia para Análise de Estratégias

O *Expert Advisor* (EA) é um sistema de negociação automatizada que executa uma determinada estratégia baseado em disparos de eventos pré-definidos no gráfico do ativo. O nome *Expert Advisor* é o nome oficial utilizado para o robô de negociação mencionado na Seção 1.2

Além do benefício evidente de poupar o investidor da necessidade de permanecer em frente à tela do computador analisando o gráfico, o *Expert Advisor* também remove o fator emocional no momento de tomar uma decisão. O fator emocional tem um impacto no desempenho do investidor, principalmente quando ele sente medo ou insegurança no momento de tomar decisões (ARMS, 1996).

Ao automatizar uma estratégia, o investidor pode utilizar o Testador de Estratégias presente no *Metatrader 5*, que é um exemplo de uma plataforma de negociação. Como dito anteriormente, por meio de uma plataforma de negociação é possível visualizar o gráfico de um determinado ativo e então abrir operações de compra e de venda. Com o Testador de Estratégias, é possível simular a execução do algoritmo de um robô com dados históricos de um determinado ativo, possibilitando que o investidor visualize os lucros e prejuízos que a estratégia retornou no intervalo de tempo escolhido, além de vários outros dados importantes que serão apresentados no Capítulo 5. Dessa forma, o testador de estratégias tem papel crucial na validação de uma estratégia, já que ele possibilita simularmos o resultado de uma estratégia no passado. (METATRADER, 2021).

É importante mencionar que o *Metatrader 5* possui como linguagem nativa para o desenvolvimento de *Experts Advisors* o *MQL5*, sendo possível também realizar a integração utilizando *Python*, porém por questões de preferência do autor deste trabalho, todos os *EAs* desenvolvidos foram criados utilizando *MQL5*.

3.1 Testador de Estratégias

O testador de estratégias é fundamental para validar a estratégia de qualquer *EA*, afinal, é ilógico utilizar uma estratégia que não tenha sido testada previamente, seja manualmente ou por meio de um algoritmo. Entretanto, realizar testes manuais de uma estratégia leva tempo, e como dito no início dessa seção, com o testador de estratégia podemos testar uma estratégia que poderia levar anos para ser testada manualmente em menos de um dia, desde que exista um algoritmo da mesma.

A Figura 3.1 ilustra as opções disponibilizadas pelo *Metatrader 5* para se utilizar o testador de estratégias:

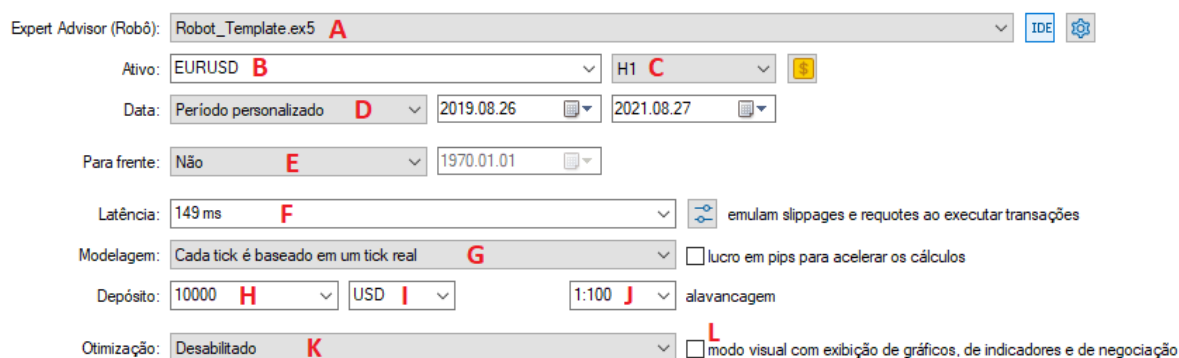


Figura 3.1: Mapeamento das opções disponíveis no testador de estratégias.

Na Figura 3.1, foram disponibilizadas marcações em cada opção para facilitar a explicação. No campo A, o investidor deve selecionar qual *EA* será testado, bastando selecionar o arquivo do *Expert Advisor* e seguir para a opção B, onde deve ser selecionado o ativo no qual o *EA* será executado, por exemplo, o par de moedas EURUSD. Em C, deve ser selecionado o *timeframe* do gráfico. O *timeframe* é o tempo em que cada barra do gráfico se formará, como explicado na Seção 2.1. Portanto, caso a opção selecionada seja a H1, cada *candle* se formará a cada uma hora decorrida.

No campo D, deve ser selecionado o período de tempo que será executado, sendo possível selecionar opções já predefinidas como “O último mês” por exemplo, ou selecionar um período personalizado. O campo E permite que o investidor selecione um intervalo de tempo que será dividido em duas partes, sejam elas partes iguais ou não. Na primeira parte, será executado o teste normalmente e serão selecionadas as melhores execuções, essas, por sua vez, serão testadas novamente na segunda parte do período de tempo a fim de determinar qual foi a melhor execução.

Em F, é possível selecionar a latência, que será simulada durante a execução, sendo importante reforçar este campo pois durante a execução do teste a latência pode ser 0, já que se trata de uma simulação do passado do ativo. No entanto essa não é a realidade durante operações reais. Então, de modo que o investidor tenha uma simulação mais próxima da realidade, é importante que ele execute o teste com alguma latência, que pode ser escolhida entre várias opções diferentes, ou utilizar a última latência registrada com o servidor, o que torna o teste mais próximo da realidade.

No campo G, o investidor deve selecionar qual será a modelagem do teste, este campo é importante por poder gerar um resultado falso do seu teste. A primeira opção é “Cada *tick*”, nesta são gerados todos os *ticks* de um *candle*, porém esses *ticks* são gerados por meio de uma equação que tenta simular a movimentação do *candle* na data correspondente.

A opção “Cada *tick* é baseado em *ticks* reais” é a que mais se aproxima de condições reais. Nela são utilizados os *ticks* verdadeiros da data selecionada que foram armazenados pela corretora. Essa opção pode ser um pouco mais lenta para executar, já que é necessário realizar o download dos *ticks* em uma primeira execução.

No “OHLC em M1” são modelados somente os preços de abertura, máxima, mínima e fechamento de cada *candle* de 1 minuto, sendo natural notar que este modo não se assemelha muito à execução real, já que ignora os *ticks* da época. Em compensação, *EAs* executados utilizando essa modelagem executam mais rapidamente, já que não dependem da movimentação de cada *tick*.

O “Apenas preços de abertura” é similar ao OHLC, com a diferença de que os valores do OHLC serão gerados de acordo com o *timeframe* escolhido. Por conta disso, o teste pode ser executado rapidamente, sob o custo de uma análise não muito fidedigna à realidade.

Também há a opção de “cálculos matemáticos”, que não é adequada para testes de estratégia, e sim para cálculos matemáticos como o próprio nome sugere. Essa opção não carrega histórico de dados, tampouco gera *ticks*. Como a finalidade desse trabalho é o teste de estratégias automatizadas, pouparemos uma explicação mais detalhada dessa modelagem.

Visto as modelagens, seguimos para o campo H, onde é possível inserir qual será o depósito inicial da execução dos testes, em I o investidor seleciona qual é a moeda do valor inserido em H. Mais à direita em J, é possível selecionar a alavancagem que a conta utilizará para fazer as operações.

No campo K, o investidor pode selecionar a forma de otimização da estratégia, que será abordado com mais detalhes na Seção 3.2. Por último, em L, é possível marcar a opção de analisar o teste acontecendo de forma visual com a exibição do gráfico, essa opção só está disponível caso não seja selecionada nenhuma forma de otimização (METATRADER, 2021).

3.2 Otimização de Estratégias

Existem três tipos de otimização de estratégias. O primeiro deles se trata de uma busca exaustiva. Nesse modo, o *Metatrader* realiza todas as combinações possíveis das variáveis de entrada que ele deseja testar. Como é possível ver na Figura 3.2, o investidor insere o valor inicial e o valor final de uma determinada variável, e qual será o “tamanho” de cada passo, ou seja, de quanto será cada incremento no número, até chegar ao valor final. Portanto, o número total de execuções do algoritmo será igual ao número total de possibilidades possíveis de execução.

Variável	Valor	Iniciar	Passo	Parar	Passos
<input checked="" type="checkbox"/> meuLoss	50	50	50	800	16
<input checked="" type="checkbox"/> meuGain	50	50	50	800	16
<input type="checkbox"/> meuBreakEven	1000	50	50	400	
<input type="checkbox"/> limiteSpread	12	12	1	120	
<input type="checkbox"/> filter	0.0005	0.0005	0.00005	0.005	
<input checked="" type="checkbox"/> Distância entre as Médias Móveis	10.0	10.0	10.0	100.0	10
					2560

Figura 3.2: Parâmetros no otimizador de estratégias, os selecionados pelo investidor são testados com vários valores diferentes de acordo com o que o investidor definir.

O algoritmo genético, como o próprio nome sugere, não é uma busca exaustiva. Embora no algoritmo genético o usuário também determine os mesmos valores e o mesmo “tamanho” de cada passo que definiria no algoritmo que realiza a busca exaustiva, o teste não terá o mesmo número de execuções em relação ao total de possibilidades. Isso acontece porque o algoritmo genético se baseia em uma seleção constante dos parâmetros que apresentam um resultado superior.

O algoritmo funciona da seguinte forma: primeiro, são escolhidos de forma aleatória duas “populações” de acordo com o número total de possibilidades. Depois, as duas populações são testadas e somente a que teve os melhores resultados é mantida.

É importante mencionar que esse resultado é baseado no critério de otimização escolhido pelo investidor. Após a população ter sido escolhida, as possibilidades são cruzadas entre si e submetidas a mutações aleatórias. Os descendentes dessas mutações são classificados por melhores resultados e o processo se repete até que os descendentes apresentem resultados melhores que seus progenitores.

Como é de se imaginar, o algoritmo genético possibilita que os testes sejam executados mais rapidamente do que o algoritmo da busca exaustiva, com uma precisão apenas um pouco inferior.

O último algoritmo se trata de testar “Todos os símbolos selecionados na janela observação de mercado”. Esse modo não testa diferentes parâmetros, mas sim diferentes ativos, ou pares de moedas no caso do *Forex*. Portanto, em cada execução é alterado somente o ativo, de modo que o investidor possa comparar em quais ativos o *EA* tem o melhor desempenho (METATRADER, 2021).

3.3 Critério de otimização

O critério de otimização é uma opção selecionada pelo investidor para medir a qualidade de um conjunto de parâmetros testados durante a otimização de uma estratégia. Quanto maior for o valor do critério de otimização, mais bem avaliado é o resultado de um determinado conjunto de parâmetros.

O primeiro critério que pode ser escolhido é o de “Saldo máximo”. O valor desse critério é definido pelo saldo máximo do investidor ao final dos testes executados, logo, o teste com o maior saldo acumulado é considerado o mais eficiente.

Em seguida existe o “Rentabilidade máxima”, que é baseado na lucratividade, isto é, a relação entre o lucro bruto e a perda bruta. Já o “Retorno máximo esperado” representa a média da rentabilidade e perda de uma operação estatisticamente.

Outra opção é o “Rebaixamento mínimo”, que leva em consideração qual das execuções teve o menor rebaixamento máximo do capital. O rebaixamento máximo do capital é o quanto o seu patrimônio foi rebaixado até voltar para o valor mais alto novamente. Logo, se um investidor possui 1000 dólares na conta e recebe um prejuízo de 200 dólares, o saldo total passa a ser 800 dólares, o que equivale à um rebaixamento máximo do capital de 20%. Este termo também é comumente chamado de *drawdown*.

O “fator de recuperação máxima” é calculado de acordo com a relação entre o lucro recebido e o *drawdown* máximo, ou seja, reflete o risco de uma estratégia e o quanto o *EA* deve arriscar para obter lucros.

O Coeficiente “*Sharpe*” ou “*Sharpe Ratio*” tem como objetivo indicar a eficiência e a estabilidade de uma determinada estratégia. Ela calcula a correlação entre uma média aritmética do lucro durante o tempo de retenção de uma posição em aberto, juntamente com seu desvio padrão.

O investidor também pode selecionar o “Critério de otimização do usuário” que permite que ele mesmo determine como será calculado esse critério. O valor é calculado de acordo com o que o investidor definir no código fonte do *EA*.

E por último, há o “Critério complexo máximo”, que utiliza de uma combinação de vários parâmetros diferentes do critério de otimização na tentativa de avaliar o teste da forma mais precisa possível. Ele leva em consideração o número de transações realizadas durante a execução, o rebaixamento, o fator de recuperação, retorno esperado e o índice de *sharpe* (METATRADER, 2021).

Capítulo 4

Estratégias

Neste capítulo, abordaremos as estratégias desenvolvidas para realizarmos um comparativo entre elas posteriormente. As decisões como a escolha de *timeframe* e outras variáveis foram determinadas por meio de estratégias de otimização com o algoritmo genético.

Também foi definido um filtro de *spread* para que o *EA* apenas realize operações quando o *spread* está no valor médio da corretora, evitando que sejam abertas operações com distorções muito grandes do valor real do ativo. Além disso, foi definido um limite de uma operação aberta por vez, sendo impossível que duas operações estejam abertas ao mesmo tempo, mesmo que as regras de cada estratégia sejam atendidas. Por último, todos os testes foram executados exclusivamente no par de moedas EURUSD.

4.1 Estratégia *Heiken Ashi*

Essa estratégia busca identificar o início de um movimento de alta ou de baixa para então entrar em uma operação seguindo essa tendência. O *timeframe* escolhido para essa estratégia foi de 1 hora. Além disso, essa estratégia utiliza um outro tipo de gráfico para identificar tendências. Na Seção 2.1 foi explicado o gráfico de *candlesticks*. Contudo, o gráfico a ser utilizado para essa estratégia será o *Heiken Ashi* (Figura 4.1). Visualmente, ele é semelhante ao de *candlesticks*, todavia o cálculo para definir os preços de fechamento/abertura do *candle* são diferentes como vemos nas equações 4.1 e 4.2. O prefixo “ha” representa que essa variável é referente ao preço do *Heiken Ashi*.

$$haFechamento = \frac{Abertura + Max + Min + Fechamento}{4} \quad (4.1)$$



Figura 4.1: Gráfico de *Heiken Ashi* no *Metatrader 5*.

$$haAbertura = \frac{haAberturaAnterior + haFechamentoAnterior}{2} \quad (4.2)$$

A máxima e a mínima de uma barra do *Heiken Ashi* é mais simples, seguindo o conceito padrão do gráfico de *candlesticks* e levando em conta o preço do *Heiken Ashi*.

Como os cálculos para o preços são feitos de forma diferente, o preço de fechamento do *Heiken Ashi* não reflete verdadeiramente o preço atual do ativo, mas um pequeno desvio no valor real. A intenção do *Heiken Ashi* é que seja mais fácil visualizar movimentos de alta e movimentos de baixa, como é ilustrado na Figura 4.1.

Além do *Heiken Ashi*, essa estratégia também utiliza do indicador “*Relative Strength Index*” (*RSI*), ou em português “Índice de força relativa”, que é definido por meio da Equação 4.3.

$$RSI = 100 - \left[\frac{100}{1 + RS} \right] \quad (4.3)$$

Sendo *RS* calculado pela média dos últimos *X* *candles* positivos dividida pela média dos últimos *X* *candles* negativos. Cabe ao investidor escolher o valor de *X*.

O *RSI* é comumente utilizado para analisar divergências entre o preço e o valor do *RSI*, a fim de encontrar oportunidades para obter lucros (J. WELLES WILDER, 1978). Além disso, outro uso bastante tradicional é observar que sempre que o *RSI* ultrapassar o valor de 70 ou cair abaixo de 30, isso indicaria um possível topo ou fundo no gráfico, respectivamente.

A forma que utilizaremos o *RSI* para esse *EA* será um pouco diferente, no entanto, ela se demonstrou efetiva durante a execução do teste. O *EA* utiliza o *RSI* como uma espécie de filtro para as operações e só depois verifica o *Heiken Ashi* para possíveis entradas.

O valor de 50 do *RSI* irá filtrar se a tendência principal do ativo é de alta ou de baixa. Caso o *RSI* esteja acima da linha de 50, a tendência será de alta, e caso esteja abaixo de 50 a tendência será de baixa.

Com isso definido, o *EA* buscará realizar operações somente seguindo essa tendência e nunca contra a mesma. Em seguida, o *Heiken Ashi* passará a ser observado para realizar entradas. Uma ordem será enviada caso seja formado um *candle* na mesma direção que o *RSI* aponta. É importante que esse seja o primeiro *candle* do movimento da tendência, ou seja, o *candle* anterior a esse último formado deve ser contrário à tendência principal. Essa checagem é realizada a fim de evitar entrar em operações ao final de uma tendência.

Resumindo, as regras para abrir uma operação de compra por esta estratégia são:

- *RSI* deve estar acima de 50
- Último *candle* do *Heiken Ashi* deve ser positivo
- Penúltimo *candle* do *Heiken Ashi* deve ser negativo

Para venda, o inverso:

- *RSI* deve estar abaixo de 50
- Último *candle* do *Heiken Ashi* deve ser negativo
- Penúltimo *candle* do *Heiken Ashi* deve ser positivo

A Figura 4.2 ilustra exemplos válidos de entradas para melhor compreensão da estratégia.

4.2 Estratégia de retorno à média

Essa estratégia visa reconhecer ajustes ou “descansos” no preço de um ativo no meio de uma tendência, na expectativa do mercado continuar o movimento principal do ativo. Essa estratégia utiliza o *timeframe* de 1 hora e o gráfico de *candles* tradicional.

Essa estratégia utiliza apenas 2 indicadores, ambos sendo médias móveis. Como mostra a Equação 4.4, uma média móvel é calculada por meio da média do preço de fechamento dos últimos *X candles*, sendo o valor de *X* definido pelo investidor.



Figura 4.2: Exemplos de pontos de entrada possíveis de acordo com a estratégia *Heiken Ashi*.

$$MM = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n} \quad (4.4)$$

Onde MM é o valor da média móvel, X_n o preço de fechamento em um *candle* N e n o número total de *candles*. Logo, uma média móvel de 20 períodos seria calculada de acordo com a Equação 4.5

$$MM = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_{20}}{20} \quad (4.5)$$

Dessas duas médias móveis, uma é definida com um valor de X mais alto, ou seja, uma média representando um tempo maior no gráfico, enquanto a outra será uma média mais curta. O objetivo de definir uma média mais longa e outra mais curta é para que possamos identificar se o ativo se encontra em uma tendência de baixa ou de alta. Caso a média curta seja maior do que a longa, logicamente o ativo está em uma tendência de alta, do contrário, estará em uma tendência de baixa.



Figura 4.3: Exemplo de duas médias móveis no gráfico, uma de longo prazo e outra de curto prazo em que a média curta (representada pela cor verde) está abaixo da média longa (cor vermelha), representando uma tendência de baixa.

Essa estratégia parte do pressuposto de que o preço voltará ao preço médio em algum momento para então retomar o movimento, seja ele um movimento de alta ou de baixa. Desse modo, o *EA* aguarda o momento em que o preço volta ao seu valor médio para entrar em uma operação a favor da tendência.

Para filtrar entradas falsas, o *EA* utiliza de um filtro com o próprio valor das médias móveis. Esse filtro se baseia no quão afastados estão os valores de cada uma das médias móveis, de modo que se possa medir a força de uma tendência. Afinal, é possível que o valor da média mais curta seja ligeiramente superior ao da média mais longa, podendo ser apenas um ruído no preço em um momento em que o mercado possa estar lateral, isto é, quando o preço está estável e não há nem uma tendência de alta e nem uma tendência de baixa. O filtro então determina um valor mínimo de diferença entre as duas médias, com a finalidade de identificar tendências mais relevantes.

Por último, essa estratégia também utiliza um sistema para eliminar o risco de perder dinheiro em determinadas operações. Caso o preço avance em direção favorável ao investidor em um valor X , o *EA* altera o preço que a operação sairia com prejuízo para o preço de entrada, logo, em um caso como esse, ou a operação será lucrativa, ou sairá sem nenhum lucro e sem nenhum prejuízo.

Resumindo, as regras para abrir uma operação de compra por esta estratégia são:

- Média móvel curta maior que a média longa
- Distância mínima de X entre os valores de ambas as médias
- Preço atual igual ao valor da média curta

Para vendas, se aplicam exatamente as mesmas regras, exceto que a média móvel curta deve ser menor que a média longa.

Na Figura 4.4 é possível observar um ponto de entrada válido para a estratégia

4.3 Estratégia das Bandas de Bollinger

Essa estratégia busca se aproveitar da lateralidade do mercado identificando distorções ou “ruídos” no preço, na expectativa do mesmo retornar a um movimento lateral. O *timeframe* para essa estratégia é o de 5 minutos também utilizando o gráfico de *candlesticks*.



Figura 4.4: Exemplo de um ponto de entrada na estratégia de retorno a média. Embora o preço tenha atingido à média móvel em outros momentos da imagem, a distância mínima definida entre as médias móveis não era o suficiente.

O indicador base para essa estratégia são as Bandas de Bollinger, esse indicador é formado por duas linhas que formam uma espécie de canal ou banda como o próprio nome sugere. Essas linhas são calculadas através de uma média móvel central com um desvio padrão. O preço costuma flutuar dentro das bandas, logo, uma oportunidade de entrada pode ocorrer caso uma das bandas seja rompida pelo preço, na expectativa do retorno às bandas (BOLLINGER, 2002).

Nas equações 4.6 e 4.7 podemos ver a fórmula completa de cada banda.

$$bandaSuperior = MM(TP, n) + m * \sigma[TP, n] \quad (4.6)$$

$$bandaInferior = MM(TP, n) - m * \sigma[TP, n] \quad (4.7)$$

Onde MM é a média móvel de TP dos últimos N períodos, e $TP = \frac{Maxima+minima+fechamento}{3}$. M é o deslocamento do desvio padrão. Tanto o período, o deslocamento e o desvio padrão podem ser definidos pelo investidor no *Metatrader 5*.

A estratégia utilizada neste EA é detectar quando o preço “rompe” as Bandas de Bollinger gerando um possível sinal de sobrecompra ou sobrevenda. Para uma entrada mais segura, o EA aguarda um *candle* fechar fora do preço da banda e o *candle* seguinte fechar dentro novamente para entrar em uma operação, na expectativa do preço retornar ainda mais para dentro das bandas. Caso o preço se comporte da maneira esperada pelo EA na média superior, a operação será de venda esperando uma queda no preço e retorno ao centro da banda, e caso o movimento ocorra na banda inferior, a operação será de compra.



Figura 4.5: Exemplo das Bandas de Bollinger no gráfico do *Metatrader 5*.

No entanto, existe ainda mais um filtro para determinar se uma entrada é válida ou não. Esse filtro é baseado no indicador estocástico, utilizado assim como o *RSI* para identificar divergências entre o preço do ativo e o valor do estocástico. No entanto, ele também é popularmente usado para detectar pontos de sobrevenda e sobrecompra (LANE, 1984). Para esse EA, identificaremos esses pontos e eles serão utilizados como uma camada extra para validar se a entrada baseada nas Bandas de Bollinger são válidas ou não.

Na Equação 4.8, podemos observar a fórmula para se calcular o estocástico:

$$\%K = \left(\frac{C - L_n}{H_n - L_n} \right) * 100 \quad (4.8)$$

Sendo %K o valor do estocástico, C o preço mais recente de fechamento, L o preço mínimo dos últimos n *candles* e H o preço máximo dos últimos n *candles*.

A fim de evitar ruídos no estocástico, utilizaremos uma média dos últimos três períodos do estocástico como parâmetro para as entradas, popularmente conhecido como %D e como também chamaremos aqui.

Para que uma operação de venda seja válida, o valor do %D deve estar acima de 70, indicando uma sobrecompra. Já para uma operação de compra, o %D deve estar abaixo de 30,

indicando uma sobrevenida. Portanto, uma entrada só é válida se todas essas condições forem atendidas.

Resumindo, as regras para abrir uma operação de compra por esta estratégia são:

- Valor do estocástico abaixo de 30
- Penúltimo *candle* com fechamento abaixo da banda inferior
- Último *candle* com fechamento acima da banda inferior

Para venda, o inverso:

- Valor do estocástico acima de 70
- Penúltimo *candle* com fechamento acima da banda superior
- Último *candle* com fechamento abaixo da banda superior

A Figura 4.6 ilustra exemplos válidos de entradas para melhor compreensão da estratégia.



Figura 4.6: Exemplos de pontos de entrada possíveis de acordo com a estratégia das Bandas de Bollinger.

Capítulo 5

Resultados

Para escolher qual o melhor conjunto de parâmetros de cada estratégia, utilizaremos a relação entre o lucro obtido e o rebaixamento máximo do capital durante o período de teste como mostra a Equação 5.1.

$$X = \frac{\textit{Lucro}}{\textit{Rebaixamento}} \quad (5.1)$$

Sendo X o lucro a cada 1 por cento de *drawdown*.

O motivo de não definirmos simplesmente o lucro como fator de comparação é que nem sempre a estratégia mais lucrativa é a mais vantajosa, já que pode possuir um *drawdown* muito elevado, colocando todo capital do investidor em risco. Além disso, é importante pontuar que nem todos os parâmetros foram submetidos ao algoritmo de otimização por questões de limitação computacional.

Outro ponto importante é que todos os valores monetários podem variar de acordo com quantos lotes o investidor está disposto a entrar em cada operação. Sendo que nesse trabalho foram considerados para todas as estratégias o valor padrão de 1 lote a fim de facilitar o entendimento. Logo, cada ponto é equivalente a 1 dólar. Além disso, todos os custos envolvendo corretagem e *spread* já foram descontados nos resultados finais. Por último, foram definidas algumas configurações padrões para todas as estratégias testadas.

Cada estratégia foi testada durante um período de 2 anos, iniciando em 26/08/2019 até 26/08/2021. Também foi definido uma latência de 149ms de modo a tornar o teste o mais próximo da realidade possível. Foi definido esse valor pelo fato de essa ser a última latência registrada entre o computador de testes e o servidor. Foi utilizado também a modelagem de

“Cada *tick* é baseado em um *tick* real” e um capital inicial de 10.000 USD. O algoritmo de otimização selecionado foi o algoritmo genético.

5.1 Resultados da Estratégia *Heiken Ashi*

Para essa estratégia, ficaram definidos os seguintes valores para cada parâmetro:

Ganho por operação: 100 pontos

Perda por operação: 900 pontos

Período do *RSI*: 14 períodos

Quanto aos resultados:

Lucro a cada 1% de *drawdown*: 944,22

Lucro líquido: 10.386,44

***Drawdown*:** 11,00%

Negociações com lucro: 94,90%

Média de ganhos consecutivos: 19

Média de perdas consecutivos: 1

Total de negociações: 196

É interessante notar os valores que o algoritmo de otimização elegeu para essa estratégia. A estratégia foca em ganhos muito menores em comparação a quanto se perde em uma operação fracassada. Portanto, como podemos observar nos resultados, isso resulta em um número de acertos muito superior ao de erros.

A estratégia então foca em acertos frequentes com ganhos pequenos que superam as grandes perdas que acontecem mais raramente. Observando o lucro líquido, notamos que o patrimônio inicial dobrou nesse período de dois anos. Dependendo do perfil do investidor, ele pode optar por dobrar o número de lotes utilizados na nossa simulação, o que resultaria também em um ganho de 100% no lucro líquido, tendo em mente é claro que o *drawdown* também dobraria.

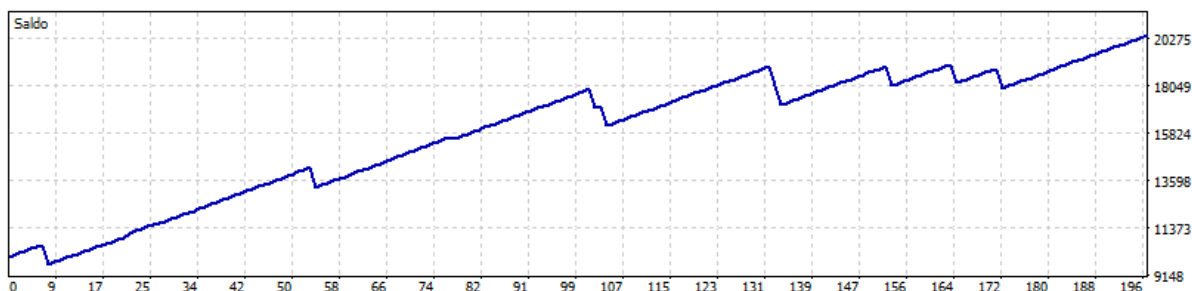


Figura 5.1: Curva de ganhos ao longo do período de testes da estratégia *Heiken Ashi*.

Observando a curva de ganhos da estratégia na Figura 5.1, podemos notar facilmente operações fracassadas que derrubam bruscamente o gráfico, mas que são seguidas de uma sequência de pequenos ganhos.

5.2 Resultados da Estratégia de Retorno a Média

Para essa estratégia, ficaram definidos os seguintes valores para cada parâmetro:

Ganho por operação: 500 pontos

Perda por operação: 600 pontos

Pontos necessários para eliminar o risco da operação: 200 pontos

Distância entre as médias móveis: 100 pontos

Períodos da média móvel curta: 21 períodos

Períodos da média móvel longa: 42 períodos

Quanto aos resultados:

Lucro a cada 1% de *drawdown*: 1.559,63

Lucro líquido: 18.310,10

***Drawdown*:** 11,74%

Negociações com lucro: 76,22%

Média de ganhos consecutivos: 4

Média de perdas consecutivos: 1

Total de negociações: 286

Essa estratégia já assume uma postura diferente em relação à escolha dos valores dos parâmetros, observamos que o ganho e a perda, embora diferentes, são bastante próximos se comparados a estratégia da Seção 5.1.

Olhando para resultados, vemos que essa teve um aumento no saldo final de 183,1% e embora acerte menos vezes que a da Seção 5.1, os ganhos maiores compensam as perdas que acontecem com maior frequência.



Figura 5.2: Curva de ganhos ao longo do período de testes da estratégia de retorno a média.

Podemos notar também na curva de ganhos dessa estratégia representada pela Figura 5.2 que não temos uma disparidade tão grande no movimento quando uma operação é fracassada ou bem sucedida, isso se dá pelo fato das perdas e ganhos por operação serem semelhantes e por essa estratégia conceder um número maior de negociações durante o mesmo período, suavizando a linha do gráfico.

5.3 Resultados da Estratégia das Bandas de Bollinger

Para essa estratégia, ficaram definidos os seguintes valores para cada parâmetro:

Ganho por operação: 500 pontos

Perda por operação: 50 pontos

Distância entre as médias móveis: 30 pontos

Período das bandas de bollinger: 20 períodos

Desvio das bandas de bollinger: 2

Deslocamento das bandas de bollinger: 0

Quanto aos resultados:

Lucro a cada 1% de *drawdown*: 1.223,47

Lucro líquido: 9.163,81

***Drawdown*:** 7,49%

Negociações com lucro: 76,22%

Média de ganhos consecutivos: 1

Média de perdas consecutivos: 8

Total de negociações: 1417

Os parâmetros selecionados pelo algoritmo de otimização também são bastante interessantes nessa estratégia, indo para o lado oposto da estratégia da Seção 5.1. Essa estratégia erra na grande maioria das vezes, no entanto, como a perda é muito baixa e o ganho alto por operação, ela fecha o período de testes no positivo aumentando o capital em 91.63%.

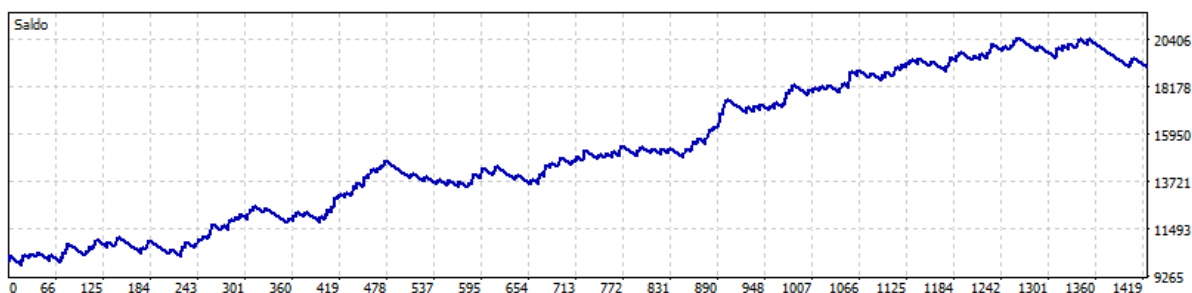


Figura 5.3: Curva de ganhos ao longo do período de testes da estratégia das Bandas de Bollinger.

No gráfico da Figura 5.3, não só notamos uma curva com *drawdowns* breves, como também um número bastante elevado de operações. O principal motivo disso é que essa estratégia acontece no gráfico de 5 minutos, possibilitando um número muito maior de entradas do que as outras estratégias que utilizam o de 1 hora.

5.4 Conclusão

Embora sejam completamente diferentes, todas as estratégias trouxeram ganhos para o investidor no final do período de teste e cada indivíduo pode preferir uma dependendo do seu operacional e controle emocional. No entanto, levando em conta o critério definido nesse trabalho, a estratégia de retorno à média foi a que apresentou um melhor resultado, permitindo que o investidor quase dobrasse o capital inicial anualmente durante o período de execução, levando em conta o número de lotes utilizado para o teste.

É de extrema importância mencionar que ganhos passados não são garantia de lucros no futuro. O comportamento do mercado pode mudar e uma estratégia que antes era lucrativa pode perder a eficácia, cabe ao investidor fazer sua escolha baseada nos dados disponíveis no momento e de acordo com seus objetivos pessoais.

Referências bibliográficas

ARMS, R. W. **Trading Without Fear**. [S.l.]: John Wiley & Sons, 1996.

B3 (Ed.). **Total de investidor pessoa física cresce 43% no primeiro semestre, mostra estudo da B3**. Disponível em: <b3.com.br/pt_br/noticias/porcentagem-de-investidores-pessoa-fisica-cresce-na-b3.htm>. Acesso em: 22 out. 2021.

BOLLINGER, J. **Bollinger on Bollinger Bands**. [S.l.]: McGraw Hill Professional, 2002.

CENTER, P. R. (Ed.). **MORE THAN HALF OF U.S. HOUSEHOLDS HAVE SOME INVESTMENT IN THE STOCK MARKET**. Disponível em: <https://www.pewresearch.org/fact-tank/2020/03/25/more-than-half-of-u-s-households-have-some-investment-in-the-stock-market/ft_20-03-23_stocksimportance/>. Acesso em: 22 out. 2021.

DOLAN, B. **Currency Trading For Dummies**. [S.l.]: Wiley Publishing, 2011.

J. WELLES WILDER, J. **New Concepts in Technical Trading Systems**. [S.l.]: Trend Research, 1978.

LANE, G. C. **Lane's Stochastics**. [S.l.]: Technical Analysis Inc, 1984.

METATRADER (Ed.). **Algorithmic Trading, Trading Robots**. Disponível em: <<https://www.metatrader5.com/en/terminal/help/algotrading>>. Acesso em: 22 out. 2021.

TRIENNIAL CENTRAL BANK SURVEY. [S.l.], 2019.