

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALFENAS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS
BACHARELADO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO**

Vinicius Martins Viali

**UMA ANÁLISE SOBRE O IMPACTO DE DIFERENTES
FORMAS DE FECHAMENTO DE POSIÇÃO EM FORMADORES
DE MERCADO NA BM&FBOVESPA**

Alfenas, 12 de Fevereiro de 2014.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALFENAS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS
BACHARELADO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

**UMA ANÁLISE SOBRE O IMPACTO DE DIFERENTES
FORMAS DE FECHAMENTO DE POSIÇÃO EM FORMADORES
DE MERCADO NA BM&FBOVESPA**

Vinicius Martins Viali

Monografia apresentada ao Curso de Bacharelado em
Ciência da Computação da Universidade Federal de
Alfenas como requisito parcial para obtenção do Título de
Bacharel em Ciência da Computação.

Orientador: Prof. Humberto César Brandão de Oliveira

Alfenas, 12 de Fevereiro de 2014.

Vinicius Martins Viali

**UMA ANÁLISE SOBRE O IMPACTO DE DIFERENTES
FORMAS DE FECHAMENTO DE POSIÇÃO EM FORMADORES
DE MERCADO NA BM&FBOVESPA**

A Banca examinadora abaixo-assinada aprova a monografia apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Ciência da Computação pela Universidade Federal de Alfenas.

Prof. Flávio Barbieri Gonzaga
Universidade Federal de Alfenas

Prof. Ricardo Menezes Salgado
Universidade Federal de Alfenas

Prof. Humberto César Brandão de Oliveira (Orientador)
Universidade Federal de Alfenas

Alfenas, 12 de Fevereiro de 2014.

Dedico esse trabalho aos meus pais, as duas pessoas mais importantes na minha vida, por me incentivarem e me apoiarem todos os dias.

AGRADECIMENTO

Agradeço primeiramente a Deus, por me abençoar e me dar forças para enfrentar cada dia dessa jornada.

Agradeço a minha mãe Vera e meu pai Antonio, por me protegerem e me apoiarem em todas as decisões da minha vida.

Agradeço a Elisa, por ser uma pessoa carinhosa e amorosa e estar ao meu lado em todos os momentos.

Agradeço a toda minha família, por me proporcionarem a base necessária para que eu possa crescer pessoalmente e profissionalmente.

Agradeço ao professor Humberto, pela colaboração nesse trabalho e pelos dois anos e meio de ensinamentos e companheirismo. Agradeço ainda a cada pessoa em particular que passou pelo LP&D durante o período em que estive lá, pela troca de experiência e amizade.

Agradeço a todos meus velhos amigos e novos amigos feitos nessa jornada, pelos momentos inesquecíveis proporcionados por vocês.

Agradeço a todo o corpo docente do curso de Ciência da Computação e professores que fizeram parte dessa jornada, pelos conhecimentos e ensinamentos transmitidos.

Por fim, agradeço a todas as pessoas que de alguma forma contribuíram para que isso fosse possível.

|

“A ciência é o grande antídoto contra o veneno do entusiasmo e da superstição.”
Adam Smith (1776)

RESUMO

Na bolsa de valores, os ativos com baixa liquidez não são muito atrativos para os investidores. Nesse contexto, os Formadores de Mercado, do termo inglês *Market Maker*, são agentes do mercado financeiro que tem por objetivo prover liquidez para os ativos e manter um baixo valor de *spread*. Esses formadores de mercado operam em alta frequência (*High-frequency Trading - HFT*) inserindo ordens em curtos períodos de tempo para aumentar a liquidez do ativo. Como os formadores de mercado não possuem interesse especulativo em preços futuros dos ativos, eles precisam fechar posição de suas operações para evitar correr riscos. Nesse contexto, o papel do fechamento de posição nas execuções das operações do formador de mercado é de extrema importância, visto que o formato do fechamento de posição pode trazer prejuízos para a operação.

Nesse trabalho foram estudados diferentes tipos de fechamento de posição para um formador de mercado e foi feita uma análise comparativa, com o objetivo de otimizar o funcionamento do formador de mercado.

Palavras-Chave: mercado acionário, High-frequency Trading, estratégia de investimento, BM&FBovespa, formadores de mercado

ABSTRACT

In the stock market, assets with low liquidity are not attractive to investors. In this context, Market Makers are financial market agents which aim to provide liquidity to the assets and maintain a low spread. These market makers operate in high-frequency trading, inserting orders in short periods of time to increase the asset liquidity. However, since market makers do not have speculative interest in future asset prices, they need to close their positions to avoid taking risks. In this context, the role to close positions of market makers is important, since the close position format can bring losses to the operation.

In this work different types of close position were studied for a market maker and an analysis was made, optimizing the functioning of the market maker. |

Keywords: [stock market, High-frequency Trading, investment strategy, BM&FBovespa, market maker]

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - EXEMPLO DE <i>CANDLESTICK</i> . FONTE: ADVFN.COM.....	38
FIGURA 2 - <i>BOLLINGER BANDS</i> . FONTE: ADVFN.COM.....	39
FIGURA 3. TELA PRINCIPAL DO SIMULADOR DO MERCADO ACIONÁRIO	45
FIGURA 4. TELA DE EXIBIÇÃO DA FILA DE EVENTOS DO SIMULADOR.....	46
FIGURA 5. TELA DE EXIBIÇÃO DO LIVRO DE OFERTAS NA VISÃO DO MERCADO.....	47
FIGURA 6. TELAS DE ACOMPANHAMENTO DE ORDENS E NEGOCIAÇÕES.....	48
FIGURA 7. TELA DE EXECUÇÃO DO SIMULADOR.....	49
FIGURA 8. TELA DO PORTFÓLIO.....	52
FIGURA 9. DIAGRAMA DE ESTADO DA OPERAÇÃO DO FORMADOR DE MERCADO.....	56
FIGURA 10. DIAGRAMA DE ATIVIDADE DO FECHAMENTO DE POSIÇÃO COM ORDEM A MERCADO.....	57
FIGURA 11. DIAGRAMA DE ESTADO DO FECHAMENTO DE POSIÇÃO COM ORDEM LIMITE	59
FIGURA 12. EXEMPLO DE VALOR ESTIMADO E EVOLUÇÃO DO PORTFÓLIO	63
FIGURA 13. GRÁFICO <i>BOXPLOT</i> DO ATIVO BBAS3	65
FIGURA 14. GRÁFICO <i>BOXPLOT</i> DO ATIVO BBDC4.....	67
FIGURA 15. GRÁFICO <i>BOXPLOT</i> DO ATIVO PETR4.....	69
FIGURA 16. GRÁFICO <i>BOXPLOT</i> DO ATIVO USIM5	71
FIGURA 17. GRÁFICO <i>BOXPLOT</i> DO ATIVO VALE5.....	72

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. TABELA DOS CASOS DE TESTES	64
TABELA 2. MÉDIA ARITMÉTICA, DESVIO PADRÃO E COEFICIENTE DE VARIAÇÃO PARA AS AMOSTRAS DE EXECUÇÃO DO ATIVO BBAS3.....	66
TABELA 3. MÉDIA ARITMÉTICA, DESVIO PADRÃO E COEFICIENTE DE VARIAÇÃO PARA AS AMOSTRAS DE EXECUÇÃO DO ATIVO BBDC4.....	68
TABELA 4. MÉDIA ARITMÉTICA, DESVIO PADRÃO E COEFICIENTE DE VARIAÇÃO PARA AS AMOSTRAS DE EXECUÇÃO DO ATIVO PETR4.....	70
TABELA 5. MÉDIA ARITMÉTICA, DESVIO PADRÃO E COEFICIENTE DE VARIAÇÃO PARA AS AMOSTRAS DE EXECUÇÃO DO ATIVO USIM5.....	72
TABELA 6. MÉDIA ARITMÉTICA, DESVIO PADRÃO E COEFICIENTE DE VARIAÇÃO PARA AS AMOSTRAS DE EXECUÇÃO DO ATIVO VALE5.....	73

LISTA DE ABREVIACOES

BM&FBOVESPA	Bolsa de Valores, Mercadorias e Futuros de São Paulo
HFT	<i>High-frequency Trading</i>
DOT	<i>Designated Order Turnaround</i>
NYSE	<i>New York Stock Exchange</i>
NASDAQ	<i>National Association of Securities Dealers Automated Quotations</i>

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	25
1.1 JUSTIFICATIVA E MOTIVAÇÃO	26
1.2 PROBLEMATIZAÇÃO	27
1.3 OBJETIVOS	28
1.3.1 Gerais	28
1.3.2 Específicos	28
1.4 ORGANIZAÇÃO DA MONOGRAFIA	28
2 HIGH-FREQUENCY TRADING	31
2.1 HISTÓRIA DO INVESTIMENTO AUTOMATIZADO	31
2.2 HISTÓRIA DO HFT	32
2.3 HFT NO BRASIL	33
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	35
3.1 O MERCADO DE AÇÕES	35
3.2 ESCOLAS DE ANÁLISE	36
3.2.1 Análise Fundamentalista	36
3.2.2 Análise Técnica	37
3.2.2.1 Bollinger Bands	38
3.2.3 Análise Quantitativa	39
3.3 FORMADORES DE MERCADO	41
4 PROPOSTA	43
4.1 PROCESSO DE SIMULAÇÃO	43
4.1.1 Simulação Evento-Discreta	44
4.1.2 Simulador do Mercado Financeiro	44
4.1.2.1 Aspectos Gerais do Simulador	46
4.1.2.2 Tipos de Ordens	49
4.1.2.3 Portfólio	51
4.2 FORMADORES DE MERCADO	53
4.2.1 Operação do Formador de Mercado	53
4.2.2 Fechamento de Posição	56
4.2.2.1 Fechamento de Posição com Ordem a Mercado	57
4.2.2.2 Fechamento de Posição com Ordem Limite	57
5 RESULTADOS	61
5.1 DESCRIÇÃO	61
5.2 ANÁLISE DOS ATIVOS	64
5.2.1 BBAS3	64
5.2.2 BBDC4	66
5.2.3 PETR4	68
5.2.4 USIM5	70
5.2.5 VALE5	72
5.3 ANÁLISE GERAL	73
6 CONCLUSÕES	75

6.1 SUMÁRIO DA MONOGRAFIA.....	75
6.2 CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS.....	75
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	77

|

1

Introdução

Este capítulo tem por finalidade apresentar ao leitor alguns conceitos introdutórios, a justificativa e motivação, e os objetivos desse trabalho.

O mercado acionário é uma opção de investimento de renda variável no qual os investidores movimentam seu capital executando ordens de compras e vendas de ações a fim de obter lucro. Para realizar tais ações, são utilizadas diversas ferramentas e métodos para auxiliar na tomada de decisão, tais como análise gráfica, análise técnica ou previsão de séries temporais.

High-frequency Trading (HFT) é uma metodologia de operação que utiliza sistemas computadorizados e algoritmos inteligentes para a tomada de decisão e operação no mercado acionário de forma automática. Estratégias HFT são caracterizadas pelo alto volume de capital girado devido ao grande número de operações realizadas durante o dia. Essas operações visam uma porcentagem de lucro pequena, porém como é executado em grande número durante o pregão trazem um alto rendimento. Segundo Zhang (2010), a operação em alta frequência dominou o mercado financeiro americano sendo responsável por 70% das negociações ocorridas na *National Association of Securities Dealers Automated Quotations (NASDAQ)*.

No contexto de operação em alta frequência, um conceito importante são os formadores de mercado. Formadores de mercado geralmente são empresas credenciadas que se comprometem a realizar operações de compra e venda de ações nos ativos com o objetivo de aumentar sua liquidez. Esse aumento contribui para que o ativo se torne mais atraente para os investidores. |

1.1 Justificativa e Motivação

A formação de mercado não é uma técnica recente no Brasil. Desde a década de 70, as corretoras já agiam como sustentadoras de preço de ativos realizando contratos de sustentação. Atualmente não só as corretoras podem fazer o papel de formadores de mercados, existem empresas especializadas que fazem contratos com as empresas que estão na bolsa de valores para desempenhar esse papel. Além desse tipo de formador de mercado, existem ainda formadores de mercado independentes que tem como objetivo obter lucro sobre as operações realizadas.

Ambos os formadores de mercado operam em HFT e provêm liquidez para o mercado e diminuição do valor de *spread*, contribuindo para que os ativos se tornem mais atrativos para os investidores¹. Segundo Aldridge (2010), *spread* é a diferença entre o valor corrente de compra e o valor corrente de venda de um determinado ativo em um instante de tempo. A liquidez de um ativo esta relacionada com a facilidade com que aquele ativo é vendido sem que ele perca seu valor.

Além dos benefícios para os ativos, segundo Aldrige (2010), o HFT traz benefícios operacionais e benefícios para a sociedade em geral. Na perspectiva operacional, devido à natureza automatizada dessa técnica, é necessária uma quantidade reduzida de funcionários bem como uma menor chance de erros causados por fatores humanos. Na perspectiva de sociedade, operações em HFT contribuem para o aumento na eficiência do mercado, aumento da liquidez, inovações em tecnologias computacionais e estabilização dos sistemas financeiros.

Durante a execução das operações, os formadores de mercado se deparam com situações em que é necessário realizar o fechamento de posição para uma operação. Esse processo de fechamento pode acontecer de várias formas distintas, e tem um impacto direto no retorno final. |

¹ Blog - <http://blog.highfrequency.com.br/2013/12/formadores-de-mercado.html> (Acessado em: 06/02/2014)

1.2 Problematização

As operações em HFT acontecem em curtos períodos de tempo. Seguindo essa premissa, quando um formador de mercado inicia sua operação, ele tem que fechar posição dessa operação durante um curto período de tempo, pois quanto maior o tempo que ele ficar com essas ações no portfólio maior será seu risco. Porém, no momento de fechar posição, pode ser que não encontre compradores ou vendedores pagando o valor que ele deseja negociar.

Nesse contexto, a postura adotada pelo formador de mercado para fechar sua posição é relevante para a execução de suas operações. Nesse trabalho, basicamente foi estudado duas maneiras de fechar posição: com ordem a mercado e ordem limite. A ordem a mercado é quando o formador de mercado aceita vender ou comprar sua ação no preço que os compradores ou vendedores estão ofertando. A ordem limite é quando o formador de mercado especifica o valor que ele deseja vender ou comprar sua ação e sua ordem entra para o livro de ofertas do ativo. O livro de ofertas de um ativo, lista todas as ofertas existentes do ativo naquele momento, segmentadas em ofertas de compra e de venda, sendo que as ofertas de compra são ordenadas de forma decrescente em relação ao preço, enquanto que as ofertas de venda são ordenadas de forma crescente em relação ao preço, ou seja, as ofertas de compra com maior preço ficam no topo do livro de compras e as ofertas de venda com menores preços ficam no topo do livro de vendas.

Visto que o fechamento de posição para as operações de um formador de mercado tem impacto direto no sucesso ou não das operações, surge à necessidade de responder a seguinte pergunta: Qual a maneira mais adequada de fechar posição das operações, levando em consideração a evolução do portfólio com um baixo risco? |

1.3 Objetivos

1.3.1 Gerais

O objetivo geral desse trabalho foi realizar um estudo sobre fechamento de posição, com ordens a mercado e limite, para operações de formadores de mercado operando em HFT no mercado acionário brasileiro, a fim de detectar o tipo de fechamento de posição mais adequado para HFT.

1.3.2 Específicos

Entre os objetivos específicos desse trabalho pode-se citar:

- Implementar a operação de formador de mercado com fechamento de posição com ordem a mercado;
- Implementar a operação de formador de mercado com fechamento de posição com ordens a limite;
- Contribuir para o avanço da simulação para HFT.

1.4 Organização da Monografia

Este trabalho encontra-se dividido da seguinte forma:

O Capítulo 2 apresenta alguns conceitos teóricos sobre *High-frequency Trading* (HFT), tais como histórico do investimento automatizado, história do HFT, suas principais características e sobre HFT no Brasil.

O Capítulo 3 apresenta uma revisão bibliográfica dos principais trabalhos relacionados a mercado de ações e escolas de análise de mercado e os agentes formadores de mercado.

O Capítulo 4 apresenta a metodologia utilizada para a realização dos experimentos sobre fechamento de posição no simulador evento-discreto. Também será explicado nesse capítulo o funcionamento básico do simulador utilizado.

No Capítulo 5 são apresentados os resultados encontrados para os experimentos realizados.

As conclusões gerais desse trabalho, as vantagens e desvantagens para os tipos de fechamento de posição e propostas de trabalhos futuros são apresentados no Capítulo 6.

2

High-frequency Trading

Neste capítulo são descritos alguns aspectos teóricos sobre High-frequency Trading. Na Seção 2.1 é apresentada a evolução dos investimos automatizados no mercado acionário. Na Seção 2.2 é apresentada a história da modalidade HFT e suas principais características. A Seção 2.3 é apresentada alguns aspectos do HFT no mercado brasileiro.

2.1 História do investimento automatizado

O mercado financeiro sofre mudanças constantemente. Entre os mais variados desenvolvimentos, o que mais interfere de forma direta no mercado financeiro é a tecnologia. Segundo Aldridge (2010), o avanço da tecnologia possibilitou uma maior disseminação de notícias sobre os ativos, uma maior qualidade de análise de mercado e o aumento da velocidade da comunicação. Tudo isso, impactou de forma significativa na transmissão e execução de ordens, possibilitando assim a diminuição do período necessário para negociar ações.

Ainda segundo Aldridge (2010), anteriormente a década de 80 as negociações no mercado acionário aconteciam via representantes de venda. O cliente precisava entrar em contato com seu representante via telefone, e esse por sua vez consultava as cotações e realizava as operações. Todo esse processo levava tempo e tinha muitos potenciais pontos de falha.

A partir da década de 80 surgiram os primeiros sistemas eletrônicos de negócio que desde o início já se mostraram revolucionários, devido ao aumento da velocidade de comunicação que eles proporcionavam. De acordo com Leinweber (2007), o primeiro sistema eletrônico foi o DOT introduzido pela *New York Stock Exchange* (NYSE). De acordo com pesquisas conduzidas pela *Aite Group*, estimativas afirmam que a utilização de meios eletrônicos para negócios eram de 25% em 2001, subiu para 85% em 2008 e atualmente chega aos 100%. Esses meios

eletrônicos se referem aos *Home Brokers*, ferramenta eletrônica utilizada pelos investidores para enviar ordens ao mercado.

Os *Home Brokers* são ferramentas que permitem que o investidor possa realizar operações no mercado financeiro direto de seu computador via *internet*. O principal objetivo dessa ferramenta é facilitar o acesso ao mercado financeiro por parte dos investidores. Com ela, o investidor consegue acompanhar as cotações dos ativos do mercado, enviar ofertas de compra e venda, bem como, ordens de cancelamento e modificação, acompanhar o *status* das ordens enviadas, acompanhar as negociações, acompanhar a evolução do portfólio, entre outras vantagens. Atualmente, algumas ferramentas ainda oferecem acompanhamento de notícias em tempo real e análises dos ativos.

Apesar da rápida evolução dos computadores, os primeiros sistemas de negociação automáticos só surgiram na década de 90. Segundo Goodhart e O'Hara (1997), isso se deu devido ao alto custo dos computadores e o baixo rendimento da maioria das ações na época. Tal evolução teve um grande impacto na estrutura geral do mercado financeiro que passou de uma estrutura centralizada para uma estrutura distribuída a fim de acomodar o atual dinamismo do mercado.

Atualmente existem muitos estudos na área de investimento automático no mercado financeiro. Li (2005) propõe um sistema automático de investimento baseado em análise gráfica de dados históricos. O'Shaughnessy (2001) desenvolve um sistema automático que realiza escolhas de quais ativos serão operados. Freency (2003) descreve um sistema de operação automático que recebe como entrada, regras específicas para operação, e fica verificando os dados do mercado para realizar operações segundo os critérios de entrada.

2.2 História do HFT

High-frequency Trading é uma metodologia de investimento definida pela análise quantitativa que surgiu na década de 90 com os avanços tecnológicos. Ela utiliza de sistemas computadorizados que processam dados e tomam decisões de operação. Análise quantitativa, citada anteriormente, consiste em uma análise que envolve valores mensuráveis e cálculos econométricos sobre esses valores, como por

exemplo, preço de compra, preço de venda, *spread* entre os valores de ponta dos livros de ofertas.

Segundo Aldridge (2010), a principal característica de HFT, é realizar um grande número de negociações durante o dia com um pequeno ganho médio entre elas sem manter posição entre dois pregões, ou seja, no fim do dia de operação o investidor não mantém nenhuma ação em carteira. Esse fato é importante principalmente por que manter ação em carteira entre dois pregões geram custos adicionais e também, devido ao dinamismo atual do mercado acionário, manter essas ações geram um grande risco devido ao fato que ocorrem algumas operações no mercado depois do fim do pregão.

O desenvolvimento do HFT também trouxe algumas incertezas sobre os riscos desse tipo de investimento. Para exemplificar esses riscos, podem-se citar dois episódios conhecidos envolvendo o uso de operações em alta frequência no mercado financeiro. O primeiro deles é o episódio conhecido como *Flash crash*, ocorrido em maio de 2010. Ele aconteceu no mercado americano e em questão de minutos fez o índice *Dow Jones* cair cerca de 9%. Muitos apontavam o HFT como principal causador de tal feito, e foi realizada uma extensa investigação pelas comissões reguladoras para apuração do que ocorreu. Foi descoberto que o erro foi cometido por um algoritmo de compra e venda automática de contratos, que realizou a venda de um número muito grande de contratos em apenas 20 minutos². O segundo episódio é o caso da *Knight Capital Group* uma grande firma de serviços e operações financeiras. Nesse episódio a companhia perdeu cerca de 440 milhões de dólares em apenas 45 minutos devido a uma falha de seu algoritmo³.

2.3 HFT no Brasil

Apesar da modalidade de HFT crescer muito em todas as maiores bolsas de valores do mundo, na bolsa brasileira ainda é muito pouca explorada. Segundo matéria da revista Info de abril de 2013, cerca de apenas 10% das operações da

² http://money.cnn.com/2010/10/01/markets/SEC_CFTC_flash_crash/ (Acessado em: 06/02/2014)

³ <http://www.bloomberg.com/news/2012-08-14/knight-440-million-loss-sealed-by-new-rules-on-canceling-trades.html> (Acessado em: 06/02/2014)

BM&FBovespa são em alta frequência com previsão de aumento para 15% ou 20% nos próximos períodos. Em pesquisas realizadas sobre HFT no mercado brasileiro, foi identificado que não existem muitas publicações nacionais sobre HFT na BM&FBOVESPA.

Nesse trabalho são realizados testes especificamente sobre os ativos da BM&FBOVESPA. Neles são utilizados os principais ativos, os que têm maior liquidez e participa do índice IBOVESPA. Entre eles PETR4.SA, USIM5.SA, VALE5.SA, BBAS3.SA, BBDC4.SA.

3

Revisão Bibliográfica

Este capítulo tem como objetivo mostrar algumas técnicas utilizadas para o investimento no mercado de ações. São apresentados trabalhos das três escolas de análise e trabalhos sobre formadores de mercado.

3.1 O mercado de Ações

O mercado de ações é uma opção de investimento de renda variável. Essa opção de investimento se baseia na compra de títulos mobiliários de empresas, contribuindo assim na captação de recursos e conseqüentemente no seu desenvolvimento. Além disso, o mercado acionário tem um papel importante no desenvolvimento da economia nacional incentivando investimentos externos e aumentando a atividade do mercado. Segundo MCapitais (2010), “Com o processo de globalização, que resultou em intenso intercâmbio entre os países, o mercado acionário adquire crescente importância no cenário financeiro internacional”.

No Brasil, a Bolsa de Valores de São Paulo (BM&FBOVESPA) é a responsável por prover os recursos e as ferramentas necessárias para que o mercado funcione. Criada em 2008, oferece a negociações de ações, contratos de futuros, contratos de opções entre outros tipos de investimento.

“Ações são títulos de rendas variáveis, emitidos por sociedades anônimas que representam a menor fração do capital emissor.” (MCapitais, 2010). O investidor de determinada ação se torna coproprietário da sociedade anônima na qual investiu. As ações podem ser do tipo Ordinário ou Preferencial. As ações do tipo ordinárias dão o direito ao investidor de participação nos resultados da empresa, enquanto que as ações do tipo preferencial garantem ao investidor o recebimento dos dividendos e a garantia de reembolso no caso do fim da sociedade.

Outro importante componente do mercado de capitais são as corretoras. As corretoras são instituições financeiras credenciadas pela bolsa de valores a realizarem operações durante o pregão. Elas funcionam como intermediária entre os clientes e a bolsa de valores, fornecendo além das funções básicas para operação diretrizes de investimento e assessoria para abertura de capital a empresas. O termo pregão, segundo Medeiros (1986), refere-se ao local mantido pelas bolsas para realização das negociações, no qual é transparente para que todos os investidores tenham conhecimento do que está acontecendo ao mesmo tempo. Atualmente o pregão transcende os termos físicos, pois os negócios são executados de forma eletrônica.

Algumas operações na bolsa de valores são feitas pelo *home broker*. O *home broker* é um ambiente eletrônico onde o investidor pode acompanhar as cotações dos ativos e executar operações de compra, venda, modificação e anulação dos ativos em carteira. Segundo Piazza (2009), o surgimento desses sistemas possibilitou os pequenos investidores a estarem mais presentes no mercado, evitando assim a presença de intermediadores no processo de aquisição de um ativo.

3.2 Escolas de Análise

Os investidores do mercado acionário visam obter lucro com a compra e venda de ações. Para executar as operações, eles realizam análises para identificar as melhores oportunidades de operação. Entre as análises do mercado acionário temos a análise fundamentalista, análise técnica e análise quantitativa.

3.2.1 Análise Fundamentalista

A análise fundamentalista é a escola de análise mais tradicional que tem boa rentabilidade em longo prazo. Basicamente, na análise fundamentalista busca-se avaliar a saúde financeira da empresa, projetar seus resultados futuros e determinar o preço justo para a ação.

Segundo Penman (2004), o analista fundamentalista deve possuir um bom entendimento sobre negócio e quais as medidas para determinar o sucesso de uma empresa. Com base nesse conhecimento ele deve ser capaz de sintetizar essas informações para determinar prováveis futuros cenários para a empresa. Isso torna a análise fundamentalista muito técnica e exige muita experiência do investidor.

Nossa (2007) realiza uma análise fundamentalista nos ativos da BOVESPA no período de 1994 a 2006. Nessa pesquisa ele verifica se existe relação entre o anúncio de recompra das empresas *winner* e *losers* e o retorno anormal do ano de recompra. A classificação das empresas entre *winner* e *loser* é realizada dois anos antes da análise. Como resultado foi detectado que existem relações positivas ou negativas, dependendo da época, entre esses dois fatores.

3.2.2 Análise Técnica

A análise técnica, também conhecida como análise gráfica, é uma escola de análise que utiliza a observação gráfica dos dados a fim de encontrar boas oportunidades de operação. Ela se baseia na projeção do comportamento dos preços das ações utilizando padrões passados do mercado, identificando assim a tendência atual do mercado (Piazza, 2009).

A principal ferramenta para essa análise é o gráfico. Um gráfico guarda muitas informações e relações do mercado, de uma forma fácil de visualizar. O gráfico mais característico do mercado acionário é o *candlestick*. Na figura 1 temos um exemplo desse gráfico. Nesse gráfico é possível concentrar muitas informações, como valor de compra, valor de venda, máximo e mínimo em um determinado período.

Com a análise gráfica é possível determinar os indicadores técnicos. Os indicadores são fórmulas matemáticas que utilizam dados dos ativos, como preço de compra e de venda, para identificar tendências no mercado. Entre os mais populares indicadores técnicos temos a Média Móvel Exponencial, Média Móvel Aritmética, Índice de Força Relativa e Bollinger Bands. Entre os estudos de uso de indicadores técnicos no mercado acionário podemos citar Saffi (2003), Ratner e Leal (1999).



Figura 1 - Exemplo de *candlestick*. Fonte: advfn.com

3.2.2.1 Bollinger Bands

Bollinger Bands é um indicador técnico utilizado no mercado acionário que pode ser utilizado juntamente com a estratégia de estatística arbitragem. Apesar de não ser abordada nesse trabalho a utilização de estatística arbitragem para os formadores de mercado é uma técnica que pode ser explorada para investimento em alta frequência.

Ele consiste de uma curva que representa a média dos dados em um determinado período e duas curvas, uma acima e outra abaixo, que representam o valor do desvio padrão no período multiplicado por uma constante, geralmente dois. Suas principais características são:

- Se as cotações saem de uma banda, a tendência irá permanecer.
- Se as cotações atingem valores máximos ou mínimos fora da banda, e em seguida atingem valores máximos ou mínimos dentro da banda, isso indica uma mudança de tendência.

- As maiores cotações tendem a ser quando as bandas estão muito próximas uma da outra.

Entre os estudos na literatura do Bollinger Bands pode-se citar Leung e Chong (2003) que compara o uso de Bollinger Bands com Média Móvel, Willians (2006) que realiza um estudo de rentabilidade de carteira com a técnica de Bollinger Bands.

A Figura 2 mostra um exemplo de gráfico com Bollinger Bands.

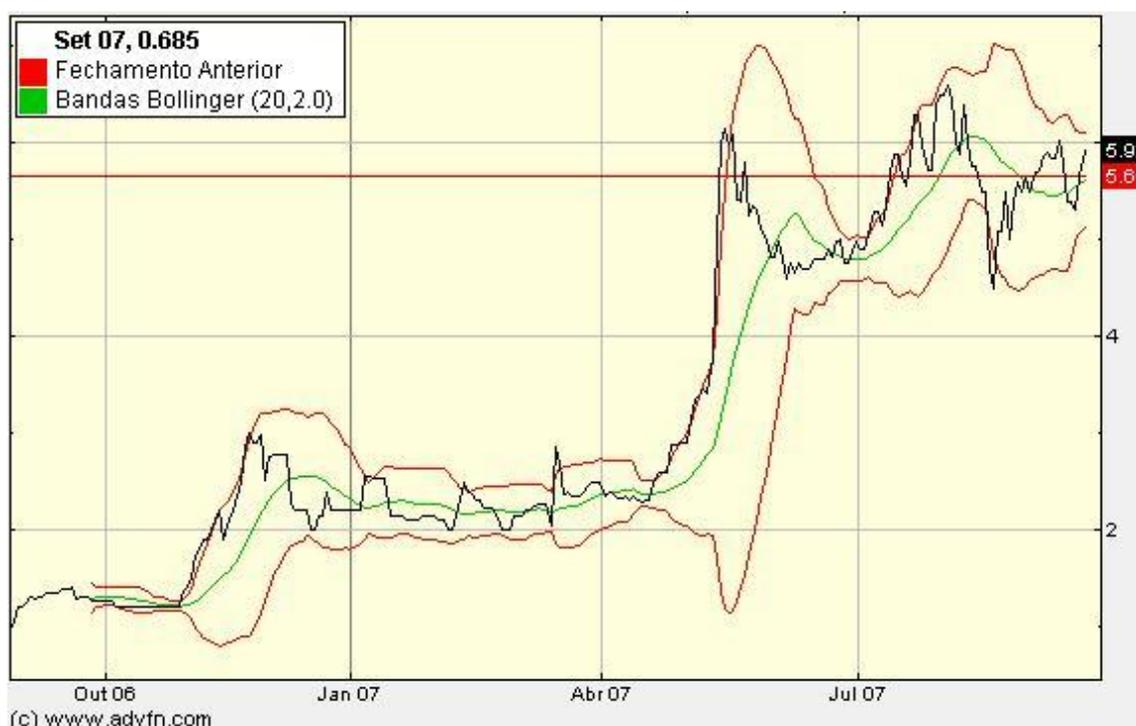


Figura 2 - *Bollinger Bands*. Fonte: advfn.com

3.2.3 Análise Quantitativa

Análise quantitativa ou simplesmente *quants* é uma técnica que estuda o comportamento de algo com base em modelos matemáticos e estatísticos. Para isso, são utilizados valores de variáveis do mercado financeiro, como preço e volume dos ativos, com o objetivo de estudar e replicar matematicamente o comportamento do mercado. Essa técnica tem muito pouca relação com as antigas escolas de análise técnica e análise fundamentalista, apesar de poder utilizar

conceitos criados por elas. Ganhou força com os avanços na área de estatística e tecnologia.

Segundo Aldridge (2010), o investimento com base em análise quantitativa consiste em manipular o portfólio baseado em um princípio científico. Esse princípio pode ser baseado na análise fundamentalista, na análise técnica ou simplesmente em relações estatísticas. Ainda segundo Aldridge (2010), a principal diferença nesse tipo de análise em relação às tradicionais é que existe muito pouco ou nenhum tipo de julgamento por parte do investido sobre o ativo, como por exemplo, na análise técnica que julga diversos gráficos para a tomada de decisão.

Na área da análise quantitativa, uma técnica que vem se tornando muito popular é a arbitragem estatística, do termo inglês *statistical arbitrage* ou simplesmente *stat-arb*, no qual consiste em utilizar estatística básica para encontrar oportunidades lucrativas de investimento em um par de ativos. Basicamente é aplicada alguma técnicas estatística em dados históricos de dois ativos a fim de encontrar sua relação. Nos momentos em que é observada uma violação dessa relação, são executadas ordens de compra e venda nesse par de ativos, considerando que no futuro essa relação volte à normalidade.

Na literatura são encontrados vários trabalhos relacionados a análise quantitativa. Shumaker (2009) utiliza técnicas linguísticas, matemáticas e estatísticas para desenvolver uma ferramenta chamada AZFinText na qual é capaz de realizar análise em tempo real de notícias que impactam sobre o mercado financeiro e determinar se os ativos terão altas, quedas ou continuarão estabilizados no período de 20 minutos a frente. Em testes realizados por ele, a ferramenta conseguiu um retorno de 8,50%, média muito similar aos fundos de investimento com maior retorno no ano de 2005.

Bertram (2010) realizou um estudo de otimização de retorno para estratégias baseadas em arbitragem estatística, considerando os custos de operação. Como resultado, foi gerado um modelo matemático que utiliza as relações entre as variáveis para maximizar o retorno da estratégia. Marco Avellaneda (2008) estuda um modelo dirigido por arbitragem estatística para investimento no mercado financeiro americano, no qual utiliza fundos de índices e fatores do *Principal Component Analysis*, descritos no trabalho de Jolliffe (2002).

3.3 Formadores de Mercado

Segundo a BM&FBOVESPA, "Formador de Mercado, agente de liquidez, facilitador de liquidez, promotor de negócios, especialista, *market maker* e *liquidity provider* são algumas designações atribuídas àqueles que se propõem a garantir liquidez mínima e referência de preço para ativos previamente credenciados, fatores de destaque na análise da eficiência no mercado de capitais".

Quando um investidor tenta operar em um ativo de baixa liquidez, no momento em que ele vai fechar sua posição, existe uma grande chance de não encontrar compradores ou vendedores próximos ao seu preço desejado. Isso se deve pelo fato desses ativos apresentarem um grande *spread*.

Os Formadores de Mercados podem ser agentes contratados pelas empresas para garantir determinada liquidez dos ativos a fim de torná-los mais atraentes para os investidores. Essas empresas são encarregadas de inserir ordens limite de compra e de venda que aumentam a liquidez do mercado e também são responsáveis por não permitir que o valor de *spread* fique elevado⁴.

Além disso, os formadores de mercado podem ter outro tipo de influência no mercado financeiro. Ele pode inserir um efeito particular dentro da dinâmica de preços, chamado efeito inventário. Segundo Perlin (2013), esse efeito acontece quando um formador de mercado acumula um inventário positivo ou negativo de um ativo durante um período de tempo. Como ele não tem interesse especulativo sobre aquelas ações, a fim de alterar esse cenário de alto risco para si, ele influencia o preço das ações para voltar em uma posição de equilíbrio do seu portfólio.

Na BM&FBOVESPA, o papel de Formador de Mercado pode ser desempenhado por corretoras, distribuidoras de valores, bancos de investimento, bancos múltiplos com carteira de investimentos ou empresas especializadas. Cada Formador de Mercado pode se credenciar para representar mais de uma ação de empresas diferentes, assim como uma ação pode ser representada por mais de um formador de mercado.

⁴ <http://www.bmfbovespa.com.br/formador-de-mercado/FormadoresMercado.aspx?Idioma=pt-br>
(Acessado em: 06/02/2014)

Antoniazze (2013) realizou um estudo para medir a liquidez de ativos do mercado financeiro brasileiro e determinar os custos de transação baseado na equação econométrica de Sanvincenti (2012). Sanvitto (2011) realizou um estudo de caso sobre a influência da contratação de formadores de mercado no nível de liquidez e no valor de mercado dos ativos. De acordo com seus resultados, os formadores de mercado são eficientes provedores de liquidez e impacta positivamente no valor das ações.

Perlin (2013) realizou uma análise empírica dos efeitos dos formadores de mercado no processo de compra e venda de ações. Ele obteve de resultados que em média ocorre um aumento de 31% no número de negociações quando existem formadores de mercado atuando sobre o ativo. Outros resultados encontrados foram o aumento em 10% da correlação dos sinais de transações e que a instituição financeira que representa o formador de mercado tem impacto no aumento da liquidez.

4

Proposta

Este capítulo apresenta a proposta desta monografia. É organizado da seguinte forma: A Seção 4.1 apresenta o simulador utilizado nos experimentos e a Seção 4.2 apresenta os modelos de formadores de mercado desenvolvidos.

4.1 Processo de simulação

“Um sistema pode ser entendido como uma parte da realidade. A modelagem de sistemas visa à criação de modelos, que procuram definir os componentes de um dado sistema, bem como seus relacionamentos e restrições, com o objetivo de permitir a visualização de sua estrutura, e facilitar o entendimento do seu comportamento, o que não seria simples pela observação do sistema real, infinitamente mais complexo” (Souza 2007).

O processo de simulação é uma ferramenta que permite projetar um modelo de um sistema real e realizar experimentos sobre esse modelo com o intuito de conhecer e explorar o comportamento do modelo real. Segundo Schriber (1987), "A simulação envolve a modelagem de um processo ou sistema de modo que o modelo imite a resposta do sistema atual para eventos que acontecem com o passar do tempo".

No contexto do investimento automatizado no mercado financeiro o processo de simulação é de extrema importância. Isso se deve ao fato da complexidade para realizar experimentos e testes de estratégias desenvolvidas diretamente na bolsa de valores, pois isso exigiria um alto custo associado com um alto risco. Em contrapartida, devido à natureza instável da bolsa de valores, para ser possível validar uma estratégia é necessário um simulador que consiga emular de forma realista a execução da bolsa de valores.

4.1.1 Simulação Evento-Discreta

Simulação evento-discreta é um tipo de simulação guiada por eventos. Nesse tipo de simulação, somente quando ocorre um evento no tempo o estado do sistema sofre modificações. Nos demais instantes de tempo o sistema permanece constante. A simulação evento-discreto utiliza do conceito de fila de prioridades, que é a estrutura aonde os eventos vão sendo armazenados para serem processados. Cada evento que chega ao sistema, primeiramente ele é encaminhado para a fila onde aguarda seu momento de ser processado.

A simulação evento-discreta é muito utilizada em diversas áreas de aplicação. Com ela é possível desenvolver tanto modelos simples, como a simulação de um jogo de tabuleiro, como também modelos complexos que simulam a chegada e tratamento de pacotes em um roteador. No trabalho de Varga (2001), foi desenvolvido um modelo baseado em simulação evento-discreto, que emula um sistema distribuído de computadores. Com a ferramenta, é possível montar a disposição do sistema distribuído e simular diversos cenários a fim de otimizar o uso dos recursos.

Nesse trabalho será utilizado um simulador evento-discreto de alta frequência do mercado financeiro. Nesse simulador é possível carregar um arquivo em um padrão específico que tem todas as informações dos eventos que ocorreram na BMF&Bovespa para o ativo e data desejado. Esses eventos são armazenados em uma fila na qual é processada durante a execução do simulador. Nas próximas seções é descrito o funcionamento desse simulador.

4.1.2 Simulador do Mercado Financeiro

O simulador utilizado nesse trabalho para a realização dos experimentos será apresentado nessa seção. Esse simulador foi desenvolvido na linguagem Java e oferece uma interface gráfica para acompanhamento da execução da simulação, além de dar suporte a execução por linha de comando. No simulador é possível realizar o acompanhamento do *status* da fila de eventos durante a simulação. Também é possível acompanhar os livros de oferta de compra e venda dos ativos simulados, os *status* das ordens enviadas pela estratégia bem como suas

negociações. Quando nos referirmos à estratégia de operação, estamos nos referindo aos formadores de mercado avaliados.

O processo de simulação pode ser executado de duas formas. A simulação pode ser feita em tempo real, ou seja, os eventos no simulador vão sendo processados na mesma velocidade que aconteceram no mercado real. Essa forma de simulação é interessante para aprendizado de investimento na bolsa de valores, pois o usuário poderia utilizar o simulador como se estivesse operando no mercado real. A outra forma de execução é a simulação acelerada. Nesse modo é configurado um valor de aceleração da simulação e dependendo do valor é possível simular um pregão inteiro em poucos segundos. A tela principal do simulador é apresentada na Figura 3.

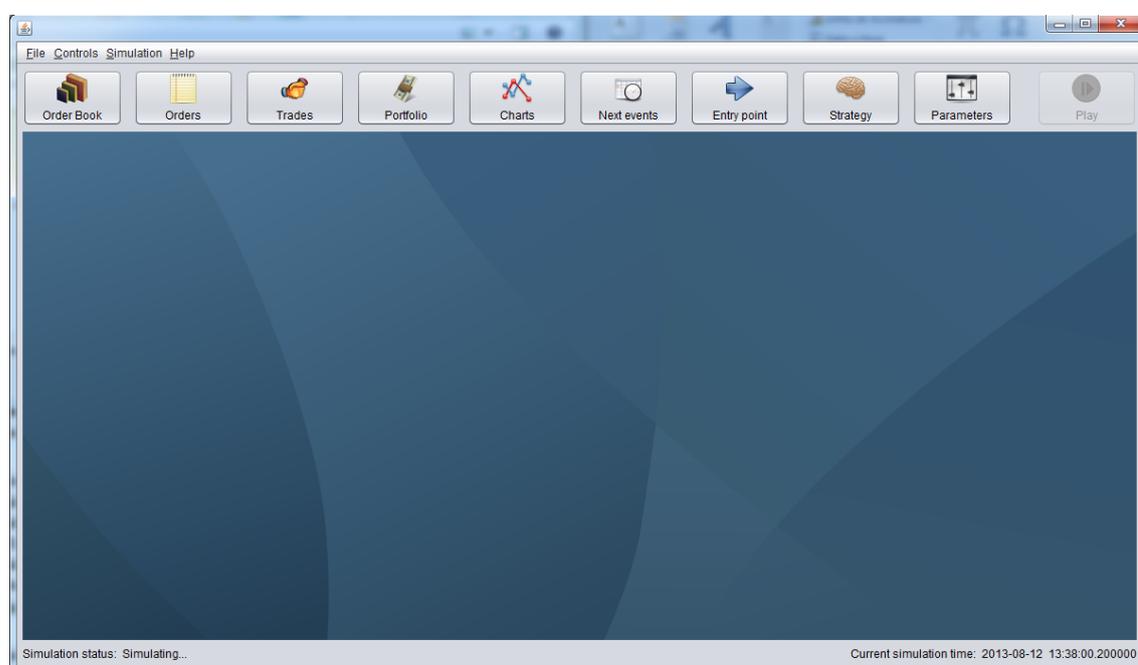


Figura 3. Tela Principal do Simulador do Mercado Acionário

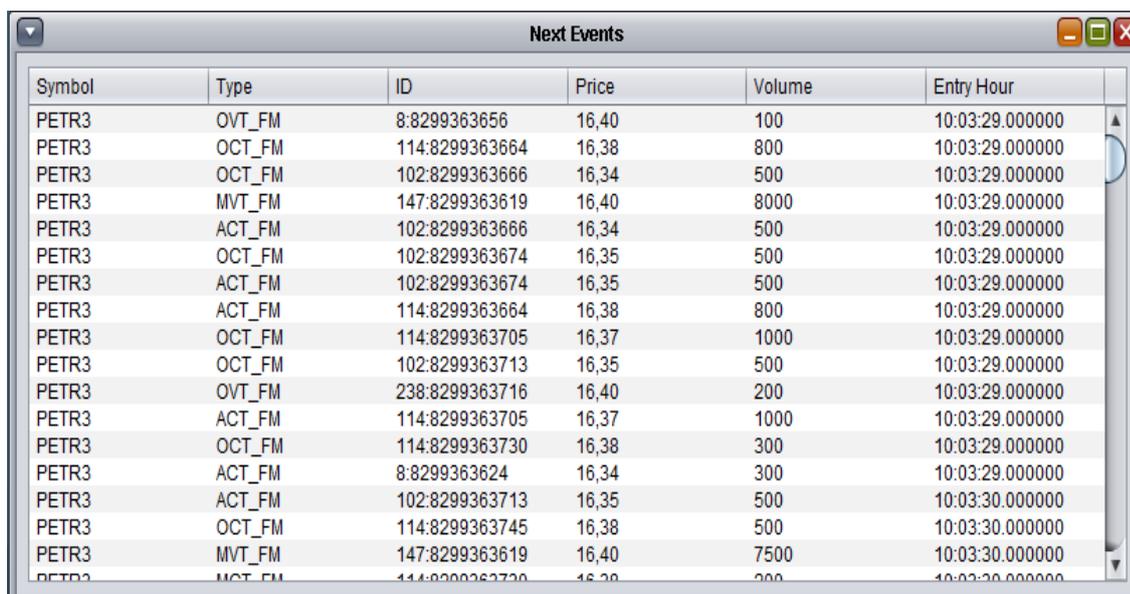
Na construção de algoritmos para operação na bolsa de valores, um fator que deve ser levado em consideração é o atraso no recebimento e envio de informações. Existe o atraso no sentido do mercado para a estratégia, ou seja, os eventos que ocorrem no mercado sofrem um atraso até serem notificados para a estratégia e também existe o atraso no sentido da estratégia para o mercado, ou seja, as operações enviadas pela estratégia demoram um tempo até serem

realmente processadas no mercado. Esses atrasos se dão pelo envio de dados pela rede e geralmente são na casa de milissegundos em HFT. Nesse trabalho utilizaremos um atraso de 100 milissegundos tanto do mercado para a estratégia quanto da estratégia para o mercado.

4.1.2.1 Aspectos Gerais do Simulador

Nessa seção será descrita de forma resumida algumas funções oferecidas para acompanhamento da simulação via interface gráfica. O simulador, além de ser utilizado para simulação de algoritmos desenvolvidos para operar na bolsa de valores, também pode ser utilizado como ferramenta de aprendizado sobre mercado financeiro, pois disponibiliza na tela principal ferramentas que permitem acompanhar a execução das ordens no pregão.

O simulador oferece uma tela para acompanhamento da fila de eventos que serão processados no mercado, como mostrado na Figura 4. O evento que está na ponta da fila é processado e pode gerar novos eventos que são enfileirados, respeitando a ordenação no tempo. Para cada evento, é exibido o ativo no qual aquele evento pertence, o tipo do evento (Oferta de compra, oferta de venda, cancelamento ou modificação), o ID do evento, o preço e a quantidade (no caso de ofertas e modificação) e a hora que o evento será processado no mercado.



Symbol	Type	ID	Price	Volume	Entry Hour
PETR3	OVT_FM	8:8299363656	16,40	100	10:03:29.000000
PETR3	OCT_FM	114:8299363664	16,38	800	10:03:29.000000
PETR3	OCT_FM	102:8299363666	16,34	500	10:03:29.000000
PETR3	MVT_FM	147:8299363619	16,40	8000	10:03:29.000000
PETR3	ACT_FM	102:8299363666	16,34	500	10:03:29.000000
PETR3	OCT_FM	102:8299363674	16,35	500	10:03:29.000000
PETR3	ACT_FM	102:8299363674	16,35	500	10:03:29.000000
PETR3	ACT_FM	114:8299363664	16,38	800	10:03:29.000000
PETR3	OCT_FM	114:8299363705	16,37	1000	10:03:29.000000
PETR3	OCT_FM	102:8299363713	16,35	500	10:03:29.000000
PETR3	OVT_FM	238:8299363716	16,40	200	10:03:29.000000
PETR3	ACT_FM	114:8299363705	16,37	1000	10:03:29.000000
PETR3	OCT_FM	114:8299363730	16,38	300	10:03:29.000000
PETR3	ACT_FM	8:8299363624	16,34	300	10:03:29.000000
PETR3	ACT_FM	102:8299363713	16,35	500	10:03:30.000000
PETR3	OCT_FM	114:8299363745	16,38	500	10:03:30.000000
PETR3	MVT_FM	147:8299363619	16,40	7500	10:03:30.000000
PETR3	MCT_FM	114:8299363730	16,38	300	10:03:30.000000

Figura 4. Tela de exibição da fila de eventos do simulador

O simulador também fornece uma tela para o acompanhamento dos livros de ofertas de compra e venda. Nessa tela, existe a opção de exibir o livro de ofertas na visão do mercado e na visão da estratégia. Como descrito anteriormente, existe um atraso entre o evento ser processado no mercado e esse processamento ser repassado à estratégia. Diante disso, o livro de ofertas que a estratégia visualiza não é exatamente o livro de ofertas do mercado atual, e sim o livro de ofertas com certo atraso. Diante disso, é possível acompanhar os livros de oferta tanto na visão do mercado quanto da visão da estratégia. Na tela do livro de ofertas são exibidas as informações do ID, a quantidade e o preço de cada oferta, conforme Figura 5.

ID	Volume	Bid	Ask	Volume	ID
114:82...	900	16,46	16,47	900	8:8299...
23:829...	100	16,45	16,48	900	8:8299...
114:82...	600	16,45	16,49	8100	147:82...
8:8299...	900	16,45	16,49	10000	3:8299...
98:829...	2000	16,45	16,49	100	238:82...
8:8299...	800	16,44	16,49	900	8:8299...
3:8299...	300	16,43	16,50	1300	27:829...
8:8299...	900	16,43	16,50	1000	114:82...
8:8299...	900	16,42	16,50	200	70:829...
39:829...	1000	16,42	16,50	200	72:829...
147:82...	3400	16,42	16,50	2000	72:829...
8:8299...	10000	16,42	16,50	600	23:829...
8:8299...	200	16,41	16,50	100	23:829...
8:8299...	600	16,40	16,50	100	23:829...
74:829...	100	16,40	16,50	900	8:8299...
23:829...	3000	16,40	16,50	1000	234:82...
8:8299...	900	16,39	16,50	1000	234:82...
45:829...	15000	16,39	16,50	1200	23:829...
8:8299...	800	16,38	16,50	2000	23:829...
74:829...	100	16,38	16,51	900	8:8299...
8:8299...	900	16,37	16,52	900	8:8299...
54:829...	100	16,37	16,53	900	8:8299...
8:8299...	900	16,36	16,54	900	8:8299...
45:829...	300	16,36	16,54	15000	45:829...
8:8299...	900	16,36	16,55	600	27:829...

Figura 5. Tela de exibição do livro de ofertas na visão do mercado

Do lado da estratégia é possível acompanhar o andamento das ordens enviadas e das negociações geradas, como mostrado na Figura 6. Na tela de acompanhamento de ordens, são exibidas as informações do ID da ordem enviada, o ativo referente àquela ordem, o lado do livro de oferta (Ordem de compra ou de venda) o tipo de ordem (Ordem a mercado ou ordem limite), o horário que aquela ordem foi enviada, a quantidade, o preço, e no caso de ofertas, o acompanhamento do quanto da oferta já foi negociada. Na tela de acompanhamento das negociações, é possível verificar as informações do ID da negociação, o ativo relacionado à negociação, o tipo e o lado da ordem negociada, o horário que foi gerado a negociação, a quantidade e o preço negociado, o preço da oferta e o status atual da negociação.

The image shows two windows from a trading simulator. The top window, titled 'Trades History', displays a table with columns: ID, Symbol, Type, Time, Size, Trade Price, Order Price, Order Side, and Status. It shows two entries for PETR3: a BUY order (ID -1) filled at 16.42, and a SELL order (ID -6) filled at 16.39. The bottom window, titled 'Order History', displays a table with columns: ID, Symbol, Side, Time, Size, Size Filled, Price, and Status. It shows a sequence of orders for PETR3: a BUY order (ID -1) filled at 16.42, a SELL order (ID -2) canceled at 16.47, a BUY order (ID -4) sent at 16.38, a SELL order (ID -5) sent at 16.43, and a SELL order (ID -6) filled at 1.

ID	Symbol	Type	Time	Size	Trade Price	Order Price	Order Side	Status
-1	PETR3	LIMIT	10:11:32.200...	200.0	16,42	16,42	BUY	FILLED
-6	PETR3	MARKET	10:15:02.000...	200.0	16,39	1	SELL	FILLED

ID	Symbol	Side	Time	Size	Size Filled	Price	Status
-1	PETR3	BUY	10:10:00.300000	200.0	200.0	16,42	FILLED
-2	PETR3	SELL	10:10:00.300000	200.0	0.0	16,47	CANCELED
-4	PETR3	BUY	10:15:01.300000	200.0	0.0	16,38	SENT
-5	PETR3	SELL	10:15:01.300000	200.0	0.0	16,43	SENT
-6	PETR3	SELL	10:15:01.700000	200.0	200.0	1	FILLED

Figura 6. Telas de acompanhamento de ordens e negociações

A Figura 7 apresenta a execução do simulador com suas funcionalidades.

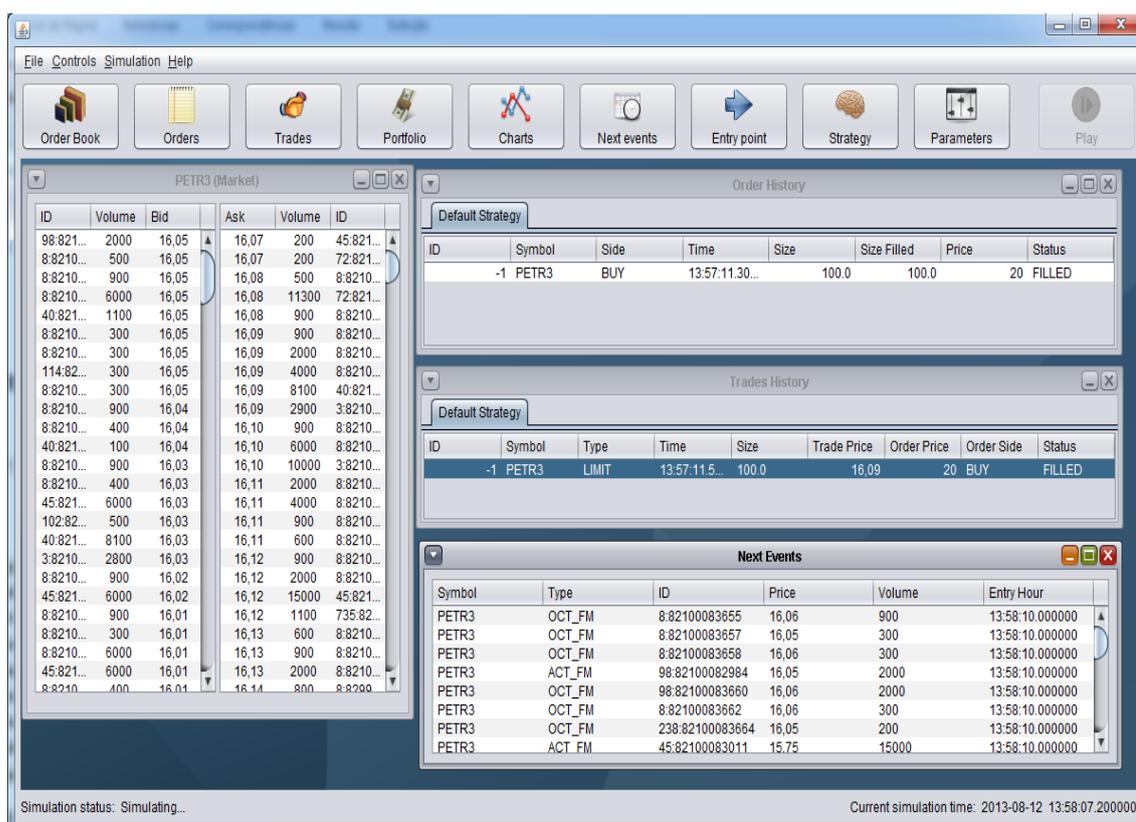


Figura 7. Tela de Execução do Simulador

4.1.2.2 Tipos de Ordens

A comunicação entre o simulador e a estratégia é feita via envio de eventos. Existe na simulação a fila de eventos no qual vão sendo processados conforme a execução da simulação. Para cada evento que é processado no mercado, é gerado um novo evento de reconhecimento, já considerando o tempo de atraso de comunicação entre o mercado e a estratégia, que é inserido na fila. Esse novo evento, quando chegar seu momento de ser retirado da fila para ser processado pelo processo de simulação, é encaminhado para a estratégia para que ela possa se atualizar do que aconteceu no mercado e possivelmente tomar alguma decisão sobre aquilo. Portanto, para todo evento executado no mercado é gerado um novo evento de reconhecimento que será enviado para a estratégia.

No momento em que chega para a estratégia um evento de reconhecimento notificando que algo aconteceu no mercado, a estratégia consegue identificar qual

tipo de evento é esse e, além disso, consegue enviar eventos para a fila de eventos para serem executados no mercado. Essa estratégia adotada é similar ao mecanismo real da bolsa de valores. No mundo real, a BM&FBOVESPA disponibiliza um canal de comunicação para a estratégia receber os eventos ocorridos no mercado e outro canal de comunicação no qual a estratégia pode enviar ordens para o mercado.

Nesse simulador é possível enviar três tipos de ordens:

- **Oferta de compra ou venda:** São ordens enviadas pela estratégia que representa o desejo de compra ou venda de uma determinada ação.
- **Ordem de cancelamento:** Ordens enviadas quando a estratégia deseja cancelar uma oferta que foi enviada anteriormente e está no livro de ofertas esperando por negociações.
- **Ordem de modificação:** Ordens enviadas quando a estratégia deseja modificar algum valor de uma oferta enviada anteriormente e está no livro de ofertas.

Para envio de uma oferta de compra ou venda, é necessário especificar o nome do ativo que deseja enviar a oferta, o livro de ofertas (Se é de compra ou venda), o preço desejado, a quantidade de ações e se a ordem é uma ordem a mercado ou uma ordem limite. No processo de criação da oferta é gerado um identificador único que pode ser utilizado pela estratégia caso precise operar sobre essa oferta futuramente, enviando um cancelamento ou uma modificação. Depois de enviado a oferta ao mercado a estratégia recebe um evento de resposta. Essa resposta pode ser um evento de ordem aceita, que identifica que a ordem foi processada normalmente no mercado, ou a resposta pode ser uma ordem de rejeição. Nesse caso, dentro da resposta vem um campo especificando a razão pela qual essa oferta foi rejeitada. Esse tipo de ordem será utilizado na implementação do formador de mercado desse trabalho.

Em relação ao envio de ordens de cancelamento, é necessário especificar o nome do ativo, o identificador da oferta a ser cancelada e se essa oferta é de compra ou de venda. De forma análoga ao envio de ofertas, depois de enviado o cancelamento para o mercado a estratégia espera por uma confirmação. Essa confirmação pode ser um evento de cancelamento aceito, que representa que o

cancelamento foi processado no mercado e a oferta referente a ele foi efetivamente removida do livro de ofertas. A resposta também pode ser um evento de rejeição que significa que não foi possível cancelar a ordem especificada. O cancelamento também será utilizado na implementação dos formadores de mercado desse trabalho.

Para o envio das ordens de modificação deve ser especificado o nome do ativo da oferta que deseja modificar, o novo preço, a nova quantidade, o novo tipo da oferta, o identificador da oferta que deseja alterar e se a oferta é de compra ou venda. Como nas outras ordens, depois de enviado o evento de modificação a estratégia receberá um evento de resposta. Esse evento pode ser um evento de modificação aceita que significa que a modificação da oferta foi efetivada no mercado, ou também pode ser de rejeição da modificação, identificando assim que algum erro ocorreu no processamento da modificação. Nesse trabalho não utilizaremos ordens de modificação.

4.1.2.3 Portfólio

Portfólio ou Carteira de Investimento é o grupo de ativos pertencentes ao investidor em conjunto com seu dinheiro disponível para compra e venda de ações. O portfólio pode ser constituído de vários ativos, e cada ativo pode ter várias ações. Quando um investidor compra uma quantidade de ação, essa ação é encaminhada para seu portfólio. Da mesma forma, quando um investidor vende uma quantidade de ações essa quantidade é removida do seu portfólio.

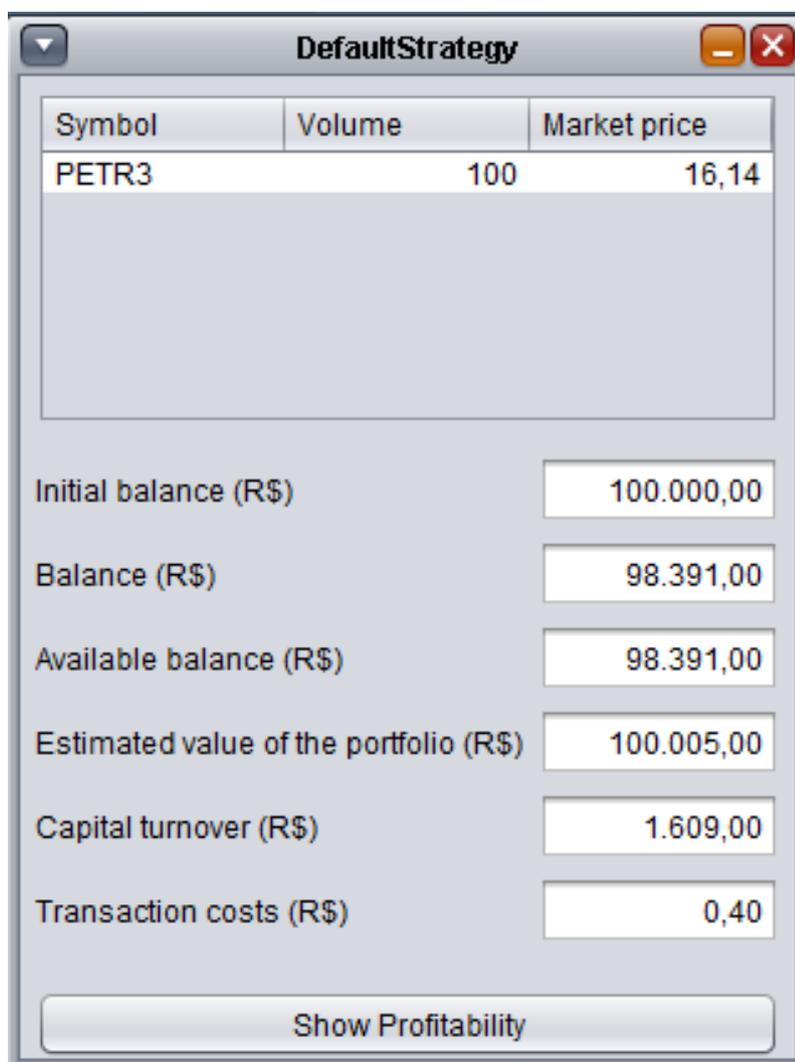
Na gerência do portfólio do simulador, além de ter as informações sobre as ações em carteira, também existe algumas informações importantes para a análise dos experimentos desse trabalho. De acordo com a Figura 8, as informações são:

- *Initial Balance*: Valor em dinheiro que a carteira tem disponível para realizar operações no início da simulação.
- *Balance*: Esse valor vai sendo alterado durante a execução da simulação. Ele determina o valor em dinheiro que o portfólio tem no momento. Quando a estratégia compra ações, esse valor é subtraído, enquanto que quando a estratégia realiza a venda de ações esse valor

é somado. Sendo assim, esse valor só é alterado quando acontece alguma negociação da estratégia.

- *Estimated Value*: Esse valor representa o valor estimado em carteira, somando o valor em dinheiro mais o valor estimado das ações que estão em carteira.

Existem ainda mais três valores que não serão utilizados nesse trabalho. O *available balance* é a quantidade em dinheiro que a estratégia tem disponível para realizar suas operações. O *capital turnover* é o montante de dinheiro que a estratégia utilizou em suas operações durante toda a simulação. E o último valor é os *transaction costs*, que determina o valor das taxas pagas para realizar operações na bolsa de valores.



The screenshot shows a window titled "DefaultStrategy" with a table of portfolio holdings and a list of financial metrics. The table has three columns: Symbol, Volume, and Market price. Below the table, there are seven rows of financial data, each with a label and a corresponding value in a text box. At the bottom, there is a button labeled "Show Profitability".

Symbol	Volume	Market price
PETR3	100	16,14

Initial balance (R\$)	100.000,00
Balance (R\$)	98.391,00
Available balance (R\$)	98.391,00
Estimated value of the portfolio (R\$)	100.005,00
Capital turnover (R\$)	1.609,00
Transaction costs (R\$)	0,40

Show Profitability

Figura 8. Tela do Portfólio

4.2 Formadores de Mercado

Nessa seção é descrita a implementação do formador de mercado, bem como os tipos de fechamento de posição estudados.

4.2.1 Operação do Formador de Mercado

O formador de mercado desenvolvido nesse trabalho executará uma nova operação de cinco em cinco minutos. A decisão de operação desta forma contínua e fixa no mercado foi tomada, visto que o foco desse trabalho não é a otimização de quais momentos são mais oportunos de se realizar as operações. Em uma aplicação real, um formador de mercado deve se preocupar em quais momentos ele deve iniciar uma operação.

A operação do formador de mercado se inicia com a inserção de ordens limite de compra e venda. A ordem de compra é gerada com o preço da ponta do livro de oferta de compra menos x centavos, e de forma similar, a ordem de venda é gerada com o preço da ponta do livro de venda mais x centavos. Caso essas duas ordens sejam executadas, a operação do formador de mercado consegue um lucro no valor da diferença dos dois preços ofertados.

Após o envio das ordens, o formador de mercado aguarda pelo recebimento da confirmação dessas ordens. Caso uma ou ambas as ordens sejam processadas normalmente no mercado, a operação continua com sua execução.

Após o recebimento da confirmação das ordens, a operação deve aguardar um período de tempo para que essas ordens possam ser negociadas no mercado. Esse período em que a operação aguarda por negociações das ofertas inseridas é chamado de janela de tempo. Durante esse período, o formador de mercado continua recebendo os eventos que são processados no mercado. Dessa forma ele consegue verificar se suas ordens foram negociadas ou não. Se ambas as ordens forem executadas durante a janela de tempo, o formador deve dar por encerrado essa operação.

No final da janela de tempo caso alguma ou ambas as ordens continuem no livro de oferta, a operação prossegue com o cancelamento imediato delas. É enviada ordens de cancelamento para as ofertas que ainda continuam no livro de ofertas. De modo similar ao envio das ordens de compra e venda, para as ordens de cancelamento a operação também precisa aguardar pelo recebimento da confirmação do cancelamento.

Após as ordens serem canceladas, a operação deve verificar a ocorrência de quatro casos distintos:

1. **Ambas as ordens foram totalmente executadas:** Nesse caso a operação obteve sucesso total. As ordens de compra e vendas conseguiram ser negociadas, portanto essa operação conseguiu obter lucro no valor da diferença dos preços das duas ofertas.
2. **Uma ordem foi totalmente executada e a outra não:** Nesse caso a operação precisa fechar posição, pois estará com o portfólio negativo ou positivo, dependendo de qual ordem foi executada. Para fechar posição, o formador de mercado deve identificar qual ordem não foi negociada e fechar posição com base nas estratégias de fechamento de posição desenvolvidas e explicadas na Seção 4.2.2.
3. **Ambas foram parcialmente executadas, com a mesma quantidade:** Nesse caso a operação deve ser encerrada. Apesar das ordens não serem totalmente executadas, elas foram parcialmente executadas com a mesma quantidade. O restante de cada ordem já foi cancelado e o portfólio voltou no estado em que iniciou a operação. Nesse cenário, a operação consegue um retorno positivo, porém como foi negociada uma quantidade menor de ações o retorno final é menor se comparado com o primeiro caso.
4. **Ambas foram parcialmente executadas, porém com quantidades distintas:** Nesse caso a operação precisa fechar posição, pois como a quantidade negociada das ordens de compra e venda são diferentes, o portfólio esta com uma quantidade positiva ou negativa de ações. Para fechamento de posição nesse cenário, o formador de mercado deve analisar qual oferta foi menos negociada. Para o fechamento de posição dessa oferta, deve ser inserida uma nova oferta na qual a

quantidade deve ser a diferença entre a quantidade negociada das ofertas originais.

Para o quarto cenário, suponha que uma operação envia uma oferta de compra e uma oferta de venda com quantidade 300 cada uma. Depois da janela de tempo se encerrar, foi negociado 100 ações de compra e 200 ações de venda. Nesse caso o portfólio estará com o valor negativo de 100 ações, pois foram vendidas 100 ações a mais que o número de ações compradas. Sendo assim, devemos fechar posição inserindo uma oferta de compra com quantidade de 100 para que o portfólio volte ao estado inicial.

A Figura 9 representa um diagrama de atividade que ilustra a operação descrita acima.

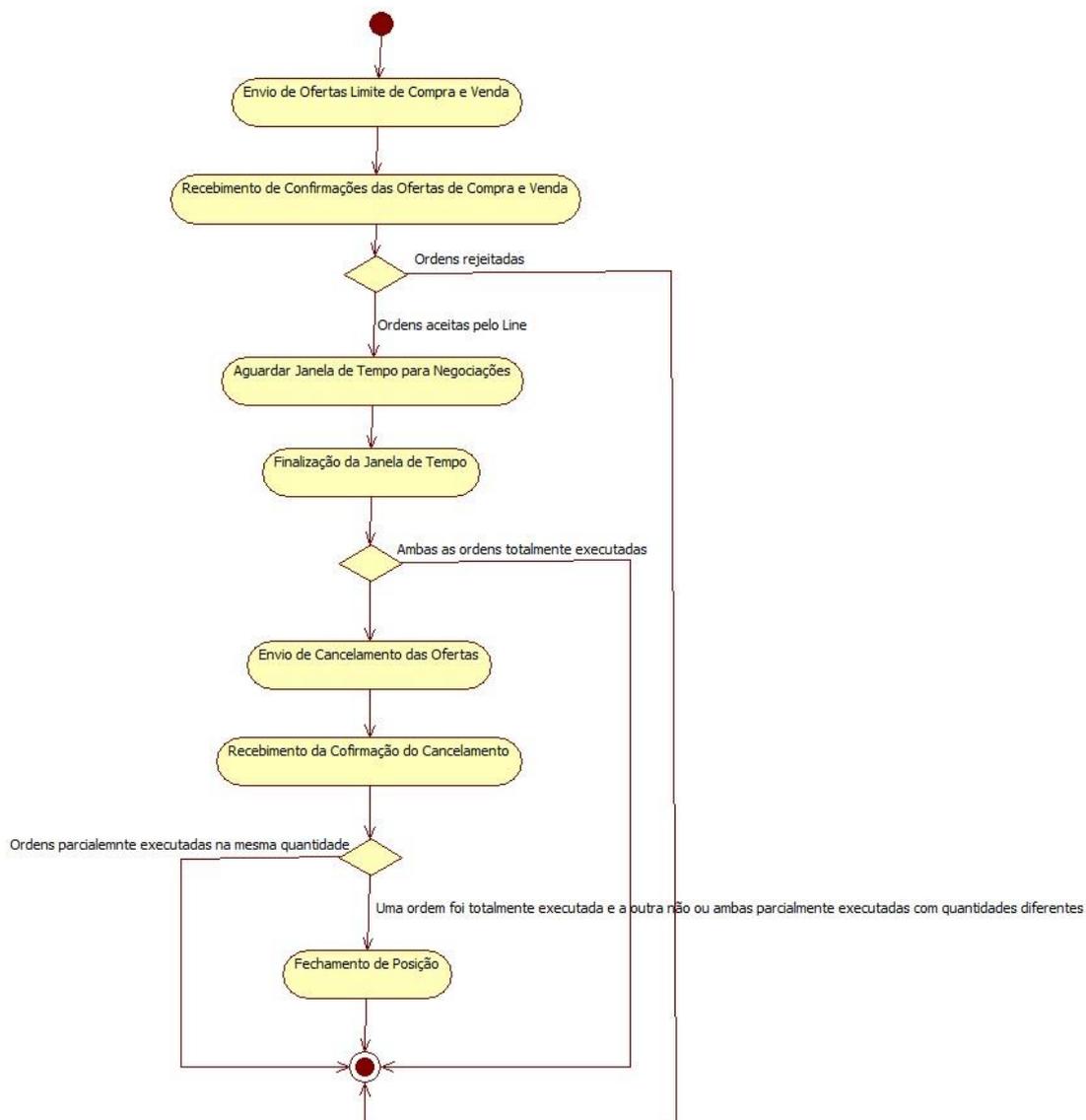


Figura 9. Diagrama de Estado da Operação do Formador de Mercado

4.2.2 Fechamento de Posição

Fechamento de posição é a ação executada quando o formador de mercado não consegue negociar as ordens de compra e venda e precisa que o portfólio volte ao estado em que estava no início da operação. Para fechamento de posição, o formador de mercado deve inserir uma oferta de compra ou venda, dependendo se o portfólio esteja positivo ou negativo.

Nesse trabalho foram desenvolvidos duas estratégias de fechamento de posição, com ordens a mercado e com ordens a limite.

4.2.2.1 Fechamento de Posição com Ordem a Mercado

A primeira estratégia de fechamento de posição analisada é a fechamento de posição com ordem a mercado. Nessa estratégia, quando a operação precisa executar um fechamento de posição é enviado uma ordem de compra ou venda a mercado, com a quantidade necessária. A execução desse tipo de fechamento de posição é simples, visto que esse tipo de ordem não vai para o livro de ofertas para esperar ser negociada, ela já chega no mercado gerando negociações com as ofertas da ponta contrária do livro de ofertas.

Depois de enviada a ordem, a operação aguarda pelo recebimento das negociações, e depois disso encerra a operação. A operação de fechamento de posição com ordem a limite é representado na figura 10.



Figura 10. Diagrama de Atividade do Fechamento de Posição com Ordem a Mercado

4.2.2.2 Fechamento de Posição com Ordem Limite

A segunda estratégia para fechamento de posição é o envio de ordem limite. Esse tipo de estratégia é mais complexo em relação ao fechamento com ordem a

mercado, pois as ordens enviadas irão para o livro de ofertas e podem ou não ser negociadas. Dois pontos que devem ser levados em consideração é o preço da ordem enviada e o tratamento do cenário que a ordem não é negociada.

Em relação ao preço da ordem enviada, o formador de mercado analisado nesse trabalho recebe como parâmetro de sua execução um valor de variação de preço, em centavos. Caso a ordem enviada seja de compra, o formador de mercado verifica o preço corrente de compra do ativo e subtrai o valor de variação passado como parâmetro. De forma análoga, se a ordem for de venda, o formador de mercado verifica o preço corrente de venda e adiciona o valor da variação. Dessa forma é determinado o preço da ordem que é enviada para o fechamento de posição.

Outro aspecto que tem de ser levado em consideração é o não sucesso na negociação da ordem enviada. Como a ordem enviada é uma ordem limite, e essa ordem vai para o livro de ofertas do ativo, pode ser que a nova ordem não seja negociada em um período de tempo. O formador de mercado analisado nesse trabalho também recebe como parâmetro de sua execução o valor do número de tentativas de fechamento de posição com ordens limite que ele tentará executar. A operação tenta enviar a ordem limite de fechamento de posição no máximo o número de tentativas passado como parâmetro. Caso não consiga fechar posição dessa forma, o fechamento é feito com ordem a mercado para que seja garantido que o portfólio volte ao estado neutro.

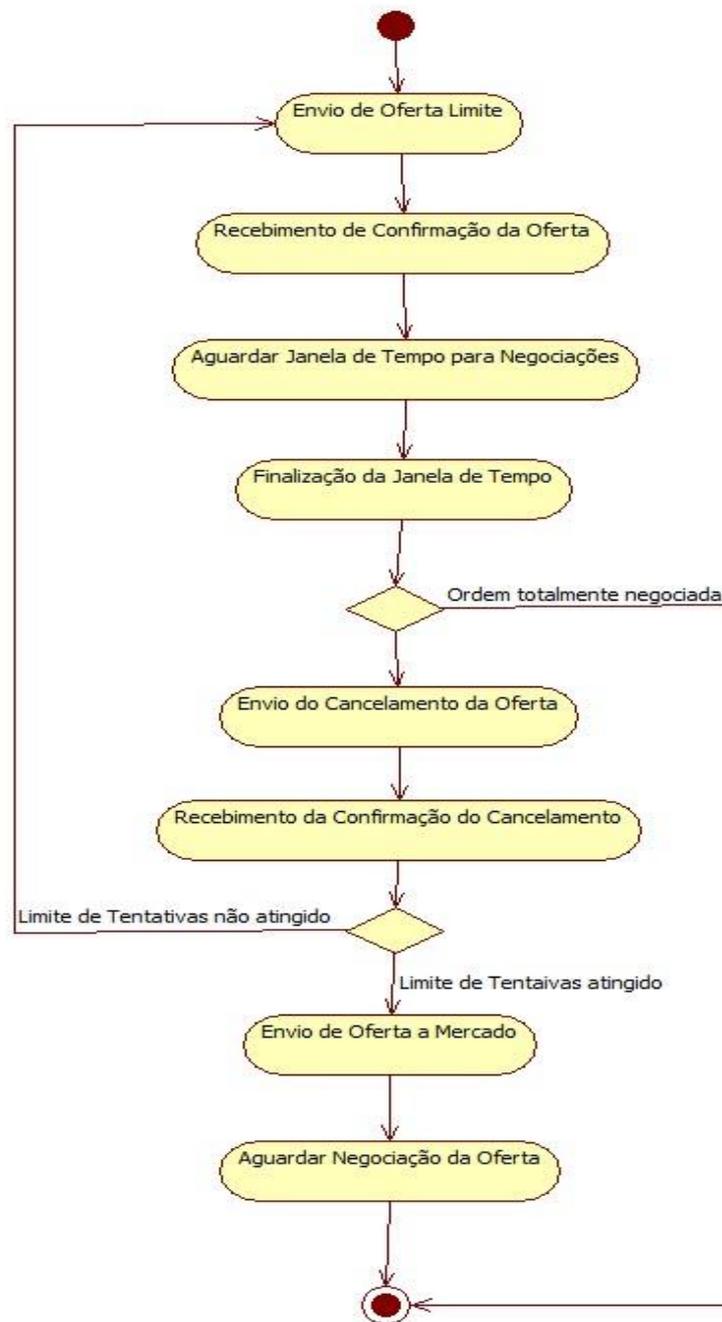


Figura 11. Diagrama de Estado do Fechamento de Posição com Ordem Limite

Como mostrado na Figura 11, essa estratégia de fechamento de posição inicia com o envio da ordem limite. O preço dessa ordem é definido pelo preço corrente e a variação passada como parâmetro na execução, como descrito

anteriormente. Após o envio da ordem, o formador de mercado aguarda pelo evento de confirmação da ordem.

Depois de recebida a confirmação da ordem, o formador de mercado aguarda por negociações da oferta. Nesse ponto entra uma segunda janela de tempo. Ela funciona de forma similar a janela de tempo do início da operação. Ao final da janela de tempo, a operação deve verificar a ocorrência de dois cenários:

1. **A oferta foi totalmente negociada:** Nesse cenário a operação pode ser encerrada, pois a oferta enviada para fechar posição foi totalmente executada e o portfólio voltou ao estado do início da operação.
2. **A oferta não foi negociada ou foi parcialmente negociada:** Nesse cenário a operação não pode ser encerrada, pois ainda necessita que seja fechada posição. Primeiramente deve ser enviada uma ordem de cancelamento da oferta enviada. Quando for recebida a confirmação do cancelamento da oferta, a operação deve verificar se já foi feito o número máximo de tentativas de fechamento de posição com ordem limite, valor passado por parâmetro na execução. Caso esse limite tenha sido alcançado, a operação deve enviar uma ordem a mercado com a quantidade restante. Caso contrário, a operação deve recomençar o processo de fechamento de posição enviando uma nova ordem limite.

5

Resultados

Neste capítulo é feita uma análise dos resultados obtidos para cada ativo estudado bem como uma análise geral dos resultados.

Os resultados apresentados neste capítulo são organizados de forma que na Seção 5.1 é feita uma descrição detalhada dos experimentos executados, na Seção 5.2 é apresentado os resultados individuais para cada um dos cinco ativos que são utilizados nos experimentos e na Seção 5.3 os resultados são discutidos.

5.1 Descrição

Nesta seção são descritos os detalhes das execuções dos experimentos. Os experimentos desse trabalho foram executados para os ativos BBAS3, BBDC4, PETR4, USIM5 e VALE5. Eles foram executados no período de 23/09/2013 até 31/10/2013 totalizando 24 dias de pregão. Para cada dia de simulação, o formador de mercado implementado inicia sua execução às 10h10min e finaliza sua execução às 16h45min, totalizando 395 minutos de operação durante um dia. As operações não são executadas durante todo o tempo de pregão devido ao fato do mercado ser muito instável nos períodos de abertura e fechamento, podendo assim influenciar nos resultados finais.

Nas execuções dos experimentos foi utilizada uma janela de tempo de 5 minutos, tanto para as ofertas de abertura da operação quanto para as ofertas de fechamento de posição. Essa janela de tempo é o período máximo que a operação aguarda para que ocorram negociações com suas ofertas. O valor da janela de tempo tem que ser pequeno, pois operações em alta frequência são executadas em curtos períodos de tempo.

Para análise do desempenho do formador de mercado são utilizados os valores de evolução do portfólio. As simulações diárias iniciam com o valor de portfólio de R\$ 100.000,00. Com o decorrer da simulação, o valor estimado do portfólio vai sofrendo variações decorrentes da compra e venda de ações e também do preço corrente das ações que estão em carteira. Sendo assim, de 10 em 10 minutos é armazenado o valor estimado do portfólio para gravação do histórico de evolução.

Com esses valores é possível determinar a variação, em reais, do portfólio. A partir do segundo valor da série, a evolução é calculada subtraindo o valor estimado corrente do valor estimado anterior. Com isso temos quanto que o valor do portfólio se alterou nos últimos 10 minutos. A Figura 12 ilustra o valor estimado do portfólio e a evolução do mesmo para a execução de um dia de simulação.

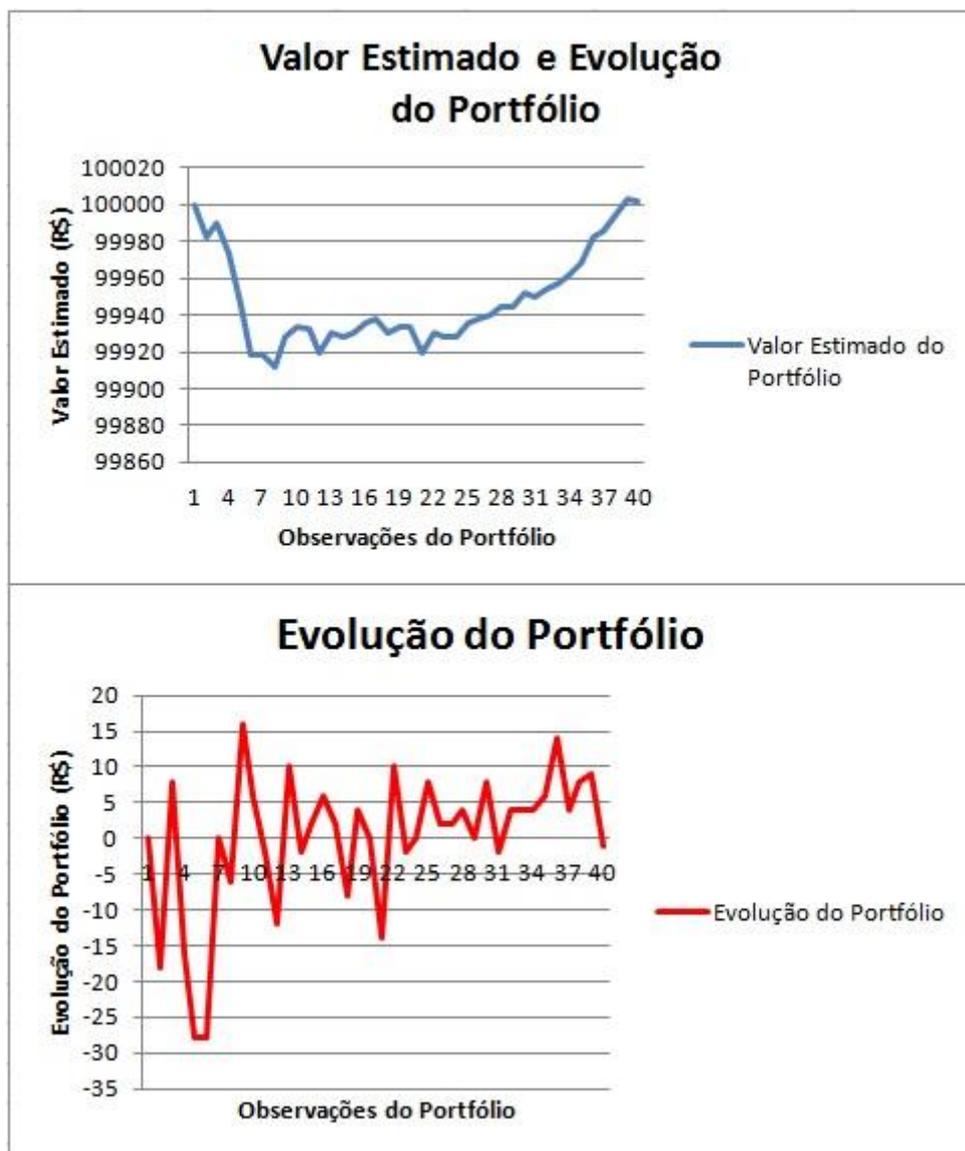


Figura 12. Exemplo de valor estimado e evolução do portfólio

Para análise do fechamento de posição dos formadores de mercado foram executados dez casos de testes para cada ativo. O primeiro caso de teste é o de fechamento de posição com ordem a mercado. Os outros nove casos de testes são com fechamento de posição com ordem limite, variando os valores de quantidade máxima de tentativas de envio de ordens limites e variação, em centavos, dos preços das ordens enviadas.

O valor de tentativas de envio de ordens limite é variado de um até três. Esse intervalo foi definido, pois para valores maiores do que três a operação

poderia demorar um período muito longo de tempo para ser finalizada, considerando que teríamos n janela de tempo de 5 minutos cada. O valor da variação do preço foi variado de um até três centavos. Para valores maiores do que três centavos é preciso que o mercado sofra uma movimentação muito grande para que a operação consiga executar a ordem enviada.

A Tabela 1 sumariza as execuções com os valores dos parâmetros.

Tabela 1. Tabela dos Casos de Testes

Nome	Tipo de Fechamento	Varição Preço (centavos)	Número Máximo de Tentativas
Exec01	<i>Ordem a Mercado</i>	-	-
Exec02	<i>Ordem Limite</i>	1	1
Exec03	<i>Ordem Limite</i>	1	2
Exec04	<i>Ordem Limite</i>	1	3
Exec05	<i>Ordem Limite</i>	2	1
Exec06	<i>Ordem Limite</i>	2	2
Exec07	<i>Ordem Limite</i>	2	3
Exec08	<i>Ordem Limite</i>	3	1
Exec09	<i>Ordem Limite</i>	3	2
Exec10	<i>Ordem Limite</i>	3	3

5.2 Análise dos Ativos

Nessa seção são discutidos os resultados obtidos individualmente para cada ativo. Para cada ativo é apresentado um gráfico *boxplot* com as configurações testadas e uma tabela com alguns valores referentes às execuções.

5.2.1 BBAS3

A Figura 13 apresenta o gráfico *boxplot* para cada uma das configurações executadas. Nesse gráfico é possível identificar que quanto maior o número de tentativas de fechamento de posição, mais *outliers* negativos são encontrados, como visto nas execuções quatro, sete e dez. Isso mostra que as execuções com números maiores de tentativas de envio de ordem limite trazem um maior risco para operação, pois dependendo do movimento do mercado no momento de fechar posição a operação pode ter um prejuízo muito grande.

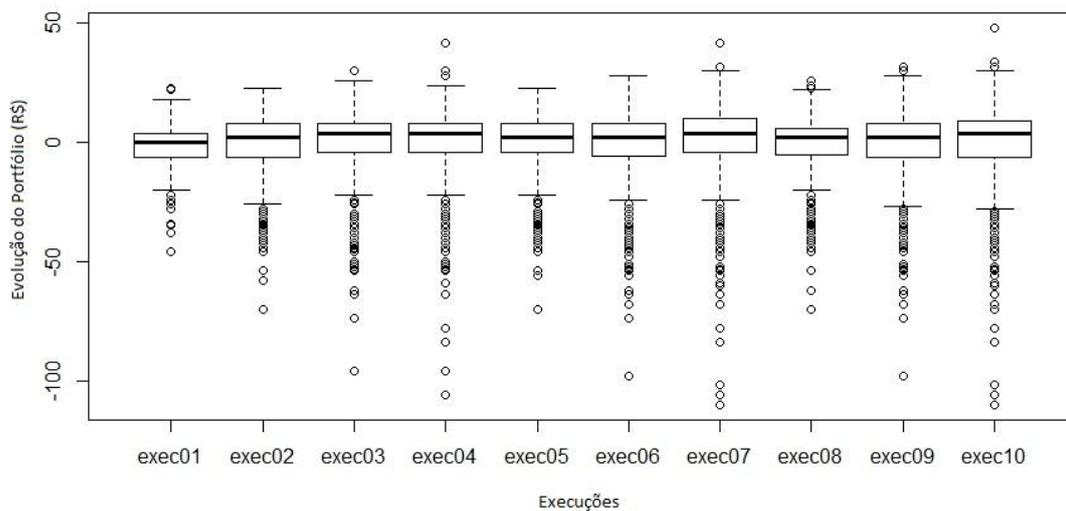


Figura 13. Gráfico *boxplot* do ativo BBAS3

A Tabela 2 apresenta os valores da média, desvio padrão e coeficiente de variação da amostra dos valores de evolução do portfólio para o ativo BBAS3. Para esse ativo, as melhores médias de retorno obtidas foram:

- Exec04: Fechamento com ordens limite, com variação de um centavo e três tentativas de envio da oferta.
- Exec03: Fechamento com ordem limite, com variação de um centavo e duas tentativas de envio da oferta.

Foi observado que para o ativo BBAS3 as estratégias de fechamento com variação mínima de um centavo no preço obtiveram melhores médias. A operação de fechamento de mercado obteve o menor valor de desvio padrão, ou seja, os valores dessa amostra são os que têm menor dispersão em relação à média de evolução. Isso pode indicar menor risco, embora não indique menor retorno.

Tabela 2. Média Aritmética, Desvio Padrão e Coeficiente de Variação para as amostras de execução do ativo BBAS3.

	Média Aritmética	Desvio Padrão	Coeficiente de Variação
Exec01	-1,52	8.71	-5.71
Exec02	-0,16	11.58	-70.39
Exec03	0.18	13.47	71.24
Exec04	0.43	14.29	33.04
Exec05	-0.22	11.57	-51.09
Exec06	-0.22	14.21	-62.47
Exec07	-0.1	16.18	-157.8
Exec08	-0.41	11.67	-27.95
Exec09	-0.51	14.72	-28.41
Exec10	-0.39	17.21	-43.55

5.2.2 BBDC4

A Figura 14 apresenta o gráfico *boxplot* para cada uma das configurações executadas. Com a análise desse gráfico é possível identificar que para o ativo BBDC4, as execuções com duas e três tentativas de fechamento de posição com ordem limite obtiveram uma maior mediana em relação às execuções com apenas uma tentativa de envio de ordem limite. Isso pode ser notado para as execuções com variações de um, dois e três centavos. Em relação a variação dos *outlier*, para esse ativo a cauda negativa se manteve mais constante entre as execuções.

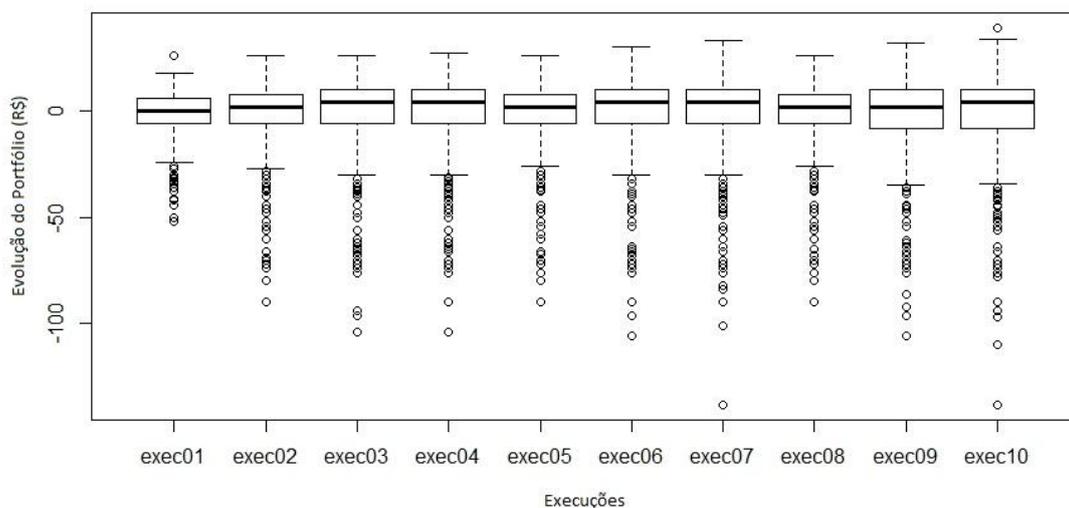


Figura 14. Gráfico *boxplot* do ativo BBDC4

A Tabela 3 apresenta os valores da média, desvio padrão e coeficiente de variação da amostra dos valores de evolução do portfólio para o ativo BBDC4. Para esse ativo os melhores resultados encontrados foram:

- Exec04: Fechamento com ordens limite, com variação de um centavo e três tentativas de envio da oferta.
- Exec07: Fechamento com ordem limite, com variação de dois centavos e três tentativas de envio da oferta.

Com base nisso, é possível determinar que um modelo com três tentativas de fechamento de posição com ordem limite impacta em um melhor desempenho no formador de mercado para o ativo BBDC4 em relação à média da evolução do portfólio. Para esse ativo, a operação de fechamento de posição com ordem a mercado obteve o menor valor de desvio padrão dentre as execuções.

Tabela 3. Média Aritmética, Desvio Padrão e Coeficiente de Variação para as amostras de execução do ativo BBDC4.

	Média Aritmética	Desvio Padrão	Coeficiente de Variação
Exec01	-1,8	10.45	-5.77
Exec02	-0,81	14.47	-17.8
Exec03	-0.36	15.89	-43.76
Exec04	-0.17	16.16	-92.24
Exec05	-1.03	14.5	-14.01
Exec06	-0.49	16.64	-33.49
Exec07	-0.24	17.95	-72.74
Exec08	-1.27	14.46	-11.32
Exec09	-0.94	17.12	-18.04
Exec10	-0.67	19.1	-28.38

5.2.3 PETR4

A Figura 15 apresenta o gráfico *boxplot* para cada uma das configurações executadas. Analisando a figura 15 é possível identificar no gráfico *boxplot* que existe, para cada execução, um valor de *outlier* na parte negativa muito distante dos outros valores. Isso se deve ao fato que no dia 21 de Outubro de 2013 durante a simulação o preço da ação subiu cerca de R\$ 1,00 entre uma observação e outra do portfólio, ou seja, em menos de 10 minutos. Nesse exato ponto, as operações que estavam fechando posição sofreram uma perda muito grande, causa geradora dessas anormalidades nos gráficos.

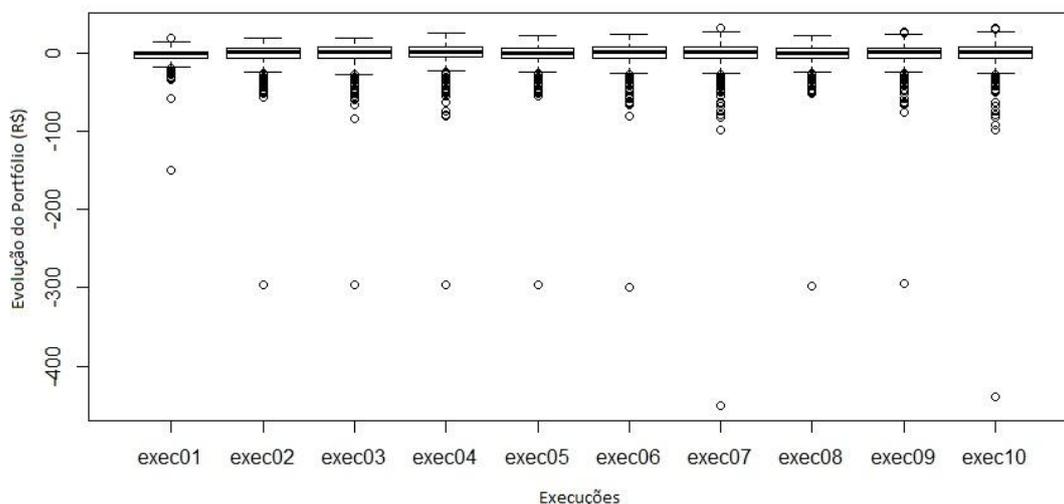


Figura 15. Gráfico *boxplot* do ativo PETR4

A Tabela 4 apresenta os valores da média, desvio padrão e coeficiente de variação da amostra dos valores de evolução do portfólio para o ativo PETR4. As configurações que obtiveram as melhores médias para esse ativo são:

- Exec04: Fechamento com ordens limite, com variação de um centavo e três tentativas de envio da oferta.
- Exec03: Fechamento com ordens limite, com variação de um centavo e duas tentativas de envio da oferta.
- Exec06: Fechamento com ordens limite, com variação de dois centavos e duas tentativas de envio da oferta.
- Exec02: Fechamento com ordens limite, com variação de um centavo e uma tentativas de envio da oferta.

Dessas quatro execuções, três delas (02, 03 e 04) utilizam de fechamentos de posição com ordem limite e variação de um centavo no preço corrente do livro de oferta, indicando assim que para esse ativo esse parâmetro é o mais adequado. De forma similar aos resultados dos ativos anteriores, o fechamento de posição com ordem a mercado obteve o menor desvio padrão dentre as amostras desse ativo.

Tabela 4. Média Aritmética, Desvio Padrão e Coeficiente de Variação para as amostras de execução do ativo PETR4.

	Média Aritmética	Desvio Padrão	Coeficiente de Variação
Exec01	-1,9	9.16	-4.8
Exec02	-1.02	14.63	-14.25
Exec03	-0.45	15.79	-34.37
Exec04	-0.33	16.34	-48.25
Exec05	-1.42	14.52	-10.19
Exec06	-1.01	16.31	-16.01
Exec07	-1.13	20.8	-18.25
Exec08	-1.7	14.4	-8.46
Exec09	-1.15	16.22	-14.03
Exec10	-1.38	20.78	-14.95

5.2.4 USIM5

A Figura 16 apresenta o gráfico *boxplot* para cada uma das configurações executadas. Analisando esse gráfico, é possível identificar que as execuções três e quatro obtiveram uma mediana maior que as outras execuções. Como observado para o ativo BBAS3, os valores de outliers negativos são maiores para as execuções com maior número de tentativas de envio de ordens limites, sinalizando assim um maior risco.

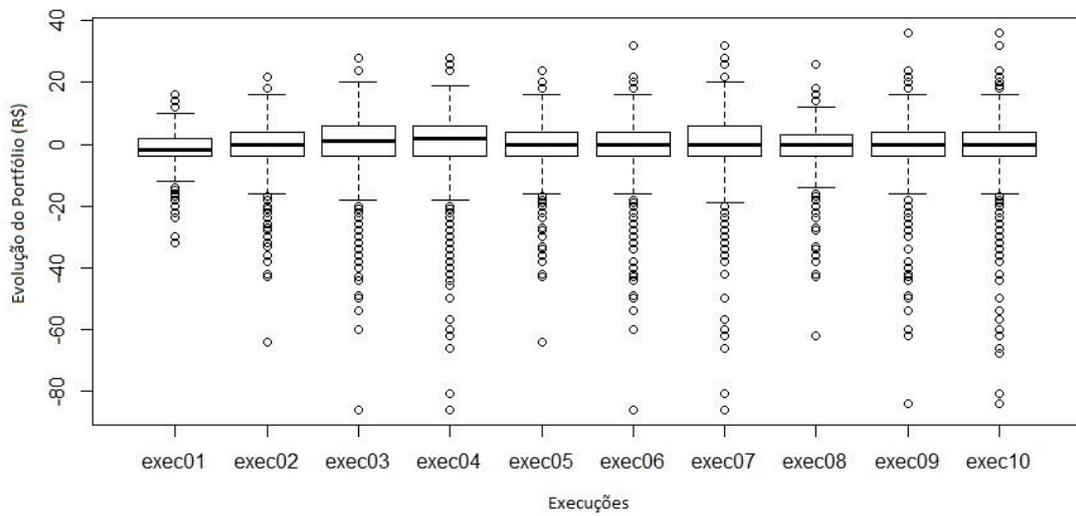


Figura 16. Gráfico *boxplot* do ativo USIM5

A tabela 5 apresenta os valores da média, desvio padrão e coeficiente de variação da amostra dos valores de evolução do portfólio para o ativo USIM5. As melhores execuções em relação a média foram:

- Exec04: Fechamento com ordens limite, com variação de um centavo e três tentativas de envio da oferta.
- Exec03: Fechamento com ordens limite, com variação de um centavo e duas tentativas de envio da oferta.

Como nos outros ativos, a execução de fechamento com ordem a mercado obteve o menor desvio padrão dentre as amostras.

Tabela 5. Média Aritmética, Desvio Padrão e Coeficiente de Variação para as amostras de execução do ativo USIM5.

	Média Aritmética	Desvio Padrão	Coeficiente de Variação
Exec01	-1,62	5.5	-3.39
Exec02	-0.82	8.57	-10.45
Exec03	-0.46	10.39	-22.31
Exec04	-0.39	11.41	-28.76
Exec05	-1.13	8.38	-7.37
Exec06	-1.81	10.39	-12.74
Exec07	-0.74	11.81	-15.84
Exec08	-1.43	8.14	-5.68
Exec09	-1.05	10.09	-9.52
Exec10	-1.02	11.68	-11.4

5.2.5 VALE5

A Figura 17 apresenta o gráfico *boxplot* para cada uma das configurações executadas.

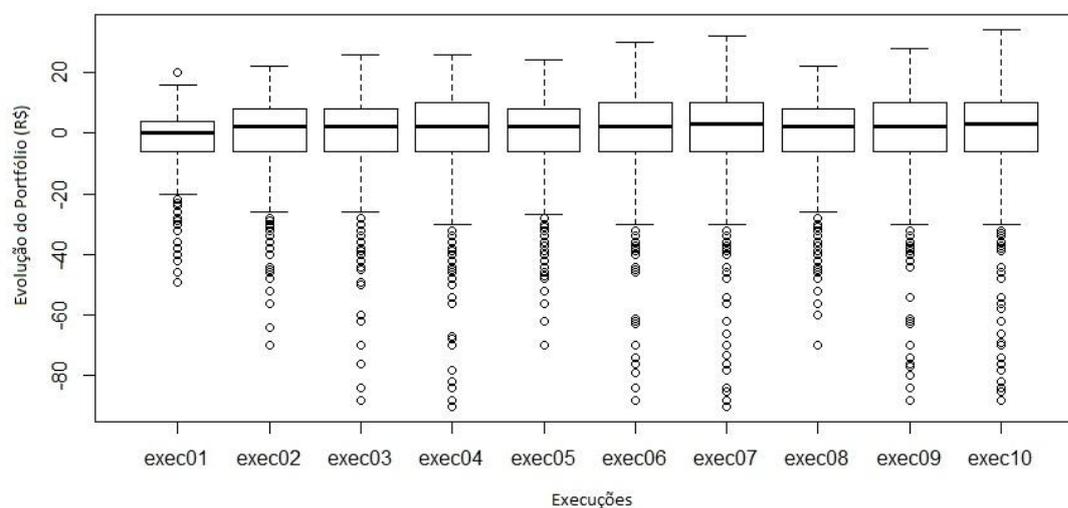


Figura 17. Gráfico *boxplot* do ativo VALE5

A Tabela 6 apresenta os valores da média, desvio padrão e coeficiente de variação da amostra dos valores de evolução do portfólio para o ativo VALE5. Para as amostras coletadas desse ativo, as melhores médias encontradas foram:

- Exec04: Fechamento com ordens limite, com variação de um centavo e três tentativas de envio da oferta.
- Exec10: Fechamento com ordens limite, com variação de três centavos e três tentativas de envio da oferta.
- Exec07: Fechamento com ordens limite, com variação de dois centavos e três tentativas de envio da oferta.

Analisando esses valores, foi observado que para o ativo VALE5 os modelos com três tentativas de envio de oferta conseguiram um resultado superior aos restantes em relação a média. Como observado para os ativos anteriores, o fechamento de posição com ordem a mercado apesar de obter a pior média conseguiu o menor desvio padrão dentre as amostras.

Tabela 6. Média Aritmética, Desvio Padrão e Coeficiente de Variação para as amostras de execução do ativo VALE5.

	Média Aritmética	Desvio Padrão	Coeficiente de Variação
Exec01	-1,65	9.51	-5.73
Exec02	-0.46	12.48	-26.92
Exec03	-0.1	14.1	-131.81
Exec04	0.01	14.61	1092.35
Exec05	-0.64	12.45	-19.42
Exec06	-0.18	14.96	-79.87
Exec07	-0.07	16.04	-224.84
Exec08	-0.65	12.26	-18.61
Exec09	-0.1	15.08	-143.91
Exec10	0.006	16.63	2486.36

5.3 Análise Geral

A partir dos resultados das execuções individuais de cada ativo é possível realizar uma análise geral do comportamento dos diferentes tipos de fechamento de posição estudados.

Em relação aos gráficos *boxplot* é verificado que quando se utiliza ordem limite para o fechamento de posição, a média obtida é levemente superior, porém a dispersão observada dos valores aumenta.

Para todos os cinco ativos, a execução de fechamento de posição com ordem a mercado obteve a pior média dentre as amostras. Isso pode ser explicado devido ao fato que as ordens enviadas por esse tipo de fechamento de posição são negociadas no preço da ponta do livro oposto. Sendo assim, quando uma operação precisa fechar posição, na maioria das vezes obtêm um retorno negativo.

Em contrapartida, o fechamento com ordem a mercado obteve o menor desvio padrão em todos os ativos. Isso pode indicar que esse tipo de fechamento de posição é mais indicado em termo de correr menos risco no processo de fechamento de posição.

De maneira geral, as configurações que obtiveram melhores médias foram as que executaram uma quantidade de tentativas de fechamento com ordem limite maiores. Por exemplo, para o ativo VALE5, as três configurações que obtiveram maior média foram as que executavam no máximo três tentativas de fechamento. Isso pode ser explicado pelo fato de que com três tentativas de envio de ordem limite, a operação pode ficar no máximo 15 minutos tentando fechar posição, o que ainda é um período curto de tempo, e a probabilidade que consiga negociar em alguma dessas tentativas é alta. Isso reduz a chance de precisar fechar posição com uma ordem a mercado.

Em relação à variação do preço, as operações que enviavam ordem limite com variação de um centavo no preço conseguiram melhores resultados em relação às operações que variavam dois e três centavos. Isso pode ser explicado pelo fato de que com uma variação menor no preço a probabilidade de a oferta ser negociada é maior, evitando assim o fechamento de posição com ordem a mercado.

6

Conclusões

Este capítulo apresenta as conclusões desta monografia. É organizado da seguinte forma: Na Seção 6.1 é apresentado o sumário da monografia e na Seção 6.2 são apresentados a conclusão e os possíveis trabalhos futuros.

6.1 Sumário da monografia

Esse trabalho tratou em seu conteúdo o estudo sobre fechamento de posição das operações de um formador de mercado. Esse processo é importante visto que no momento de fechar posição a operação pode sofrer perdas grandes impactando assim no retorno final. Para tal estudo foi utilizado um simulador do mercado de ações que utiliza dados reais da BM&FBovespa para realizar a simulação.

Foram desenvolvidas estratégias de fechamento de posições com ordem a mercado e variantes de fechamento de posição com ordem limite. A análise dos resultados foi feita com base na evolução do portfólio durante as execuções da simulação. Algumas conclusões foram tiradas em relação aos melhores modelos de fechamento de posição em relação à média de retorno e o risco.

6.2 Conclusão e Trabalhos Futuros

Os formadores de mercado são agentes que tem um papel de grande importância no mercado financeiro atual, principalmente para ativos que sofrem com baixa liquidez e conseqüentemente são pouco atrativos. As operações executadas por esses agentes se deparam com momentos em que precisam fechar posição de uma determinada operação e precisam definir qual a estratégia utilizada para isso.

Esse trabalho estudou diferentes tipos de fechamento de posição utilizando um simulador de alta frequência do mercado financeiro. Foram desenvolvidos formadores de mercado com fechamento de posição com ordem a mercado e ordem limite, variando essa segunda em número de tentativas e variação do preço. No total foram desenvolvidas 10 estratégias diferentes de fechamento de posição.

Os testes foram realizados com cinco ativos da BM&FBovespa e foi identificado que o fechamento de posição com ordens limites, com três tentativas de envio foram as que conseguiram uma maior média de retorno. Também foi verificado, que de maneira geral, quanto maior a variação de preço da ordem em relação ao preço da ponta do livro de oferta mais dificilmente a oferta é executada, obtendo assim uma baixa média de retorno. A melhor estratégia de fechamento de posição encontrada foi a com ordem limite, variando um centavo no preço da ponta do livro e três com tentativas de envio.

Outro resultado encontrado foi que a estratégia de fechamento de posição com ordem a mercado obteve o menor desvio padrão dentre as amostras obtidas, para todos os ativos testados. Isso indica que esse modelo é mais indicado para formadores de mercado que priorizam um baixo risco, considerando grandes perdas em curtos períodos de espaços de tempo.

Futuros trabalhos podem utilizar as análises desse trabalho para aprimorar a execução das operações dos formadores de mercado. Para isso, eles podem desenvolver estratégias inteligentes para formadores de mercado que analisam o que está acontecendo e utilizam alguma metodologia para determinar quais momentos são oportunos para se operar visando assim maximização do retorno, utilizando o modelo de fechamento de posição mais adequado descrito nesse trabalho.

Também é possível estudar o fechamento de posição para outros tipos de operações. Um tipo de operação que pode ser trabalhado é uma operação baseada no modelo de arbitragem estatística, na qual é realizado operações de forma simultânea em dois ativos. Para esse modelo, o fechamento de posição precisa ser realizado de forma conjunta nos dois ativos.

7 Referências Bibliográficas

Aldridge, I. *High-frequency trading: a practical guide to algorithmic strategies and trading systems*. John Wiley & Sons. 2013.

Antoniazzi, H. U. *Formador de mercado e seu impacto nos custos de transação no mercado de ações brasileiro*. 2013.

Avellaneda, M., & Lee, J. H. *Statistical Arbitrage in the US Equities Market*. 2008.

Bertram, W. K. *Analytic solutions for optimal statistical arbitrage trading*. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 389(11), 2234-2243. 2010.

Freency J., Charles C. *Automatic stock trading system*. U.S. Patent n. 6,594,643, 15 jul. 2003.

Goodhart, C. A., & O'Hara, M. *High frequency data in financial markets: Issues and applications*. *Journal of Empirical Finance*, 4(2), 73-114. 1997.

Jolliffe, I. *Principal component analysis*. John Wiley & Sons, Ltd. 2005.

Leinweber, D. *Algo. Institutional Investor*. *AlphaMagazine*, 2(2), 44-51. 2007.

Leung, J. M. J., & Chong, T. T. L. *An empirical comparison of moving average envelopes and Bollinger Bands*. *Applied Economics Letters*, 10(6), 339-341. 2003.

Li, B. et al. *Automated investment chart pattern search system for technical analysis*. U.S. Patent n. 6,907,404, 14 jun. 2005.

Mcapitais. *Mercado de Capitais Introdução*. São Paulo. 2010. Disponível em: <<http://www.bmfbovespa.com.br/pt-br/a-bmfbovespa/download/merccap.pdf>>. Acesso em: 03 Fevereiro 2014.

- Medeiros, P. D. T. C. *O que é o mercado de ações*. Simposium Consultoria e Serviços Técnicos. 1986.
- Nossa, S. N., Lopes, A. B., & Teixeira, A. *A Recompra de ações e a análise fundamentalista: um estudo empírico na Bovespa no período de 1994 a 2006* (Doctoral dissertation, Dissertação (mestrado em ciências contábeis)—Programa de Pós-Graduação em Ciências Contábeis, Fundação Instituto Capixaba de Pesquisas em Contabilidade, Economia e Finanças (Fucape), Vitória). 2007.
- O'Shaughnessy, J. P. *Automated strategies for investment management*. U.S. Patent n. 5,978,778, 2 nov. 2001.
- Penman, S. H. *Financial statement analysis and security valuation*. 2. ed. Boston: Irwin Mc Graw Hill, 2004.
- Perlin, M. *Os Efeitos da Introdução de Agentes de Liquidez no Mercado Acionário Brasileiro*. Revista Brasileira de Finanças, 11(2). 2013
- Piazza, M. C. *Bem Vindo à Bolsa de Valores*. 8. ed. rev. e ampl. São Paulo: Novo Conceito. 2009.
- Ratner, M., & Leal, R. P. *Tests of technical trading strategies in the emerging equity markets of Latin America and Asia*. Journal of Banking & Finance, 23(12), 1887-1905. 1999.
- Saffi, P. A. *Análise técnica: sorte ou realidade?*. Revista Brasileira de Economia, 57(4), 953-974. 2003.
- Sanvicente, A. Z. *Determinants of Transactions Costs in the Brazilian Stock Market*. Brazilian Review of Finance 10, no. 2: 179-196. 2012. 2012.
- Sanvitto, M. A. *Formador de mercado e seu impacto nos custos de transação no mercado de ações brasileiro*. 2011.

- Schriber, T. J. *The nature and role of simulation in the design of manufacturing systems*. Simulation in CIM and Artificial Intelligence Techniques, 5-18. 1987.
- Schumaker, R. P., & Chen, H. *A quantitative stock prediction system based on financial news*. Information Processing & Management, 45(5), 571-583. 2009.
- Souza, M. M. de. *Uma Metodologia de Predição Estatística de Projetos Baseada em Simulação*. Dissertação de Mestrado. Centro de Informática. UFPE, 2007.
- Williams, O. D. *Empirical optimization of Bollinger Bands for profitability* (Doctoral dissertation, Faculty of Business Administration-Simon Fraser University). 2006.
- Zhang, F. *High-frequency trading, stock volatility, and price discovery*. Available at SSRN 1691679. 2010. |