

MEC-SETEC  
INSTITUTO FEDERAL MINAS GERAIS - *Campus Formiga*  
Curso de Ciência da Computação

**THALER - UM PROTÓTIPO DE ROBÔ INVESTIDOR  
UTILIZANDO ANÁLISE TÉCNICA E MÁQUINAS DE VETORES DE  
SUPORTE**

Diego Maicon Silva

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Pimenta

FORMIGA- MG

2018



DIEGO MAICON SILVA

**THALER - UM PROTÓTIPO DE ROBÔ INVESTIDOR  
UTILIZANDO ANÁLISE TÉCNICA E MÁQUINAS DE VETORES DE  
SUPORTE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Federal Minas Gerais - *Campus* Formiga, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Ciência da Computação.

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Pimenta.

FORMIGA- MG

2018

004

Silva, Diego Maicon.  
Thaler – um protótipo de robô investidor utilizando Análise Técnica e Máquinas de Vetores de Suporte / Diego Maicon Silva. . -- Formiga : IFMG, 2018.  
116p. : il.

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Pimenta  
Trabalho de Conclusão de Curso – Instituto Federal de Educação,  
Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – *Campus* Formiga.

1. Robô. 2. Investidor. 3. SVM. 4. Análise Técnica. 5. MetaTrader.  
I. Título.

CDD 004

DIEGO MAICON SILVA

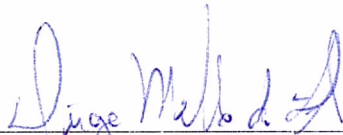
**THALER - UM PROTÓTIPO DE ROBÔ  
INVESTIDOR UTILIZANDO ANÁLISE  
TÉCNICA E MÁQUINAS DE VETORES DE  
SUPORTE**

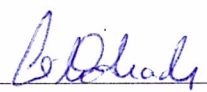
Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Federal de Minas Gerais-Campus Formiga, como Requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Ciência da Computação.

Aprovado em: 02 de Julho de 20 18.

BANCA EXAMINADORA

  
\_\_\_\_\_  
Prof.º Alexandre Pimenta

  
\_\_\_\_\_  
Prof.º Diego Mello da Silva

  
\_\_\_\_\_  
Prof.º Lélis Pedro de Andrade



# Agradecimentos

A princípio, gostaria de agradecer a Deus e aos meus pais, que sempre apoiaram minhas decisões, principalmente minha mãe que dedicou toda sua vida em criar meus irmãos e eu com todo amor e educação.

Ao meu orientador, por compartilhar seus conhecimentos e apresentar á esse campo de estudos que é o mercado financeiro.

Aos brilhantes professores do Curso de Ciência da Computação do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais *campus* Formiga, pelo empenho de dedicação com o ensino público superior, com os quais tive oportunidade de aprender. Agradeço pela sabedoria e paciência ao responder minhas dúvidas.

À minha namorada, Déborah pelo amor e carinho, e que vem caminhado durante todo curso ao meu lado, passando pelos mesmos obstáculos nessa jornada. E pela ajuda na correção ortográfica deste trabalho.

Aos meus Irmãos, que sempre acreditaram na minha capacidade de concluir o ensino público superior.

Aos meus amigos e familiares pelas palavras de apoio.





*“Se você não sabe onde quer ir, qualquer caminho serve.”.*

*Lewis Carroll*



# Resumo

A tentativa de prever o comportamento do mercado financeiro e realizar negociações lucrativas não é uma atividade simples e está sujeito a eventuais enganos e equívocos quando executado manualmente. Com o advento do pregão eletrônico, muitas tecnologias foram aplicadas ao mercado de ações, como os algoritmos de estratégias automatizadas. Nesse contexto, foi desenvolvido um protótipo de robô investidor, o Thaler, afim de automatizar o processo de negociação de compra e venda de Mini Contrato Futuros de Dólar (WDO). O Thaler utiliza o estilo de negociação *Day Trading*, que recebe como entrada uma série histórica financeira, e através de indicadores da Análise Técnica (AT) e da técnica de aprendizado de máquina Máquinas de Vetores Suporte (SVM) consegue classificar os indicadores e prever o movimento do ativo. Os resultados obtidos mostram a eficiência do Thaler. O *backtest* realizado no período de 4 anos durante um momento histórico e conturbado do país mostrou que é possível obter lucro com robôs investidores superando os rendimentos de alguns dos principais índices de renda fixa.

**Palavras-chave:** Robô investidor, Análise Técnica, Máquina de Vetores de Suporte.



# Abstract

Attempting to predict the financial market behavior and conduct profitable negotiations is not a simple activity and is subject to possible misunderstandings and misconceptions when performed manually. With the advent of electronic trading, many technologies have been applied to the stock market, such as automated strategy algorithms. In this context, a prototype investor robot, Thaler, was developed to automate the negotiation process by buying and selling the Mini Dollar Futures Contract (WDO). Thaler uses Day Trading style, receiving as input a historical financial series and through indicators of Technical Analysis (AT) and machine learning "Supporting Vector Machines" (SVM), it can classify the indicators and predict the movement of the asset. The results show the efficiency of Thaler, the backtest carried out over a period of 4 years, during a historical and troubled moment in the country's history, showed that it is possible to obtain profit from investor robots, outperforming the earnings of some of the main fixed income indexes

**Keywords:** Robot Investor, Technical Analysis, Support Vector Machines.



# Lista de ilustrações

Figura 1 – Plataforma MetaTrader 5. . . . .	27
Figura 2 – Testador de Estratégia . . . . .	29
Figura 3 – Representação gráfica <i>candle</i> . . . . .	31
Figura 4 – Exemplo de SMA, com 21 períodos no tempo 10 min. . . . .	32
Figura 5 – Exemplo de EMA, com 21 períodos no tempo 10 min. . . . .	33
Figura 6 – Exemplo de BB, com 21 períodos, desvio padrão 2.00 e no tempo 10 min. . . . .	35
Figura 7 – Exemplo de CHO, com EMA 3 e 10 períodos no tempo 10 min. . . . .	36
Figura 8 – Exemplo de %R, com 14 períodos no tempo 10 min. . . . .	37
Figura 9 – Exemplo de MACD, EMA 12, EMA 26, e SMA 9 períodos no tempo 10 min. . . . .	38
Figura 10 – Exemplo de RSI, 14 períodos no tempo 10 min. . . . .	39
Figura 11 – Exemplo de OE, %k 8 períodos, %D 8 períodos, retardar 5, e utiliza SMA no tempo 10 min. . . . .	40
Figura 12 – Exemplo de A/D, no tempo 10 min. . . . .	41
Figura 13 – Exemplo de VROC, 21 períodos no tempo 10 min. . . . .	42
Figura 14 – Exemplo de OBV, no tempo 10 min. . . . .	44
Figura 15 – Exemplo de AO, no tempo 10 min. . . . .	45
Figura 16 – Conjuntos de treinamento . . . . .	46
Figura 17 – Hiperplano de separação para caso de linearmente separável. Os vetores de suporte mostrados pelas setas. . . . .	47
Figura 18 – Diferença entre separação de casos linear e não linear. . . . .	51
Figura 19 – Mapeamento do espaço de entrada via função de <i>Kernel</i> . . . . .	52
Figura 20 – Distorção gerado pelo gap no vencimento. . . . .	60
Figura 21 – WDOF18 tempo de 5 min, do dia 24/01/2018, demonstra movimento do WDO, em um julgamento derivado da Operação Lava Jato. . . . .	61
Figura 22 – WDO\$N com Candles semanais de 01/03/2014 até 30/04/2018, mínima de 2187.000 e máxima de 4257.00. . . . .	62
Figura 23 – Mudando o <i>stop loss</i> . . . . .	64
Figura 24 – Fluxograma do Thaler com SVM. . . . .	65
Figura 25 – Dados separados para treinamento. . . . .	68
Figura 26 – Fluxograma do Thaler sem uso da SVM. . . . .	72
Figura 27 – <i>Backtest</i> utilizando ordens de compra e venda. 01/01/2018 - 05/03/2018- Candle de 15min. . . . .	75
Figura 28 – <i>Backtest - Drawdown</i> máximo no gráfico de 5 min. . . . .	76
Figura 29 – <i>Backtest</i> - Resultados do Thaler no tempo gráfico de 1 min e com <i>kernel</i> = 0. . . . .	77

Figura 30 – <i>Backtest</i> - Resultados do Thaler comparando com os índices de renda fixa. . . . .	79
Figura 31 – Comportamento sem e com SVM, melhor caso no tempo gráfico 10min	81
Figura 32 – Comportamento sem e com SVM, pior caso no tempo gráfico 30 min .	81
Figura 33 – <i>Backtest</i> - Resultados do Thaler com <i>stop</i> móvel, comparando com os índices de renda fixa. . . . .	84
Figura 34 – Comportamento do Thaler no gráfico de 30 min . . . . .	92
Figura 35 – Comportamento do Thaler no gráfico de 15 min . . . . .	94
Figura 36 – Comportamento do Thaler no gráfico de 10 min . . . . .	96
Figura 37 – Comportamento do Thaler no gráfico de 5 min . . . . .	98
Figura 38 – Comportamento do Thaler no gráfico de 1 min . . . . .	100
Figura 39 – Comportamento do Thaler no gráfico de 30 min, com <i>Stop</i> Móvel . . .	102
Figura 40 – Comportamento do Thaler no gráfico de 15 min, com <i>Stop</i> Móvel . . .	104
Figura 41 – Comportamento do Thaler no gráfico de 10 min, com <i>Stop</i> Móvel . . .	106
Figura 42 – Comportamento do Thaler no gráfico de 5 min, com <i>Stop</i> Móvel . . . .	108
Figura 43 – Comportamento do Thaler no gráfico de 1 min, com <i>Stop</i> Móvel . . . .	110



# Lista de tabelas

Tabela 1 – Tabela de Funções de <i>Kernel</i> . . . . .	53
Tabela 2 – Especificações do Mini Contrato de Dólar . . . . .	56
Tabela 3 – Tabela de mês de vencimento . . . . .	56
Tabela 4 – Lista de estilo de negociação. . . . .	57
Tabela 5 – Quantidade de meses para obter amostra . . . . .	59
Tabela 6 – Regras de Compra . . . . .	67
Tabela 7 – Regras de Venda . . . . .	67
Tabela 8 – Resultados com os melhores ganhos obtidos pelo Thaler, nos 5 tempos gráficos distintos . . . . .	78
Tabela 9 – Resultado <i>backtest</i> no pior caso, tempo gráfico 30 min. . . . .	80
Tabela 10 – Resultado <i>backtest</i> no melhor caso, tempo gráfico 10 min. . . . .	80
Tabela 11 – Taxas de acertos dos maiores ganhos com <i>stop</i> móvel, no diversos tempos gráficos. . . . .	83
Tabela 12 – Resultados com os melhores ganhos obtidos pelo Thaler, nos 5 tempos gráficos distintos e com <i>Stop Móvel</i> . . . . .	83
Tabela 13 – Gráfico de 30 min. Período 01/03/2014 á 30/04/2018 - 1 contrato WDO.	91
Tabela 14 – Gráfico de 15 min. Período 01/03/2014 á 30/04/2018 - 1 contrato WDO.	93
Tabela 15 – Gráfico de 10 min. Período 01/03/2014 á 30/04/2018 - 1 contrato WDO.	95
Tabela 16 – Gráfico de 5 min. Período 01/03/2014 á 30/04/2018 - 1 contrato WDO.	97
Tabela 17 – Gráfico de 1 min. Período 01/03/2014 á 30/04/2018 - 1 contrato WDO.	99
Tabela 18 – Gráfico de 30 min. Período 01/03/2014 á 30/04/2018 - 1 contrato WDO, com <i>Stop Móvel</i> . . . . .	101
Tabela 19 – Gráfico de 15 min. Período 01/03/2014 á 30/04/2018 - 1 contrato WDO, com <i>Stop Móvel</i> . . . . .	103
Tabela 20 – Gráfico de 10 min. Período 01/03/2014 á 30/04/2018 - 1 contrato WDO, com <i>Stop Móvel</i> . . . . .	105
Tabela 21 – Gráfico de 5 min. Período 01/03/2014 á 30/04/2018 - 1 contrato WDO, com <i>Stop Móvel</i> . . . . .	107
Tabela 22 – Gráfico de 1 min. Período 01/03/2014 á 30/04/2018 - 1 contrato WDO, com <i>Stop Móvel</i> . . . . .	109



# Lista de abreviaturas e siglas

AD	Acumulação/Distribuição
AO	Oscilador Maravilhoso
AT	Análise Técnica
B3	Brasil, Bolsa, Balcão
BB	Bandas Bollinger®
BM&F	Bolsa de Mercadorias e Futuros
CFD	Contratos por diferença
CHO	Oscilador Chaikin
CMM	Classificador de Margem Máxima
GA	Algoritmo Genético
IBOV	Índice Bovespa
HiLo	High-Low Activator
HME	Hipótese Mercado Eficiente
MACD	Média Móvel Convergente e Divergente
MQL5	<i>MetaQuotes Language 5</i>
MT5	MetaTrader 5
PVV	Pregão Viva Voz
PE	Pregão Eletrônico
OBV	On Balance Volume
OE	Oscilador Estocástico
SMA	<i>Moving Average Simple</i>
SVM	Máquinas de Vetores de Suporte
RSI	Técnico Índice de Força Relativa

VROC	Volume Taxa de Variação
%R	<i>Williams Percent Range</i>
WDO	Mini Dólar Futuro

# Lista de símbolos

$\xi$	Ksi
$\sigma$	Sigma
$\alpha$	Alpha
$\gamma$	Gamma
$\phi$	Phi
$\partial$	Parcial



# Sumário

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>21</b>
<b>1.1</b>	<b>Justificativa</b>	<b>22</b>
<b>1.2</b>	<b>Objetivo Geral e Específico</b>	<b>22</b>
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>	<b>23</b>
<b>2.1</b>	<b>Análise de Mercado</b>	<b>23</b>
<b>2.2</b>	<b>Mercado Financeiro e AI</b>	<b>23</b>
<b>2.3</b>	<b>Máquinas de Vetores de Suporte – SVM)</b>	<b>24</b>
<b>2.4</b>	<b>Trabalhos relacionados</b>	<b>26</b>
<b>3</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b>	<b>27</b>
<b>3.1</b>	<b>Materiais</b>	<b>27</b>
3.1.1	MetaTrader 5	27
3.1.1.1	Testador de Estratégia	28
3.1.2	LIBSVM	29
3.1.3	<i>Setup</i> Experimental	30
<b>3.2</b>	<b>Métodos</b>	<b>30</b>
3.2.1	Análise Técnica	30
3.2.1.1	Indicadores de Tendência	32
3.2.1.1.1	Média Móvel Simples	32
3.2.1.1.2	Média Móvel Exponencial	33
3.2.1.1.3	Bandas Bollinger®	34
3.2.1.1.4	Oscilador Chaikin	34
3.2.1.1.5	<i>Williams Percent Range</i>	35
3.2.1.1.6	Média Móvel Convergente e Divergente	36
3.2.1.1.7	Índice de Força Relativa	38
3.2.1.1.8	Oscilador Estocástico	39
3.2.1.2	Indicadores de volumes	40
3.2.1.2.1	Acumulação/Distribuição	40
3.2.1.2.2	Volume Taxa de Variação	42
3.2.1.2.3	<i>On-Balance Volume</i>	43
3.2.1.3	Indicadores Bill Williams	43
3.2.1.3.1	Oscilador Maravilhoso	43
3.2.2	Máquinas de Vetores de Suporte	45
3.2.2.1	Hiperplanos de Separação Ótima	46
3.2.2.2	SVM não lineares	50

3.2.2.3	Função de <i>Kernel</i> . . . . .	51
<b>4</b>	<b>PROJETO E DESENVOLVIMENTO</b> . . . . .	<b>55</b>
<b>4.1</b>	<b>Escopo</b> . . . . .	<b>55</b>
4.1.1	Mini Dólar Futuro (WDO) . . . . .	55
4.1.2	Estilo de negociação . . . . .	57
4.1.2.1	<i>Day Trading</i> . . . . .	58
4.1.3	Tempo gráfico e período de negociação . . . . .	58
4.1.4	Período de <i>backtest</i> . . . . .	60
4.1.5	Controle de Risco . . . . .	62
4.1.5.1	<i>Stop Móvel</i> . . . . .	63
<b>4.2</b>	<b>Estratégia com SVM</b> . . . . .	<b>64</b>
4.2.0.1	Baixar série histórica . . . . .	65
4.2.0.2	Processar dados para entrada SVM . . . . .	66
4.2.0.3	Treinamento . . . . .	68
4.2.0.4	Predição e Negociação . . . . .	70
<b>4.3</b>	<b>Teste Estratégia sem SVM</b> . . . . .	<b>71</b>
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E ANÁLISE</b> . . . . .	<b>73</b>
<b>5.1</b>	<b>Resultados do <i>Backtest</i> com SVM</b> . . . . .	<b>73</b>
5.1.1	Resultados preliminares . . . . .	74
5.1.2	Teste Funções de <i>Kernel</i> . . . . .	75
5.1.3	Análise de Risco . . . . .	76
5.1.4	Retorno financeiro . . . . .	77
<b>5.2</b>	<b>Resultados do <i>Backtest</i> sem SVM</b> . . . . .	<b>80</b>
<b>5.3</b>	<b>Resultados do <i>Backtest</i> com SVM e <i>Stop Móvel</i></b> . . . . .	<b>81</b>
<b>6</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> . . . . .	<b>85</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> . . . . .	<b>87</b>
	<b>APÊNDICE A – TABELAS COM RESULTADOS DO <i>BACKTEST</i> COM SVM E SEM <i>STOP</i> MÓVEL.</b> . . . . .	<b>91</b>
	<b>APÊNDICE B – TABELAS COM RESULTADOS DO <i>BACKTEST</i> COM SVM E COM <i>STOP</i> MÓVEL.</b> . . . . .	<b>101</b>
	<b>APÊNDICE C – ALGORÍTMOS MQL5, UTILIZADOS NA IMPLEMENTAÇÃO DO THALER.</b> . . . . .	<b>111</b>



# 1 INTRODUÇÃO

A tentativa de prever o comportamento do mercado financeiro, não é uma atividade simples (PIMENTA, 2017). Com a volatilidade nos índices e no preço dos ativos, analisar os gráficos e indicadores em tempo real e tomar uma decisão de compra e venda de um contrato ou ação na bolsa de valores, assim garantir lucro com o menor risco possível, vem deixando essa tarefa um pouco desgastante, sujeito a eventuais enganos e equívocos quando executado manualmente, devido ao alto volume de operações.

Com o mercado de capitais cada vez mais exigente, buscou-se agilidade no processo de negociação. A então Bovespa começou a se modernizar em 2001 e em setembro de 2005 houve o fim do pregão viva-voz (PVV), tornando a bolsa totalmente eletrônica. Essa modernização introduziu um leque de oportunidades para automatizar o mecanismo de negociação deixando no passado o tempo gasto por um *Trader*<sup>1</sup> em fechar um contrato, pois era realizado manualmente. Atualmente, leva-se milésimos de segundos para executar uma oferta, através de um clique de botão, por meio de um *Home Broker*<sup>2</sup>.

No advento do pregão eletrônico (PE), muitas tecnologias vieram de encontro ao mercado financeiro. Uma dessas inovações são os *Expert Advisors* (robôs *investidores*), algoritmos inteligentes que tomam decisões ágeis e precisas, baseadas em estratégias automatizada de negociação. Os robôs investidores operam os ativos e derivados negociados na bolsa de valores de forma simultânea.

As estratégias automatizadas de negociação, segundo Schwager (2015), permitem que investidores desfrutem de vantagens como: (i) Minimizar as emoções durante o processo de negociação em um mercado agitado; (ii) Ser testada de forma objetiva aplicando as regras a dados históricos do mercado para determinar a sua eficiência; (iii) Preservar disciplina ao garantir que a estratégia seja mantida mesmo em mercados voláteis; (iv) Maior velocidade de entrada no mercado assim que as especificações forem atendidas, pois robôs respondem imediatamente as mudanças nas condições de mercado; (v) Diversificar a negociação em várias contas ou estratégias ao mesmo tempo; (vi) Administrar o controle de risco.

---

<sup>1</sup> O trader é a pessoa que compra e vende ativos financeiros em qualquer mercado financeiro com o objetivo de se beneficiar com as operações comerciais.

<sup>2</sup> *Home Broker* é uma plataforma que permite a compra e venda de ações e opções na Bolsa de Valores de São Paulo, a Brasil, Bolsa, Balcão (B3) pela internet através do computador, investindo de casa ou do escritório. (BMFBOVESPA, 2018b)

## 1.1 Justificativa

Do ponto de vista estrito da ferramenta desenvolvida, este trabalho de conclusão de curso se justifica pelos seguintes motivos:

- Um robô incapaz de performar no passado, não terá bons resultados no futuro, pois segundo LAMEIRA (2005) com os gráficos é possível “prever o futuro” analisando os padrões do passado.
- Colocar a prova a Hipótese Mercado Eficiente (HME)<sup>3</sup>: o robô investidor demonstra que é possível obter lucro no mercado financeiro por meio da compra e venda de ativos, deixando de lado o que diz a HME.
- Base de conhecimento: Criar uma base de informações para futuros trabalhos acadêmico focados em robôs investidores.

## 1.2 Objetivo Geral e Específico

No intuito de criar um mecanismo automatizado de negociação que opere contratos futuros na Brasil, Bolsa, Balcão (B3), Bolsa de Valores de São Paulo, este trabalho tem como objetivo principal: "projetar e implementar um robô investidor que receba como entrada uma série histórica financeira, e através de *machine learning* consiga identificar sinais para entrar e sair do mercado, assim comprar e vender Mini Contratos Dólar Futuro (WDO)".

Para tal,são considerados os seguintes objetivos específicos.

- Criar um robô investidor que opere o dólar na B3, através do Metatrader 5, como plataforma de negociação;
- Testar a estratégia do robô investidor em uma série histórica financeira em diferentes tempos gráficos em operações sempre *Day Trade* (realiza negociação de ativos durante um mesmo dia),e definir os parâmetros de negociação como *Stop Loss*, *Stop Gain*, período de negociação, dentre outros;
- Executar o robô investidor em uma conta *demo*, e mensurar o lucro obtido pelo robô investidor.

<sup>3</sup> A base da Hipótese da Eficiência de Mercado (HEM) está na afirmativa de que o preço de um ativo reflete as informações disponíveis sobre a instituição emissora, impossibilitando aos investidores qualquer ganho anormal (retornos superiores ao retorno ajustado ao risco de determinado ativo). O preço deste ativo seria afetado de maneira mais lenta ou mais rapidamente pelo conteúdo informacional disponível no mercado. (MUSSA et al., 2010)

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Os referenciais teóricos levantados, foram observados uma quantidade considerável de trabalhos que empregam técnicas de *machine learning*, IA, técnicas de análise gráfica e análise de mercado, assim como meios utilizados para predição mediante uso das séries históricas financeiras.

### 2.1 Análise de Mercado

O *Tape Reading*, leitura da fita ou Análise de Fluxo de Ordens, numa tradução literal trata-se de uma técnica pouco difundida no meio acadêmico, vem se tornando popular entre os investidor com a ajuda das plataformas eletrônicas. O aprendizado desta técnica não leva em consideração a teoria, pois só com a prática é possível entender como o mercado funciona, e compreender a dinâmica do Book de Ofertas<sup>1</sup>. O fluxo de ordens, consiste em rastrear os movimentos do mercado através dos números. Observado a queda de braço dos grandes compradores e vendedores e tentar prever onde o mercado tende a ir, para aproveitar deste movimento, acompanhando de onde os movimentos são originados (AMARAL, 2016).

### 2.2 Mercado Financeiro e AI

Uma análise empírica de 258 periódicos internacionais entre 2000 e 2007 feito por Wuerges e Borba (2010) em artigos na temática de estratégias para negociação em bolsas de valores, entre Redes Neurais Artificiais (RNAs), Algoritmos Genéticos e Evolucionários (AGEs), e Lógica Fuzzy (FN) verificou-se que RNAs é o método mais utilizado, correspondendo a 74,81% dos artigos analisados, e que os algoritmos híbridos são bem menos frequentes, com apenas 13,57%. A preferência pelas redes neurais na área de finanças é de 73,30% dos artigos analisados. No caso da FN os trabalhos da área de finanças correspondem 21,02%. Os algoritmos híbridos ainda são bastante raros, e sua presença é um pouco mais comum nos trabalhos de Finanças, sendo utilizados em 17,05% deles.

Kim et al. (2017) em seu trabalho de *survey* introduz a ideia de construir um sistema de comércio híbrido inteligente para descobrir regras de negociação utilizando análise de conjuntos brutos (*Rough Sets*) e algoritmo genético (GA). Os autores ressaltam a dificuldade de descobrir regras de negociação a partir de dados não-lineares e complexos,

<sup>1</sup> Book de Ofertas é o instrumento através do qual os agentes do mercado visualizam as ordens limitadas, ou seja, que estão esperando execução.

embora possam obter sucesso. São necessários dois processos, discretização dos dados e encontrar redução dos conjuntos (subconjuntos). No entanto, ambos os processos são conhecidos por serem problemas NP-Difícil. Empregado GA que são bons para resolver problemas de otimização combinatória, tornando vantajoso um modelo de sistema de negociação híbrido inteligente. Usando análise de conjuntos brutos e um GA, assim como proposto, as regras de negociação descobertas geradas pela resolução de problemas de otimização se tornam simples. O trabalho conclui que o sistema híbrido forneceu taxa de maior retorno anualizada em comparação com outras combinações experimentais, e implica que a combinação do número adequado de conjuntos de regras de decisão e o tamanho do período de formação pode melhorar o desempenho comercial. Portanto, a análise de conjunto bruto podem ajudar a gerar regras de decisão no mecanismo de descoberta de regras, enquanto o GA pode ajudar a melhorar as regras de decisão.

Em um artigo que propõe um sistema híbrido aplicando duas técnicas de predição de mercado, [Pimenta et al. \(2017\)](#) testou seis séries temporais históricas de ativos representativos do então BM&F. Utilizando doze indicadores mais representativos da Análise Técnica (AT), como os seguidores de tendências, osciladores, sistemas de bandas e identificadores de divergência. Ao separar em regras de compra e regras de venda, e aplicar programação genética, onde cada um dos indivíduos são codificados com duas regras lógicas, que sobrevivem após a seleção de recursos e os operadores lógicos AND, OR e XOR. Assim, os indivíduos da população podem tomar uma decisão, dentre (i) comprar a participação; (ii) vender a participação, ou (iii) permanecer no estado atual. Para se obter uma melhor decisão foi empregado um comitê de decisão, formado pelos indivíduos que compõem uma aproximação final de *Pareto-set*, provido pelo GA, onde maioria decide a operação a ser executada. Com resultado bastante promissor, com retorno financeiro considerável mesmo em situações em que o ativo desvalorizou consideravelmente.

## 2.3 Máquinas de Vetores de Suporte – SVM)

Para compreender como as Máquinas de Vetores de Suporte (SVM) podem ser utilizadas no contexto de séries históricas financeiras, esta seção apresenta alguns estudos para previsão de mercado com SVM.

Um dos primeiros estudos de previsão de séries temporais financeiras com SVM foi realizado por [Kim \(2003\)](#), apoiado por indicadores técnicos para identificar a direção de mudança no índice diário de preços das ações da Coréia (KOSPI). Para prever a direção da variação diária no índice de preços das ações, 12 indicadores técnicos foram usados como variáveis de entrada, especificamente: estocásticos K%, estocástico D%, estocástico lento D%, *Momentum*, ROC, Williams %R, oscilador A/D, disparidade5, disparidade10, OSCP, CCI e RSI. Com amostras diárias de dados, o número total utilizado no estudo foi de

2928 dias de negociação, no intervalo de 01/89 a 12/98, divididos em 20% dos dados para validação e 80% para treinamento. Das diversas funções de *kernel*, foram experimentadas as funções: núcleo polinomial e a função base gaussiana, que é fornecida pelo *solver* LIBSVM (CHANG; LIN, 2001). Ao comparar a SVM com de outros mecanismos de predição tais como RNA *back-propagation* (BP) e *case-based reasoning* (CBR), os rendimentos indicaram a viabilidade de uso da SVM em tempo financeiro previsões em série.

A Kara, Boyacioglu e Baykan (2011) continuaram com os estudo de Kim, porém utilizou apenas 10 indicadores técnicos dos 12 utilizados por (KIM, 2003) e com mudanças no parâmetros dos algoritmos de classificação. SMA de 10 dias, WMA de 10 dias, *Momentum*, estocástico K%, estocástico D%, RSI, MACD, Larry William's R%, A/D e CCI foram os indicadores da AT utilizados pelo autores. A RNA e SVM foram empregados na fase de treinamento e classificação dos resultados futuros, onde RNA ficaram entre 71,17% e 82,85% de acerto, enquanto os resultados com SVM foram um pouco inferiores entre, 55,29% e 80,16%, respectivamente, porém com uma taxa de acerto expressiva. Os resultados que apontaram a função polinomial implementada no *Kernel* da SVM apresentou o melhor resultado.

A SVM serviu como base no trabalho de Calainho (2015) para previsão do movimento de índice, aplicado ao contexto do mercado nacional, ao utilizar dentre outros o índice BOVESPA. O experimento analisou uma série histórica financeira que abrangem o período de 22/01/2001 até 22/09/2015. Com o uso de dois indicadores da AT ( o Índice de Força Relativa e Médias Móveis Convergentes e Divergentes) e os Log-Retornos dos índices, determinou-se o mercado estava em tendência de subida ou de descida, e a probabilidade da previsão. A SVM serviu como classificador do movimento dos índices em duas classes: classe 0 ( $y = -1$ ) ou movimento de queda, e classe 1 ( $y = +1$ ) ou movimento de alta. Os testes foram divididos em duas etapas, uma para treinamento e cálculo dos parâmetros para SVM, e uma testar a previsibilidade da máquina incluindo intervalos de validação e teste. O estudo apresentou uma taxa de acerto de 70,76% para o índice IBrX-50, em períodos diários.

Żbikowski (2015) propõe uma versão modificada do classificador SVM, a Máquina de Vetores de Suporte com Volume Ponderado (VW-SVM), que tem a capacidade de prever tendências de curto prazo no mercado de ações. A modificação é baseada na suposição de que a incorporação do volume de transações na função de penalidade pode levar a uma melhor previsão de tendências futuras. O trabalho fez suas análises com indicadores AT selecionados através de *Fisher Score* ( $F$ -score)<sup>2</sup>, mais especificamente como: *Average True Range* (ATR), *Vortex Indicator*, *OBV*, *William's %R*, *RSI*. O conjunto de dados foi composto por cotações diárias de 420 ações do índice S&P 500. Através do resultado do algoritmo de classificação, realizou-se operações de compra ou venda da ação. Por fim, a

<sup>2</sup> [https://en.wikipedia.org/wiki/Scoring\\_algorithm](https://en.wikipedia.org/wiki/Scoring_algorithm)

combinação das técnicas de VW-SVM e *F-score* obteve um resultado 92,93% de taxa de retorno.

Em outra versão, uma *Support Vector Regression* (SVR) que usa o mesmo princípio da classificação SVM, Beltrami Monica (2011) comparou o desempenho e a viabilidade de aplicação no mercado brasileiro de uma SVR com uma RNA, analisando dados referentes as ações da Petrobras PN negociados na BOVESPA entre 11/2008 a 05/2009. A classificação dos dados foi realizada conforme o grau de opção *moneyness*<sup>3</sup>, que avaliou o comportamento dos modelos com relação a precificação. Em um período diário, a SVR recebeu como entrada o preço da ação, preço de exercício e o período até o vencimento da opção e os parâmetros constante de regularização  $C=100$ , margem  $\varepsilon=0,05$ , função *kernel* polinomial não homogêneo com grau  $p=5$  e constante  $k=1$  (BELTRAMI, 2009). Os resultados mostraram o desempenho da SVR foi superior ao da RNA na precificação de opções classificada *moneyness*. Para cada série de opções comparou-se o valor do erro quadrático relativo médio (EQRМ) obtido pelo modelo de SVR com o valor do EQRМ obtido pelo modelo de RNA. Ambas as técnicas conseguiram fornecer resultados satisfatórios, o percentual de acertos dos movimentos de subida e descida dos preços das opções. No entanto, o SVR apresentou um percentual de acertos maior que o da RNA.

## 2.4 Trabalhos relacionados

Em um artigo publicado por Readhead (2016) na comunidade MT5, ele apresenta um *Expert Advisor* para mostrar o uso típico das SVM no mercado financeiro. Na publicação, são criadas duas máquinas de vetores de suporte com a biblioteca *svMachineTool*<sup>4</sup>, que é de fim comercial, e desenvolvida pelo autor. Uma SVM é configurada e treinada para sinalizar novos negócios de compra e a outra é também treinada e configurada para sinalizar novos negócios de venda. Sete indicadores padrões são utilizados para treinamento de ambas as SVM's, e com a possibilidade de utilizar outros indicadores da AT. Porém, no artigo não existe nenhum dado da eficiência, e qual o nível de acurácia do *Expert*.

<sup>3</sup> Em finanças, *moneyness* é a posição relativa do preço atual (ou preço futuro) de um ativo subjacente (por exemplo, uma ação) em relação ao preço de exercício de um derivativo, mais comumente uma opção de compra ou uma opção de venda.

<sup>4</sup> <https://www.mql5.com/pt/market/product/442>. Acessado Jul/2018

## 3 MATERIAIS E MÉTODOS

### 3.1 Materiais

Esta seção apresenta a ferramenta e a biblioteca utilizadas para desenvolvimento do Thaler.

#### 3.1.1 MetaTrader 5

Para implementar o robô investidor foi utilizado a plataforma institucional multi-mercado MetaTrader 5<sup>1</sup> (MT5), Figura 1, desenvolvida pela MetaQuotes *Software Corp*, uma empresa de desenvolvimento de *software* especializada em B2B, criada em 2000, com sede em Kazan, Rússia. Lançado em 2010, o *software* é destinado a organizar serviços de corretagem, concede aos investidores *online* a opção de negociar com várias classes de ativos do mercados financeiros como: forex, ações, índices de ações, metais preciosos, energias e mercadorias (*commodities*).

Figura 1 – Plataforma MetaTrader 5.



Fonte: Elaborado pelo autor.

<sup>1</sup> <https://www.metatrader5.com/pt>

O MT5 utiliza a *MetaQuotes Language 5* (MQL5), linguagem de programação de alto nível orientada a objetos e baseada em C++. Ela possibilita criar robôs de negociação, indicadores técnicos, *scripts* e bibliotecas, além de incluir um grande número de funções necessárias para a análise de cotações. Para conectar-se à B3, faz-se uso do protocolo FIX4.4 (*Financial Information eXchange*)<sup>2</sup>, uma especificação técnica para comunicação eletrônica de mensagens relacionadas ao comércio certificada pela B3 (BMFBOVESPA, 2018b) com objetivo de enviar e receber dados do mercado e atendendo a entrega de informações em tempo real, que também possui suporte de múltiplas moedas e outros ativos.

O *software* é licenciado para corretoras de câmbio e bancos, que fornecem acesso aos seus clientes e permite negociar com dois tipos de contas (*demo* ou real). A conta *demo* possibilita negociar em um ambiente simulado sem dinheiro real, ao mesmo tempo que é possível desenvolver e testar a estratégia de negociação compatível com estilo do *trader*. Ela possui a mesma aplicabilidade que uma conta real, a diferença é que a conta *demo* pode ser aberta sem fazer nenhum investimento prévio, apenas realizar o cadastro em uma corretora. Os dados do mercado são transmitido com 15 minutos de atraso para todos os ativos negociados na B3, (os índices de ações como por exemplo o índice de ações IBOV, são a única exceção), e seus dados estão disponíveis em tempo real).

O Thaler negociou em uma das 5 contas *demo* disponibilizada pela XP Investimentos<sup>3</sup>, cada conta com R\$100.000,00 para realizar testes de estratégia e *backtesting*, onde é possível otimizar e extrair o máximo de informação do processo para encontrar as falhas e fortalecer os acertos da estratégia, assim aplicar no mercado em uma conta real. A XP libera suas séries histórias financeiras para realização de testes somente a partir de junho de 2012 (XP, 2018).

### 3.1.1.1 Testador de Estratégia

O MT5 oferece uma ferramenta para testar a qualidade e eficiência nas estratégias de um robô investidor, e assim selecionar os melhores parâmetros de entrada que dependendo da estratégia pode haver milhares de combinações.

O Testador de Estratégia<sup>4</sup>, Figura 2, utiliza a série histórica financeira de um determinado ativo, ou moeda, analisa as cotações acumuladas, e simula negociações, permite apurar se a estratégia do robô obteve lucro ou prejuízo no passado. Em pouco tempo, é possível testar a estratégia do robô em um longo intervalo de tempo. A ferramenta permite acompanhar as ordens abertas e encerradas em modo gráfico, e facilita a análise dos dados. O processo de teste pode ser avançado ou pausado a qualquer momento, e

<sup>2</sup> <https://www.fixtrading.org>

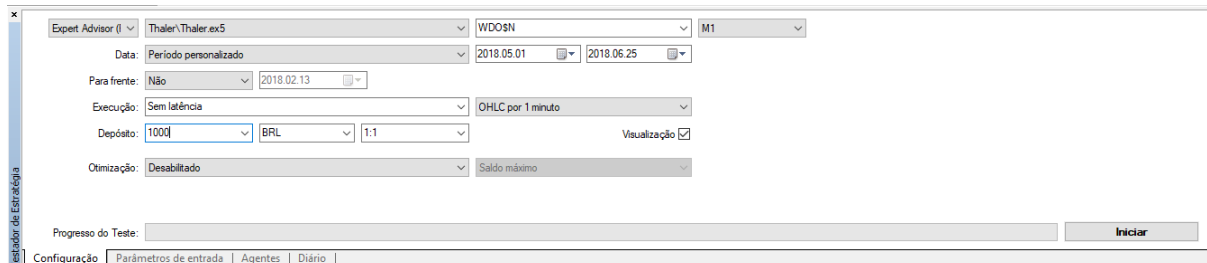
<sup>3</sup> <https://investimentos.xpi.com.br/>

<sup>4</sup> <https://www.metatrader5.com/pt/automated-trading/strategy-tester>



permite visualizar a negociação realizada naquele instante, assim como os valores dos indicadores da AT selecionados na estratégia.

Figura 2 – Testador de Estratégia



Fonte: Elaborado pelo autor.

Uma importante função do Testador de Estratégia é a otimização de robô que permite selecionar os melhores valores de parâmetros dos indicadores da AT. Através da otimização é analisado uma gama de parâmetros até encontrar o que proporciona maior rentabilidade, com o menor risco. O robô é submetido a uma massa de teste até que os melhores parâmetros sejam apresentados no final dos testes. A combinação pode gerar centenas de milhares de possibilidade de entradas, que causa uma enorme lentidão no processo de otimização. Os Algoritmos Genéticos<sup>5</sup> são utilizados para acelerar consideravelmente a otimização, que seleciona apenas os parâmetros que correspondem aos critérios de otimização, e cruza as combinações ótimas locais.

### 3.1.2 LIBSVM

A LIBSVM desenvolvida por Chi-Chung Chang e Chih-Jen Lin (CHANG; LIN, 2001) é um dos pacotes de SVM mais utilizados em artigos acadêmicos. Possui bibliotecas de aprendizado computacional com ferramentas e funções que implementam SVM, aplicadas tanto em problemas de regressão quanto em problemas de classificação. Inclui a SVM padrão, *v*-SVM, Regressão e também *One Class SV*, que tenta realizar aprendizagem não-supervisionada. As principais funcionalidades da biblioteca são:

- *svm-scale*: normaliza os vetores de características usados na SVM;
- *svm-train*: realiza a fase de treinamento e constrói um modelo usado na fase de testes e validação;
- *svm-predict*: Utiliza o modelo gerado na fase de treinamento para classificar determinada amostra no conjunto positivo ou negativo.

<sup>5</sup> [https://www.metatrader5.com/pt/terminal/help/optimization\\_types](https://www.metatrader5.com/pt/terminal/help/optimization_types)

### 3.1.3 Setup Experimental

O *backtest* foi executado em um Ultrabook Dell com as seguintes configurações:

**Modelo** Dell Inspiron 14z 5423

**Processador** Intel Core i5-3337U (up to 2.7GHz, 3Mb Cache)

**Memória** 8GB,DDR3,2 DIMM, 1600MHZ

**Sistema Operacional** Windows 10 Pro 64-bit

Esta configuração não é recomendada para trabalhar com grandes quantidades de dados e muitas chamadas de sistema, com isso o equipamento sofreu com a execução, ocorrendo muitos travamentos ao ocupar 100% do processador e cerca de 60% da memória RAM. A execução mais demorada levou cerca de 5 horas, no tempo gráfico de 1 min.

## 3.2 Métodos

Nesta seção, são descritos os mecanismos utilizados para prever as movimentações futuras dos ativos e sinalizar a operação.

### 3.2.1 Análise Técnica

Análise Técnica, conforme conceitua (NORONHA, 1995), é a abordagem de avaliação do melhor momento para iniciar e encerrar uma operação de compra e venda utilizando gráficos dos preços e volumes retroativo dos ativos financeiros, e teorias criadas através de padrões sobre sua dinâmica. As informações de preços, volumes e contratos em abertos são fundamentais para emprego da AT, sendo desprezadas outras fontes de informação. Portanto, não é influenciada por terceiros, como indivíduos, fatos ou notícias.

Contrariando a teoria da Hipótese do Mercado Eficiente (HME), que acredita na ineficácia de previsão dos preços de ativos financeiros, os investidores que utilizam a AT entendem que é possível identificar padrões de tendências a partir do comportamento passado de uma série histórica financeira e, desta forma, definir investimentos futuros [Pimenta (2017)].

A AT, contrapondo método *Tape Reading*, onde interessa identificar os grandes *player*, é a arte de rastrear o mercado seguindo os passos do “dinheiro esperto” na multidão, onde não há interesse em identificar quem são eles, apenas interesse em seus passos.

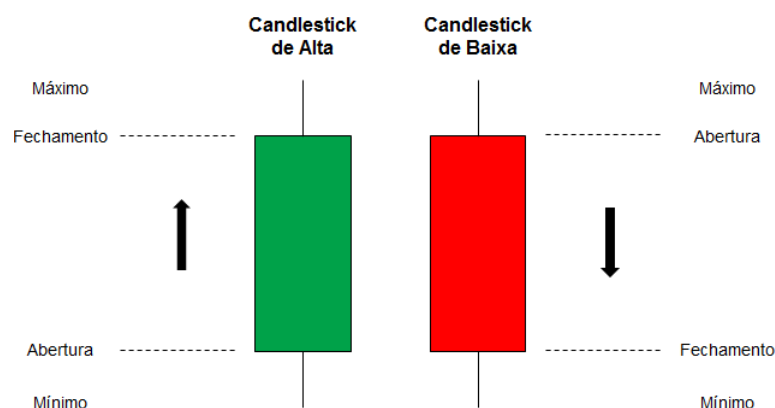
Segundo (MURPHY, 1999), uma das vantagens da AT é sua adaptabilidade em qualquer mercado, sendo ele com pouca tendência para outro que apresente forte tendência. Permite que o investidor mudar de mercado sem mude a estratégia. Poder ser

utilizado em qualquer intervalo de tempo entre os valores: 1 minuto, 1 hora, 1 dia, 1 ano, entre outros.

O método utilizado para observar o mercado através da AT são os Indicadores da Análise Técnica, uma série de valores derivados de aplicação e fórmulas sobre a série de preços de um ativo.

Os indicadores podem considerar qualquer combinação de critérios, como os valores de: Abertura; Fechamento; Máxima; Mínima; Volume. No gráfico, esses valores são representados visualmente pela figura gráfica como um *candle*. As cores mais usuais são vermelho para baixa de preço e verde para alta de preço, como pode ser visto na Figura 3.

Figura 3 – Representação gráfica *candle*.



Fonte: [goo.gl/n9MCXu](http://goo.gl/n9MCXu). Acessado em Jul/2018

No estudo realizado por (PIMENTA et al., 2017), foram selecionados representantes dos principais grupos de indicadores da AT que garantiram excelentes resultados. Ao considerar este fato, foi escolhido alguns indicadores do experimento e outros escolhidos por terem ótimos desempenhos em operações *Day Trade*<sup>6</sup>. Os indicadores são utilizados no treinamento da SVM, para classificar futuros movimento dos ativos. Os indicadores da AT são divididos em 4 categorias: Indicadores de Tendência, Osciladores, Indicadores de Volumes e os Indicadores Bill Williams.

Todos os gráficos desta seção foram aplicados na série histórica da cotação do Mini Dólar - Contratos Futuros (WDOJ18), no período 19/03/2018 e 21/03/2018, tempo 10 min. Gráfico gerado pelo MT5 Terminal *Version: 5.0*.

<sup>6</sup> *Day Trade* é uma modalidade de negociação utilizada em mercados financeiros, que tem por objetivo a obtenção de lucro com a oscilação de preço, ao longo do dia, de ativos financeiros.

### 3.2.1.1 Indicadores de Tendência

Tendência é a direção ou sentido atuais do mercado, dessa forma pode ser de subida ou descida, em alguns casos o mercado pode apresentar uma lateralidade, onde os preços andam "de lado" pelo gráfico (FERREIRA, 2011).

#### 3.2.1.1.1 Média Móvel Simples

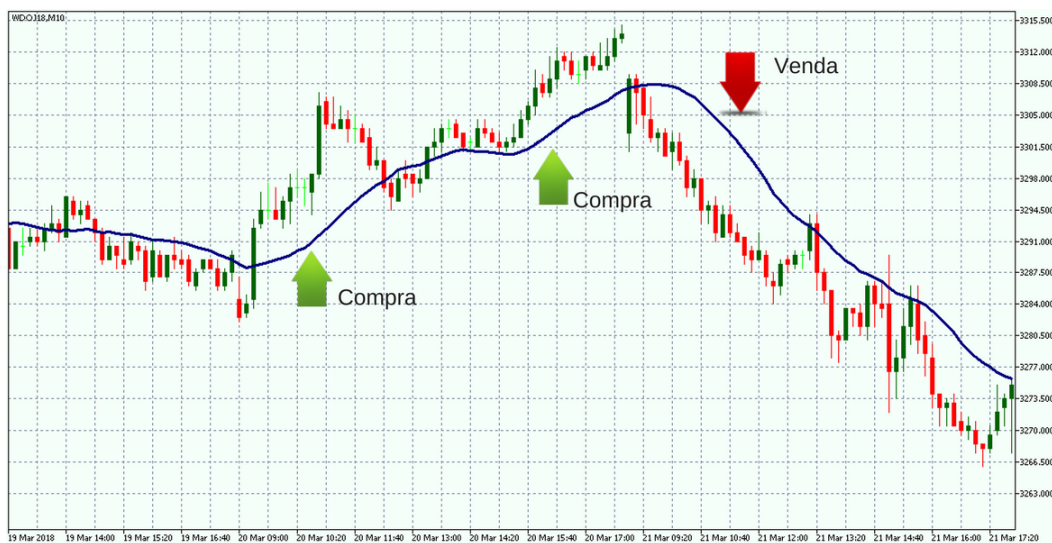
Conhecido como Indicador Técnico *Simple Moving Average* (SMA), nada mais é do que a média dos preços em um determinado período de tempo. A SMA aumenta ou diminui de acordo com a mudança dos preços. O cálculo é realizado através do somatório do valor de fechamento, ao longo de um período de tempo N, dividido pelo número de períodos, (Equação 3.1 (TENLLADO, 2011)). O número de períodos depende do tempo do gráfico e do investidor. Como padrão utiliza-se 21 períodos (MT5, 2018).

$$SMA = \frac{\sum_{i=1}^N Pf(i)}{N} \quad (3.1)$$

onde:

- i - período corrente (data atual);
- Pf - preço de fechamento do período atual;
- N - número de períodos de cálculo.

Figura 4 – Exemplo de SMA, com 21 períodos no tempo 10 min.



Fonte: Elaborado pelo autor

A SMA quando apresenta uma curva acendente, significa que o preço está aumentando, e quando a SMA indica uma curva descendente, significa que o preço está diminuindo, como pode ser visto na Figura 4.

### 3.2.1.1.2 Média Móvel Exponencial

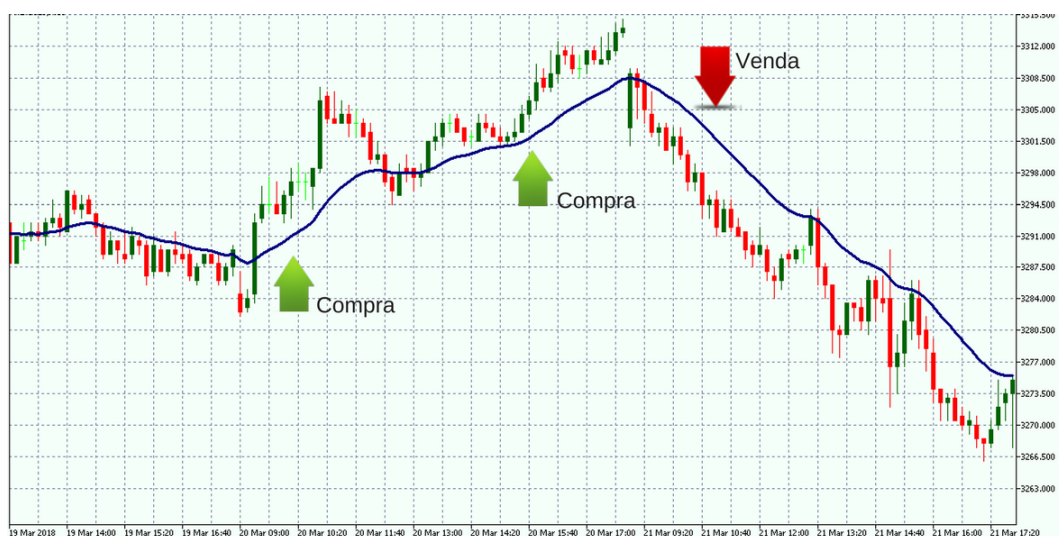
O cálculo da *Exponential Moving Average* (EMA), é uma Média Móvel Ponderada, que dá mais peso ou importância aos dados de preço recentes do que a média móvel simples e que responde mais rapidamente às mudanças recente de preço (MT5, 2018)(TENLLADO, 2011). EMA é calculada pela soma de uma determinada parte do preço de fechamento atual, no valor anterior da SMA. Com a EMA, os últimos preços de fechamento são de maior valor, como se vê na equação 3.2 (TENLLADO, 2011).

$$EMA = (Pf(i) * P) + (EMA(i - 1) * (1 - P)) \quad (3.2)$$

Onde:

- $i$  - período corrente (data atual);
- $Pf$  - preço de fechamento do período atual;
- $EMA(i - 1)$  - valor da *moving average* do período anterior;
- $P$  - porcentagem de uso do valor do preço.

Figura 5 – Exemplo de EMA, com 21 períodos no tempo 10 min.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Adequado para os mercados em tendências, a análise da EMA é semelhante a SMA, sinal de compra quando apresenta uma curva acendente e sinal de venda quando apresenta uma curva descendente, como pode ser visto na Figura 5.

### 3.2.1.1.3 Bandas Bollinger®

O Indicador Técnico Bandas Bollinger (BB), desenvolvido pelo famoso *trader* técnico John Bollinger <sup>7</sup>, é plotado a dois desvios padrão de uma SMA, ao criar assim um envelope a uma distância fixa (%) a partir da SMA 21 períodos (MT5, 2018) (BOLLINGER, 2001). O desvio padrão é uma medida de volatilidade: quando os mercados se tornam mais voláteis a distância das bandas se ampliam, portanto, durante períodos menos voláteis, a distâncias das bandas se diminuem. O cálculo para gerar as duas linhas do envelope BB se dá pelas Equações 3.4 e 3.3 . A linha do meio é habitualmente uma média móvel.

$$BBS = SMA + (D * StdDev) \quad (3.3)$$

$$BBI = SMA - (D * StdDev) \quad (3.4)$$

Onde:

- D - número de desvios padrão
- SMA – média móvel simples;
- StdDev – desvio padrão:
- BBS - Bandas Bollinger superior
- BBI - Bandas Bollinger inferior

Aproximadamente 90% dos preços se dispõem entre as duas bandas. A valorização de um contrato ocorre quando o preço rompe a banda inferior e retorna para dentro das bandas, isso indica um sinal de compra. O contrato se desvaloriza se o preço ativo rompe a banda superior, que indica um sinal de venda, como está demonstrado na Figura 6.

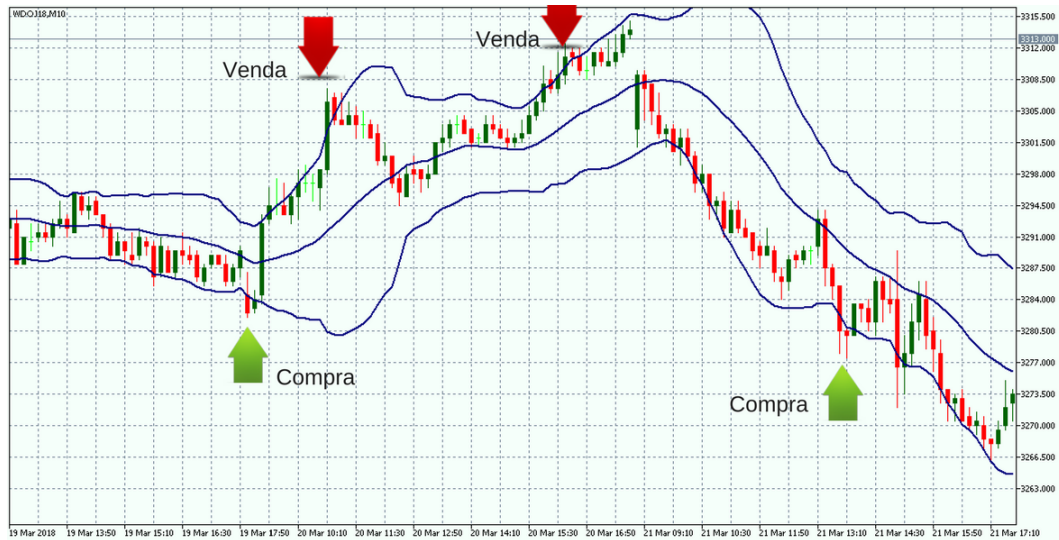
### 3.2.1.1.4 Oscilador Chaikin

O Chaikin Oscillator, (CHO) é a diferença das médias móveis de Acumulação/Distribuição (A/D) (MURPHY, 1999). Criado por, Marc Chaikin<sup>8</sup>, o CHO é um oscilador

<sup>7</sup> [https://en.wikipedia.org/wiki/John\\_Bollinger](https://en.wikipedia.org/wiki/John_Bollinger)

<sup>8</sup> [https://en.wikipedia.org/wiki/Marc\\_Chaikin](https://en.wikipedia.org/wiki/Marc_Chaikin)

Figura 6 – Exemplo de BB, com 21 períodos, desvio padrão 2.00 e no tempo 10 min.



Fonte: Elaborado pelo autor

que mede a linha de A/D da Divergência de Convergência da Média Móvel (MACD). O CHO é calculado subtraindo uma EMA de 10 dias da linha de A/D de uma EMA de 3 dias da linha de A/D e realça o momento implícito na linha de A/D (TENLLADO, 2011), como pode ser visto na equação 3.5.

$$CHO = EMA(A/D, 3) - EMA(A/D, 10) \quad (3.5)$$

Onde:

- EMA — Média Móvel Exponencial;
- A/D — valor do indicador Acumulação/Distribuição

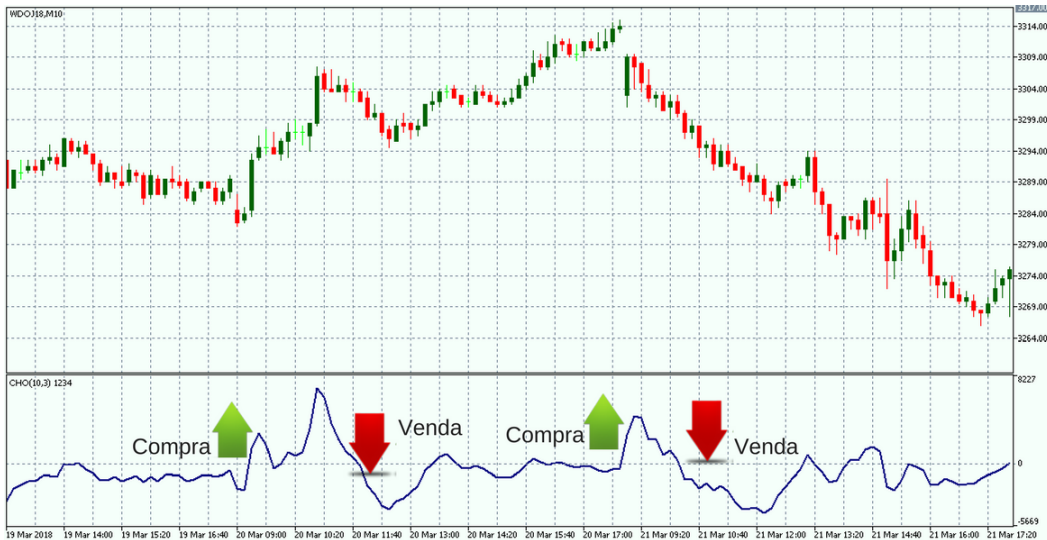
Uma mudança em sua direção do CHO, é um sinal para uma compra ou venda, mas somente se ele coincide com a direção da tendência dos preços (MT5, 2018). O indicador cruzar o eixo 0 ascendente é uma indicação de alta, sinal para compra e quando cruzamento do eixo 0 for descendente, é uma indicação de baixa, sinal para venda (PIMENTA, 2017), visto no Figura 7.

#### 3.2.1.1.5 Williams Percent Range

O *Williams Percent Range* (%R), um indicador de momento, foi desenvolvido por Larry Williams<sup>9</sup>, e mede os níveis de sobrevenda e sobrecompra, de igual maneira ao

<sup>9</sup> [https://en.wikipedia.org/wiki/Larry\\_R.\\_Williams](https://en.wikipedia.org/wiki/Larry_R._Williams)

Figura 7 – Exemplo de CHO, com EMA 3 e 10 períodos no tempo 10 min.



Fonte: Elaborado pelo autor

oscilador estocástico (MT5, 2018). O %R é utilizado para saída e entrada no mercado, com intervalo de 14 períodos. Ele compara o fechamento de um ativo ao intervalo de alto-baixo ao longo do tempo. A Equação 3.6 é usada para calcular o %R.

$$\%R = \frac{-(\text{Max}(\text{Max}(i - n)) - \text{Pf}(i))}{(\text{Max}(\text{Max}(i - n)) - \text{Min}(\text{Min}(i - n)))} * 100 \quad (3.6)$$

Onde:

- $i$  - período corrente (data atual);
- $\text{Pf}(i)$  - preço de fechamento do período;
- $\text{MAX}(\text{Max}(i - n))$  - o máximo mais alto para períodos  $n$  anteriores;
- $\text{MIN}(\text{Min}(i - n))$  - o mínimo mais baixo para períodos  $n$  anteriores.

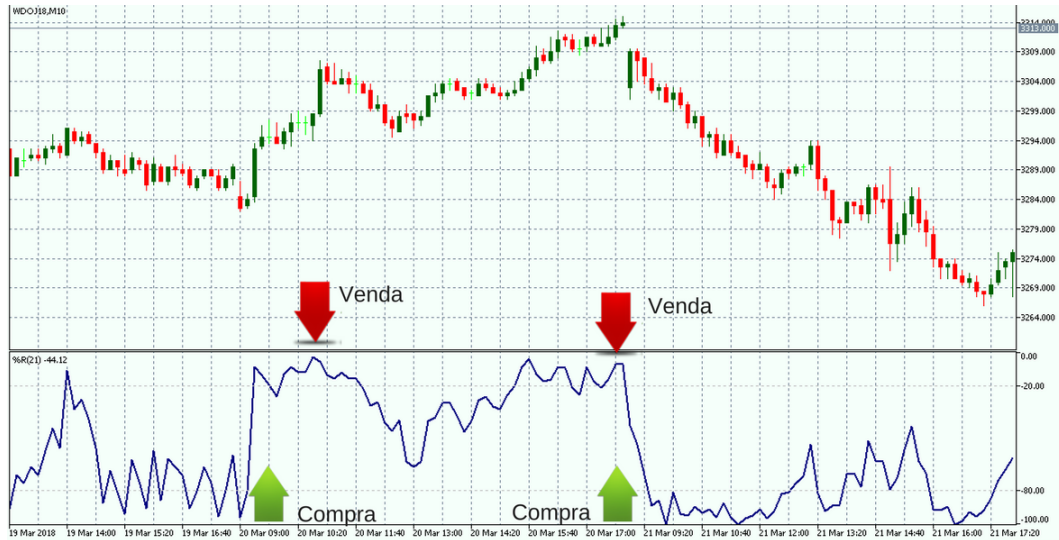
O %R oscila de 0 a -100, sua leitura funciona com as seguintes regras: quando o indicador varia de 0 a -20, isso indica uma valorização no contrato, e sinal para compra; quando apresenta os valores de -80 a -100, indica desvalorização no contrato e sinal para venda. A Figura 8 ilustra esse resultado.

### 3.2.1.1.6 Média Móvel Convergente e Divergente

O indicador Média Móvel Convergente e Divergente (MACD), é um indicador de momento seguidor de tendências. Ele indica a correlação entre duas Médias Móveis de



Figura 8 – Exemplo de %R, com 14 períodos no tempo 10 min.



Fonte: Elaborado pelo autor

um preço (MT5, 2018)(TENLLADO, 2011). O MACD é calculado subtraindo a EMA de 26 dias de uma EMA de 12 dias. Uma EMA de 9 dias do MACD, chamada de "linha de sinal", é então plotada no topo do MACD. Funciona como indício para os sinais de compra e venda, eficaz em mercados de grandes oscilações e pode ser interpretado de três formas: cruzamentos, condições de sobrecompra/sobreventa, e divergências. Para calcular sinal e MACD, é utilizado as seguinte equações 3.7 e 3.8

$$MACD = EMA(Pf, 12) - EMA(Pf, 26) \quad (3.7)$$

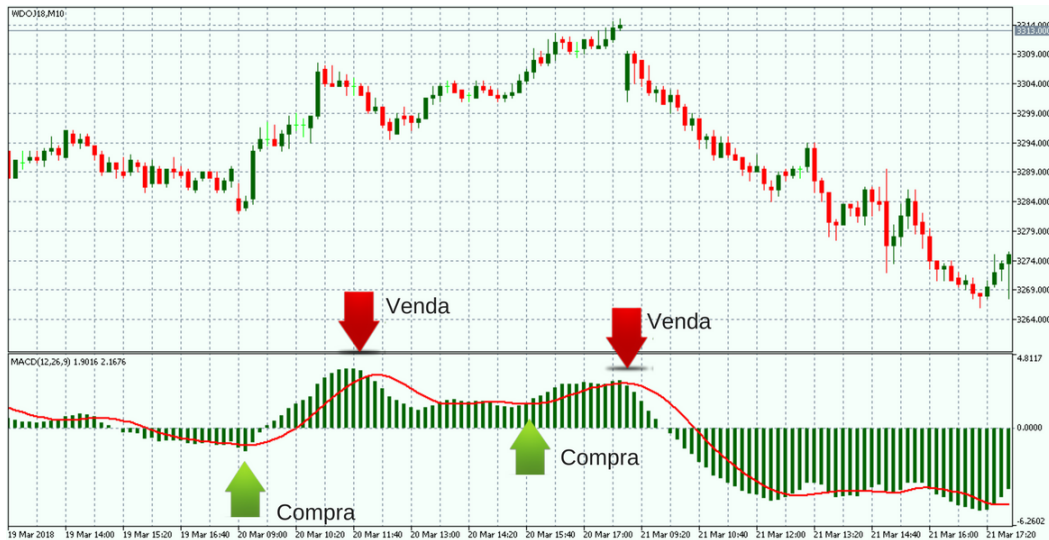
$$SIGNAL = SMA(MACD, 9) \quad (3.8)$$

Onde:

- EMA – média móvel exponencial;
- SMA – média móvel simples;
- SIGNAL – linha de sinal do indicador.

A regra de negociação com MACD se dá com o cruzamento do indicador com a sua linha de sinal, se MACD ficar abaixo da linha de sinal. Se uma desvalorização do contrato, e um sinal de venda, e se ficar acima da linha de sinal, então é uma valorização do contrato e indica um sinal de compra, como pode ser visto na Figura 9.

Figura 9 – Exemplo de MACD, EMA 12, EMA 26, e SMA 9 períodos no tempo 10 min.



Fonte: Elaborado pelo autor

### 3.2.1.1.7 Índice de Força Relativa

O indicador Técnico Índice de Força Relativa (RSI), criado pelo analista técnico J. W. Wilder<sup>10</sup>, compara a magnitude dos ganhos e perdas recentes em um período de tempo especificado para medir a velocidade e a variação dos movimentos de preço de um contrato. O RSI acompanha os preços e varia entre 0 e 100 (MT5, 2018), normalmente formando um topo acima de 70 e um fundo abaixo de 30. Ele geralmente faz esses topos e fundos antes do gráfico de preços. Para calcular o RSI é utilizado a seguinte equação 3.9.

$$RSI = 100 - \frac{100}{1 + \frac{U}{D}} \quad (3.9)$$

Onde:

- U – o valor médio da variação dos preços positivos;
- D – o valor médio da variação dos preços negativos.

A valorização do contrato é dada quando o RSI rompe a linha inferior,  $RSI < 30$ , apresentando um sinal de compra. A desvalorização contrato ocorre se o RSI romper o limite superior  $RSI > 70$ , como é visto na Figura 10.

<sup>10</sup> [https://en.wikipedia.org/wiki/J.\\_Welles\\_Wilder\\_Jr.](https://en.wikipedia.org/wiki/J._Welles_Wilder_Jr.)

Figura 10 – Exemplo de RSI, 14 períodos no tempo 10 min.



Fonte: Elaborado pelo autor

### 3.2.1.1.8 Oscilador Estocástico

O Oscilador Estocástico (OE) elaborado pelo americano George C. Lane<sup>11</sup>, compara o preço de fechamento de um contrato com intervalo de seus preços durante um certo período de tempo. O OE é apresentado como duas linhas no gráfico, a linha principal chama-se %K. A segunda linha %D é a média móvel da linha %K. Por padrão, %K é apresentada como uma linha sólida, e %D é apresentada como pontilhada (MT5, 2018). O OE é calculado com as seguintes equações 3.10 e 3.11. A equação para %K é:

$$\%K = \frac{(Pf - \text{MIN}(\text{Min}(\%K)))}{(\text{MAX}(\text{Max}(\%K)) - \text{MIN}(\text{Min}(\%K)))} * 100. \quad (3.10)$$

Onde:

- Pf – preço de fechamento de hoje;
- MIN (Min (%K)) – o mínimo mais baixo para o número de períodos %K;
- MAX (Max (%K)) – o máximo mais alto para o número de períodos %K.

A média móvel %D é calculada de acordo com a equação:

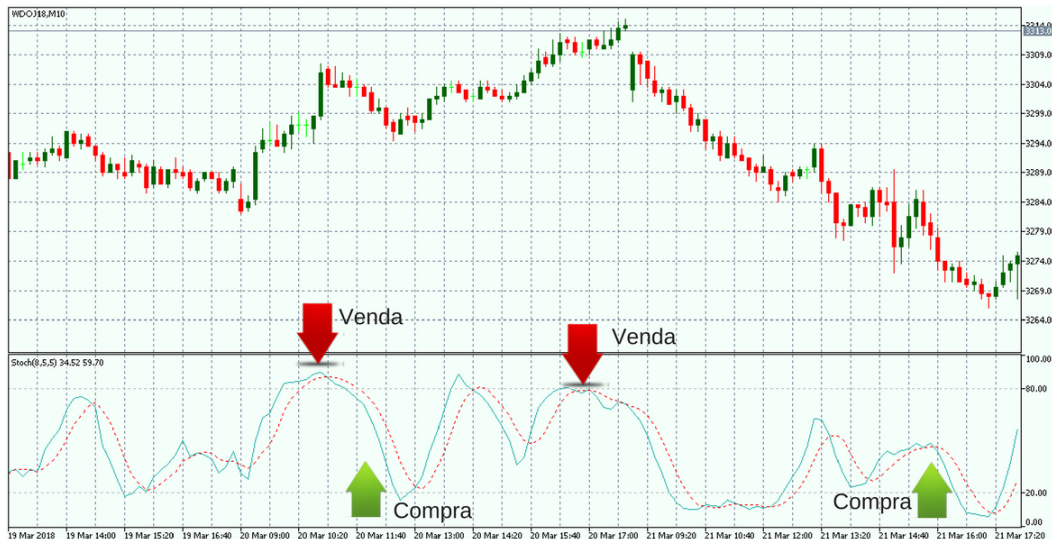
$$\%D = \text{SMA}(\%K, N) \quad (3.11)$$

Onde:

<sup>11</sup> [https://en.wikipedia.org/wiki/George\\_Lane\\_\(technical\\_analyst\)](https://en.wikipedia.org/wiki/George_Lane_(technical_analyst))

- N – período de suavização;
- SMA – média móvel simples.

Figura 11 – Exemplo de OE, %k 8 períodos, %D 8 períodos, retardar 5, e utiliza SMA no tempo 10 min.



Fonte: Elaborado pelo autor

A valorização do contrato ocorre quando o oscilador (%K ou %D) romper o limite inferior que é padronizado em 20, assim emitindo um sinal de compra. A desvalorização, e por consequência um sinal de venda, ocorre quando o oscilador rompe o limite superior, padronizado e habitualmente valor 80. Ilustrado na Figura 11. De outra forma sinal de compra, se a linha %K subir acima da linha %D, sinal de venda, se a linha %K cair abaixo da linha %D.

### 3.2.1.2 Indicadores de volumes

Volume é o número de ações ou contratos negociados no mercado durante um determinado período de tempo. Para cada contrato comprado, há um vendido e cada transação contribui para a contagem do volume total.

#### 3.2.1.2.1 Acumulação/Distribuição

O indicador Acumulação/Distribuição (A/D), é constituído pela variação de preço e volume. Avalia a oferta e a demanda determina, e se os investidores estão comprando (acumulação) ou vendendo (distribuição) um determinado contrato, prevendo grandes movimentos de preços (MT5, 2018). O volume age como um coeficiente de ponderação

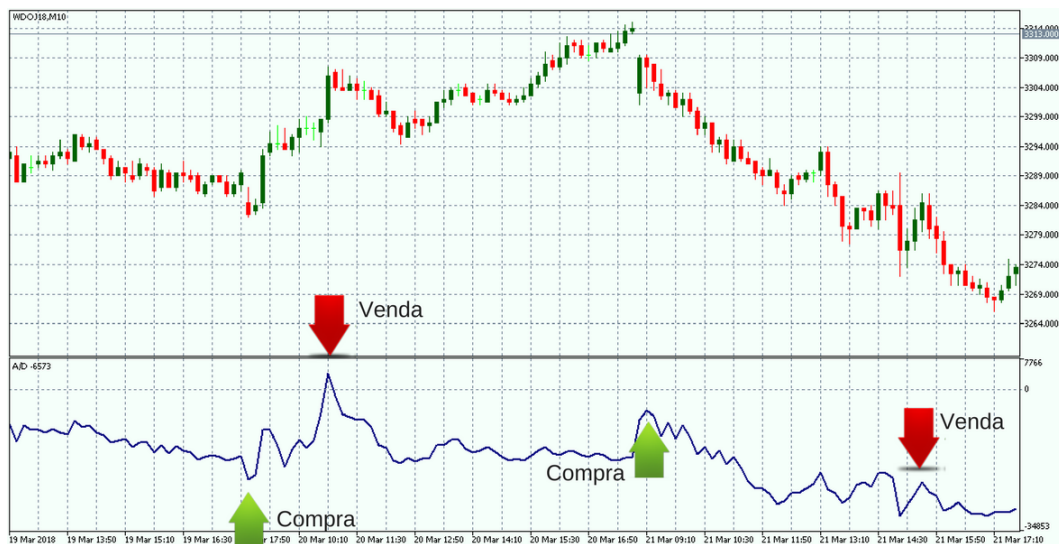
na mudança de preço: quanto maior o volume, maior será a contribuição da alteração de preço no valor do indicador. O cálculo do A/D é dado pela equação.

$$A/D(i) = \frac{((Pf(i) - Min(i)) - (Max(i) - Pf(i)) * VOL(i))}{(Max(i) - Min(i)) + A/D(i - 1)} \quad (3.12)$$

Onde:

- $i$  - período corrente (data atual);
- $A/D(i)$  - valor do indicador Acumulação/Distribuição para a barra atual;
- $Pf(i)$  - preço de fechamento da barra;
- $Min(i)$  - preço mínimo da barra;
- $Max(i)$  - preço máximo da barra;
- $Vol(i)$  - volume;
- $A/D(i-1)$  - valor do indicador Acumulação/Distribuição para a barra anterior.

Figura 12 – Exemplo de A/D, no tempo 10 min.



Fonte: Elaborado pelo autor

A valorização de um contrato, se dá quando o preço de fechamento atual é maior que preço de fechamento do período anterior e A/D atual maior que o A/D período anterior, o gráfico indica um sinal de venda. A desvalorização de um contrato, é quando preço de fechamento atual é menor que preço de fechamento período anterior e o A/D atual menor que A/D anterior, indica sinal de venda, como pode ser visto na Figura 12.

### 3.2.1.2.2 Volume Taxa de Variação

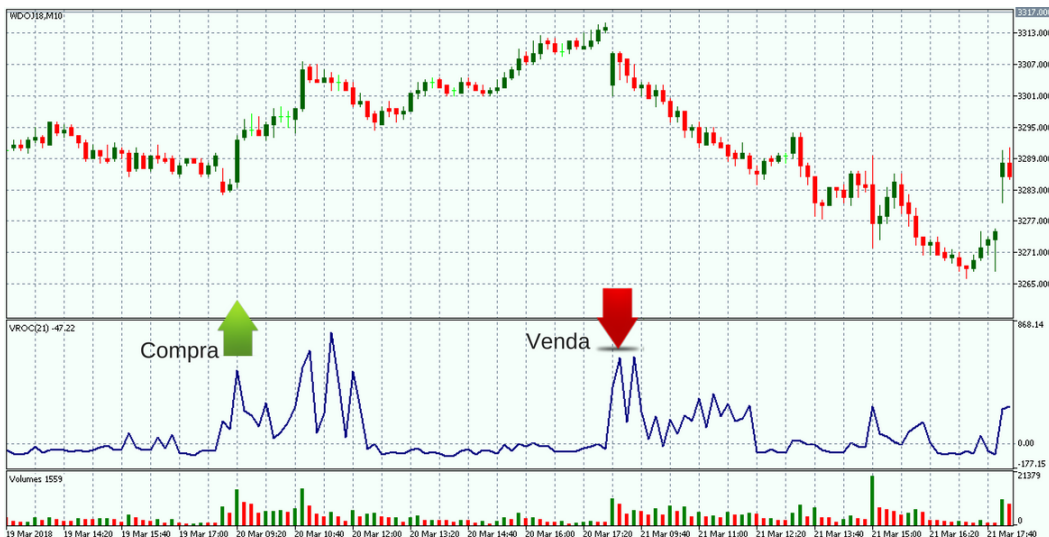
O indicador Volume Taxa de Variação (VROC) é um indicador de direção que aponta onde a tendência de volume se move (MT5, 2018). O indicador é a diferença entre o volume da barra atual e do volume de N períodos atrás. Se o volume da barra atual é maior do que era N períodos atrás, o valor do indicador vai ser positivo. Se o volume atual é mais baixo, VROC irá apresentar um valor negativo. Assim, o indicador dá uma ideia da velocidade de mudança de volume, como pode ser visto na Equação 3.13.

$$VROC = \frac{VOL(i) - VOL(i - N)}{VOL(i - N)} * 100 \quad (3.13)$$

onde:

1. i - período corrente (data atual);
2. VOL(i) - volume da barra atual;
3. VOL(i - N) - volume de N barras atrás;

Figura 13 – Exemplo de VROC, 21 períodos no tempo 10 min.



Fonte: Elaborado pelo autor

Uma alta no preço de um contrato, combinado com a alto no VROC, indica uma valorização no contrato, ou sinal de compra, e quando uma aumento no VROC, e uma diminuição no preço do contrato, indica uma desvalorização, ou sinal de venda, ilustrado na Figura 13.

### 3.2.1.2.3 *On-Balance Volume*

O Indicador Técnico *On Balance Volume* (OBV), criado por Joseph Granvill<sup>12</sup> (GRANVILLE, 1969), é um indicador que relaciona o volume à alteração de preço. Se o preço de fechamento da barra atual é maior do que a barra do período anterior, o volume da barra atual é inserido ao OBV anterior; caso contrário, se o preço de fechamento da barra atual é menor do que a barra do período anterior, o volume atual é diminuído do OBV anterior. O cálculo do OBV, pode ser visto nas condições das equações 3.14.

$$OBV(i) = \begin{cases} OBV(i-1) + VOL(i), & \text{se } Pf(i) > Pf(i-1); \\ OBV(i) = OBV(i-1) - VOL(i), & \text{se } Pf(i) < Pf(i-1); \\ OBV(i) = OBV(i-1), & \text{se } Pf(i) = Pf(i-1); \end{cases} \quad (3.14)$$

Onde:

- $i$  - período corrente (data atual);
- $OBV(i)$  – valor do *On Balance Volume* no período atual;
- $OBV(i-1)$  – valor do *On Balance Volume* no período anterior;
- $VOL(i)$  – volume da barra atual.

Quando o OBV muda para uma tendência ascendente ou descendente, seguindo as tendências dos preços, é momento de realizar a operações. Se OBV atual for maior que o anterior e preço atual maior que o anterior uma curva ascendente, indica valorização do contrato, ou sinal de compra. O sinal de venda, indicado pela desvalorização do contrato, é quando OBV atual é menor que do período anterior, e preço atual menor que anterior, como pode ser visto na Figura 14.

### 3.2.1.3 Indicadores Bill Williams

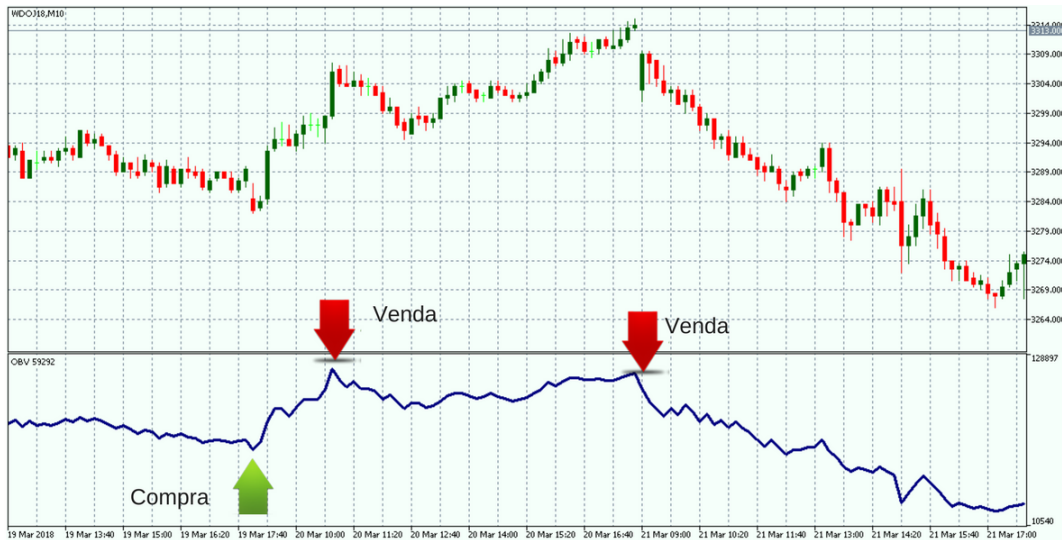
#### 3.2.1.3.1 Oscilador Maravilhoso

O Indicador Técnico Oscilador Maravilhoso de Bill Williams<sup>13</sup> (AO) é uma estratégia dinâmica que busca aproveitar a tendência mais imediata, e que pode ser aplicada em diferentes mercados, sejam ações, *commodities*, índices e moedas Forex. O AO é que uma

<sup>12</sup> O OBV foi investigado pela primeira vez por Woods e Vignolia em 1946. Eles o chamaram de "*cumulative volume*". Joseph Granville nomeia-o "*on-balance volume*" em seu livro "A nova chave para os lucros do mercado de ações", de Granville, em 1963

<sup>13</sup> Bill M. Williams (nascido em 1932) é um comerciante americano e autor de livros sobre psicologia de negociação, análise técnica e teoria do caos [1] na negociação dos mercados de ações, *commodities* e câmbio (Forex).

Figura 14 – Exemplo de OBV, no tempo 10 min.



Fonte: Elaborado pelo autor

SMA de período 34, traçada através dos pontos médios das barras  $(\max + \min)/2$ , subtraída de uma SMA de período 5, construído nos pontos centrais das barras  $(\max + \min)/2$  (GUIDES, 2017) (MT5, 2018). O cálculo se vê nas equações 3.15 e 3.16.

$$P_m = \frac{(\max + \min)}{2} \quad (3.15)$$

$$AO = SMA(P_m, 5) - SMA(P_m, 34) \quad (3.16)$$

Onde:

- $P_m$  – preço médio;
- $\max$  – preço máximo da barra;
- $\min$  – preço mínimo da barra;
- SMA – média móvel simples.

O cruzamento da linha do zero, é um dos métodos que se deve analisar para executar operações de compra e venda. Se valor do indicador é superior a zero no período atual e menor do que zero no período anterior, indica valorização do contrato, ou seja, um sinal de venda. Se valor do indicador é inferior a zero na barra atual analisada e maior do que zero na barra anterior, indica desvalorização do contrato e um sinal de venda. O cruzamento pode ser visto na Figura 15.



Figura 15 – Exemplo de AO, no tempo 10 min.



Fonte: Elaborado pelo autor

### 3.2.2 Máquinas de Vetores de Suporte

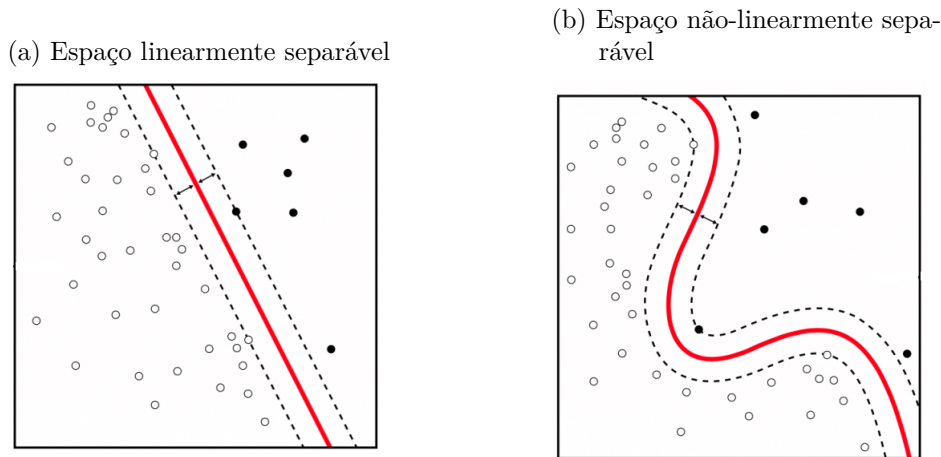
As Máquinas de Vetores de Suporte (em inglês - *Support Vector Machines*) (SVM) são sistemas de aprendizagem de máquina treinados com um algoritmo de Otimização Matemática e que implementam um limite derivado da Teoria de Aprendizagem Estatística, desenvolvida por Vladimir Vapnik e seus colegas (VAPNIK, 1999). O SVM pode ser utilizado em problemas de Reconhecimento de Padrões, Detecção de Novidades, Regressão e Classificação.

O modelo de SVM comumente utilizado para o reconhecimento de padrões em series históricas financeira é conhecida como Classificador de Margem Máxima (CMM). Ela utiliza dados linearmente separáveis, que apesar de simples e limitada, apresenta propriedades essenciais para outros modelos sofisticados de SVMs. A técnica de treinamento do SVM é compatível a resolver um problema de programação linear quadrática restrita com propósito de encontrar uma regra de decisão com a maior generalização possível e o menor erro dentro do próprio conjunto de treinamento (KIM, 2003).

Uma ilustração Figura 16a de um espaço linearmente separável para um conjunto de treinamento bidimensional, e um espaço não-linearmente separável é ilustrado na Figura 16b. A linha vermelha em destaque nas duas ilustrações, delimita os vetores de entrada de classes distintas, é denominada de superfície de decisão (SANTOS, 2002). A Figura 16a ilustra um hiperplano de separação ideal, gerado por uma SVM sobre um conjunto bidimensional de dados não linearmente separável.

O Classificação de Margem Máxima determina o hiperplano de separação e otimiza limites de erro de generalização das máquinas lineares em termos da margem de separação entre as classes. A classificação dos dados em um tipo especial de hiperplano, o Hiperplano

Figura 16 – Conjuntos de treinamento



Fonte: [goo.gl/xhSdDj](http://goo.gl/xhSdDj). Acessado Jul/2018

de Separação Ótima, é explorado na próxima seção.

### 3.2.2.1 Hiperplanos de Separação Ótima

O algoritmo de SVM tem como objetivo encontrar o hiperplano de separação ótima, que se caracteriza quando se separa um conjunto de vetores sem erro e a uma distância que os vetores de classes opostas mais próximos ao hiperplano é máxima (VAPNIK, 1999).

Considera-se um conjunto  $S$  de pontos de entrada  $x_i \in R^N$  com  $i = 1, 2, 3, \dots, N$ . Cada ponto  $x_i$  pertence a uma das duas classes, sendo fornecido um rótulo  $y_i \in \{-1, 1\}$ . Admite-se que há um hiperplano que separa os exemplos positivos dos negativos. Os pontos  $x$  sobre o hiperplano satisfazem  $w \cdot x + b = 0$ , em que  $w$  é perpendicular ao hiperplano,  $|b| \setminus \|w\|$  é a distância perpendicular do hiperplano à origem e  $\|w\|$  é a Norma Euclidiana de  $w$ . Seja  $d^+$  a menor distância entre o hiperplano de separação e os pontos no limiar da classe positiva (+1), e  $d^-$  a menor distância entre o hiperplano de separação e os pontos mais próximos no limiar da classe negativa, (-1). A margem do hiperplano deve ser portanto  $(d^+ + d^-)$ .

Ao considerar que a margem negativa é definida por  $\langle w \cdot x \rangle + b = -1$  e a positiva é definida por  $\langle w \cdot x \rangle + b = +1$ . Assume-se que todos os dados de treinamento satisfazem as seguintes restrições 3.17 e 3.18:

$$\langle w \cdot x_i \rangle + b \geq -1, \text{ se } y_i = -1 \quad (3.17)$$

$$\langle w \cdot x_i \rangle + b \leq +1, \text{ se } y_i = +1 \quad (3.18)$$

Quando recombina estas duas restrições em uma única expressão 3.19, tem-se que:

$$y_i(\langle w \cdot x_i \rangle + b) - 1 \geq 0, \quad \forall i = 1, 2, \dots, N \quad (3.19)$$

Os pontos para os quais a igualdade é verdadeira na restrição 3.17, estão no hiperplano  $H_1 : x_i \cdot w + b = 1$ , que possui norma  $w$  e distância perpendicular à origem igual a  $|1 - b| / \|w\|$ . Igualmente, os pontos para os quais a igualdade é verdadeira na restrição 3.18, estão no hiperplano  $H_2 : x_i \cdot w + b = -1$ , com norma  $w$  e a distância perpendicular à origem  $|-1 - b| / \|w\|$ . Isto posto,  $d^+ = d^- = 1 / \|w\|$  e a margem nada mais é so que  $2 / \|w\|$  (BELTRAMI MONICA, 2011).

Observa-se que  $H_1$  e  $H_2$  possuem a mesma norma e que não há pontos de treinamento entre eles. É possível encontrar o par de hiperplanos que geram a margem máxima, pela minimização de  $\|w\|^2$ , sujeito à restrição da Equação 3.19.

O hiperplano é definido como: dado uma amostra de treinamento linearmente separável representada da seguinte maneira:  $S((x_1, y_1), \dots, (x_N, y_N))$ , o hiperplano  $w \cdot x + b = 0$  pode ser encontrado resolvendo o problema de otimização 3.20:

$$\begin{aligned} & \text{minimize}_{w,b} (w \cdot w), \\ & \text{sujeito a } y_i((x_i \cdot w) + b) \geq 1, \quad i = 1, \dots, N \end{aligned} \quad (3.20)$$

Os pontos onde a igualdade é verdadeira na equação 3.19, isto é, que pertence a um dos hiperplanos  $H_1$  e  $H_2$ , e que removendo-os deverão alterar a solução de entrada, esses são considerados vetores de suporte. A Figura 17 mostra os pontos ditos vetores de suporte, as margens máxima e também o hiperplano, em um caso bidimensional típico.

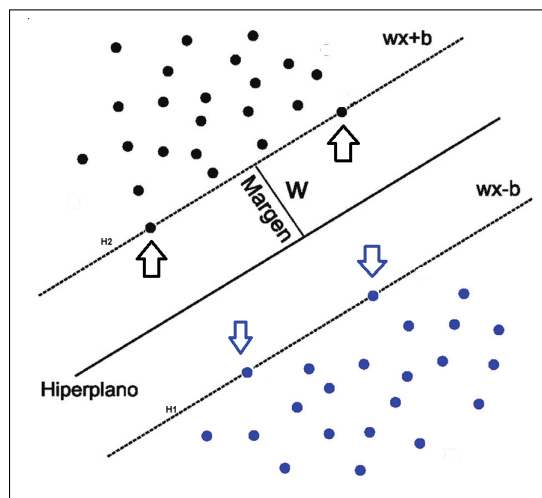


Figura 17 – Hiperplano de separação para caso de linearmente separável. Os vetores de suporte mostrados pelas setas.

Fonte: Elaborado pelo autor

Para transformar o problema de otimização 3.20 em um problema quadrático, é necessário reformula-lo, conforme Formulação 3.21:

$$\text{minimize}_{w,b} \frac{1}{2}(w \cdot w), \quad (3.21)$$

$$\text{sujeito a } y_i((x_i \cdot w) + b) \geq 1, \quad i = 1, \dots, N$$

Para resolver esse problema de otimização, o método utilizado é dos multiplicadores de Lagrange, pelos seguintes motivos:

1. Para facilitar o manuseio computacional, a restrição 3.19 é substituída por uma nova restrição definida em função dos multiplicadores de Lagrange;
2. Na reformulação, os dados de treinamento apenas aparecem na forma de produto interno entre vetores. Prioridade primordial que permite generalizar o procedimento para o caso não linear (BURGES, 1998).

São inseridos os multiplicadores de Lagrange  $\alpha = 1, \dots, N$ . É realizado o produto entre a restrição 3.19 e os multiplicadores de Lagrange positivos e o produto é subtraído da função objetivo para formar a funcional de Lagrange. Assim, para resolver o problema 3.21, deve-se encontrar o ponto de sela da funcional de Lagrange 3.22:

$$L_p = \frac{1}{2}(w \cdot w)^2 - \sum_{i=1}^N \alpha_i y_i (x_i \cdot w + b) + \sum_{i=1}^N \alpha_i \quad (3.22)$$

A derivada  $L_p$  em relação a  $w$  e  $b$ , deve ser igual a zero, onde no ponto ótimo tem-se as seguintes Equações 3.23 e 3.24 de ponto de sela:

$$\frac{\partial L_p(w, b, \alpha)}{\partial w} = w - \sum_{i=1}^N y_i \alpha_i x_i = 0 \quad (3.23)$$

$$\frac{\partial L_p(w, b, \alpha)}{\partial b} = \sum_{i=1}^N y_i \alpha_i = 0 \quad (3.24)$$

substituindo as relações obtidas, tem-se:

$$w = \sum_{i=1}^N y_i \alpha_i x_i \quad (3.25)$$

$$\sum_{i=1}^N y_i \alpha_i = 0 \quad (3.26)$$

Dada as restrições 3.25 e 3.26, pode-se substituí-las na Equação 3.22 e obter a formulação dual, uma vez que é computacionalmente mais eficiente encontrar o ponto de sela na formulação dual (BURGES, 1998). Ela é definida pela Equação 3.27 :

$$L_D = \sum_{i=1}^N \alpha = \frac{1}{2} \sum_{i,j} \alpha_i \alpha_j x_i \cdot x_j y_i y_j \quad (3.27)$$

$L_P$  é o problema primal e  $L_D$  é o problema dual. A solução é obtida pela minimização de  $L_P$  ou maximização de  $L_D$ . Existe um multiplicador de Lagrange para cada ponto de treinamento. Os Pontos onde  $\alpha_i > 0$  são denominados os vetores de suporte e estão em um dos hiperplanos  $H_1$  e  $H_2$ . Os vetores de suporte são os elementos críticos do conjunto de treinamento em uma SVM. Eles estão na fronteira, mais próximos ao hiperplano de decisão. Os pontos restantes tem  $\alpha_i = 0$ . Se os pontos restantes forem retirados e o treinamento for repetido, o mesmo hiperplano deve ser encontrado (BURGES, 1998).

Sabendo que os vetores de suporte que admitem  $\alpha_i$  diferentes de zero (não nulos) são os vetores envolvidos na expressão do vetor peso  $w$ , então, o vetor peso representante do hiperplano de margem máxima é calculado na forma da combinação linear :

$$w^* = \sum_{i=1}^N y_i \alpha_i^* x_i$$

ou

$$w^* = \sum_{\text{vetores de suporte}} y_i \alpha_i^* x_i \quad (3.28)$$

onde  $\alpha^*, w^*$  pertencem a solução ótima. Ao reformular o problema, com a expressão para  $w^*$  na funcional de Lagrange dual, o problema quadrático de SVM torna-se o seguinte:

$$\begin{aligned} \text{Maximize } W(\alpha) &= \sum_{i=1}^N \alpha_i - \frac{1}{2} \sum_{i,j=1}^N y_i y_j \alpha_i \alpha_j (x_i \cdot x_j) \\ \text{Sujeito a } \sum_{i=1}^N y_i \alpha_i &= 0 \\ \alpha_i &\geq 0, i = 1, \dots, N \end{aligned} \quad (3.29)$$

Dado  $\alpha_0 = (\alpha_1^0, \dots, \alpha_N^0)$  ser uma solução para o problema, a norma do vetor  $w$  que corresponde ao hiperplano ótimo é igual 3.30:

$$\|w\|^2 = 2W(\alpha_0) = \sum_{\text{vetores de suporte}} \alpha_i^0 \alpha_j^0 (x_i^0 \cdot x_j^0) y_i^0 y_j^0 \quad (3.30)$$

A regra de separação, baseado no hiperplano ótimo, é determinado pela Função 3.31 :

$$f(x) = \text{sign} \left( \sum_{\text{vetores de suporte}} y_i \alpha_i^0 (x_i \cdot x) - b_0 \right) \quad (3.31)$$

onde  $x_i$  são os vetores de suporte,  $\alpha_i^0$  são os Coeficientes de Lagrange correspondentes e  $b_0$  é um limiar constante dado por:

$$b_0 = \frac{1}{2} [(w_0 \cdot x^*(1)) + (w_0 \cdot x^*(-1))] \quad (3.32)$$

em que  $x^*(1)$  corresponde à qualquer vetor de suporte pertencente à primeira classe e  $x^*(-1)$  é um vetor de suporte pertence à segunda classe (BELTRAMI MONICA, 2011).

O Classificador de Margem Máxima pode encontrar a solução desejada quando aplicado a dados não linearmente separáveis. Evidenciado pela função objetivo (dual) que, aplicada em dados não linearmente separáveis cresce arbitrariamente (BURGES, 1998). O principal problema desse classificador é que ele sempre constrói hipóteses que se baseiam na inexistência de erros de treinamento. Todavia, para dados com ruídos que em geral acarretam em separação não lineares o mínimo para o risco esperado não pode ser calculado dessa forma, pois pode ocorrer *overfitting*. Essas desvantagens motivaram o desenvolvimento de técnicas que permitem o tratamento de problemas não-linearmente separáveis pela SVM.

### 3.2.2.2 SVM não lineares

Para que o método da seção anterior seja capaz de trabalhar com dados não linearmente separáveis, é necessário "suavizar" as restrições do problema. Seguindo uma linha diferente das restrições 3.17 e 3.18 da última seção que utiliza critérios rígidos, com outra estratégia essa seção utiliza um critério mais suavizado. Isso pode ser feito inserindo uma variável de folga ( $\xi, i = 1, \dots, N$ ) nas restrições, as quais tornam:

$$x_i \cdot w + b \geq +1 - \xi, \text{ para } y_i = +1 \quad (3.33)$$

$$x_i \cdot w + b \leq -1 + \xi, \text{ para } y_i = -1 \quad (3.34)$$

$$\xi_i \geq 0, \forall i \quad (3.35)$$

A estratégia permite tolerar ruídos e *outliers*<sup>14</sup>, considera mais pontos de treinamento, além dos que estão na fronteira e admite a ocorrência de erros de classificação. Assim,  $\sum_{i=1}^N \xi_i$  é considerado um limite superior para o número de erros de treinamento.

A adição das variáveis de folga afim de representar o custo extra para os erros, altera a função-objetivo a ser minimizada de  $\frac{1}{2} \|w\|^2$  para:

$$\frac{1}{2} \|w\|^2 + C \left( \sum_{i=1}^N \xi_i \right)^k \quad (3.36)$$

Onde C é um parâmetro a ser escolhido pelo usuário. C é uma constante que age como função de penalidade, prevenindo que *outliers* afetem o hiperplano ótimo (BELTRAMI MONICA, 2011).  $C > 0$  define a relação entre o erro empírico e o termo de confiança. Um C maior corresponde a assumir uma penalidade maior para os erros. O valor do  $k$  pode ser qualquer inteiro positivo, e por razões computacionais uma escolha natural é  $k = 1$ , que corresponde ao menos  $k > 0$  e tem a vantagem de não ser necessário que  $\xi_i$  e

<sup>14</sup> Pontos muito distantes das classes a que pertencem

seus multiplicadores de Lagrange surjam no problema dual. A alteração do problema é representado como :

$$\begin{aligned} \text{Maximize } L_D &= \sum_{i=1}^N \alpha_i - \frac{1}{2} \sum_{i,j=1}^N y_i y_j \alpha_i \alpha_j (x_i x_j) \\ \text{Sujeito a } \sum_{i=1}^N y_i \alpha_i &= 0 \\ 0 \leq \alpha_i &\leq C, i = 1, \dots, N \end{aligned} \quad (3.37)$$

A solução é dada pela Função 3.38:

$$w = \sum_{\text{vetores de suporte}} y_i \alpha_i x_i \quad (3.38)$$

A única diferença é o que  $\alpha_i$  tem um limite superior em  $C$ , em relação ao caso do hiperplano ótimo, como pode ser visto na Figura 18.

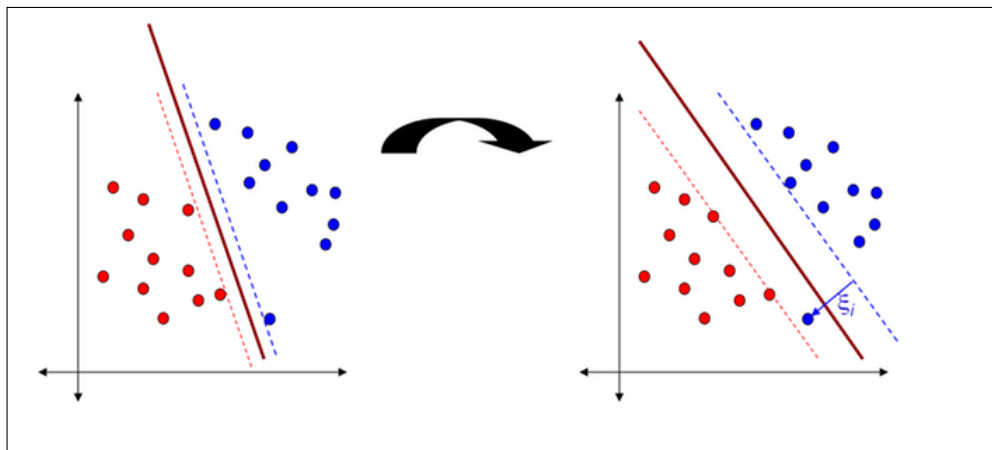


Figura 18 – Diferença entre separação de casos linear e não linear.

Fonte: <https://i.imgur.com/38sDWNB.png>

A partir de todos esses conceitos, é possível descrever formalmente a construção de técnica SVM para tarefa de conhecimento de padrões. Basicamente são duas operações matemáticas (BURGES, 1998):

1. Mapeamento não-linear dos vetores de entrada  $x$  em um espaço características  $F$  com alta dimensão.
2. Construção de um Hiperplano de Margem Máxima no espaço de característica.

### 3.2.2.3 Função de Kernel

A projeção dos dados em um espaço de características com alta dimensão que possibilita a classificação em espaços não-lineares, é realizado através das representações

de *Kernel*. O pré processamento é a primeira etapa, que muda a representação dos dados da seguinte forma:

$$x = (x_1, \dots, x_N) \rightarrow \phi(x) = (\phi_1(x), \dots, \phi_N(x)) \quad (3.39)$$

Esse procedimento é equivalente ao mapeamento do espaço de entrada  $X$  em um novo espaço  $F = \{\phi(x) | x \in X\}$  chamado espaço de características em que  $\phi_1$  são as funções de *Kernel*.

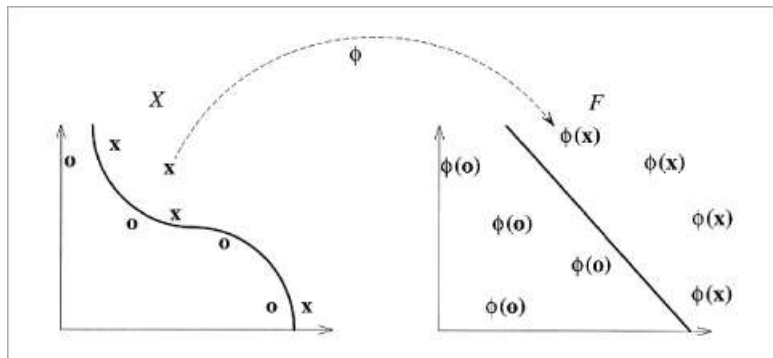


Figura 19 – Mapeamento do espaço de entrada via função de *Kernel*.

Fonte: [goo.gl/U4pVed](http://goo.gl/U4pVed). Acessado Jul/2018

Um mapeamento de um espaço de entrada linearmente separável para um espaço de características de maior dimensão, e que pode ser separado linearmente, é ilustrado na Figura 19.

É de suma importância a escolha da função de *Kernel* para SVM, no qual, a sua escolha não altera o problema da SVM. Para se encontrar o coeficiente  $\alpha_i$ , e adicionar a função de *Kernel*, é preciso resolver o problema 3.40 :

$$\begin{aligned} \text{Maximize} \quad & \sum_{i=1}^N \alpha_i - \frac{1}{2} \sum_{i,j=1}^N y_i y_j \alpha_i \alpha_j K(x_i x_j) \\ \text{Sujeito a} \quad & \sum_{i=1}^N y_i \alpha_i = 0 \\ & 0 \leq \alpha_i \leq C, i = 1, \dots, N \end{aligned} \quad (3.40)$$

A não ser pela forma do produto interno, que no problema 3.37 era  $(x_i, x_j)$ , a funcional se assemelha com a encontrada um Hiperplano de Margem Máxima, que agora passa a ser representado pela função *Kernel*  $K(x_i, x_j)$ . E com função *Kernel* a representação



da função de decisão passa a ser 3.41 :

$$f(x) = \text{sign} \left( \sum_{\text{vetores de suporte}} y_i \alpha_i K(x_i, x) - b \right) \quad (3.41)$$

Utilizar diferentes funções de *Kernel*  $K(x_i, x_j)$  tem-se a possibilidade de construir máquinas de aprendizagem com diferentes tipos de superfícies de decisão não-linear no espaço da entrada. A utilidade dos *Kernels* está na simplicidade de seu cálculo e em sua capacidade de representar espaços abstratos. Possuem complexidade mínima  $O(N^2)$ , usualmente  $O(N^3)$ , onde  $N$  é o número de padrões de treinamento. Embora novos núcleos estejam sendo propostos pelos pesquisadores, os iniciantes podem encontrar nos livros sobre o tema os seguintes quatro núcleos básicos (CHANG; LIN, 2001), apresentados na Tabela 1:

Tabela 1 – Tabela de Funções de *Kernel*

Nome	Função
0 Linear	$K(x_i, x_j) = x_i x_j$
1 <i>Polynomial</i>	$K(x_i, x_j) = (\gamma x_i x_j + r)^d, \gamma > 0$
2 <i>Radial Basis Function</i> (RBF)	$K(x_i, x_j) = \exp(-\gamma \ x_i - x_j\ ^2), \gamma > 0$
3 <i>Sigmoid</i>	$K(x_i, x_j) = \tanh(\gamma x_i x_j + r)$

Onde  $r, \gamma$  e  $d$  são parâmetros do *kernel*.



## 4 PROJETO E DESENVOLVIMENTO

Para cumprir o objetivo principal deste trabalho, que é criar um robô investidor que utiliza os métodos apresentados nas seções anteriores foi necessário definir o escopo de treinamento e negociação. O ativo escolhido para negociação foi o Mini Dólar, que inspirou o nome do robô investidor desenvolvido neste trabalho o Thaler<sup>1</sup>. Assim será bem comum encontrar esse nome nas próximas seções.

### 4.1 Escopo

#### 4.1.1 Mini Dólar Futuro (WDO)

O contrato futuro definido em (BMFBOVESPA, 2018a) estabelece o preço de determinado bem, ativo ou índice em uma data futura independentemente de seu preço de mercado nessa data, conforme regulação da Bolsa. Assim, as partes compradora e vendedora se comprometem a comprar e vender o contrato.

Para melhor entendimento, imagine a seguinte situação: Você é um empreendedor, o mês corrente é julho e você precisará pagar o seu fornecedor em dólares no mês de dezembro. Os contratos negociados na B3 em que você poderá comprar os dólares hoje, e fixar um valor para utilizar em dezembro, assim quando for pagar o fornecedor. Neste caso, você está fazendo um acordo de comprar dólares em uma data futura a um preço acordado entre as partes.

Os Minicontratos de Dólar Futuro são acordos de compra e venda de moeda norte-americana em um prazo no futuro, por um preço previamente estabelecido. Eles são negociados no Mercado B3 e padronizados de acordo com suas datas de vencimento. O valor financeiro do contrato é de US\$10.000 dólar, se o dólar estiver a R\$3,20, o valor financeiro de um mini contrato será de R\$ 32.000,00 (3,20 x 10.000). A variação mínima do dólar é de R\$0,50, o que leva o contrato a apresentar um valor financeiro mínimo de variação de R\$5,00. As especificações do WDO estão descritos na Tabela 2 (BMFBOVESPA, 2018a). Seu preço varia de acordo com a *Lei da Oferta e da Procura*<sup>2</sup> que estabelece a relação entre a demanda de um produto, isto é, a procura, e a quantidade que é oferecida, a oferta.

<sup>1</sup> O nome *dollar* deriva de *thaler* (em português táler), abreviação de Joachimsthaler, uma moeda de prata cunhada pela primeira vez em 1518, com prata extraída das minas situadas em torno da cidade de Joachimsthal ("Vale de São Joaquim"), atual Jáchymov, na Boêmia. 1815.

<sup>2</sup> Em economia, a Lei da Oferta e Procura é um modelo de determinação de preços num mercado. Num mercado em concorrência perfeita, o modelo argumenta que os agentes econômicos tomam decisões que variam o preço até que este seja tal que a quantidade procurada seja igual à quantidade oferecida, resultando daí um equilíbrio econômico em que não há incentivos para a alteração de quantidades ou preços. (WIKIPEDIA, 2017)

Tabela 2 – Especificações do Mini Contrato de Dólar

<b>Objeto de negociação</b>	Taxa de câmbio de Reais (BRL) por Dólar Comercial (USD)
<b>Código de negociação</b>	WDO
<b>Tamanho do contrato</b>	USD 10.000,00 (dez mil dólares dos Estados Unidos da América).
<b>Cotação</b>	BRL por USD 1.000,00.
<b>Variação mínima de apregoação</b>	BRL 0,50 por USD 1.000,00.
<b>Lote padrão</b>	1 Contrato
<b>Último dia de negociação</b>	Sessão de negociação anterior a data de vencimento
<b>Data de vencimento</b>	1º dia útil do mês de vencimento do contrato.
<b>Meses de vencimento</b>	Todos os meses
<b>Liquidação no vencimento</b>	Financeira

O código de negociação do Mini Dólar Futuro é composto:

- Código → WDO.
- Letra → Mês do vencimento.
- Ano → Ano do Vencimento.

Letras referentes aos meses de vencimento, é dado pela Tabela 3:

Tabela 3 – Tabela de mês de vencimento

Mês	Letra
Janeiro	F
Fevereiro	G
Março	H
Abril	J
Maio	K
Junho	M
Julho	N
Agosto	Q
Setembro	U
Outubro	V
Novembro	X
Dezembro	Z

Os mini contratos foram criados para favorecer aos pequenos investidores acesso aos principais ativos que são negociados na Bolsa. As principais vantagens para escolha do ativo para negociar com o Thaler:

- i Alavancagem** Quando se negocia um mini contrato, não é preciso ter seu valor integral, basta ter um valor como margem de garantia.
- ii Alta liquidez** A liquidez proporciona que entre e saia de uma operação a qualquer momento, com um alto volume de negociações diárias superiores ao Índice da Bovespa (IBOV).
- iii Limites de oscilação diária** Os mini contratos têm oscilações máximas diárias condicionadas pela Bolsa de Valores. O índice futuro poderá oscilar 10% para cima ou para baixo em relação ao ajuste do pregão anterior, o que possibilita maior segurança sobre prejuízo máximo e controle sobre o rendimento.

Após definir o ativo a ser negociado, para fechar mais o escopo do estudo, foi definido o estilo de negociação.

#### 4.1.2 Estilo de negociação

Os lucros de negociação são obtidos ao se comprar um ativo na baixa e vender na alta, ou vender na alta e comprar na baixa, neste caso para cobrir o que foi vendido, também conhecido como venda a descoberto. Todas as negociações são entradas e saídas dentro de um período relativamente curto de tempo. O período pode variar de alguns segundos, meses ou até anos, dependendo do estilo de negociação. A Tabela 4 lista os quatro principais estilos: *Position*, *Swing*, *Day*, *Scalp* e *High-Frequency Trading* (WAGNER, 2016).

Tabela 4 – Lista de estilo de negociação.

Estilo	Prazo	Tempo de Espera
<i>Position Trading</i>	Longo	Meses, Anos.
<i>Swing Trading</i>	Médio	Dias, Semanas.
<i>Day Trading</i>	Curto	Somente dia.*
<i>Scalp Trading</i>	Muito Curto	Segundos ou minuto.*
<i>High-Frequency Trading (HTF)</i>	Muitíssimo Curto	Segundos ou milissegundos.*

\* Todas as posições são encerradas no fim do dia.

#### 4.1.2.1 Day Trading

O Thaler utiliza o estilo de negociação *Day Trading*, onde suas posições de entradas e saídas são encerradas no mesmo dia. Ao contrário de estilos com tempos prazos longos, o *Day Trade* não deixa uma posição aberta para dia seguinte, todos os negócios são finalizados até o fim do pregão eletrônico. Para encerrar as posições é utilizado meta de lucro, limite de perda ou tempo de saída, que serão melhor explorados nas próximas seções. A AT é normalmente utilizada pelos operadores para encontrar e explorar flutuações de preço durante o dia exibido no gráficos de preço com intervalo baseados em minutos, *tick* e/ou volume (FERREIRA, 2011).

Grandes movimentações de preços são comuns quando as negociações são realizadas por um período de minutos a horas, permitindo que o Thaler garanta pequenos ganhos frequentes para gerar lucro. Para alavancar o poder de compra, os operadores *intraday* negociam com margem. Comprar na margem, refere-se à prática de comprar um ativo em que o comprador paga apenas uma porcentagem do valor do ativo e toma emprestado o restante com a corretora. A margem de garantia é uma quantia em dinheiro depositada pelas partes envolvidas em um contrato futuro com o objetivo de garantir o cumprimento do mesmo, onde o valor da margem representa apenas um percentual do valor total do contrato futuro. Na prática, margem de garantia é sinônimo de alavancagem. Para negociar no mercado futuro, o robô investidor precisa manter na corretora apenas um percentual do valor total do contrato. Para exemplificar, na XP Investimentos (XP, 2018), é oferecido alavancagens de mercado para operar, e onde é necessário uma margem de R\$ 80,00 para fazer operações de *Day Trade*. O valor pode variar de acordo com políticas da corretora.

Como *Day Trading* trabalha em tempo integral, e as posições precisam ser constantemente monitoradas, é ideal pra ser utilizado para negociações automatizadas com Thaler.

#### 4.1.3 Tempo gráfico e período de negociação

Apesar do Thaler negociar o WDO, o projeto esbarrou no problema de conseguir a série histórica financeira do WDO com uma quantidade considerável de dados para executar a classificação dos indicadores da AT com a SVM, pois a série histórica do WDO é válida apenas no mês de vencimento, para exemplificar, o WDOG18 é o contrato com vencimento no mês de fevereiro de 2018. Como o vencimento do mercado de dólar é mensal, os dados histórico fornecido pela corretora deste contrato é apenas do mês, assim a amostra é muito pequena, para tempos gráficos maiores.

O Thaler utiliza 10.000 *candle's* na sua fase de treinamento. Se negociasse com tempo gráfico de 30 min, necessitaria de aproximadamente 28 meses de dados para treinamento. Levando em consideração o período de funcionamento do pregão eletrônico

da B3, que é de 9:00 às 18:00, a quantidade de meses para se obter o número de amostras é dado pela Tabela 5 e considera os cálculos da equação 4.1.

$$D = \frac{Hd}{I}$$

$$S = D * 5$$

(4.1)

$$M = S * 4$$

$$Qtd_M = \frac{A}{M}$$

Onde:

- Hd : Horas por dia
- I : Intervalo de Tempo
- D : *Candle's* diários
- S : *Candle's* semanais
- M : *Candle's* mensais
- A : Quantidade de amostras = 10.000

Tabela 5 – Quantidade de meses para obter amostra

9 horas/dia	30 min	15 min	10 min	5 min	1 min
	18c	36c	54c	108c	540c
<b>Semanais</b>	90c	180c	270c	540c	2700c
<b>Mensais</b>	360c	720c	1080c	2160c	10800c

27,8 mês    13,9 mês    9,3 mês    4,6 mês    0,9 mês

c = candle

Como em alguns tempos gráficos são necessários mais de um mês de série histórica, para usar no Testador de Estratégia do MT5, visto na seção 3.1.1.1. A XP Investimentos oferece 3 símbolos que se referem a série histórica do contrato do mini dólar rolados de acordo com a liquidez. A diferença em cada uma das séries, se dá pelo cálculo do ajuste ao final de um contrato vigente:

- WDO\$ - O ajuste é proporcional. É aplicado um fator de multiplicação que expressa a relação entre os preços de fechamento das séries no dia.
- WDO\$N - Sem reajuste. Não há ajuste nenhum na data de vencimento do contrato, pode haver *gaps* (intervalos vazios entre as barras de preço, ou seja, preços em que não houve nenhum negócio) nos dias de vencimento.
- WDO\$D - Ajuste pela diferença. Onde é aplicada uma diferença entre os preços de fechamento. Por ser uma diferença absoluta podem haver valores negativos em séries mais longas.

O WDO\$N é o mais indicado para o *backtest* de estratégias que operem no *intraday*, ou para *timeframes* maiores desde que se leve em consideração as perdas e ganhos fictícios criados pelos *gaps* dos vencimentos. Esta série foi escolhida para realizar *backtest* com o Thaler. Levando-se em consideração os *gaps* decidiu-se começar a operar um pouco mais tarde e parar de operar um pouco mais cedo, devido ao fato de que os *gaps* causam distorções em alguns indicadores, onde o preço fica totalmente descolado da média. Após alguns tempos gráficos, o valor se normaliza, que pode ser observado na Figura 20. O horário de negociação do Thaler é de 10:00 às 17:00, que minimiza os problemas com os *gaps*. Encerrar operação antes das 18:00 evita ficar com operação aberta de um dia para o outro, que resulta um aumento na margem de garantia na corretora.

Figura 20 – Distorção gerado pelo gap no vencimento.



Fonte: Elaborado pelo autor

#### 4.1.4 Período de *backtest*

Para testar a estratégia é preciso definir um período de teste, um intervalo de tempo com grandes movimentações do ativo. Como o mercado financeiro reage com incertezas políticas do país e do mundo, o preço do ativo pode oscilar para cima ou para



baixo dependendo das decisões tomadas pelos governantes, que influencia os índices e consequentemente o preço do WDO.

Segundo (CASTRO, 2015), os operadores reagem e, consequentemente, aumentam as posições defensivas em meio a incertezas quanto ao impacto da Operação Lava-Jato<sup>3</sup> no país que, desde seu início em 17 de março de 2014, a cada fase, a cada desdobramento, a cada vazamento de delação premiada, a cada julgamento de políticos e figuras importantes do Brasil, o dólar oscila significativamente. Em um destes episódios uma empresa do ramo de frigoríficos comprou grandes quantidades de dólares, um dia antes de ocorrer um vazamento de delação premiada, envolvendo a empresa e o atual presidente da república. No dia seguinte a empresa um alto valo em dinheiro com a operação, pois o dólar teve uma alta de 1,23%.

Outro exemplo onde os desdobramento desta operação deu sinais claros de movimento no WDO, foi quando um ex-presidente da República condenado em primeira instância, no dia 24 de Janeiro de 2018, teve seus recursos negados na segunda instância e sua pena aumentada. Como pode ser visto na Figura 21, no dia anterior a votação, o WDO fechou na casa 3245.0, e no dia seguinte sofrendo um forte movimento de queda e chegou a 3123.0 no fim do dia, uma diferença de 122 pts, a cada votação contra o recurso, o WDO sofre um forte movimento de venda, ideal para operar vendido.

Figura 21 – WDOF18 tempo de 5 min, do dia 24/01/2018, demonstra movimento do WDO, em um julgamento derivado da Operação Lava Jato.



Fonte: Elaborado pelo autor

Nesse contexto, define-se o seguinte cenário e o período do *backtest*:

- Um investidor iniciante decide investir R\$1.000 como margem de garantia em uma corretora de valores em 1 março 2014, e decide operar no WDO, utilizando a

<sup>3</sup> [https://pt.wikipedia.org/wiki/Operação\\_Lava\\_Jato](https://pt.wikipedia.org/wiki/Operação_Lava_Jato)

plataforma de negociações disponibilizada pela corretora o MT5. Decide implementar um robô investidor para realizar as negociações, pois é uma pessoa muito ocupada para ficar em um *Home Broker* e acompanhar os movimentos do mercado. Sem saber do início da Operação Laja Jato que vai mudar a história do Brasil e afetar o mercado financeiro nacional. A pergunta é, ao final de 4 anos quanto o robô deu de rendimento? E se tivesse investido em algo diferente e com menos riscos, também teria lucro?

Sabendo disso define-se o período de *backtest* 01/03/2014 até 30/04/2018, visto na Figura 22. O robô vai operar o WDO e comparar o resultado com outras aplicações financeiras de renda fixa.

Figura 22 – WDO\$N com Candles semanais de 01/03/2014 até 30/04/2018, mínima de 2187.000 e máxima de 4257.00.



Fonte: Elaborado pelo autor

#### 4.1.5 Controle de Risco

Quando se opera na bolsa de valores é evidente que está exposto a seus riscos. Um sinal de alta pode reverter para uma forte queda e nesse movimento pode-se perder muito dinheiro; um ativo pode cair para qualquer valor a qualquer momento e muitas vezes assusta quem desconhece as oscilações do mercado financeiro. Para que não ocorra este tipo de imprevisto e evitar que se perca todo dinheiro investido, os operadores geralmente utilizam ordens de *stop loss* como medida de controle dos riscos de operação. No MT5 é possível inserir uma ordem de compra e venda, com a opção de informar o *stop loss* e garantir que se o preço alcançar um nível não esperado, as perdas serão minimizadas.

Assim como *stop loss* controla as perdas, o *stop gain (take profit)* garante seu lucro. O *stop gain* é a meta de ganho, evita que o investidor se iluda com o mercado indo a favor da operação, e não executa a ordem na espera de conquistar mais pontos. Ao não decidir quando encerrar o operação correr-se o risco de sofrer uma inversão, e ao invés de garantir o lucro, acaba perdendo.

Oscilações muito bruscas, faz com que entre em operação o *circuit breaker*, que é o dispositivo utilizado pela B3 que paralisa as negociações quando o IBOV cai 10% em relação ao fechamento do dia anterior. As operações são interrompidas por 30 min, até que as ordens de compra e de venda sejam rebalanceadas. O controle de risco faz com que a ordem seja executada antes que o *circuit breaker* seja acionado.

Como o WDO oscila muito durante o *Day Trade* foram experimentada duas estratégias de controle de risco. A primeira a ordem é aberta com preço oferecido pelo mercado (ordem a mercado) com um *stop gain* de 2 pontos e um *stop loss* de 6 pontos e como o visto na seção 4.1.1, o WDO tem uma variação de 0,500, assim uma ordem de compra e venda recebe os seguintes cálculos 4.2:

#### Ordem Venda

$$\begin{aligned} \text{Stop Loss} &= \text{Preço oferta de venda} + (6 * 0,500) \\ \text{Stop Gain} &= \text{Preço oferta de venda} - (2 * 0,500) \end{aligned} \quad (4.2)$$

#### Ordem Compra

$$\begin{aligned} \text{Stop Loss} &= \text{Preço oferta de compra} - (6 * 0,500) \\ \text{Stop Gain} &= \text{Preço oferta de compra} + (2 * 0,500) \end{aligned}$$

Um *stop loss* muito pequeno e com a flutuação do dólar, a probabilidade de ser "stopado" é muito grande. Por esse motivo esta estratégia utiliza um valor de *stop loss* maior como uma margem de segurança para reverter e voltar a sua tendência, e um *stop gain* pequeno para garantir o lucro rapidamente e sair da operação, uma espécie de robô "guloso". A função utilizada na robô para abrir uma posição de compra ou venda no MT5, pode ser vista no Apêndice C algoritmo C.1

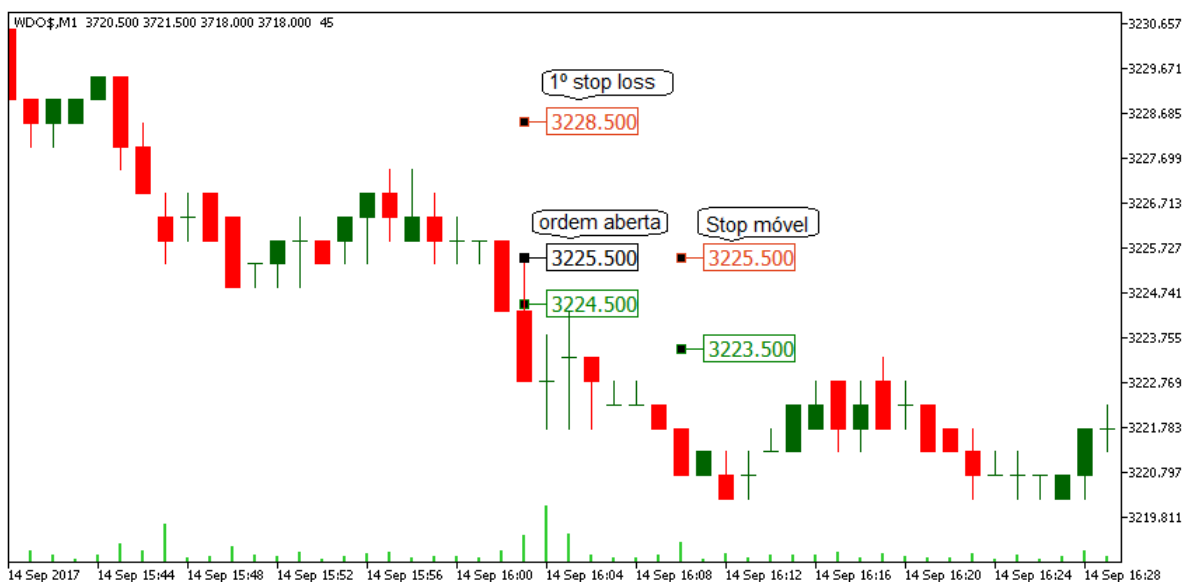
#### 4.1.5.1 Stop Móvel

Uma estratégia praticada por investidores mais experientes, é mover o controle de risco a medida em que o mercado segue a tendência do ganho, ou seja, o *stop loss* é alterado na ordem aberta, a medida em que o preço aumenta quando negocia comprado, ou diminuiu quando vendido. Isso permite que se o mercado for contra os sinais de venda ou compra, a perda seja menor ou nula, conforme o *stop loss* é movido. Esse método também pode ser implementado no *stop gain*, e assim garantir maior o lucro, a medida que o preço do ativo for a favor.

A segunda estratégia implementada no Thaler diminui o risco de perda a zero, somente quando a próxima variação mínima de preço do ativo for maior que o preço da ordem lançada para ordens de compra, e menor para as ordens de venda. O *stop loss* é movido para o mesmo valor que a ordem foi lançada e o ganho é aumentado em mais 1 ponto, assim se o sinal estiver correto e o mercado a favor, o lucro é maior. Se houver alguma inversão, a perda é zero sem nenhum prejuízo, ou seja, não tem ganho e nem perde, apenas empata.

Porém, se a próxima variação de preço for contra, ou seja, a SVM não foi capaz de classificar os indicadores da AT, assumisse o risco de 6 pontos, com a perspectiva de uma nova inversão. O gráfico da Figura 23 demonstra a movimentação do *stop* na estratégia de controle de risco ao implementar o *stop* móvel.

Figura 23 – Mudando o *stop loss*.



Fonte: Elaborado pelo autor

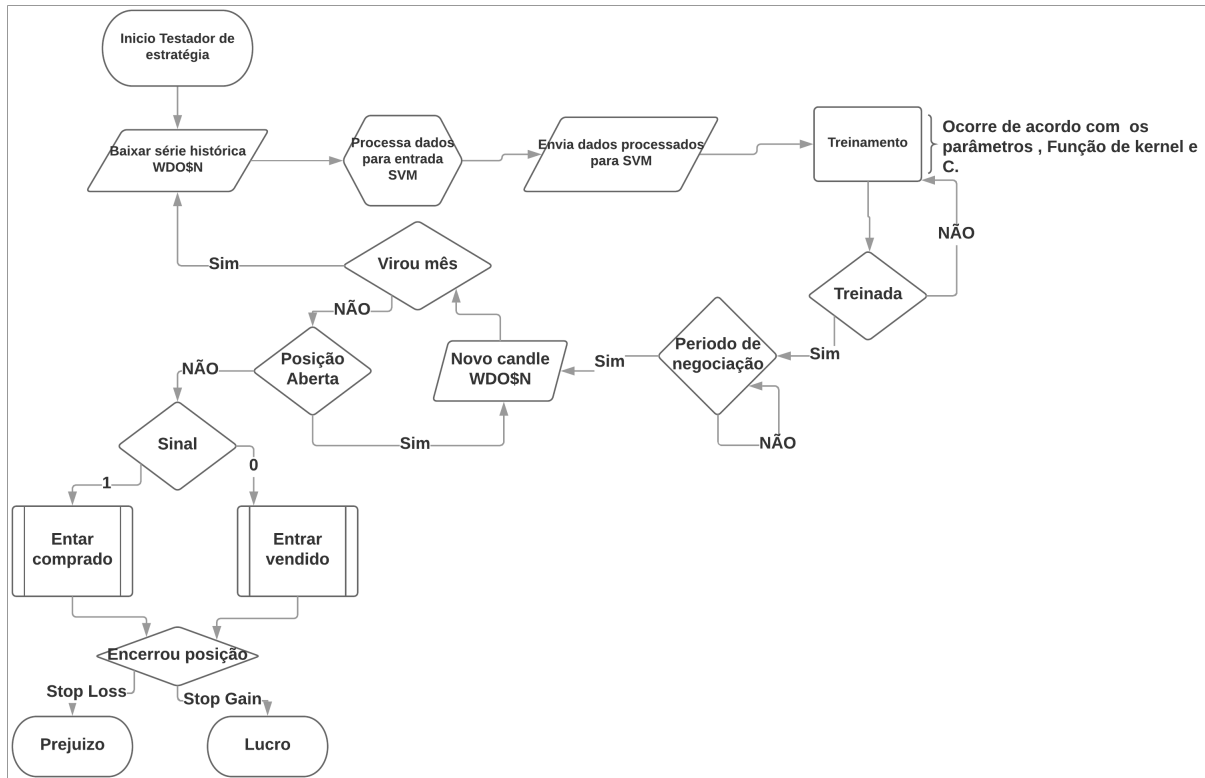
Esta estratégia pode garantir uma menor perda, visto que, ao invés de perder pontos e um alto valor, o robô pode simplesmente encerra a posição no mesmo preço que iniciou.

## 4.2 Estratégia com SVM

Após escolha do escopo e dos parâmetros de negociação, tem-se início os testes das estratégias do Thaler, convertendo os indicadores da AT em entrada para o *solver* de classificação utilizado SVM, para classificar os sinais e entrar no mercado no momento certo.

O Figura 24 demonstra cada processo executado pelo Thaler para operar utilizando a SVM.

Figura 24 – Fluxograma do Thaler com SVM.



Fonte: Elaborado pelo autor

#### 4.2.0.1 Baixar série histórica

Para baixar a série histórica dos servidores da XP, o MT5 fornece uma função que possibilita obter uma série histórica de um determinado tamanho ou período, bem como os valores históricos dos indicadores da AT. Uma série histórica financeira padrão é estruturada através de uma *struct MqlRates*, Apêndice C código C.2, que contém data e hora, preço abertura, preço fechamento, mínima, máxima e volume de um ativo, ou seja, um conjunto histórico de *candles*.

A função *CopyBuffer()*, Apêndice C código C.3, obtém dados de um *buffer* especificado de um certo indicador na quantidade necessária.

O manipulador do indicador é utilizado para identificar de qual *buffer* vai ser realizado a cópia, se é de uma série histórica padrão ou uma série histórica de um indicador da AT. O MT5<sup>4</sup> também fornece funções para obter os manipuladores dos indicadores mais

<sup>4</sup> <https://www.mql5.com/pt/docs/indicators>

utilizados na AT. Um exemplo é a função *iMA()*, que busca o manipulador do indicador de Média Móvel, e dependendo dos parâmetro informados pode se obter a SMA ou EMA, utilizado neste estudo. O parâmetro *ma\_method*, Apêndice C código C.4, é onde se indica qual média móvel a ser copiada dos servidores, através de 4 constantes, ou seja, são 4 Médias Móveis diferentes para apenas uma função. As constantes são:

**MODE\_SMA** Média simples

**MODE\_EMA** Média exponencial

**MODE\_SMMA** Média suavizada

**MODE\_LWMA** Média linear-ponderada

De igual maneira, procedeu-se com os outros indicadores ao aplicar funções com os parâmetros necessário, *iChaikin()*, *iAO()*, *iMACD()*, *iWPR()*, *iRSI()*, *iStochastic()* e *iBands()*. Alguns indicadores não vem como padrão na MT5, porém existe a função *iCustom()*, onde é possível criar seu próprio indicador e obter seus valores. Os indicadores AD, OBV e VROC utilizam a função *iCustom*, para maiores detalhes consultar o Apêndice C, código C.5.

#### 4.2.0.2 Processar dados para entrada SVM

A LIBSVM segue um determinado padrão de entrada pré-definido para ser criada e treinada. É preciso transformar os indicadores AT em vetores, que cria um modelo de classificação e faz a predição através da SVM. O Formato 4.3, é o padrão para o arquivo de dados de treinamento e predição:

$$\langle label \rangle \langle index1 \rangle: \langle value1 \rangle \langle index2 \rangle: \langle value2 \rangle \quad (4.3)$$

Cada linha do arquivo de treinamento, contém uma instância e é finalizada por um caractere '\n'. Para classificação,  $\langle label \rangle$  é um inteiro indicando o rótulo da classe, no caso do Thaler inteiro 1 indica sinal de compra e o inteiro 0 indica sinal de venda.

O par  $\langle index \rangle: \langle value \rangle$  fornece um atributo. O  $\langle index \rangle$  é um inteiro onde cada indicador da AT recebe um índice, 1 até 12 indicadores com sinais de compra (Tabela 6) e de 14 até 25 indicadores com sinais de venda (Tabela 7), que foram detalhados na secção 3.2.1 e foram extraídas do estudo feito por (PIMENTA et al., 2017) e (PIMENTA, 2017).

Já o  $\langle value \rangle$  é um número binário, 1 para indicador ativo, ou seja, naquele tempo gráfico o indicador da AT foi ativado. Se não foi ativado o  $\langle value \rangle$  pode ser ignorado, ou seja, não entra no arquivo de treinamento.

Tabela 6 – Regras de Compra

Regra 1	$SMA_p(i) > SMA_p(i - 3) \mid p \in \{8, 9, 21\}$
Regra 2	$EMA_p(i) > EMA_p(i - 3) \mid p \in \{8, 9, 21\}$
Regra 3	$And(CO_p(i - 1) < 0, CO_p(i) > 0) \mid p \in \{10, 15, 20\}$
Regra 4	$VROC(i) > P \mid P \in \{120, 150\}$
Regra 5	$And(AO_p(i) > 0, AO_p(i - 1) < 0) \mid p \in \{8, 14, 21\}$
Regra 6	$WR_p(i) < -90 \mid P \in \{8, 9, 21\}$
Regra 7	$And(MACD_p(i) > Sing_p(i), MACD_p(i - 1) < Sing_p(i - 1)) \mid p \in \{9, 12, 26\}$
Regra 8	$And(PrecoAtivo(i - 1) < BBI_p(i - 1); PrecoAtivo(i) > BBI_p(i)) \mid p \in \{20, 14, 24\}$
Regra 9	$And(AD(i) > AD(i - P), PrecoAtivo(i) > PrecoAtivo(i - P)) \mid P \in \{1, 2, 3\}$
Regra 10	$And(OBV(i) > OBV(i - P), PrecoAtivo(i) > PrecoAtivo(i - P)) \mid P \in \{1, 2, 3\}$
Regra 11	$RSI(i) < P \mid P \in \{10, 20, 30\}$
Regra 12	$OE(i) < P \mid P \in \{10, 15, 20\}$

onde: p = período; P = parâmetro

Tabela 7 – Regras de Venda

Regra 14	$SMA_p(i) < SMA_p(i - 3) \mid p \in \{8, 9, 21\}$
Regra 15	$EMA_p(i) < EMA_p(i - 3) \mid p \in \{8, 9, 21\}$
Regra 16	$And(CO_p(i - 1) > 0, CO_p(i) > 0) \mid p \in \{10, 15, 20\}$
Regra 17	$VROC(i) > P \mid P \in \{120, 150\}$
Regra 18	$And(AO_p(i) < 0, AO_p(i - 1) > 0) \mid p \in \{8, 14, 21\}$
Regra 19	$WR_p(i) > -10 \mid P \in \{8, 9, 21\}$
Regra 20	$And(MACD_p(i) < Sing_p(i), MACD_p(i - 1) > Sing_p(i - 1)) \mid p \in \{9, 12, 26\}$
Regra 21	$And(PrecoAtivo(i - 1) < BBS_p(i - 1); PrecoAtivo(i) > BBS_p(i)) \mid p \in \{20, 14, 24\}$
Regra 22	$And(AD(i) < AD(i - P), PrecoAtivo(i) < PrecoAtivo(i - P)) \mid P \in \{1, 2, 3\}$
Regra 23	$And(OBV(i) < OBV(i - P), PrecoAtivo(i) < PrecoAtivo(i - P)) \mid P \in \{1, 2, 3\}$
Regra 24	$RSI(i) > P \mid P \in \{10, 20, 30\}$
Regra 25	$OE(i) > P \mid P \in \{10, 15, 20\}$

onde: p = período; P = parâmetro

Seguindo o padrão da LIBSVM, o arquivo 'data.train' está representado na Figura 25.

Figura 25 – Dados separados para treinamento.

```

1 3:1 4:1 9:1 10:1
1 1:1 2:1 4:1 9:1 10:1
1 4:1 6:1 11:1 12:1
1 6:1 7:1 11:1 12:1
1 9:1 10:1 11:1 12:1
0 16:1 17:1 22:1 23:1
0 16:1 20:1 22:1 23:1 25:1
0 15:1 17:1 22:1 23:1
0 14:1 15:1 22:1 23:1

```

Fonte: Elaborado pelo autor

Através de dois laços de repetições são feitas as verificações dos dados copiados pelo *Copybuffer*, uma repetição para compra e outra para venda que valida se os indicadores foram ativos em cada uma das 24 regras. Essa verificação tem custo  $O(n)$ , onde  $n$  é o tamanho da amostra de treinamento. Se o indicador da AT foi ativo naquele *candle* com as regras descritas na Tabela 6 e Tabela 7, é concatenado com demais indicadores e é escrito no arquivo data.train, que é o arquivo de entrada para o *solver* svm-train.exe, Algoritmo 1.

Um problema observado foi que alguns sinais sempre são ativos, como por exemplo a SMA, e para evitar um 'vício' na SVM, somente é registrado no arquivo de treinamento apenas quando há mais de 4 indicadores ativos naquele tempo gráfico.

#### 4.2.0.3 Treinamento

O processamento dos dados visto na seção 4.2.0.2 e no Algoritmo 1, gera o arquivo no padrão para o treinamento da SVM, denominado neste trabalho de data.train. Este arquivo é passado como parâmetro para o *solver*, juntamente com os parâmetros de  $-t$  *kernel\_type*, visto na Tabela 1 na seção 3.2.2.3 e  $-c$  *cost* define o parâmetro  $C$ , visto na equação 3.36 na seção 3.2.2.2.

A execução do *solve* da LIBSVM é feito através de comandos no *prompt* do windows. Entretanto, o MT5 não tem comunicação direta com o *prompt* e foi necessário utilizar DLL's para executar a SVM através do MT5. Uma delas é a "shell32.dll" que através



**Algorithm 1** Treinamento

---

```

1: procedure TRAIN(sizeTrain)
2:   serieHist[] = CopyRates(simboloTrain,Period(),0,sizeTrain)
3:   fileTrain = FileOpen(dadosTreinamento)
4:
5:   /*Loop Compra*/
6:   for i=sizeTrain to 0 do
7:     if  $iSMA(serieHist[i]) > iSMA(serieHist[i - 1])$  then
8:       compra += 1:1
9:     if  $iSME(serieHist[i]) > iSME(serieHist[i - 1])$  then
10:      compra += 2:1
11:    /*...Continua com os 12 regras de compra*/
12:   fileTrain = compra
13:
14:   /*Loop Venda*/
15:   for i=sizeTrain to 0 do
16:     if  $iSMA(serieHist[i]) < iSMA(serieHist[i - 1])$  then
17:       venda += 14:1
18:     if  $iSME(serieHist[i]) < iSME(serieHist[i - 1])$  then
19:       venda += 15:1
20:    /*...Continua com os 12 regras venda*/
21:
22:   fileTrain = venda
23:   svm-train(fileTrain,kernel,C)

```

---

da chamada de sistema *ShellExecuteW*, é possível executar comandos do *prompt* direto do Thaler no MT5. A partir dos comandos é feito o treinamento e a previsão.

Para exemplificar, a sintaxe de execução do treinamento é dados por:

```
'C:\libsvm\svm-train.exe -t 1 -c 100 data.train'
```

Com isso é criada a SVM com nome data.train.model. Um exemplo de resultado é dado a seguir:

```

optimization finished, #iter = 179
nu = 0.006993
obj = -1706.223153, rho = 0.081886
nSV = 65, nBSV = 5
Total nSV = 65

```

- *obj* é o valor objetivo ótimo do problema dual SVM, da equação 3.27.
- *rho* é o termo de polarização na função de decisão  $\text{sgn}(w^{Tx} - rho)$ .
- *nSV* e *nBSV* são o número de vetores de suporte e vetores de suporte limitados

(isto é,  $\alpha_i = C$ ).

- *nu-svm* é uma forma um tanto equivalente de SVM onde  $C$  é substituído por  $nu$ .
- $nu$  simplesmente mostra o parâmetro correspondente.

Como o *backtest* é realizado durante um longo período é necessário fazer novos treinamentos. O modelo da SVM é atualizado a cada mês, ou seja, se o mês mudou é feito um novo treinamento com os *candles* do tamanho da amostra mais recentes, fazendo com que o modelo fique sempre atualizado, conforme esquema descrito na Figura 24.

#### 4.2.0.4 Predição e Negociação

Após o processo de treinamento inicial tem início as predições para identificar os sinais de compra e venda a partir da observação de novos *candles*. O Thaler trabalha apenas com uma posição em aberto, ou seja, não acumula contratos; ele compra ou vende um contrato por vez e ao atingir o *stop gain* ou *stop loss* encerra a posição para que assim possa abrir uma nova negociação. Assim, se não há nenhuma posição em aberto pode fazer a predição do novo *candle*, economizando processamento. Também é verificado se está dentro do período de negociação das 10:00 as 17:00 horas, como no Algoritmo 2.

---

#### Algorithm 2 Predição e Negociação

---

```

1: procedure NEGOCIACAO(dataIni,dataFinal)
2:   mes = dataIni.mes
3:   train(sizeTrain)
4:   repeat
5:     if mes  $\neq$  dateTime().mes then
6:       train(sizeTrain)
7:       mes = dateTime().mes
8:     if periodoNegociacao then
9:       if !PosicaoAberta then
10:        candle = OnBar();
11:        sinal = svm-predict(fileTrain,candle,saida);
12:        /*Sinal para entrar vendendo*/
13:        if sinal = 0 then
14:          openPosition(venda)
15:        if sinal = 1 then
16:          openPosition(compra)
17:   until (dataFinal  $\geq$  dateTime())

```

---

A predição se dá obtendo os valores ao final do tempo gráfico através das funções do MT5, visto na seção 4.2.0.1 e que envia todos os valores para verificar qual indicador foi ativado naquele momento, segundo as regras das Tabelas 6 e 7, usando o mesmo Formato 4.3 da entrada de treinamento, porém apenas com uma só linha no arquivo. Esse arquivo é

passado como parâmetro, juntamente com o modelo da SVM, e um nome para o arquivo de saída, onde o *solve* escreve o sinal, 1-compra e 0-venda, o *solver* de predição é executado semelhante á execução do treinamento, via *prompt* o comando fica da seguinte maneira:

```
C:\libsvm>svm-predict.exe novoCandle.1.txt data.train.model sinal.txt
```

Lista de parâmetros para predição através do *solver*:

- (i) Novo *candle* do tempo gráfico.
- (ii) Modelo criado, ou seja, a SVM gerado através do treinamento.
- (iii) Arquivo onde será escrito o sinal de compra ou venda.

O MT5 lê o conteúdo do arquivo 'sinal.txt', e depois de três sinais consecutivos é aberta a posição, comprado ou vendido. E assim sucessivamente até o final do período de *backtest*.

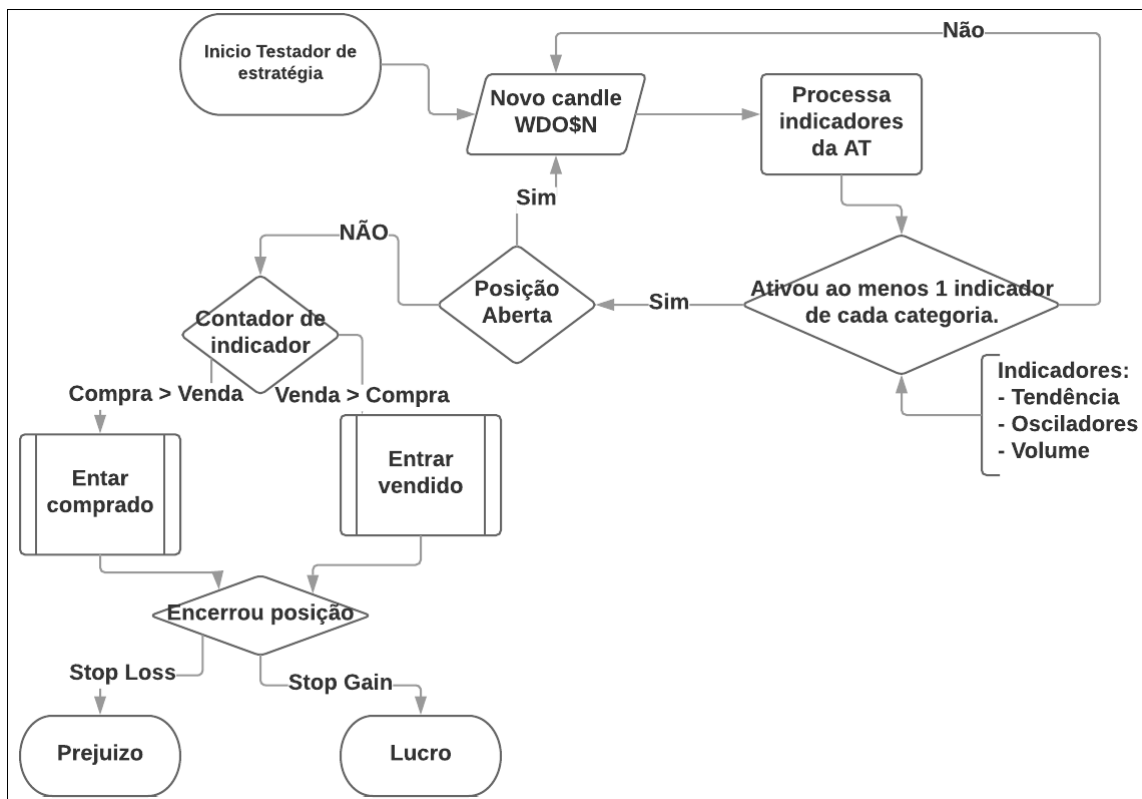
### 4.3 Teste Estratégia sem SVM

Afim de apurar a eficácia do Thaler, que utiliza da SVM para classificar indicadores da AT e negociar o WDO através do MT5 foi criada uma estratégia sem o uso de nenhum aprendizado de máquina para contrapor os resultados obtidos com a SVM. A estratégia é simples, e segue o processo indicado na Figura 26. Que foi amplamente discutida com aluno do Curso de Administração Nichollas Emanuel do Nascimento Alves, que também está realiza com programação de *robô expert's*.

A estratégia utiliza os mesmos indicadores e regras das Tabelas 6 e 7, aplicados no mesmo escopo. Ela utiliza uma abordagem diferente que não implementa aprendizado de máquina e tão pouco há necessidade baixar dados históricos. Assim que o Testador de Estratégia é iniciado começa a verificação e negociação. São duas as verificações:

- Se naquele tempo gráfico foi ativado pelo menos um indicador de cada categoria, tendência, oscilador e volume, visto na seção 3.2.1.
- Das regras de compra e venda, quais foram mais ativas naquele tempo gráfico, ou seja, vence a ação com maior quantidade de regras ativas dentre as descritas nas Tabelas 6 e 7.

Figura 26 – Fluxograma do Thaler sem uso da SVM.



Fonte: Elaborado pelo autor

## 5 RESULTADOS E ANÁLISE

Neste capítulo serão mostrados os resultados obtidos nos *backtests* a partir da implementação da fundamentação teórica e a explicação dos procedimentos de desenvolvimento e treinamento do protótipo do robô investidor.

### 5.1 Resultados do *Backtest* com SVM

O *backtest* não leva em consideração o *Book* de Ofertas, sendo assim, a ordem de compra e venda são executadas no valor que foi lançada. Em negociações em tempo real, a ordem lançada pelo robô é inserida em uma FIFO, e é executado assim que chega a sua vez, sendo que pode não ser executada.

O resultado obtido com o *backtest* é dado por meio de relatórios. Por meio deles é possível saber os potenciais lucros e prejuízos do Thaler, o níveis de risco, porcentagem de negociações vencedoras e perdedoras, o *drawdown* (rebaixamento) e outros índices.

Algumas métricas mais importante ao analisar o desempenho do robô são:

**Lucro Líquido:** É a diferença entre o lucro bruto e a perda bruta, ou seja, é a diferença entre os ganhos e perdas; é o retorno financeiro que o *expert* rendeu naquele intervalo de tempo, sem considerar taxas de corretagem, ISS, Emolumentos, Taxa de Custódia, Imposto de Renda.

**Fator de Lucro:** Sinaliza quantas vezes o lucro bruto é maior que a perda bruta. Quanto maior o fator melhor a estratégia, sendo valores acima de 2 excelentes e maiores que 1,4 muito bons (TRADER, 2017).

**Drawdown:** Através desta métrica é possível medir o risco da estratégia, e descrever a probabilidade de sobrevivência do robô a longo prazo. Quanto menor o *drowdown*, menor são os riscos, sendo ideal valores abaixo de 20% (??). O rebaixamento pode ser do saldo ou capital líquido, avaliando os valores absoluto, máximo e relativo.

**Drawdown absoluto** Rebaixamento absoluto = Depósito inicial - Saldo mínimo.

**Drawdown máximo** Rebaixamento máximo = Max[máximo local - próximo mínimo local].

**Drawdown relativo** Rebaixamento relativo = Max[(máximo local - próximo mínimo local)/máximo local \* 100].

**Fator de Recuperação:** É calculado entre o lucro absoluto e o *drawdown* máximo. Quanto maior o fator de recuperação, mais rápido o robô se recupera de um *drawn-down*. Um fator de recuperação ideal deve ser maior que 4 (TRADER, 2017).

**Taxa de Acerto:** Percentual de negociação onde se obteve lucro, ou seja, o robô acertou o sinal e executou uma negociação bem sucedida.

**Taxa de Perda:** Percentual de perda onde a negociação atingiu o *stop loss*, ou seja, o robô não acertou o sinal, ou houve uma forte reversão e não foi possível acompanhar, e o robô atingiu o *stop loss*.

**Acertos consecutivos** Mostra a maior quantidade de negociações que obteve-se lucros consecutivamente.

**Perdas consecutivas:** Mostra a maior quantidade de negociação que foram perdas repetidamente, ou seja, que atingiram o *stop loss*.

**Gráfico de resultado:** O Gráfico com resultados mostra o comportamento do robô de forma gráfica e registra a curva de ganhos e perdas ao longo do tempo.

### 5.1.1 Resultados preliminares

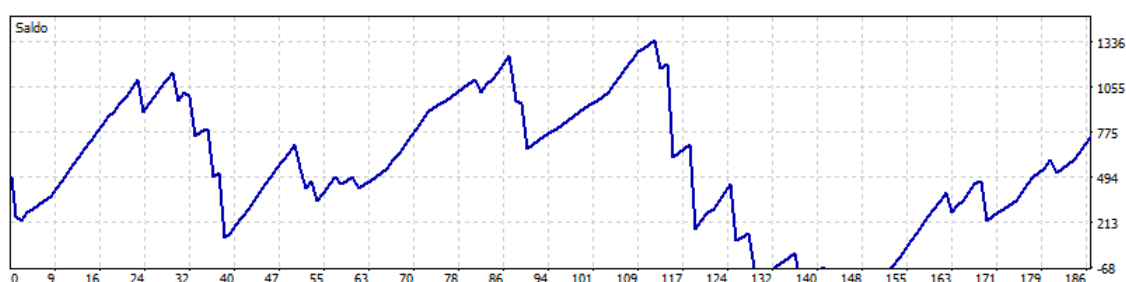
Após a implementação do Thaler, deu-se início os primeiros testes onde o robô foi treinado com a SVM e executou ordens de compra e venda. Os resultados iniciais não obtiveram bons resultados chegando a ficar com saldo negativo. Após análise das ordens executadas, percebeu-se que a SVM não estava obtendo sucesso nas ordens de compra, ou seja, quando a SVM previa um sinal de compra e o robô entrava no mercado comprado, um grande percentual (aproximadamente 70% das negociações) alcançava o *stop loss*, gerando uma perda considerável no saldo. Na mesma execução do *backtest* 75% dos sinais de venda gerados pela SVM, atingiam o *stop gain*, gerando lucro no saldo final.

Como o controle de risco do Thaler, visto na seção 4.1.5, trabalha com 2 pontos de ganho e 6 de perda, rendendo assim o valor sem taxas de R\$10,00 a cada negociação com lucro, e R\$-30,00 a cada negociação com perda. A taxa de acerto ou negociações com lucros tem que ser mais que 3 vezes a taxa de perda ou negociação com prejuízo.

O percentual de perdas não superou o de lucro; o *drawdown* do capital foi de 133,33%, um valor arriscado no qual o capital oscila em níveis de topo e fundos com uma diferença muito grande; o fator de recuperação foi muito baixo, de 0,14, como pode ser visto na Figura 27.

Isso posto, testou-se o Thaler apenas em operações de compra e apenas em operações de venda, para verificar se realmente as operações de venda estavam sendo classificadas com uma taxa de acerto maior que operações de compra. Após uma série de testes comprovou-se

Figura 27 – *Backtest* utilizando ordens de compra e venda. 01/01/2018 - 05/03/2018- Candle de 15min.



Fonte: Elaborado pelo autor

que a acurácia na classificação da SVM das regras de compra era inferior a acurácia na classificação das regras de venda. A SVM foi mais bem sucedida em classificar regras de venda, do que classificar regras de compra.

Em virtude disso os testes subsequentes, foram realizados somente com ordens de venda.

### 5.1.2 Teste Funções de *Kernel*

Como visto na seção 3.2.2.3, a escolha da função de *kernel* não altera o problema de classificação, onde na prática é responsável por elevar a dimensão dos dados para que seja possível separar os dados de treinamento por um hiperplano.

Diferentes *kernels*, em diferente tempos gráficos foram usado para descobrir qual função de *kernel* melhor adaptava a classificação das regras de venda da AT. O Thaler foi treinado e SVM criadas com as quatro funções de *kernel*, vista na Tabela 1, são funções padrão da biblioteca LIBVM desenvolvida por (CHANG; LIN, 2001).

A função de *kernel* que obteve melhor desempenho na classificação levou em consideração a quantidade de vezes em que se obteve o maior porcentagem de acerto na predição. A função de *kernel*  $k=2$  - Função de Base Radial (RBF) obteve maior quantidade de acertos em 2 dos 5 testes realizados, no tempo gráfico de 30 e 5 min, e com taxas de acertos de 78,45% e 77,43%, respectivamente. Já os outros tempos gráficos obtiveram os seguintes taxas de acertos: 15min com 78,23% e  $k=1$  - Polinomial, 10min com 78,30% e  $k=3$  - Sigmoides, e 1 min com 77,34% e  $k=0$  - Linear, apresentou a maior porcentagem de acerto uma função distinta, os resultados pode visto no Apêndice A - Tabelas 17, 16, 15, 14 e 13.

A quantidade de acertos consecutivos nem sempre segue a maior taxa de acertos, a função de *kernel* que apresentou a maior quantidade de acertos consecutivos foi com  $k=0$

- Linear, no tempo gráfico de 1 min, Tabela 17 com 48 acertos consecutivos, e a menor quantidade de acertos consecutivos foi com  $k=2$  - Função de Base Radial (RBF).

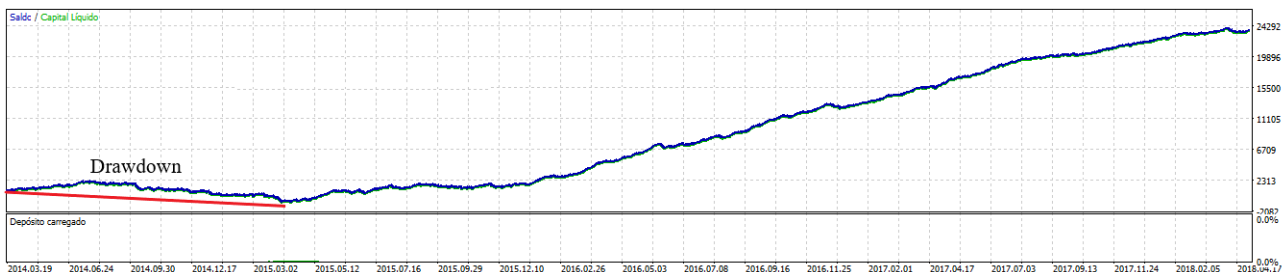
O parâmetro  $C$  da Equação 3.36, onde quanto maior o valor do  $C$  maior será a penalização associada aos erros cometidos, por padrão o  $C$  da LIBSVM é  $C=1$ . Ao realizar *backtests* não foi obtido métricas satisfatórias com valor padrão de  $C$ , com isso foi experimentado valores múltiplos de 10. O Thaler passou a não ter melhoras assim o valor  $C=100$ , que foi o melhor resultado obtido no *backtest*, similar aos resultados obtidos no trabalho de (BELTRAMI, 2009). Este valor de  $C$  foi empregado nos demais testes, onde os resultados podem ser visto no Apêndice A.

### 5.1.3 Análise de Risco

A finalidade de um robô investidor é operar no mercado financeiro e além de obter uma alta taxa de acerto na suas negociações. Como pôde ser visto na seção anterior, com o Thaler conseguindo em média 77% de acerto, espera-se operar com um pequeno risco obter um lucro financeiro.

Em relação ao risco, o percentual do *drawdown* em alguns tempos gráficos chegou a um níveis preocupantes. No pior caso, no tempo gráfico de 5 min e com função de *kernel* = 0, chegou a 137%, Apêndice A (Tabela 16), e que ainda obteve lucro no final da sua execução. Isso significa, um determinado momento o robô perdeu um alto valor do seu saldo e chegou a ficar com valor negativo. Porém, com um fator de recuperação de 7,44, o robô conseguiu se recuperar, como pode ser visto na Figura 28. O rebaixamento ocorreu no começo do ano de 2015, período de forte movimento de alta no dólar, observado na Figura 22.

Figura 28 – *Backtest - Drawdown* máximo no gráfico de 5 min.



Fonte: Elaborado pelo autor

O melhor percentual de *drawdown* ocorreu no gráfico de 1 min, Apêndice A Tabela 17, que apresentou uma percentual de rebaixamento de 13,38%, resultado muito bom, indicou que o máximo de perda não excedeu a 13,38% do valor inicial investido.



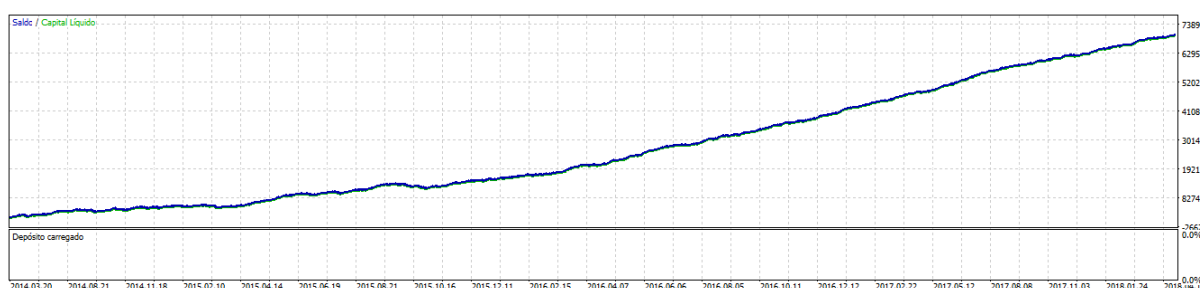
Mesmo o robô sendo bastante lucrativo em todos os testes, as estratégias que obtiveram um *drawdown* elevado não são aconselhadas aos investidores que não conseguem lidar com perdas elevadas, mesmo que o robô consiga recuperar o prejuízo.

#### 5.1.4 Retorno financeiro

O retorno financeiro é uma métrica fundamental, e objetivo principal do protótipo desenvolvido neste trabalho. Um problema encontrado no testador de estratégia é que ele também não leva em consideração taxa operacionais cobradas pela corretora como: taxa de corretagem, imposto sobre o serviço o ISS<sup>1</sup> e PIS/COFINS, nem mesmo custos da B3<sup>2</sup>, como o registro e os emolumentos. O imposto de renda também incide sobre o ganho nas negociações, que é de 20% sobre o lucro líquido em operações com contratos futuro no *Day Trade*.

Assim o resultado do lucro líquido do *backtest* teve um valor excelente, que pode vir a iludir um investidor inexperiente que esquece da alta carga tributária do Brasil. O melhor lucro líquido foi obtido no tempo gráfico de 1 min e com  $k=0$ , que obteve um lucro líquido de R\$68.950,00, Apêndice A Tabela 17. Porém, como a predição é feita a cada 1 min, isso leva um grande número de negociações com um rendimento de R\$10,00 para cada acerto. Durante um período de 4 anos isso levou a 73619 negociações, ou seja, a cada negociação é pago uma série de taxas e impostos que no fim diminui consideravelmente o lucro líquido. O Figura 29 mostra o gráfico com o maior crescimento no saldo. O gráfico ilustra o crescimento ideal do saldo de qualquer investidor.

Figura 29 – *Backtest* - Resultados do Thaler no tempo gráfico de 1 min e com  $kernel = 0$ .



Fonte: Elaborado pelo Metatrader 5

Na Tabela 8, foram representado os ganhos brutos obtidos no *backtest* dos melhores

- <sup>1</sup> Por ser um serviço prestado pela corretora de valores mobiliários ao investidor, há a incidência de ISS (Imposto Sobre Serviço) sobre o valor da taxa de corretagem. Este valor, normalmente, é repassado para o investidor. O valor de ISS equivale à 5% do valor total da taxa de corretagem.  $ISS = Taxa\ de\ Corretagem / 0,95 - Taxa\ de\ Corretagem$
- <sup>2</sup> [http://www.bmfbovespa.com.br/pt\\_br/servicos/tarifas/listados-a-vista-e-derivativos/moedas/tarifas-de-dolar-dos-estados-unidos/derivativos-de-dolar/](http://www.bmfbovespa.com.br/pt_br/servicos/tarifas/listados-a-vista-e-derivativos/moedas/tarifas-de-dolar-dos-estados-unidos/derivativos-de-dolar/)

ganhos de cada tempo gráfico, bem como, os ganhos já considerado taxas e impostos. Neste estudo, foi utilizado nos cálculos o valor de corretagem mais barato encontrado no mercado, R\$ 0,22 por mini contrato (Sem ISS, PIS e COFINS) oferecido pela corretora Modal DTVM<sup>3</sup>, e considerou-se R\$0,98 de registros e emolumentos cobrados pela B3. Chegou-se no valor de R\$1,20 por negociação de compra e venda, ou seja, quando acerta o *trade* e tem lucro, o robô acumula no saldo o valor de R\$8,80, e quando erra o *trade* e tem prejuízo, o robô debita do saldo -R\$31,20.

Tabela 8 – Resultados com os melhores ganhos obtidos pelo Thaler, nos 5 tempos gráficos distintos

T	Saldo	G s/ taxa	G c/ taxa	G c/ IRPF 20%	SF
30	R\$7.320,00	R\$6.320,00	R\$704,00	R\$563,20	R\$1.563,20
15	R\$12.640,00	R\$11.640,00	R\$835,20	R\$668,16	R\$1.668,16
10	R\$17.810,00	R\$16.810,00	R\$1.530,40	R\$1.224,32	R\$2.224,32
5	R\$29.110,00	R\$28.110,00	-R\$6.525,60	-R\$5.220,48	-R\$4.220,48
1	R\$69.950,00	R\$68.950,00	-R\$19.384,00	-R\$15.507,20	-R\$14.507,20

**T**=Tempo gráfico, **G**=Ganho, **IRPF**=Imposto de renda, **SF**=Saldo Final.

O Thaler obteve em alguns tempo gráfico (como os de 30 mim, 15 min e 10 min), rendimentos comparado a índices de referência como: taxa SELIC, Poupança e ao CDI, que são alguns do principais índices utilizados em fundos de investimentos de renda fixa. Esses índices são comumente utilizados para comparar retorno financeiro de robôs investidores de renda variável como o Thaler. Já nos tempos de 5 min e 1 min, os rendimento foi bastante inferiores, que chegaram a ficar negativos. Para melhor entendimento, os índices apresentados serão explicados a seguir

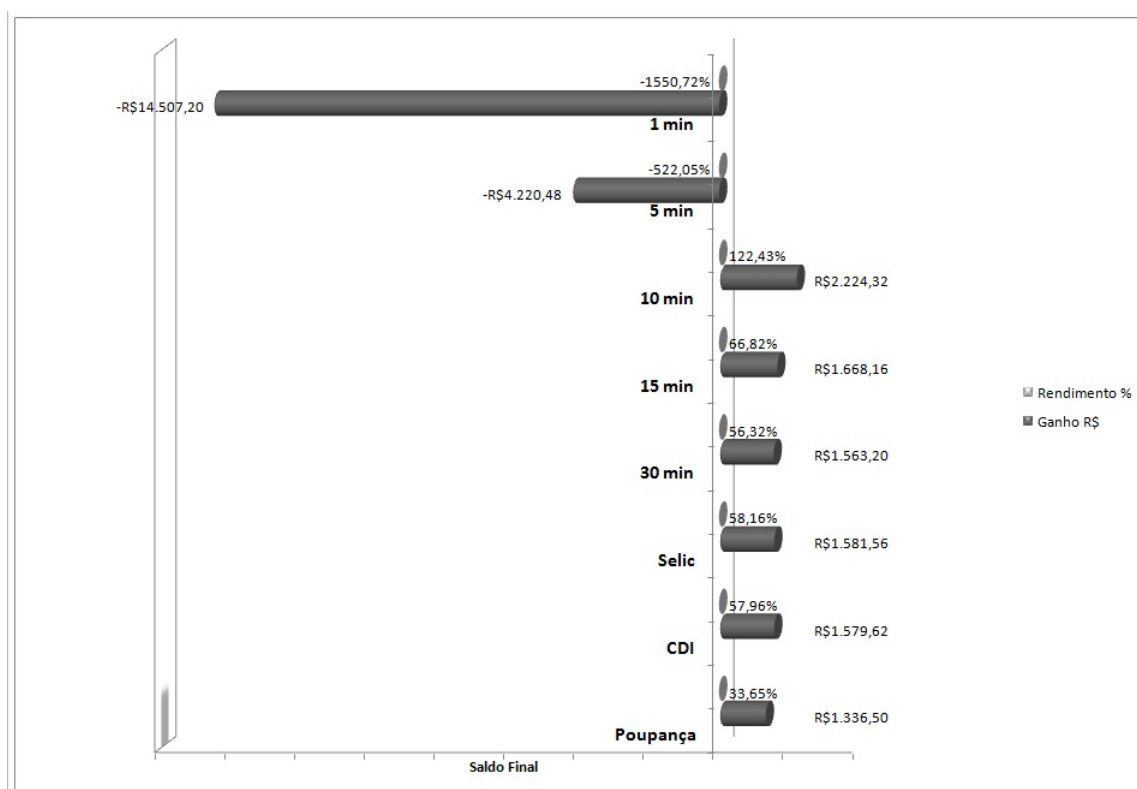
**Taxa Selic** A Selic é a taxa básica de juros da economia do Brasil utilizada para financiamento de operações diárias com títulos públicos federais como garantia, ou seja, os juros que o governo paga para aquele que empresta dinheiro para ele. É um dos indicadores mais importantes do mercado financeiro, pois serve de referência para toda a economia.

**Juros da Poupança** Os juros da poupança que é pago pelos bancos, e equivalem a 0,5% ao mês mais Taxa Referencial valores de Jul/2018. Regra que só não se aplica quando a Taxa Selic estiver abaixo de 8,5%, quando então o rendimento será 70% da taxa de juros Selic.

<sup>3</sup> <https://www.modalmais.com.br>

**CDI** Certificado de Depósito Interbancário, taxa que também acompanha a taxa Selic, são taxas cobradas entre empréstimos entre bancos, na finalidade de cumprir determinação do Banco Central de não fechar o dia com saldo negativo. A médias cobradas nesses empréstimos é a taxa CDI.

Figura 30 – *Backtest* - Resultados do Thaler comparando com os índices de renda fixa.



Fonte: Elaborado pelo autor

Para fim de comparação dos resultados do Thaler no *backtest* realizado no período da Operação Lava Jato foi feito a correção em cima do valor de margem inicial do Thaler de R\$1.000,00. A correção deste valor foi realizado através da Calculadora do Cidadão<sup>4</sup>, oferecida pelo Banco Central do Brasil. O período de correção foi o mesmo da execução do *backtest*, de 01/03/2014 à 30/04/2018. Como pode ser visto na Figura 30, o Thaler teve um rendimento superior nos tempos gráficos de 10, 15 e 10 minutos, quando comparados aos índices de renda fixa. Para correção do valor acima da taxa de CDI considerado 100%.

<sup>4</sup> <https://www3.bcb.gov.br/CALCIDADA0>

## 5.2 Resultados do *Backtest* sem SVM

O *backtest* realizado no robô que não utiliza a SVM para classificar os indicadores da AT aplica a estratégia vista na seção 4.3 por meio dele obteve um resultado inferior à estratégia utilizando a SVM.

A estratégia sem SVM executa menos negociações, visto que, a ativação de no mínimo 3 indicadores de cada categoria não é realizado com muita frequência, fazendo com que os sinais de venda não são acionados e assim abrindo poucas operações. Outro motivo observado é que não se pode considerar a maioria, se os sinais de venda foi maior do que os sinais de compra, pela estratégia a quantidade de acerto deveria ser considerado maior que a SVM e isso não aconteceu.

A eficácia da SVM foi comparada no melhor e pior caso com resultado positivo, levando em consideração o retorno financeiro e taxa de acerto. O pior resultado utilizando a SVM foi no tempo gráfico de 30min e com  $k=1$ , como pode ser visto na Tabela 9, tanto a taxa de acerto quanto o saldo final obtiveram métricas melhores do que quando não se utiliza a SVM, com rendimento menor do que Poupança, CDI e taxa Selic.

Tabela 9 – Resultado *backtest* no pior caso, tempo gráfico 30 min.

Estratégia	Negociações	Acerto	Drardown	Ganho	Saldo c/ taxa
com SVM	4680	78,38%	21,52%	R\$6.320,00	R\$1.563,20
sem SVM	1061	77,85%	33,62%	R\$1.155,00	R\$905,44

O Thaler obteve um melhor no seu comportamento com a SVM, mesmo quando observado o pior caso, no tempo gráfico de 30 min, (Gráfico 32a), do que com as regras puras da Análise Técnica, (Gráfico 32b), que considerando a maioria dos sinais de entrada no mercado como sendo a melhor opção.

A comparação do melhor resultado obtido utilizando a SVM com a estratégia sem sua aplicação comprovou que as melhores métricas ficaram com a SVM (Tabela 10). Com isso, todos os casos no qual é empregado a utilização da SVM, garante um melhor resultado, tanto em taxas de acerto, *drawdown*, rendimento financeiro e comportamento ao longo do tempo.

Tabela 10 – Resultado *backtest* no melhor caso, tempo gráfico 10 min.

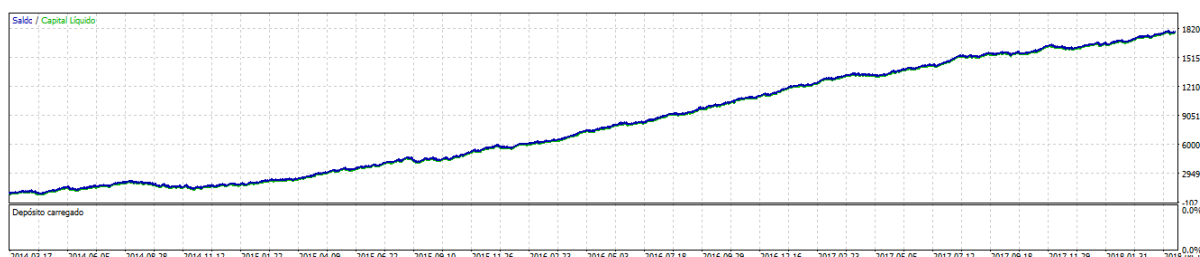
Estratégia	Negociações	Acerto	Drardown	Ganho	Saldo c/ taxa
com SVM	12733	78,30%	40,60%	R\$16.810,00	R\$2.224,32
sem SVM	2966	77,48%	48,55%	R\$2.785,00	R\$380,64

O comportamento do Thaler utilizando SVM para classificar as regras dos indicadores da AT no tempo gráfico de 10 min, (Gráfico 31a), teve um crescimento mais estável,

comparado ao que não utiliza a SVM, (Gráfico 31b), que apresentou quedas no saldo mais bruscas, ou seja, muitas perdas consecutivas.

Figura 31 – Comportamento sem e com SVM, melhor caso no tempo gráfico 10min

(a) Estratégia com SVM



(b) Estratégia sem SVM

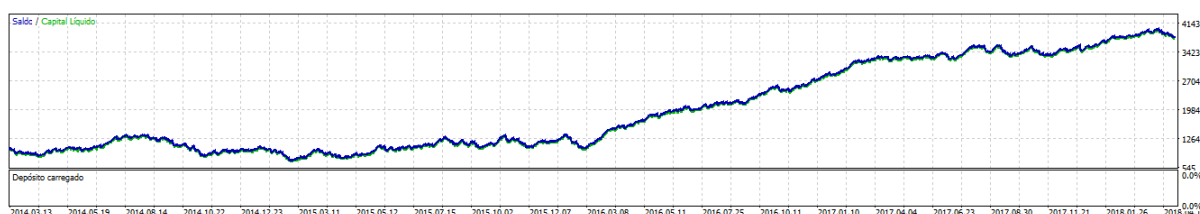
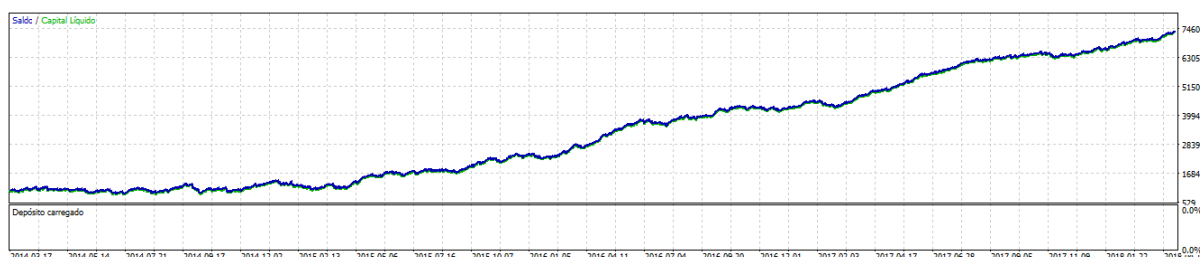


Figura 32 – Comportamento sem e com SVM, pior caso no tempo gráfico 30 min

(a) Estratégia com SVM



(b) Estratégia sem SVM



## 5.3 Resultados do Backtest com SVM e Stop Móvel

Como os rendimentos financeiros dos *backtest's* não foram satisfatórios devido ao fato de realizarem muitas negociações e considerando o valor de R\$1,20 por negociação, muitos dos testes ficaram com resultados negativos, pois como o controle de risco ficou 1

para 3, ganhar 1 e perder 3. Para um bom rendimento, as taxa de acertos tem que ser muito superiores às taxas de perda, para compensar a perda e as taxas aplicadas.

Ao analisar os resultados anteriores, foi decidido implementar o *stop* móvel para observar se uma estratégia de risco diferente afetaria as taxas de acerto e o retornos financeiros. Assim foram feitos novos *backtests* com a SVM e implementando o *stop* móvel visto na seção 4.1.5.1.

Os testes com as diferentes funções de *kernel* não seguiram o padrão da seção 5.1.2, indicou que a função de *kernel* não implica na taxa de acerto, pois os valores apresentados ficam todos com uma mesma média de acerto.

Um problema no MT5 é que ele considera um empate como uma negociações com lucro, ou seja, um acerto, e que não é verdadeiro pois como o ganho é R\$0,00, o robô ainda tem o gasto com a negociação no valor de R\$1,20, portanto as porcentagem de acerto vistas no Apêndice B (Tabela 18, 19,20,21 e 22), foram em média 90%. Ao descartar as negociações com empate, esse percentual cai consideravelmente.

Como pode ser visto na Tabela 11, a média de taxa de acerto ficou na casa dos 25% das negociações e com um *stop gain* de 4 pontos e um lucro de R\$20,00 no saldo. Os resultados também apresentaram uma média de taxa de erros de 9%, com 6 pontos de *stop loss* que resulta em um débito no saldo de -R\$30,00. As negociações no qual foi acionado o *stop* móvel, e que não se alcançou o lucro, ficaram em média 64% das negociações. O comportamento do Thaler não se diferenciou, sempre em uma crescente, e com poucos ou pequenos rebaixamentos, sempre que passou pelo ano de 2015 com bastante dificuldades como pode ser visto no Apêndice B (Gráficos 39, 40, 41, 42 e 43).

O retorno financeiro da estratégia de controle de risco que implementa o *stop* móvel foi bem superior ao rendimento da primeira estratégia, que considera apenas ganhos e perdas, e o ganho sendo menor tornando-o um "guloso". Mesmo após calcular as taxas e corretagem no valor de R\$1,20 por negociação Tabela 12, com um saldo máximo de R\$104.290,24 em 4 anos. Esta estratégia espera um melhor momento para encerrar a posição, por esse motivo, realiza menos negociações assim obtém mais lucro.

Ao comparar os ganhos com o rendimento da Taxa Selic, CDI e Poupança, indica que o Thaler configurado com um controle de risco adequado, o percentual de ganho é consideravelmente maior, como pode ser visto na Figura 33, e não apresentou rendimentos negativos como na primeira estratégia.

Todos os gráficos e resultados dos *backtests*, de todos os *kernels* e tempos gráficos, estão disponíveis para consulta em um drive MEGA<sup>5</sup>.

---

<sup>5</sup> <https://goo.gl/qCQojx>

Tabela 11 – Taxas de acertos dos maiores ganhos com *stop* móvel, no diversos tempos gráficos.

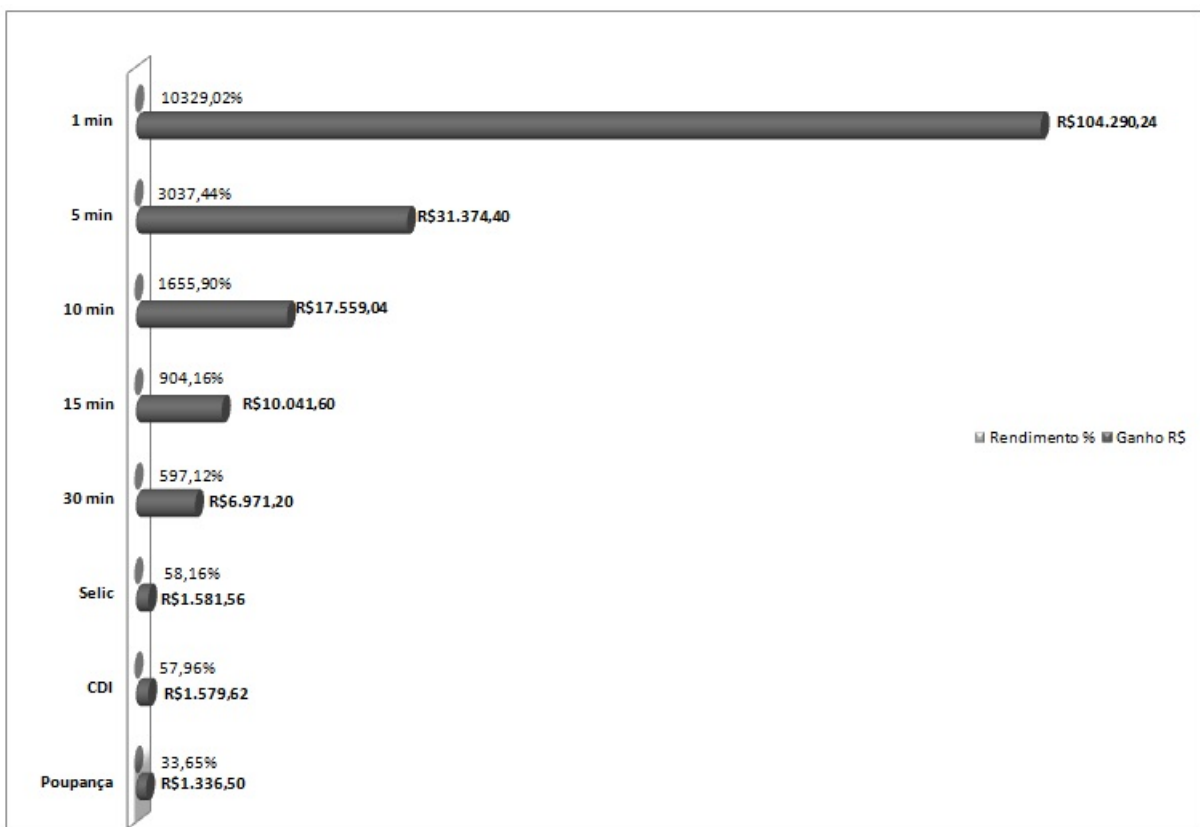
	<b>Acerto</b>	<b>Perda</b>	<b>Empate</b>	<b>Total</b>
<b>30 min</b>	1581	545	4094	6220
	25,42%	8,76%	65,82%	100,00%
<b>15 min</b>	2940	1071	7291	11302
	26,01%	9,48%	64,51%	100,00%
<b>10 min</b>	4404	1623	11222	17249
	25,53%	9,41%	65,06%	100,00%
<b>5 min</b>	8080	3053	20507	31640
	25,54%	9,65%	64,81%	100,00%
<b>1 min</b>	28528	10683	68383	107594
	26,51%	9,93%	63,56%	100,00%

Tabela 12 – Resultados com os melhores ganhos obtidos pelo Thaler, nos 5 tempos gráficos distintos e com *Stop* Móvel

<b>T</b>	<b>Saldo</b>	<b>G s/ taxa</b>	<b>G c/ taxa</b>	<b>G c/ IRPF 20%</b>	<b>SF</b>
30	R\$16.750,00	R\$15.750,00	R\$7.464,00	R\$5.971,20	R\$6.971,20
15	R\$26.670,00	R\$25.670,00	R\$11.302,00	R\$9.041,60	R\$10.041,60
10	R\$39.390,00	R\$38.390,00	R\$20.698,80	R\$16.559,04	R\$17.559,04
5	R\$70.010,00	R\$69.010,00	R\$37.968,00	R\$30.374,40	R\$31.374,40
1	R\$250.070,00	R\$249.070,00	R\$129.112,80	R\$103.290,24	R\$104.290,24

**T**=Tempo gráfico, **G**=Ganho, **IRPF**=Imposto de renda, **SF**=Saldo Final.

Figura 33 – *Backtest* - Resultados do Thaler com *stop* móvel, comparando com os índices de renda fixa.



Fonte: Elaborado pelo autor



## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Thaler, protótipo de robô investidor desenvolvido neste trabalho, está apto, *(i)* obter uma série histórica financeira do mini contrato do dólar, e através de um *solver* que é fornecido na LIBSVM cria uma Máquina de Vetor de Suporte para classificação de regras da venda da AT; *(ii)* realizar predição dos sinais fornecidos pelos indicadores da AT, e abrir posições de venda no mercado B3, utilizando uma conta real ou uma conta *demo*, no testador de estratégia com a ferramenta de negociação MetaTrader 5, que é disponibilizados por diversas corretoras; *(iii)* o robô investidor foi capaz garantir um rendimento financeiro considerável nos *backtests*, capaz de superar investimentos em renda fixa, como Poupança, CDI e a taxa Selic.

Como o mercado financeiro é muito incerto, esse trabalho mostra que apenas a SVM aplicada na classificação de indicadores da AT não obtém sucesso sem ter um bom controle de risco, e prevenir perdas e prejuízo financeiro ao investidor nos momentos em que a SVM não classifica corretamente os indicadores, ou em momentos em que os sinais estejam precipitados ou atrasados.

Como a AT pode ser aplicada em outros tipos de ativos, como ações e moedas e também em outros mercados, como Forex onde as taxas e impostos são menores, este trabalho cria um leque de opções para futuros investidores, visto que foi bem sucedido com mini contratos de dólar futuro.

O algoritmo do Thaler foi disponibilizado para teste e possíveis melhorias, uma vez que as possibilidades de melhorias são grandes, pois os parâmetros de entrada podem variar, e através de uma otimização das entradas, o robô ser adaptado a cada tempo gráfico e a cada tipo de moeda ou ação.

---



## Referências

- AMARAL, R. P. d. Comportamento dos investidores em operações daytrade. 2016. Citado na página 23.
- BELTRAMI, M. Precificação de opções sobre ações por modelos de support vector regression. 2009. Citado 2 vezes nas páginas 26 e 76.
- BELTRAMI MONICA, L. G. V. S. A. C. L. Comparação das técnicas de support vector regression e redes neurais na precificação de opções. *Xlvi Sbp*, p. 572–583, 2011. Citado 4 vezes nas páginas 26, 47, 49 e 50.
- BMFBOVESPA. *Dólar dos Estados Unidos*. 2018. Acessado: 21 Abril. 2018. Disponível em: <[http://www.bmfbovespa.com.br/pt/\\_br/produtos/listados-a-vista-e-derivativos/moedas/futuro-mini-de-taxa-de-cambio-de-reais-por-dolar-comercial.htm](http://www.bmfbovespa.com.br/pt/_br/produtos/listados-a-vista-e-derivativos/moedas/futuro-mini-de-taxa-de-cambio-de-reais-por-dolar-comercial.htm)>. Citado na página 55.
- BMFBOVESPA. *Market Data Broadcast Vendor Certification v1.0.4*. 2018. Acessado: 21 fev. 2018. Disponível em: <<http://www.bmfbovespa.com.br/ptbr/regulacao/regulacao-de-emissores/>>. Citado 2 vezes nas páginas 21 e 28.
- BOLLINGER, J. *Bollinger on Bollinger bands*. [S.l.]: McGraw Hill Professional, 2001. Citado na página 34.
- BURGES, C. J. A tutorial on support vector machines for pattern recognition. *Data mining and knowledge discovery*, Springer, v. 2, n. 2, p. 121–167, 1998. Citado 4 vezes nas páginas 48, 49, 50 e 51.
- CALAINHO, F. D. Previsão da direção de índices da bovespa por intermédio de máquina de suporte vetorial. 2015. Citado na página 25.
- CASTRO, J. de. Dólar e bolsa reagem à operação lava-jato e lula. 2015. Acessado: Abril. 2018. Disponível em: <<http://www.valor.com.br/financas/4109046/dolar-e-bolsa-reagem-operacao-lava-jato-e-lula>>. Citado na página 61.
- CHANG, C.-C.; LIN, C.-J. *LIBSVM: A library for support vector machines*. 2001. 27:1–27:27 p. Software disponível em <<http://www.csie.ntu.edu.tw/~cjlin/libsvm>>. Citado 4 vezes nas páginas 25, 29, 53 e 75.
- FERREIRA, G. *Livro da Bolsa Vol. I - Introdução à Análise Técnica*. [S.l.: s.n.], 2011. Citado 2 vezes nas páginas 32 e 58.
- GRANVILLE, J. E. *Granville's new key to stock market profits*. [S.l.]: Prentice Hall, 1969. Citado na página 43.
- GUIDES, T. S. Bill williams awesome oscillator strategy—big profits, small losses. 2017. Citado na página 44.
- KARA, Y.; BOYACIOGLU, M. A.; BAYKAN, Ö. K. Predicting direction of stock price index movement using artificial neural networks and support vector machines: The sample of the istanbul stock exchange. *Expert systems with Applications*, Elsevier, v. 38, n. 5, p. 5311–5319, 2011. Citado na página 25.

- KIM, K.-j. Financial time series forecasting using support vector machines. *Neurocomputing*, Elsevier, v. 55, n. 1-2, p. 307–319, 2003. Citado 3 vezes nas páginas 24, 25 e 45.
- KIM, Y. et al. An intelligent hybrid trading system for discovering trading rules for the futures market using rough sets and genetic algorithms. *Applied Soft Computing*, Elsevier, v. 55, p. 127–140, 2017. Citado na página 23.
- LAMEIRA, V. Negócios em bolsa de valores: estratégias para investimentos. *São Paulo: Alaúde Editorial*, 2005. Citado na página 22.
- MT5. *Uso de indicadores técnicos*. 2018. Acessado: mar. 2018. Disponível em: <<https://www.metatrader5.com/pt/terminal/help/indicators>>. Citado 11 vezes nas páginas 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 42 e 44.
- MURPHY, J. J. *Technical analysis of the financial markets: A comprehensive guide to trading methods and applications*. [S.l.]: Penguin, 1999. Citado 2 vezes nas páginas 30 e 34.
- MUSSA, A. et al. Hipótese de mercados eficientes e finanças comportamentais: as discussões persistem. *FACEF Pesquisa-Desenvolvimento e Gestão*, v. 11, n. 1, 2010. Citado na página 22.
- NORONHA, M. *Análise técnica: teorias, ferramentas, estratégias*. São Paulo: Editec, 1995. Citado na página 30.
- PIMENTA, A. *Métodos automatizados para investimento no mercado de ações via inteligência computacional*. UFMG, 2017. Citado 4 vezes nas páginas 21, 30, 35 e 66.
- PIMENTA, A. et al. An automated investing method for stock market based on multiobjective genetic programming. *Computational Economics*, Springer, p. 1–20, 2017. Citado 3 vezes nas páginas 24, 31 e 66.
- READHEAD, J. *Support Vector Machine Learning Trader - expert para MetaTrader 5*. 2016. Acessado: mar. 2018. Disponível em: <<https://www.mql5.com/pt/articles/584>>. Citado na página 26.
- SANTOS, E. M. dos. *Teoria e aplicação de support vector machines à aprendizagem e reconhecimento de objetos baseado na aparência*. Tese (Doutorado) — Universidade Federal da Paraíba, 2002. Citado na página 45.
- SCHWAGER, J. *Guide to winning with automated trading systems (course manual)*. 2015. Citado na página 21.
- TENLLADO, R. P. F. *Teoría y práctica de la bolsa: Todo lo que debe saber el inversor sobre los mercados financieros*. [S.l.]: Ediciones Díaz de Santos, 2011. Citado 4 vezes nas páginas 32, 33, 35 e 37.
- TRADER, D. E. *8 Práticas Essenciais Para Realizar Backtests e Otimizações Como Profissionais*. 2017. Acessado: mar. 2018. Disponível em: <<http://www.deltatrader.com.br/8-praticas-backtests-e-otimizacoes/>>. Citado 2 vezes nas páginas 73 e 74.
- VAPNIK, V. N. An overview of statistical learning theory. *IEEE transactions on neural networks*, IEEE, v. 10, n. 5, p. 988–999, 1999. Citado 2 vezes nas páginas 45 e 46.

WAGNER, D. *Sector Trading Strategies*. Wiley, 2016. (Wiley Trading). ISBN 9781118538685. Disponível em: <[https://books.google.com.br/books?id=1\\\_sdDAAAQBAJ](https://books.google.com.br/books?id=1\_sdDAAAQBAJ)>. Citado na página 57.

WIKIPEDIA. *Leia da oferta e da procura*. 2017. Acessado: maio 2018. Disponível em: <[http://pt.wikipedia.org/wiki/Lei\\\_da\\\_oferta\\\_e\\\_da\\\_procura](http://pt.wikipedia.org/wiki/Lei\_da\_oferta\_e\_da\_procura)>. Citado na página 55.

WUERGES, A. F. E.; BORBA, J. A. Redes neurais, lógica nebulosa e algoritmos genéticos: Aplicações e possibilidades em finanças e contabilidade. *JISTEM: Journal of Information Systems and Technology Management*, Universidade de São Paulo, v. 7, n. 1, 2010. Citado na página 23.

XP, I. *eBook Mini Contratos*. [S.l.]: Xp Investimentos, 2018. Citado 2 vezes nas páginas 28 e 58.

ŻBIKOWSKI, K. Using volume weighted support vector machines with walk forward testing and feature selection for the purpose of creating stock trading strategy. *Expert Systems with Applications*, Elsevier, v. 42, n. 4, p. 1797–1805, 2015. Citado na página 25.



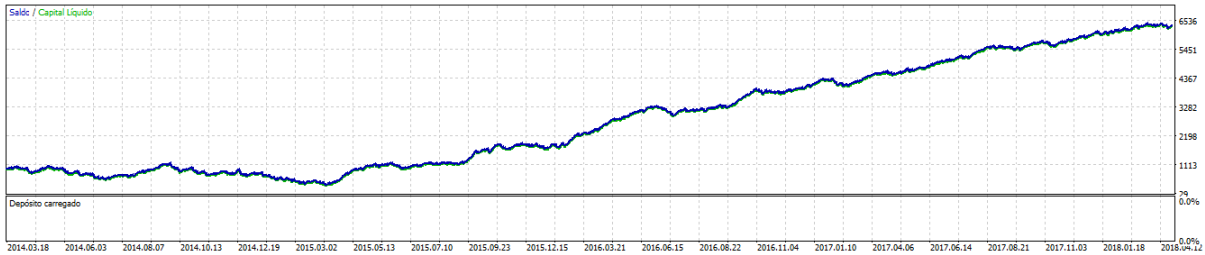
## APÊNDICE A – Tabelas com resultados do *backtest* com SVM e sem *Stop* móvel.

Tabela 13 – Gráfico de 30 min. Período 01/03/2014 á 30/04/2018 - 1 contrato WDO.

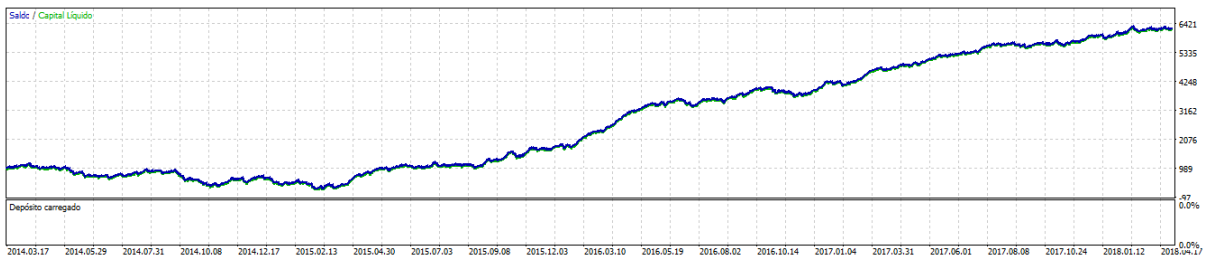
<b>Kernel</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>Negociações</b>	4299	4680	4051	4325
<b>Negociações c/ Lucro</b>	78,11%	78,38%	78,45%	78,01%
<b>Negociações c/ Perda</b>	21,89%	21,62%	21,55%	21,99%
<b>Drawdown Capital</b>	72,20%	32,43%	29,71%	82,42%
<b>Drawdown Saldo</b>	70,83%	30,23%	28,57%	81,51%
<b>Fator de lucro</b>	1,19	1,21	1,21	1,18
<b>Fator de Recuperação</b>	6,15	15,05	10,75	5,29
<b>Acertos Consecutivos</b>	29	31	32	32
<b>Perdas Consecutivas</b>	5	5	5	5
<b>Total Bruto</b>	R\$33.580,00	R\$36.680,00	R\$31.780,00	R\$33.740,00
<b>Perda Bruta</b>	-R\$28.230,00	-R\$30.360,00	-R\$26.190,00	-R\$28.530,00
<b>Total Líquido</b>	R\$5.350,00	R\$6.320,00	R\$5.590,00	R\$5.210,00

Figura 34 – Comportamento do Thaler no gráfico de 30 min

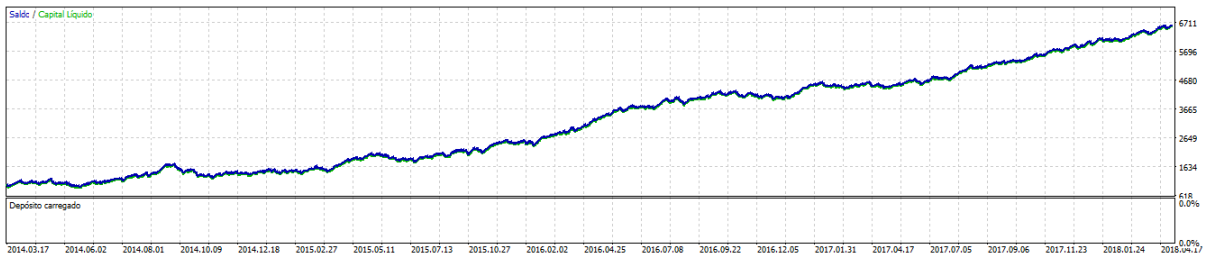
(a) Kernel = 0



(b) Kernel = 1



(c) Kernel = 2



(d) Kernel = 3

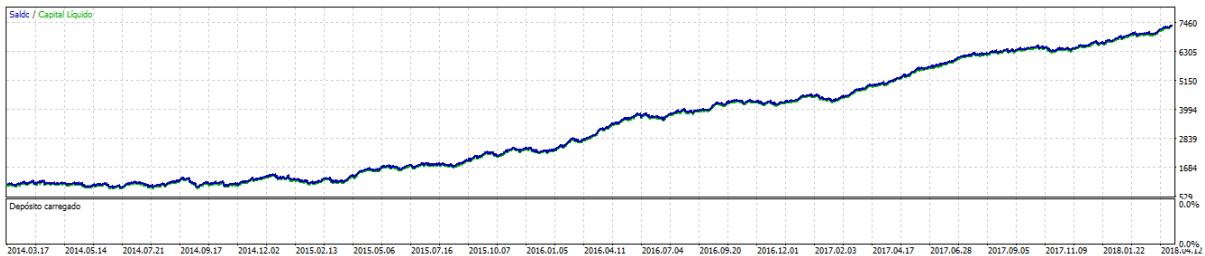




Tabela 14 – Gráfico de 15 min. Período 01/03/2014 á 30/04/2018 - 1 contrato WDO.

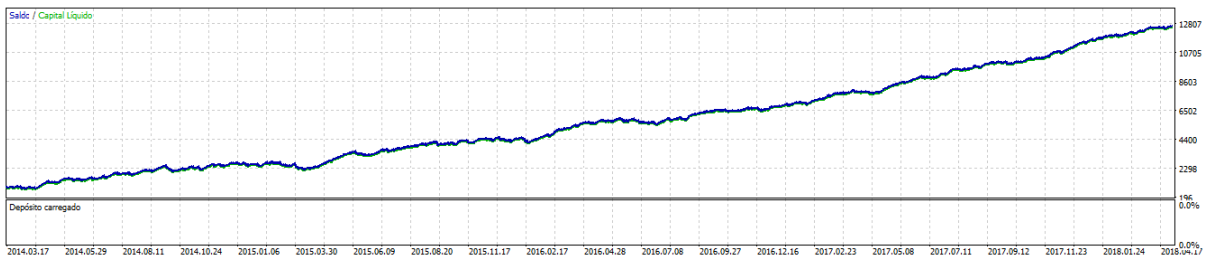
<b>Kernel</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Negociações	8316	9004	8686	8622
Negociações c/ Lucro	77,71%	78,23%	77,81%	78,03%
Negociações c/ Perda	22,29%	21,77%	22,19%	21,97%
Drawdown Capital Líquido	41,41%	22,89%	54,62%	36,20%
Drawdown Saldo	41,22%	22,18%	54,35%	35,35%
Fator de lucro	1,16	1,2	1,17	1,18
Fator de Recuperação	14,63	17,91	9,73	11,82
Acertos Consecutivos	34	33	36	35
Perdas Consecutivas	7	5	5	7
<b>Total Bruto</b>	R\$64.620,00	R\$70.440,00	R\$67.590,00	R\$67.280,00
<b>Perda Bruta</b>	-R\$55.620,00	-R\$58.800,00	-R\$57.810,00	-R\$56.820,00
<b>Total Líquido</b>	R\$9.000,00	R\$11.640,00	R\$9.780,00	R\$10.460,00

Figura 35 – Comportamento do Thaler no gráfico de 15 min

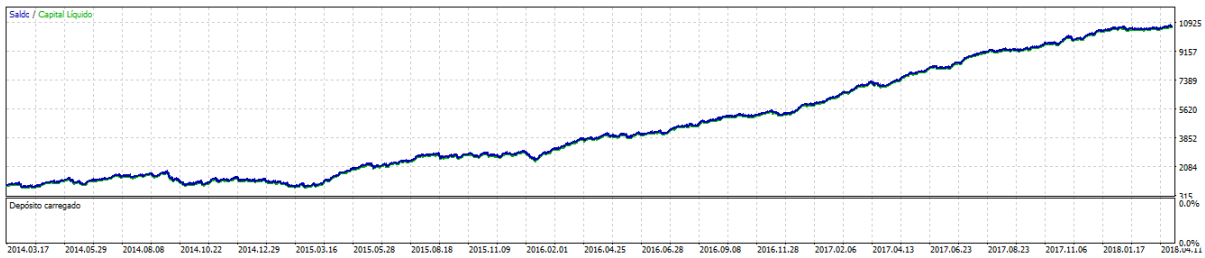
(a) Kernel = 0



(b) Kernel = 1



(c) Kernel = 2



(d) Kernel = 3

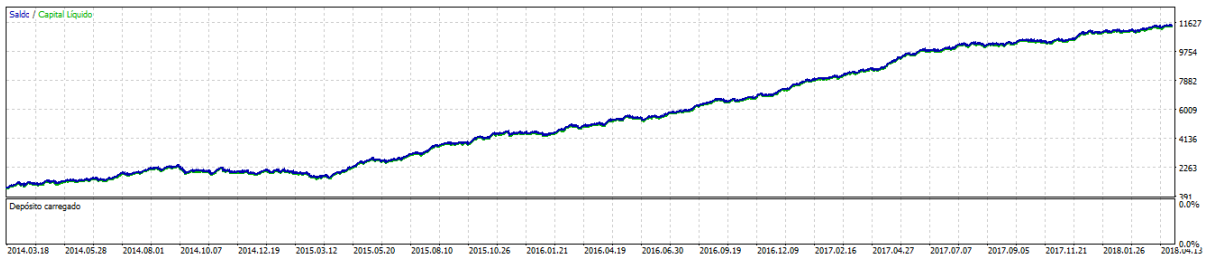
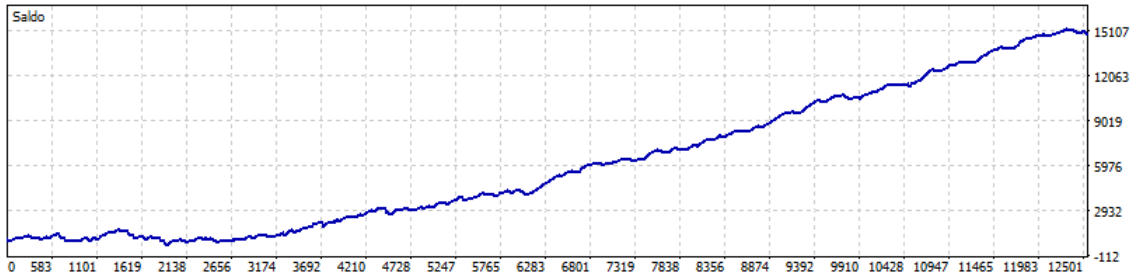


Tabela 15 – Gráfico de 10 min. Período 01/03/2014 á 30/04/2018 - 1 contrato WDO.

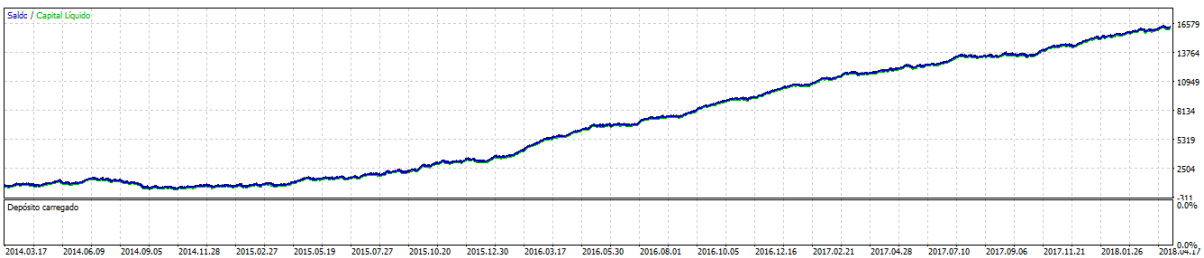
<b>Kernel</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Negociações	12485	12898	12815	12733
Negociações c/ Lucro	77,79%	77,96%	78,04%	78,30%
Negociações c/ Perda	22,21%	22,04%	21,96%	21,70%
Drawdown Capital Líquido	65,33%	70,15%	41,00%	40,60%
Drawdown Saldo	64,37%	68,52%	41,00%	39,45%
Fator de lucro	1,17	1,18	1,18	1,2
Fator de Recuperação	12,22	13,39	19,01	18,99
Acertos Consecutivos	28	34	37	30
Perdas Consecutivas	5	6	5	5
<b>Total Bruto</b>	R\$97.120,00	R\$100.550,00	R\$100.010,00	R\$99.700,00
<b>Perda Bruta</b>	-R\$83.190,00	-R\$85.290,00	-R\$84.420,00	-R\$82.890,00
<b>Total Líquido</b>	R\$13.930,00	R\$15.260,00	R\$15.590,00	R\$16.810,00

Figura 36 – Comportamento do Thaler no gráfico de 10 min

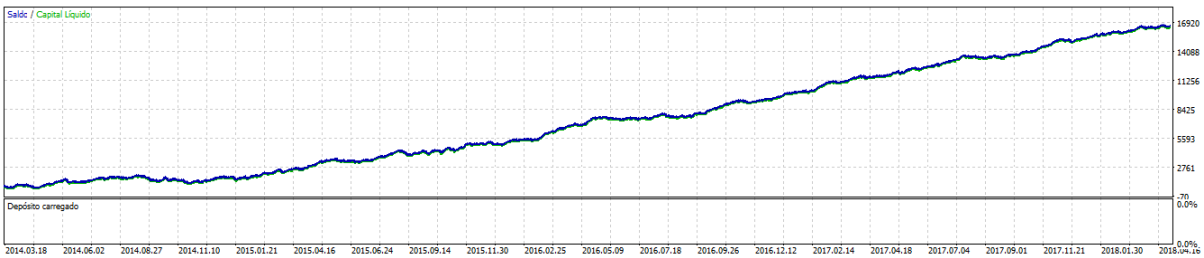
(a) Kernel = 0



(b) Kernel = 1



(c) Kernel = 2



(d) Kernel = 3

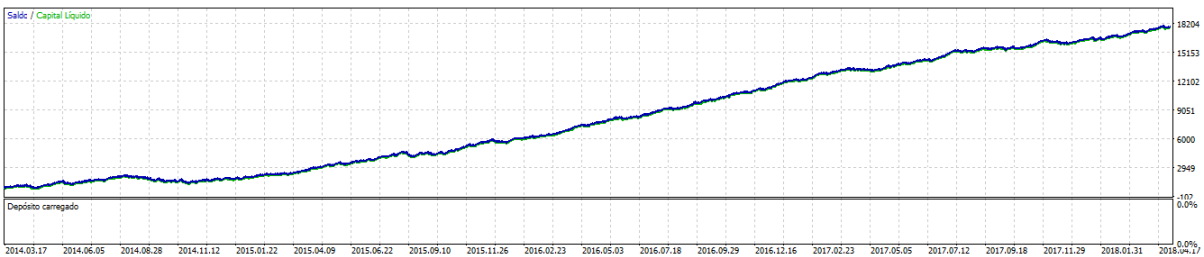
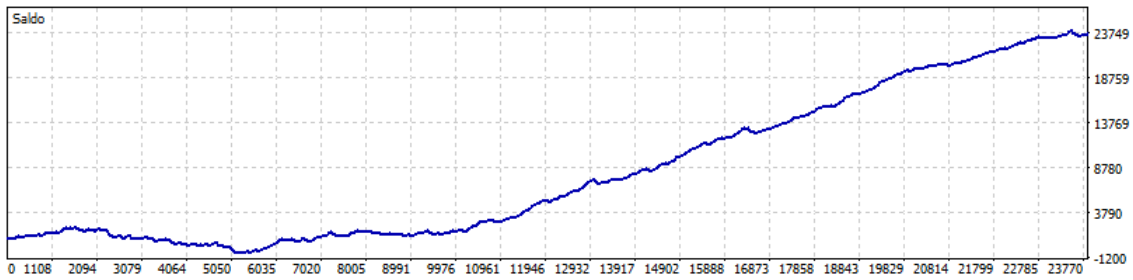


Tabela 16 – Gráfico de 5 min. Período 01/03/2014 á 30/04/2018 - 1 contrato WDO.

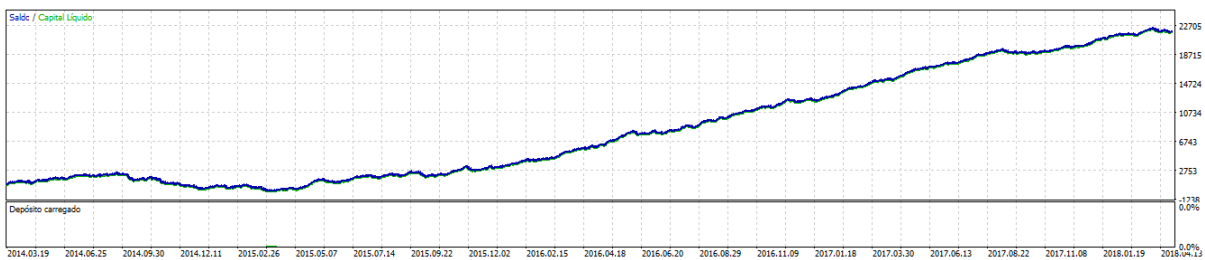
<b>Kernel</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Negociações	23739	24046	28863	24397
Negociações c/ Lucro	77,40%	77,19%	77,43%	77,38%
Negociações c/ Perda	22,60%	22,81%	22,57%	22,62%
Drawdown Capital Líquido	137,75%	104,40%	94,18%	81,82%
Drawdown Saldo	137,39%	104,00%	93,57%	22,62%
Fator de lucro	1,14	1,13	1,14	1,14
Fator de Recuperação	7.44	8.05	11.99	9.75
Acertos Consecutivos	34	34	27	35
Perdas Consecutivas	6	7	6	5
<b>Total Bruto</b>	R\$183.740,00	R\$185.600,00	R\$223.500,00	R\$188.790,00
<b>Perda Bruta</b>	-R\$160.950,00	-R\$165.580,00	-R\$195.390,00	-R\$165.540,00
<b>Total Líquido</b>	R\$22.790,00	R\$21.020,00	R\$28.110,00	R\$23.250,00

Figura 37 – Comportamento do Thaler no gráfico de 5 min

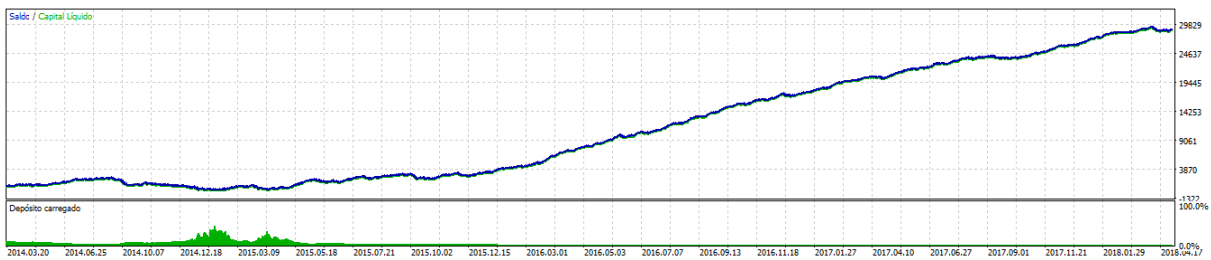
(a) Kernel = 0



(b) Kernel = 1



(c) Kernel = 2



(d) Kernel = 3

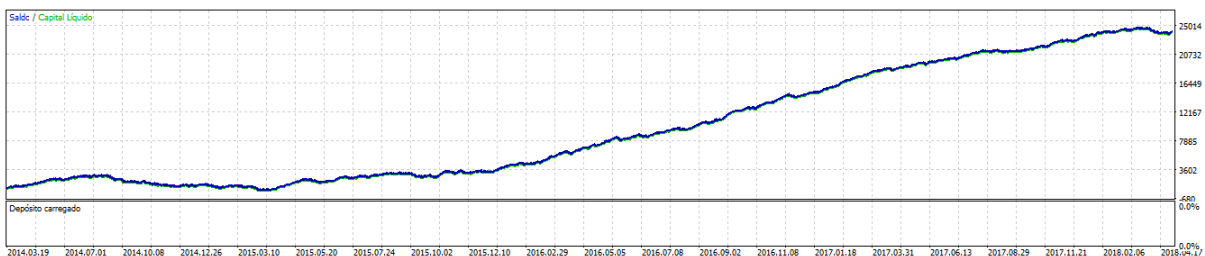
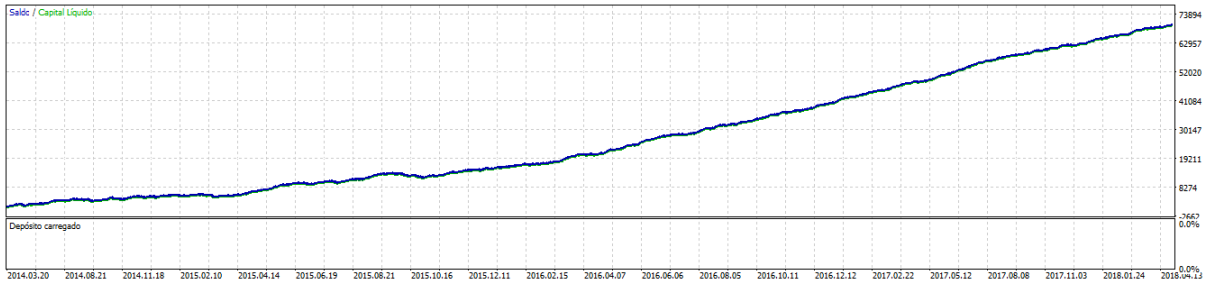


Tabela 17 – Gráfico de 1 min. Período 01/03/2014 á 30/04/2018 - 1 contrato WDO.

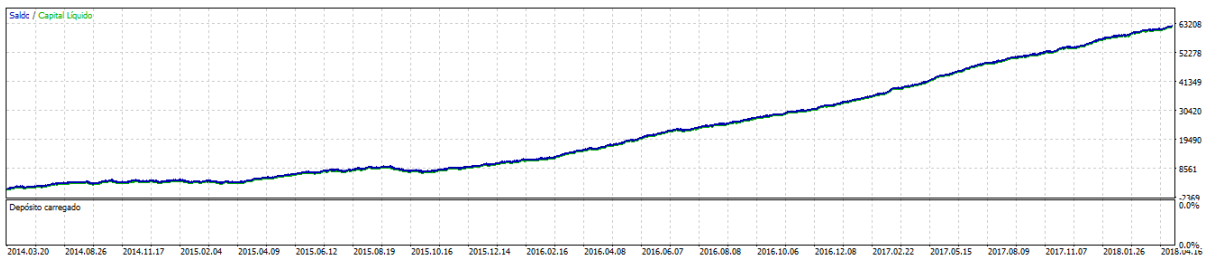
<b>Kernel</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Negociações	73619	75396	73909	74287
Negociações c/ Lucro	77,34%	77,04%	77,04%	77,24%
Negociações c/ Perda	22,66%	22,96%	22,96%	22,76%
Drawdown Capital Líquido	13,78%	24,35%	34,09%	28,53%
Drawdown Saldo	13,71%	24,31%	33,91%	28,40%
Fator de lucro	1,14	1,12	1,12	1,13
Fator de Recuperação	36,1	26,35	17,16	21,33
Acertos Consecutivos	48	36	39	40
Perdas Consecutivas	8	7	6	9
<b>Total Bruto</b>	R\$569.380,00	R\$580.820,00	R\$569.420,00	R\$573.820,00
<b>Perda Bruta</b>	-R\$500.430,00	-R\$519.420,00	-R\$509.010,00	-R\$507.150,00
<b>Total Líquido</b>	R\$68.950,00	R\$61.400,00	R\$60.410,00	R\$66.670,00

Figura 38 – Comportamento do Thaler no gráfico de 1 min

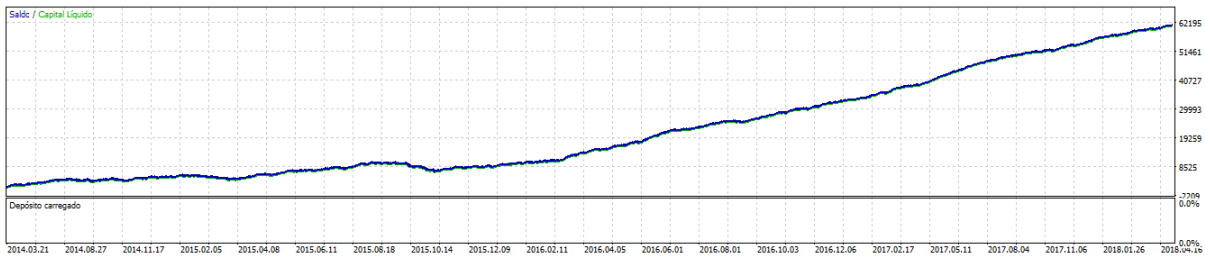
(a) Kernel = 0



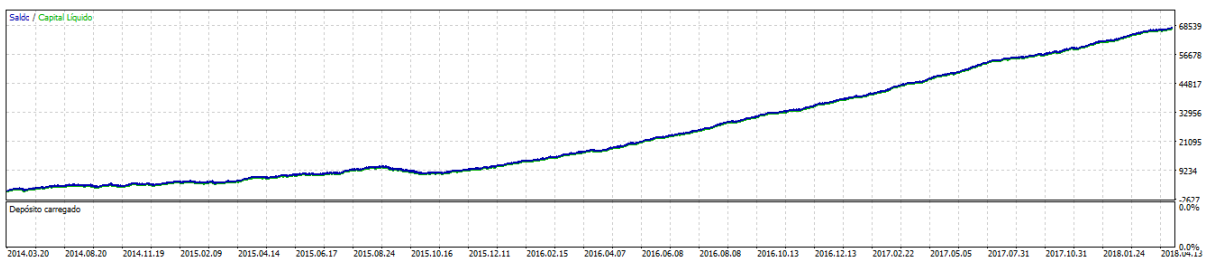
(b) Kernel = 1



(c) Kernel = 2



(d) Kernel = 3





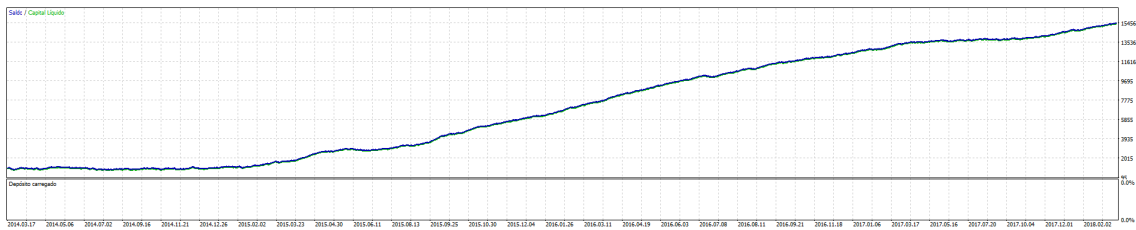
## APÊNDICE B – Tabelas com resultados do *backtest* com SVM e com *Stop* móvel.

Tabela 18 – Gráfico de 30 min. Período 01/03/2014 á 30/04/2018 - 1 contrato WDO, com *Stop* Móvel.

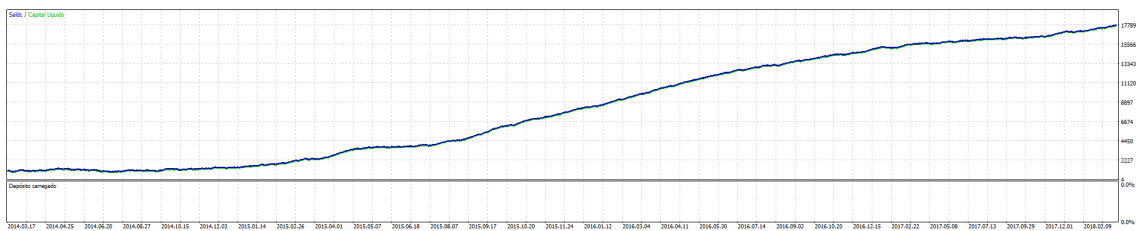
<b>Kernel</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Negociações	5555	6220	5854	5755
Negociações c/ Lucro	91,20%	90,85%	90,69%	90,88%
Negociações c/ Perda	8,80%	9,15%	9,31%	9,2%
Drawdown Capital Líquido	14,11%	34,62%	47,37%	30,77%
Drawdown Saldo	13,21%	34,11%	46,90%	29,27%
Fator de lucro	2,05	1,98	1,93	2,04
Fator de Recuperação	68,76	37,22	28,28	42,97
Acertos Consecutivos	79	85	77	86
Perdas Consecutivas	3	3	3	4
<b>Total Bruto</b>	R\$30.140,00	R\$33.820,00	R\$31.620,00	R\$32.080,00
<b>Perda Bruta</b>	-R\$14.670,00	-R\$17.070,00	-R\$16.350,00	-R\$15.750,00
<b>Total Líquido</b>	R\$15.470,00	R\$16.750,00	R\$15.270,00	R\$16.330,00

Figura 39 – Comportamento do Thaler no gráfico de 30 min, com *Stop Móvel*

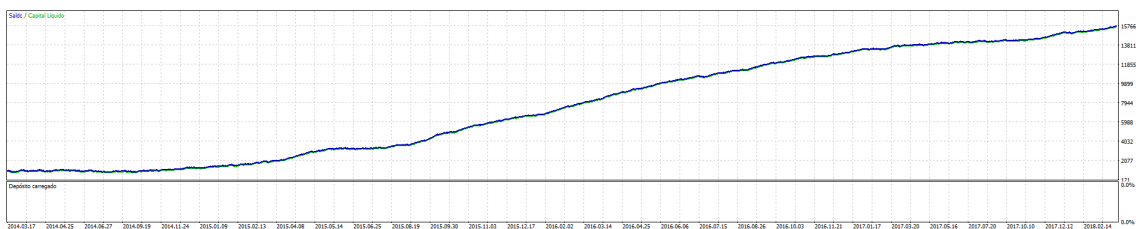
(a) Kernel = 0



(b) Kernel = 1



(c) Kernel = 2



(d) Kernel = 3

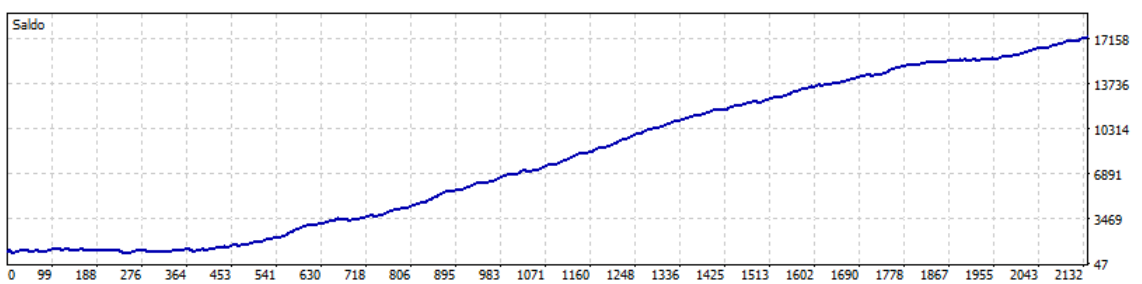
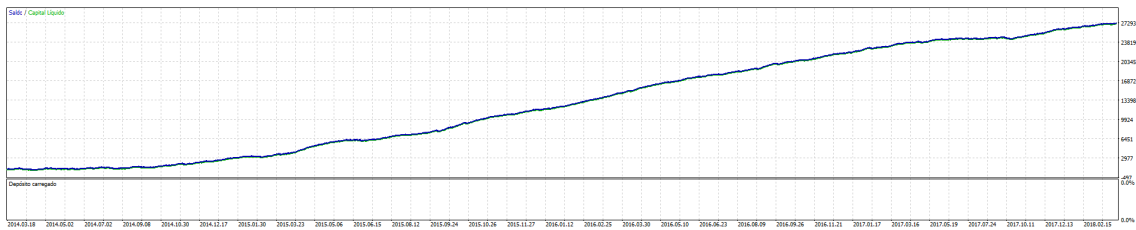


Tabela 19 – Gráfico de 15 min. Período 01/03/2014 á 30/04/2018 - 1 contrato WDO, com *Stop Móvel*.

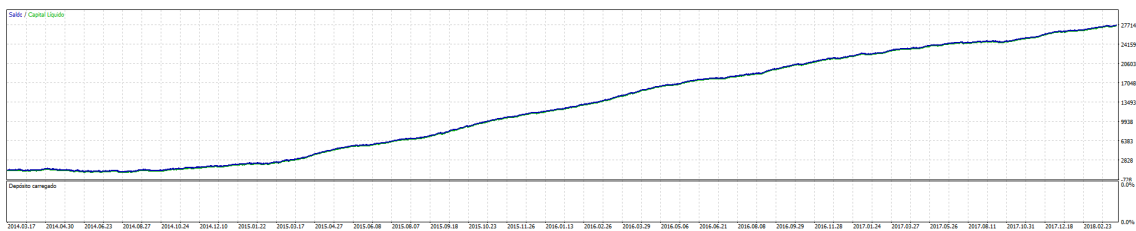
<b>Kernel</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>Negociações</b>	10812	11302	10664	10998
<b>Negociações c/ Lucro</b>	90,36%	90,52%	90,57%	90,29%
<b>Negociações c/ Perda</b>	9,64%	9,48%	9,43%	9,71%
<b>Drawdown Capital Líquido</b>	33,20%	51,55%	25,52%	68,46%
<b>Drawdown Saldo</b>	32,26%	49,61%	24,65%	66,92%
<b>Fator de lucro</b>	1,79	1,83	1,86	1,79
<b>Fator de Recuperação</b>	59,71	40,11	71,07	28,61
<b>Acertos Consecutivos</b>	66	75	74	110
<b>Perdas Consecutivas</b>	4	4	6	4
<b>Total Bruto</b>	R\$56.040,00	R\$58.800,00	R\$56.120,00	R\$57.500,00
<b>Perda Bruta</b>	-R\$31.260,00	-R\$32.130,00	-R\$30.180,00	-R\$32.040,00
<b>Total Líquido</b>	R\$24.780,00	R\$26.670,00	R\$25.940,00	R\$25.460,00

Figura 40 – Comportamento do Thaler no gráfico de 15 min, com *Stop Móvel*

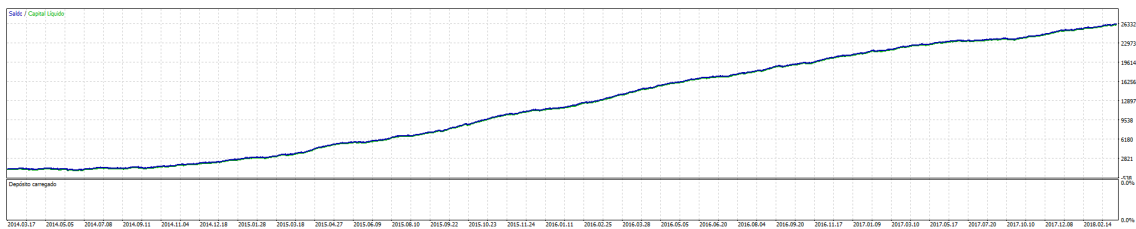
(a) Kernel = 0



(b) Kernel = 1



(c) Kernel = 2



(d) Kernel = 3

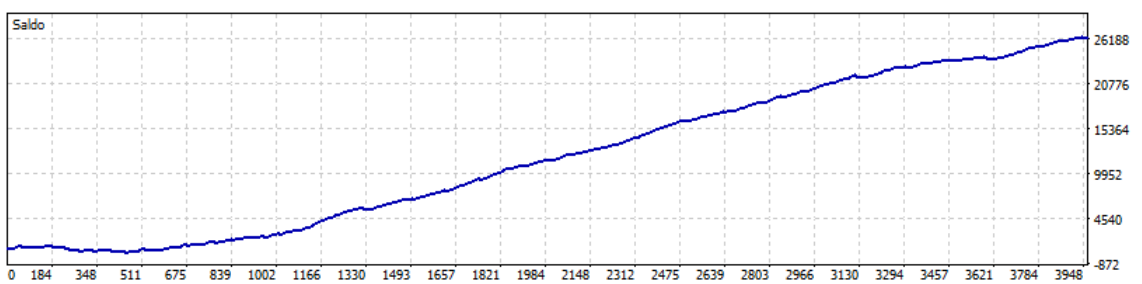
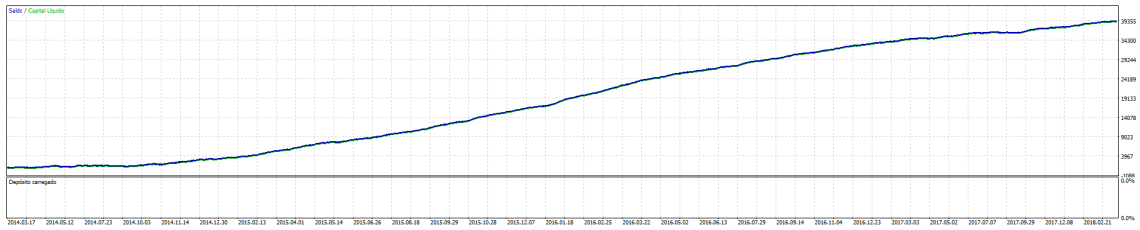


Tabela 20 – Gráfico de 10 min. Período 01/03/2014 á 30/04/2018 - 1 contrato WDO, com *Stop Móvel*.

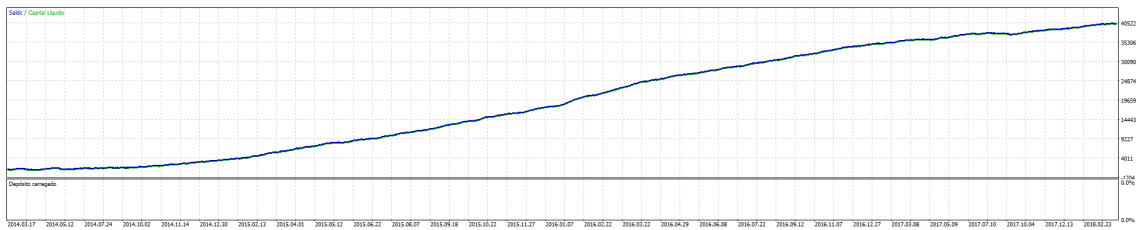
<b>Kernel</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>Negociações</b>	16295	17249	16482	16998
<b>Negociações c/ Lucro</b>	90,60%	90,59%	90,77%	90,58%
<b>Negociações c/ Perda</b>	9,40%	9,41%	9,23%	9,42%
<b>Drawdown Capital Líquido</b>	27,46%	1,45%	32,30%	1,53%
<b>Drawdown Saldo</b>	26,51%	1,42%	31,64%	1,49%
<b>Fator de lucro</b>	1,82	1,81	1,84	1,8
<b>Fator de Recuperação</b>	81,74	71,62	67,01	69,37
<b>Acertos Consecutivos</b>	96	101	105	92
<b>Perdas Consecutivas</b>	4	3	3	3
<b>Total Bruto</b>	R\$83.560,00	R\$88.080,00	R\$84.160,00	R\$86.560,00
<b>Perda Bruta</b>	-R\$45.960,00	-R\$48.690,00	-R\$45.630,00	-R\$48.060,00
<b>Total Líquido</b>	R\$37.600,00	R\$39.390,00	R\$38.530,00	R\$38.500,00

Figura 41 – Comportamento do Thaler no gráfico de 10 min, com *Stop Móvel*

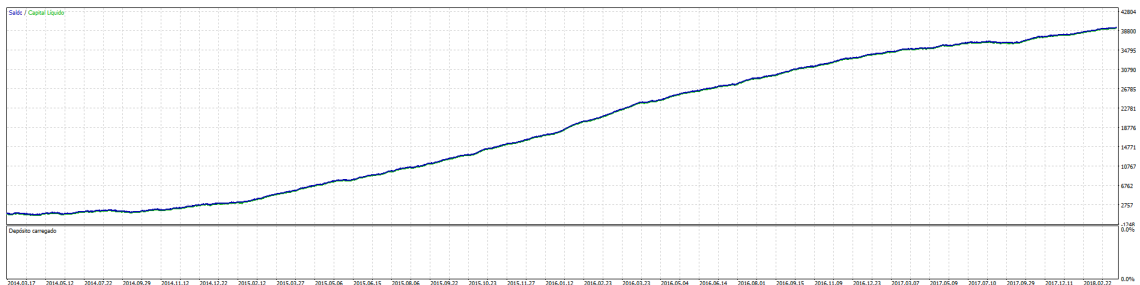
(a) Kernel = 0



(b) Kernel = 1



(c) Kernel = 2



(d) Kernel = 3

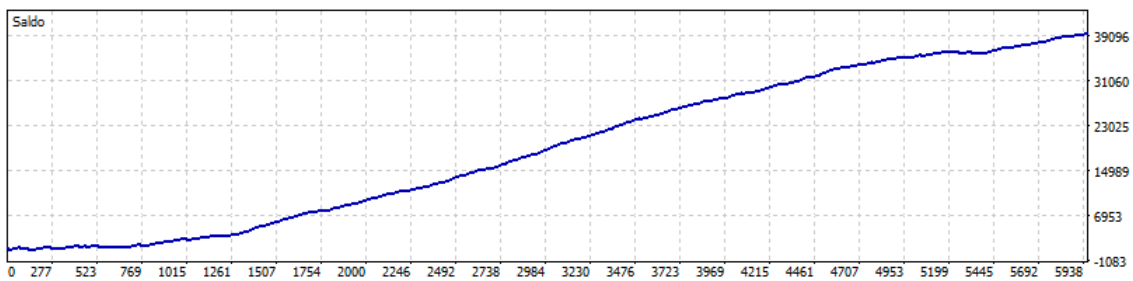
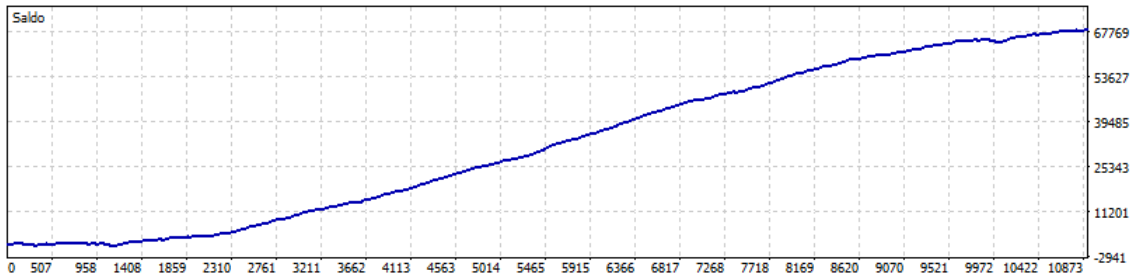


Tabela 21 – Gráfico de 5 min. Período 01/03/2014 á 30/04/2018 - 1 contrato WDO, com *Stop Móvel*.

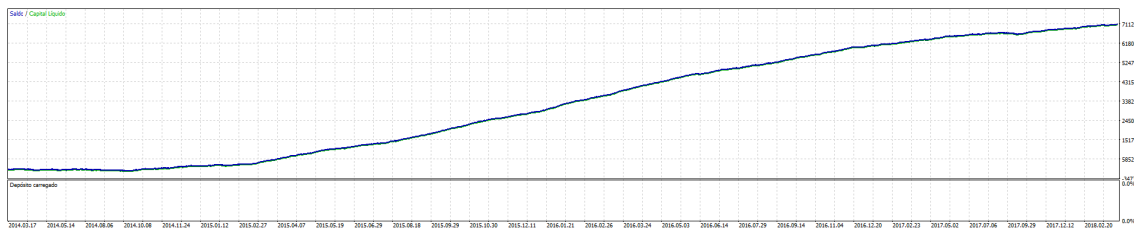
<b>Kernel</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>Negociações</b>	30588	31640	30133	31662
<b>Negociações c/ Lucro</b>	90,21%	90,35%	90,22%	90,06%
<b>Negociações c/ Perda</b>	9,79%	9,65%	9,78%	9,94%
<b>Drawdown Capital Líquido</b>	71,16%	93,62%	50,44%	106,50%
<b>Drawdown Saldo</b>	70,89%	93,16%	49,70%	104,92%
<b>Fator de lucro</b>	1,75	1,76	1,76	1,71
<b>Fator de Recuperação</b>	59,45	63,65	77,78	51,17
<b>Acertos Consecutivos</b>	79	97	101	92
<b>Perdas Consecutivas</b>	4	4	4	3
<b>Total Bruto</b>	R\$157.300,00	R\$161.600,00	R\$155.300,00	R\$161.440,00
<b>Perda Bruta</b>	-R\$8.982,00	-R\$91.590,00	-R\$88.410,00	-R\$94.410,00
<b>Total Líquido</b>	R\$67.480,00	R\$70.010,00	R\$66.890,00	R\$67.030,00

Figura 42 – Comportamento do Thaler no gráfico de 5 min, com *Stop Móvel*

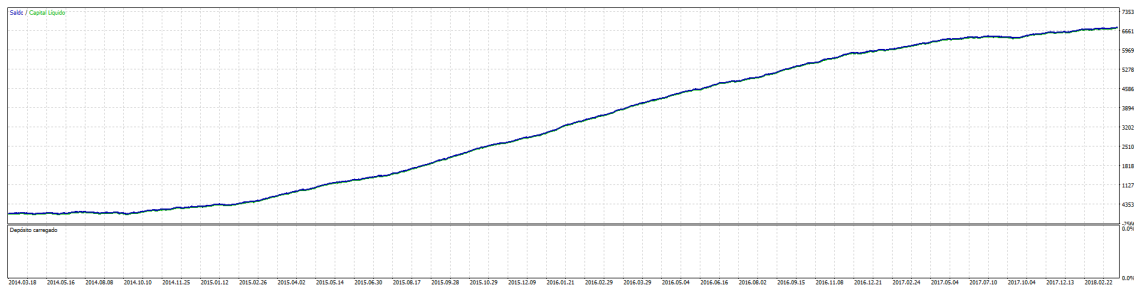
(a) Kernel = 0



(b) Kernel = 1



(c) Kernel = 2



(d) Kernel = 3

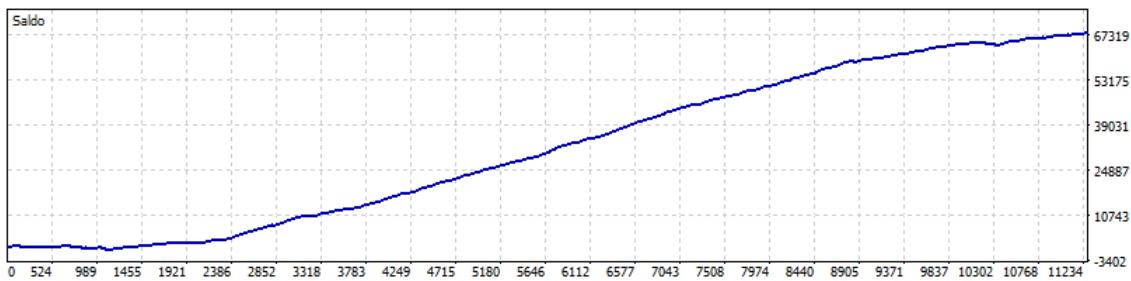


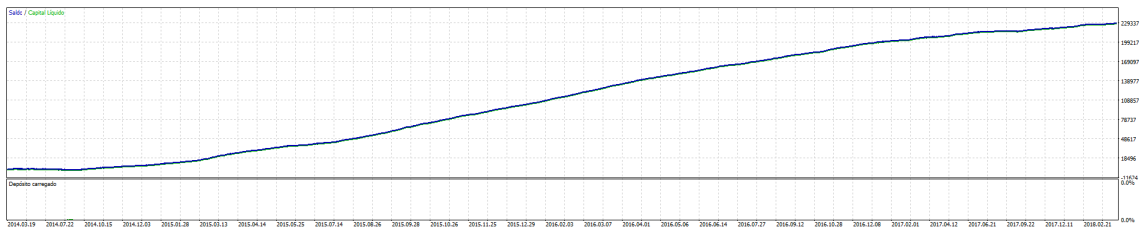


Tabela 22 – Gráfico de 1 min. Período 01/03/2014 á 30/04/2018 - 1 contrato WDO, com *Stop Móvel*.

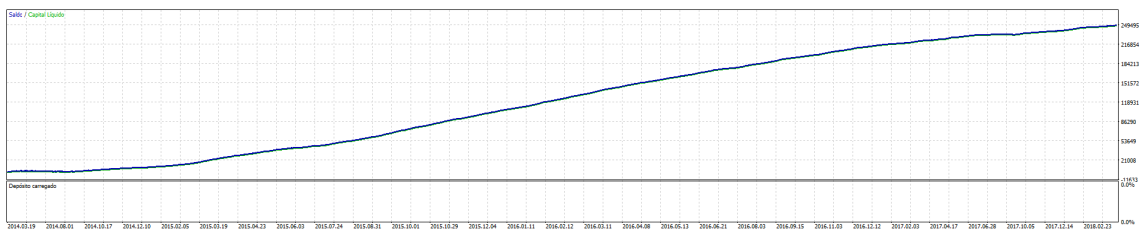
<b>Kernel</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Negociações	101119	106813	103352	107594
Negociações c/ Lucro	89,94%	90,18%	90,11%	90,07%
Negociações c/ Perda	10,06%	9,82%	9,89%	9,93%
Drawdown Capital Líquido	108,05%	57,34%	68,31%	5,10%
Drawdown Saldo	107,80%	56,99	66,97%	54,94%
Fator de lucro	1,75	1,79	1,78	1,78
Fator de Recuperação	102,92	151,28	156,53	175,49
Acertos Consecutivos	110	115	109	114
Perdas Consecutivas	5	5	5	5
<b>Total Bruto</b>	R\$533.100,00	R\$562.620,00	R\$544.620,00	R\$570.560,00
<b>Perda Bruta</b>	-R\$305.130,00	-R\$314.520,00	-R\$306.690,00	-R\$320.490,00
<b>Total Líquido</b>	R\$227.970,00	R\$248.100,00	R\$237.930,00	R\$250.070,00

Figura 43 – Comportamento do Thaler no gráfico de 1 min, com *Stop Móvel*

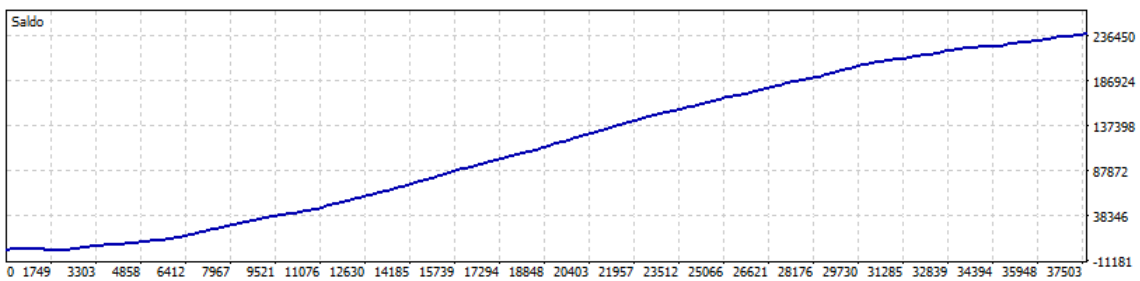
(a) Kernel = 0



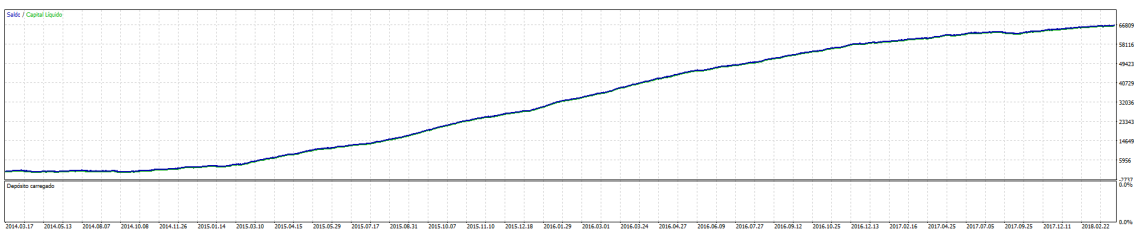
(b) Kernel = 1



(c) Kernel = 2



(d) Kernel = 3



## APÊNDICE C – Algoritmos MQL5, utilizados na implementação do Thaler.

Listing C.1 – Abrir posição no MT5

---

```

1 bool PositionOpen(
2     const string    symbol,        // simbolo Ex:WDOG18
3     ENUM_ORDER_TYPE order_type,    // tipo de operacao:compra ou venda
4     double          volume,        // volume de contrato
5     double          price,         // preco da ordem
6     double          sl,           // Stop loss
7     double          tp,           // Stop Gain
8     const string    comment= "estou vendendo", // comentarios
9 )

```

---

Listing C.2 – Struct que é armazenada a série histórica financeira

---

```

1 struct MqlRates
2     datetime time;        // Hora inicial do periodo
3     double    open;       // Preco de abertura
4     double    high;       // O preco mais alto do periodo
5     double    low;        // O preco mais baixo do periodo
6     double    close;      // Preco de fechamento
7     long      tick_volume; // Volume de Tick
8     int       spread;     // Spread
9     long      real_volume; // Volume de negociacao

```

---

Listing C.3 – Função que copia série histórica financeira

---

```

1 int CopyBuffer(
2     int    indicator_handle, // manipulador do indicador
3     int    buffer_num,      // numero do buffer do indicador
4     int    start_pos,       // posicao de inicio
5     int    count,          // quantidade para copiar
6     double buffer []        // array destino para copiar
7 );

```

---

Listing C.4 – Função Média Móvel

```
1 int iMA(  
2     string          symbol,          // simbolo nome  
3     ENUM_TIMEFRAMES period,         // periodo  
4     int             ma_period,       // periodo medio  
5     int             ma_shift,       // deslocamento horizontal  
6     ENUM_MA_METHOD  ma_method,      // tipo suavizado  
7     ENUM_APPLIED_PRICE applied_price // tipo de preco ou de manipulador  
8 );
```

---

Listing C.5 – Função Customizada, para indicadores personalizados

---

```
1 int iCustom(  
2     string          symbol, // simbolo nome  
3     ENUM\__TIMEFRAMES period, // periodo  
4     string          name,    // Pasta/nome_do_indicador_personalizado  
5     ...             // lista de parametros de entrada do indicador  
6 );
```

---