

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE ENGENHARIA ELÉTRICA E DE COMPUTAÇÃO

RAUL WONSJUK CALAÇA

Detecção Automática de Ondas de Elliott em Mercado Acionário

Goiânia
2008

RAUL WONSJUK CALAÇA

Detecção Automática de Ondas de Elliott em Mercado Acionário

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Escola de Engenharia Elétrica e de Computação da Universidade Federal de Goiás, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e de Computação.

Área de concentração: Engenharia de Computação.

Orientador: Prof. Weber Martins, PhD

Co-Orientador: Prof. Thyago Carvalho Marques, Dr.

Goiânia
2008

Dedico este trabalho a todos que me incentivaram na conclusão deste curso, em especial a meus pais, meu orientador e meus amigos.

Agradecimentos

Weber, meu orientador, obrigado pelo auxílio e suporte que tanto precisei. Meu Co-orientador, Thyago, obrigado pela sua contribuição e conhecimento. Mas principalmente agradeço a meus pais, sem eles este trabalho não seria possível.

O risco vem de não saber o que você está fazendo.

Warren Buffet,
Investidor Americano.

Resumo

Calaça, Raul Wonsjuk. **Detecção Automática de Ondas de Elliott em Mercado Acionário**. Goiânia, 2008. 96p. Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia Elétrica e de Computação, Universidade Federal de Goiás.

A análise das Ondas de Elliott é uma técnica desenvolvida para a previsão dos preços de ativos financeiros (ações, taxas de câmbios etc). O presente trabalho introduz conceitos básicos do mercado financeiro, focando principalmente nas Ondas de Elliott que diverge das outras técnicas por prever direção e intensidade da mudança do valor de ações/papéis no mercado financeiro. A detecção das Ondas de Elliott usa geralmente metodologia manual, visto que os sistemas automáticos possuem custos elevados e são aparentemente baseados em métodos de tentativa e erro associados à Estatística. O método manual avalia, seguindo algumas regras, as ondas prospectadas por tentativa e erro, exigindo treinamento especializado e experiência. Para detectar automaticamente as Ondas de Elliott no mercado financeiro, este trabalho propõe, desenvolve e testa um sistema computacional baseado em Algoritmos Genéticos, uma técnica de Inteligência Artificial baseada na seleção natural da Biologia. Algoritmos Genéticos são utilizados para evoluir respostas a problemas que permitem avaliar candidatos a soluções, codificados como cromossomos. Os testes do sistema foram realizados com base nos dados de ações pertencentes à Bolsa de Valores, Mercadorias e Futuros (BM&FBOVESPA) e possuidoras de alta liquidez diária. As simulações indicaram que as ondas detectadas pelo sistema foram satisfatórias, possuindo índice de erro abaixo de 3% por ponto de inflexão.

Palavras-chave

Algoritmos Genéticos; Inteligência Artificial; Ondas de Elliott; Mercado Acionário; Bolsa de Valores; BM&FBOVESPA; Análise Técnica de Ações; Detecção de Ondas.

Abstract

Calaça, Raul Wonsjuk. **Automatic Identification of Elliott Waves in Stocks Market**. Goiânia, 2008. 96p. MSc. Dissertation. Escola de Engenharia Elétrica e de Computação, Universidade Federal de Goiás.

The Elliott Wave analysis is a technique developed for the prediction of prices of financial assets (stocks, exchange rates etc.). This work introduces the basic concepts of the financial market, focusing mainly on the Elliott Wave principle, which differs from other techniques for providing direction and intensity of changes in shares / stocks prices in the financial market. The Elliott Wave detection usually employs manual methods, since automated systems present high costs and are apparently based on trial and error method associated with Statistics. Manual methods assess, following some rules, the waves prospected by trial and error, and requires specialized training and experience. To automatically detect the waves of Elliott, this work suggests, develops and tests a computational system based on Genetic Algorithms, an Artificial Intelligence technique inspired on Biology. Genetic Algorithms are used to evolve answers to problems by assessing candidates, which are coded as chromosomes. Tests of the system were performed based on BM&FBOVESPA stocks with high daily liquidity. Simulations have indicated that the detected waves are satisfactory, with error rate below 3% in each inflection point.

Keywords

Genetic Algorithm; Artificial Inteligence; Elliott Waves; Stock Market; BM&FBOVESPA; Stock Technical Analisys; Wave Detection.

Sumário

Lista de Figuras	9
Lista de Tabelas	11
Lista de Códigos de Programas	12
1 Introdução	13
1.1 Tema	13
1.2 Problema e Hipótese	13
1.3 Limitações	13
1.4 Motivação	14
1.5 Justificativa	14
1.6 Principal Contribuição	15
1.7 Visão Geral dos Capítulos	15
2 Fundamentação Teórica	16
2.1 Mercado Financeiro	16
2.1.1 Ação	16
2.1.2 Bolsa de Valores	17
2.1.3 Formas de Operação	20
2.1.4 Análise Fundamentalista	21
2.1.5 Análise Técnica	24
2.2 Ondas de Elliott	25
2.2.1 Introdução	25
2.2.2 História	27
2.2.3 Identificação	29
2.2.4 Previsão do Comportamento Acionário	33
2.3 Algoritmos Genéticos	34
2.3.1 Breve Histórico	34
2.3.2 Genes e Cromossomos	36
2.3.3 Vantagens	36
2.3.4 Algoritmo Básico	37
2.3.5 Indivíduo	38
2.3.6 Função Objetivo	39
2.3.7 Seleção	39
2.3.8 Variação	40
2.3.9 Elitismo	42

3	Sistema Proposto	44
3.1	Composição do Sistema	44
3.1.1	Carga de Dados	44
3.1.2	Geração da População	47
3.1.3	Avaliação das Ondas de Elliott Geradas	50
4	Experimentos	51
4.1	Processo Manual de Detecção	51
4.2	Processo Automático de Detecção	52
4.2.1	Utilização do Sistema	55
4.2.2	Dados Diários da Ação da Petrobras (Vista) - PETR4	56
4.2.3	Dados Diários da Ação da Companhia Vale - VALE5	61
4.3	Análise das Simulações	65
5	Conclusão	66
5.1	Considerações Gerais	66
5.2	Principais Contribuições	66
5.3	Trabalhos Futuros	66
	Referências Bibliográficas	68
A	Níveis Complementares das Ondas de Elliott	72
A.1	Teste com Dados em 120 Minutos da Petrobras (Vista) - PETR4	72
A.2	Teste com Dados em 120 Minutos da Companhia Vale - VALE5	74
A.3	Resultado	76
B	Código do sistema	77

Lista de Figuras

2.1	Exemplo de MACD.	25
2.2	Exemplo de Bandas de Bollinger.	26
2.3	Exemplo de Ondas de Elliott.	27
2.4	Espiral formada com a expansão numérica de Fibonacci.	29
2.5	Possíveis Pontos de Início da Análise de Elliot.	29
2.6	Primeira e segunda Ondas de Elliott.	31
2.7	Terceira Onda de Elliott.	32
2.8	Quarta Onda de Elliott.	33
2.9	Quinta Onda de Elliott.	34
2.10	Exemplo de um possível início de uma Onda 3.	35
2.11	Exemplo de cromossomo com dois genes.	37
2.12	Exemplo de cruzamento de um ponto.	40
2.13	Exemplo de cruzamento de múltiplos pontos.	40
2.14	Exemplo de cruzamento com máscara.	41
2.15	Cruzamento de números com máscara e troca de valores.	41
2.16	Cruzamento de números com máscara e média de valores.	42
3.1	Valores diários da Companhia Vale (VALE5).	47
3.2	Valores diários filtrados pelo sistema.	48
3.3	Erro detectado pelo sistema.	50
4.1	Tentativa manual de detecção das ondas 1 e 2.	52
4.2	Tentativa manual de detecção da Onda 3 e 4.	53
4.3	Nova Tentativa manual de detecção das ondas 1 e 2.	53
4.4	Nova Tentativa manual de detecção da Onda 3.	54
4.5	Tentativa manual de detecção da Onda 4.	54
4.6	Tentativa manual de detecção da Onda 5.	55
4.7	Valores diários da ação Petrobras (vista) - PETR4 com 2699 informações.	57
4.8	Picos filtrados da ação Petrobras (vista) - PETR4 com 1261 informações.	57
4.9	Melhores ondas detectadas com 5% de mutação e 300 gerações.	58
4.10	Melhores ondas detectadas com 15% de mutação e 300 gerações.	59
4.11	Melhores ondas detectadas com 5% de mutação e 300 gerações.	60
4.12	Melhores ondas detectadas com 15% de mutação e 300 gerações.	60
4.13	Valores diários da ação da Companhia Vale - VALE5 com 2978 informações.	61
4.14	Picos filtrados da ação da Companhia Vale - VALE5 com 1520 informações.	62
4.15	Melhores ondas detectadas pelo sistema com 15% de mutação e 300 gerações.	63
4.16	Melhores ondas detectadas pelo sistema com 5% de mutação e 300 gerações.	63
4.17	Melhor onda detectada pelo sistema com 15% de mutação e 300 gerações.	64

4.18	Melhor onda detectada pelo sistema com 5% de mutação e 300 gerações.	65
A.1	Dados em 120 Minutos da Petrobras (Vista) Não Filtrado.	73
A.2	Dados em 120 Minutos da Petrobras (Vista) Filtrado.	73
A.3	Melhor onda detectada com 5% de mutação e 100 evoluções.	74
A.4	Dados em 120 Minutos da Companhia Vale - VALE5 Não Filtrado.	75
A.5	Dados em 120 Minutos da Companhia Vale - VALE5 Filtrado.	75
A.6	Melhor onda detectada com 5% de mutação e 100 evoluções.	76

Lista de Tabelas

2.1	Exemplo de Análise Horizontal.	22
2.2	Exemplo de Análise Vertical.	22

Lista de Códigos de Programas

2.1	Pseudocódigo Básico de Algoritmos Genéticos.	38
3.1	Pseudocódigo para Detecção dos Pontos de Inflexão.	46
3.2	Pseudocódigo Básico para Geração de População.	49
3.3	Pseudocódigo Básico de Mutação.	49

Introdução

1.1 Tema

No mercado acionário, o desenvolvimento de análises é importante para diversas áreas. Ferramentas facilitadoras exercem função central na utilização cotidiana dessas análises.

O tema deste trabalho é a análise do mercado acionário com técnicas de Inteligência Artificial. Mais especificamente, busca-se a detecção automática de Ondas de Elliott com auxílio de Algoritmos Genéticos.

1.2 Problema e Hipótese

O problema abordado neste trabalho pode ser descrito da seguinte forma:

- Como detectar automaticamente Ondas de Elliott em séries financeiras?

A hipótese básica é:

- Sistemas baseados em Algoritmos Genéticos detectam automaticamente Ondas de Elliott em séries financeiras.

1.3 Limitações

As simulações efetuadas nesta dissertação abordarão apenas as ações pertencentes à Bolsa de Valores, Mercadorias e Futuros (BM&FBOVESPA), possuidoras de volume de operações acima de 300 milhões de reais por dia. Porém, a técnica aqui descrita foi proposta para funcionar nas demais bolsas de valores existentes no mercado e outros tipos de mercado de negociação, tais como as Bolsa de Mercadorias, as Bolsas de Câmbio (forex), os mercados de derivativos. Essa limitação foi inserida pela necessidade de alta liquidez para aplicar as técnicas de Ondas de Elliott, explicadas no Capítulo 2, e pelo acesso a dados de movimentação financeira.

1.4 Motivação

As análises de séries financeiras podem ser executadas com o uso de diversas técnicas. A única técnica que permite prever a direção e a intensidade da variação do valor do ativo é a análise por Ondas de Elliott. As demais técnicas existentes indicam apenas se um evento ocorrerá, sem indicar intensidade e direção.

A técnica das Ondas de Elliott é utilizado mundialmente por vários operadores e investidores do mercado financeiro.

O método manual para detectar estas ondas requer dedicação, tempo, experiência e conhecimento especializado, tendo em vista que os métodos de detecção dos sistemas automáticos existentes não são de domínio público.

A utilização de uma nova abordagem, baseada em Algoritmos Genéticos, para a detecção de Ondas de Elliott em séries financeiras, vislumbra a construção de sistemas analíticos mais eficientes e motivou o desenvolvimento deste trabalho.

1.5 Justificativa

O mercado financeiro está em constante alterações, onde empresas abrem seu capital constantemente e eventos não diversificáveis alteram os valores das ações e geram insegurança ao investidor. A necessidade de possuir meios para mitigar as incertezas existentes é realizando análises. Dentre as análises existentes atualmente, uma com grande enfoque é a análise das Ondas de Elliott porque vai além de indicar a tendência de mudança, “prevendo” o comportamento das ações.

Notoriamente, verifica-se a falta de um algoritmo computacional “ótimo” para realizar a detecção automática das Ondas de Elliott. Os sistemas existentes atualmente (tal como o software Refined Elliott Trader¹ e o software AlphOmega Elliott Wave² para o Metastock) não possuem método definido de busca das ondas, mas aparentemente são baseados em regras bem definidas, onde o ponto de início é selecionado e testa, a partir desse ponto, a formação de uma Onda de Elliott. Nos sistemas atuais, a otimização provavelmente é realizada na seleção do ponto de início dos testes.

A escolha deste tema visa a identificação das Ondas de Elliott de maneira mais precisa e eficiente, podendo assim auxiliar na diminuição das incertezas e inseguranças do investidor em relação a sua tomada de decisão.

¹<http://www.elliottician.com>

²<http://www.alphomegaew.com>

1.6 Principal Contribuição

A principal contribuição desta dissertação é o uso de Algoritmos Genéticos para detecção de Ondas de Elliott no mercado acionário, permitindo detecções satisfatórias dessas ondas.

A detecção satisfatória das Ondas de Elliott auxilia o investidor, diminuindo a incerteza de avaliação dos movimentos do mercado acionário.

1.7 Visão Geral dos Capítulos

Além dos capítulos de introdução e conclusão, a presente dissertação está dividida em três partes principais: fundamentação teórica; sistema proposto e os resultados.

No capítulo sobre fundamentação teórica, apresentam-se teorias de base sobre Algoritmos Genéticos e mercado financeiro, com enfoque em mercado acionário e nas Ondas de Elliott.

O sistema proposto (Capítulo 3) mostra os passos necessários para a detecção automática de Ondas de Elliott em séries financeiras utilizando técnicas de Algoritmos Genéticos.

A parte de experimentos (Capítulo 4) descreve a avaliação empírica do sistema proposto a partir de ações da Bolsa de Valores, Mercadorias e Futuros (BM&FBOVESPA).

A conclusão do trabalho salienta os resultados obtidos, o fortalecimento da hipótese original e o aumento da qualidade das Ondas de Elliott detectadas.

Fundamentação Teórica

2.1 Mercado Financeiro

O Banco Central Americano define o mercado financeiro como “mercado voltado para a transferência de recursos entre os agentes econômicos. No mercado financeiro, são efetuadas transações com títulos de prazos médio, longo e indeterminado, geralmente dirigidas ao financiamento dos capitais de giro e fixo” [EDUCACIONAL 2008], ou seja, o mercado financeiro cria o meio no qual empresas possam capitalizar para realizar investimentos e garante aos acionistas títulos resgatáveis de valor variável.

O mercado financeiro é um dos pilares do sistema econômico atual, pois permite a negociação quase imediata de bens e direitos.

2.1.1 Ação

A ação no mercado financeiro (também chamada de “papel” ou “títulos”) representa a menor fração do capital social da empresa, ou seja, é o resultado da divisão do capital social da empresa em partes iguais. O capital social é constituído pelo patrimônio da empresa, que inclui a estrutura física da empresa, os equipamentos, os funcionários, e quaisquer outros bens que produzam valor.

Tipos de Ações

Existem dois tipos de ação:

- Ordinárias Nominativas (ON) - Ação que confere a seu titular o direito de voto em assembléia mas não dá direito para o recebimento preferencial dos dividendos.
- Preferenciais Nominativas (PN) - Ação que oferece a seu detentor prioridades no recebimento de dividendos e, no caso de dissolução da empresa, prioridade no reembolso de capital. Usualmente, não concede direito a voto em assembléia.

A ação nominativa é endossável, ou seja, pode ser transferida mediante simples endosso no verso. De acordo com o tipo de registro pode ser classificada como:

- Nominativas - Cautela ou certificado que apresenta o nome do acionista, cuja transferência é feita com a entrega da cautela e a averbação do termo, em livro próprio da sociedade emitente e identificada pelo acionista.
- Escriturais - Essas ações não são representadas por cautela ou certificados, não havendo a movimentação física de documentos. Usualmente suas transferências de titularidade são realizadas eletronicamente. As ações negociadas no Brasil, na BM&FBOVESPA, são deste tipo.
- Ao portador - São ações sem identificação de propriedade, ou seja, quem as apresentar será o portador. Desde 1990, o Brasil não emite mais essas ações, como forma de coibir o uso desses papéis na lavagem de dinheiro.

Também existe uma classificação informal da ação utilizando a sua liquidez. De acordo com o tipo de liquidez a ação pode ser classificada em:

- Primeira linha ou blue chips - Ações de grande volume negociado que apresentam facilidade de negociação;
- Segunda linha - ações menos negociadas.
- Terceira linha ou micos - ações com poucos negócios e de alto risco.

2.1.2 Bolsa de Valores

Tradicionalmente, a bolsa de valores é uma associação civil sem fins lucrativos que mantém o local ou o sistema de negociação adequados à realização de transações de compra e venda de títulos e valores mobiliários [BM&FBOVESPA 2008]. Na bolsa de valores negociam-se ações ou direitos (derivativos). Atualmente, tanto a Bovespa quanto a BMF abriram o seu capital e se tornaram empresas que visam o lucro.

As bolsas devem informar aos investidores através de revistas, boletins e meios eletrônicos sobre seus negócios diários, comunicados relevantes de empresas abertas, dados de mercado que contribuam para a transparência das operações. No Brasil, a atividade das Bolsas é fiscalizada pela Comissão de Valores Mobiliários (CVM) [BM&FBOVESPA 2008].

Eficiência de Mercado Acionário

O preço da ação representa o equilíbrio entre as forças de oferta e a demanda no mercado acionário. O preço das ações é um indicador da expectativa dos investidores com relação à lucratividade.

A hipótese de eficiência de mercado acionário, pressupõe que as mudanças nos preços devam ser originadas por processos realizados pelos investidores, conduzidos ao uso eficiente do conjunto de informações na previsão do comportamento futuro de tais preços. Essa hipótese pressupõe a não existência de nenhum padrão sistemático de comportamento para a definição dos preços da ação.

Se o investidor soubesse identificar e aproveitar a regularidade do comportamento futuro do preço de uma ação abriria o caminho para um lucro muito acima do esperado, porém, no mercado eficiente, a tentativa de utilizar um padrão sistemático faria com que ele fosse eliminado.

A hipótese de eficiência apresenta duas implicações: os investidores utilizam medidas racionais para mitigar o risco do investimento e o processo de revisão das taxas de retorno esperada é realizado constantemente.

BM&FBOVESPA

Bolsa de Valores, Mercadorias e Futuros (BM&FBOVESPA) é a maior bolsa de valores da América Latina. Ela concentra cerca de 70% dos volumes de negócios realizados nessa região. Na BM&FBOVESPA são negociadas as ações das empresas mais importantes do Brasil, tais como Petrobrás, Companhia Vale, Votorantim, Usiminas, Baskem e diversas outras [BM&FBOVESPA 2008].

História

Em 1880, um grupo de agentes liderado por Emílio Rangel Pestana inaugura a Bolsa Livre, que tornou-se a semente da Bolsa de Valores de São Paulo. A Bolsa Livre foi fechada já em 1891 devido a política do Encilhamento. Em 1895, foi fundada a Bolsa de Fundos Públicos de São Paulo, dando continuidade à evolução do mercado de capitais brasileiro.

Nesse período, as negociações de títulos públicos e ações eram registradas em enormes quadros negros de pedra para acompanhamento por todos os presentes e, por essa particularidade, esse período ficou conhecido por “Idade da Pedra”.

Em 1934, a bolsa se instala no Palácio do Café e, no ano seguinte, ganha o nome de Bolsa Oficial de Valores de São Paulo.

As negociações nesse novo período eram feitas em um grande balcão central. Os negócios eram realizados com ordem pré determinada (alfabética), onde era anunciado o

nome da empresa e, a partir desse momento, ocorriam negociações entre os papéis desta empresa com um tempo determinado para serem efetuadas.

Na década de 1960, a bolsa assume a característica institucional, não sendo mais subordinada ao Secretário da Fazenda do Estado, possuindo assim autonomia administrativa, financeira e patrimonial. Em 1967, passa a se chamar Bolsa de Valores de São Paulo.

Ainda em 1967, o cargo de Corretor Oficial deixa de existir e são formadas as Sociedades Corretoras. Estas foram formadas por ex-Corretores Oficiais e por Corretores autorizados pelo Banco Central. É, nesse momento, que surge a figura do operador de pregão, pessoas responsáveis pelos negócios sob as ordens das Sociedades Corretoras, por meio de gritos e gestuais que viraram a marca da Bolsa de Valores.

Na década de 1970, houve a evolução dos boletos utilizados para realizar as negociações. Os boletos foram substituídos por cartões perfurados e os negócios passaram a ser registrados de forma eletrônica.

A BOVESPA foi a primeira bolsa brasileira a implementar o pregão automatizado em 1972. Esse sistema automatizado disseminava as informações em tempo real através de ampla rede de terminais de computador.

Em 1990, são iniciadas as negociações através do Sistema de Negociação Eletrônica - CATS: (Computer Assisted Trading System), que operava simultaneamente com o sistema tradicional de Pregão Viva Voz.

Em 1997, foi implantado o novo Sistema de Negociação Eletrônica em substituição ao CATS, o Mega Bolsa. Além de utilizar plataforma tecnológica altamente avançada, o Mega Bolsa ampliou o volume de processamento de informações [BM&FBOVESPA 2008].

o final da década de 1990, foram lançados o Home Broker e o After-Market. O Home Broker permite que o investidor transmita sua ordem de compra ou de venda ao sistema de negociação da bolsa de forma direta, através das corretoras. O After-Market oferece um meio noturno, porém limitado, de negociação eletrônica. Ambos os meios facilitam a participação do pequeno e médio investidor no mercado.

Em 2006, a BOVESPA implantou nova infra-estrutura computacional para suporte de suas operações. Esta estrutura foi desenvolvida em parceria com a HP, a Intel e a Microsoft, alcançando dentre os diversos benefícios, a redução de custos de manutenção e maior flexibilidade de adaptação ao aumento de volume de transações no mercado de capitais. Essa base tecnológica é comparável com a dos mercados mais desenvolvidos do mundo e o Brasil, por sua vez, é hoje um centro de excelência em infra-estrutura do mercado financeiro e de capitais [BM&FBOVESPA 2008].

Em 28 de agosto de 2007, a BOVESPA deixou de ser uma instituição sem fins lucrativos e se tornou uma sociedade por ações (S/A). Nessa re-estruturação societária

foi criada uma nova empresa, a BOVESPA Holding, tendo como subsidiárias integrais a Bolsa de Valores de São Paulo (BVSP) - responsável pelas operações dos mercados de bolsa e de balcão organizado - e a Companhia Brasileira de Liquidação e Custódia (CBLC) prestadora de serviços de liquidação, compensação e custódia. Em 2008, a BOVESPA e a BM&F ocorreu a integração da Bovespa Holding S.A. e da BM&F S.A. e a criação da Bolsa de Valores, Mercadorias e Futuros - BM&F BOVESPA S.A., a terceira maior bolsa do mundo em valor de mercado [BM&FBOVESPA 2008].

Atualmente, a BM&FBOVESPA é o único centro de negociação de ações do Brasil e o maior da América Latina. As negociações realizadas na BM&FBOVESPA são feitas exclusivamente por meio de seu sistema eletrônico, proporcionando maior agilidade e segurança nas transações [BM&FBOVESPA 2008].

2.1.3 Formas de Operação

Antes de operar em qualquer Bolsa de Valores é necessário efetuar o cadastro junto à corretora credenciada. Ao realizar esse cadastro, a corretora irá cadastrá-lo também na bolsa que irá operar.

Após a abertura desse cadastro, é necessário possuir crédito para realizar as operações de compra e venda de ações e derivativos, necessitando depositar algum dinheiro ou ceder garantia junto à corretora para assim poder efetuar suas ordens de compra ou de venda.

Ordem de Compra

Ordem eletrônica emitida para adquirir um papel (ação ou derivativos). Ao emitir essa ordem deve-se informar qual papel quer adquirir, a quantidade, o valor que deseja pagar por unidade adquirida e a validade da ordem.

A ordem será totalmente executada somente quando o valor pago por ação e a quantidade a ser comprada for ofertada no leilão. O simples fato de emitir a ordem de compra não garante a compra no valor ou quantidade solicitada.

A ordem poderá ser parcialmente executada se o valor ofertado for atingido, porém a quantidade ofertada não supriu a demanda descrita na ordem de compra; portanto o valor pago por ação é o desejado, mas a quantidade comprada é inferior a quantidade solicitada.

Ordem de Venda

Ordem dada para vender o papel. Ao emitir a ordem, deve-se informar o código do papel a ser vendido, sua quantidade, o preço por unidade e a validade da ordem.

Esta ordem será totalmente executada se existir uma ou mais ordens de compra compatíveis com os valores apresentados, ou seja, valores iguais ou maiores ao emitido e quantidades suficientes. Esta ordem também pode ser executada parcialmente.

Ordem de Valor Anormal

Durante a emissão da ordem de compra o comprador pode informar o preço de compra acima do preço teórico de mercado e quando isso ocorre o sistema da BM&FBOVESPA cria um leilão interno. As ações emitidas dessa forma não podem ser canceladas e nem terem sua quantidade diminuída. Durante o leilão, as ofertas de venda no valor teórico serão executadas até o limite da quantidade requerida e ofertada. Se a quantidade solicitada não for atingida, ocorre a execução da próxima ordem de venda. Esse passo é realizado sucessivamente até chegar ao preço emitido na ordem de compra.

O mesmo ocorre na ordem de venda quando o vendedor emite a ordem de venda com preço inferior ao preço atual de mercado. Esse sistema existe para proteger o investidor de possíveis erros, facilitar a compra ou venda de grandes quantidades de um determinado papel e proteger a bolsa de possíveis manipulações.

Momento de Compra e Venda

Para determinar o momento de compra ou venda de determinada ação ou direito, devem ser realizadas diversas análises. Essas análises podem indicar a ocorrência de possíveis modificações, a tendência de movimentos do valor da ação, sua intensidade, o preço justo da ação e diversas outras informações.

Essas análises são divididas em Análise Fundamentalista e Análise Técnica, detalhadas a seguir.

2.1.4 Análise Fundamentalista

A Análise Fundamentalista é a análise da situação financeira, econômica e mercadológica da empresa e suas expectativas e projeções para o futuro [Neto 2002] e [Chaves 2004].

A Análise Fundamentalista interpreta dados fundamentais da empresa obtidos do balanço (análise contábil) e informações sobre a situação do mercado, o patrimônio da empresa, entre outros, para realizar a decisão da operação financeira.

Abaixo, estão alguns exemplos de análises que são fundamentalistas.

Análise Horizontal

A Análise Horizontal verifica a evolução individual dos elementos patrimoniais e as demonstrações financeiras durante um período determinado, possibilitando a comparação entre valores da evolução da demonstração financeira em diferentes exercícios fiscais/sociais [Neto 2002].

Um exemplo de análise horizontal pode ser visto na Tabela 2.1.

Ativo (R\$ mil)	2007	2008	Aumento
Circulante	200	400	100%
Realizável a longo prazo	100	100	0%
Permanente	500	500	0%
Total	800	1000	25%

Tabela 2.1: Exemplo de Análise Horizontal.

Análise Vertical

A Análise Vertical ou Análise da Estrutura, envolve a relação entre o elemento e o grupo de que ele faz parte, ou seja, relaciona a parte com um todo [Neto 2002].

A Análise Vertical envolve os elementos do mesmo exercício, ao contrário da Análise Horizontal, estabelecendo assim as bases para análises prospectivas.

Exemplo de Análise Vertical é exibido na Tabela 2.2.

Ativo (R\$ mil)	Valor	Análise
Circulante	400	40%
Realizável a longo prazo	100	10%
Permanente	500	50%
Total	1000	100%

Tabela 2.2: Exemplo de Análise Vertical.

Análise através de Índices

A avaliação da empresa feita através dos Índices, exige a comparação com padrões e a fixação da importância de cada índice. A característica fundamental dos índices é fornecer ampla visão da situação econômica ou financeira da empresa [Jr e Neves 2000].

Em Análise de Balanços, os termos "Econômico e Financeiro" precisam ser muito bem definidos para não se chegar às conclusões erradas.

Econômico: Refere-se ao lucro, no sentido dinâmico de movimentação. Estatisticamente, refere-se ao patrimônio líquido.

Financeiro: Refere-se a dinheiro. Dinamicamente, representa a variação de caixa. Estatisticamente, representa o saldo de caixa. O termo financeiro tem significado

amplo e restrito. Quando visto de forma restrita, refere-se ao caixa; e no significado amplo, refere-se ao capital circulante líquido.

Índice de Liquidez

Os índices de liquidez servem para medir a capacidade da empresa atender a seus compromissos de curto prazo através da realização de seus ativos circulantes.

Índice de Liquidez Corrente

$$LC = \frac{\textit{AtivoCirculante}}{\textit{PassivoCirculante}} \quad (2-1)$$

Indica quanto a empresa possui no Ativo Circulante para cada R\$1,00 de Passivo Circulante, ou seja, significa dizer quanto a empresa tem de bens e direitos realizáveis no curto prazo para cada R\$1,00 de dívidas no curto.

Índice de Liquidez Sêca

$$LS = \frac{\textit{AtivoCirculante} - \textit{Estoques}}{\textit{PassivoCirculante}} \quad (2-2)$$

Indica quanto a empresa possui de Ativo Circulante descontados a conta de estoques para cada R\$ 1,00 de Passivo Circulante, ou seja, significa dizer quanto a empresa tem de bens e direitos realizáveis no curto prazo excluindo-se os estoques para cada R\$1,00 de dívidas no curto.

Índice de Liquidez Geral

$$LG = \frac{\textit{AtivoCirculante} + \textit{RealizavelLongoPrazo}}{\textit{PassivoCirculante} + \textit{ExigivelLongoPrazo}} \quad (2-3)$$

Indica quanto a empresa possui no Ativo Circulante e Realizável a Longo Prazo para cada R\$ 1,00 de dívida total.

Índice de Liquidez Imediata

LI=Disponibilidades Passivo Circulante

$$LC = \frac{\textit{Disponibilidades}}{\textit{PassivoCirculante}} \quad (2-4)$$

Indica quanto a empresa tem de disponível (caixa, bancos e em aplicações de liquidez imediata) para saldar cada R\$ 1,00 de dívidas no curto prazo.

Capital de Giro

A administração do Capital de Giro constitui um processo de planejamento e controle dos recursos financeiros aplicados no ativo circulante das empresas. Tais recursos provêm de diversas obrigações a vencer a curto prazo, representadas no passivo circulante,

e o excedente das exigibilidades de longo prazo e do Patrimônio Líquido em relação aos ativos não circulantes.

Rentabilidade do Patrimônio Líquido

A Rentabilidade do Patrimônio Líquido ou Análise P/L mede a relação entre o preço atual das ações e o lucro por ação acumulado nos últimos quatro trimestres.

De forma simplificada, o P/L indica o quanto o investidor está disposto a pagar por real de lucros. Ou seja, um P/L com valor igual a 10 indica que o preço atual da ação representa 10 vezes o lucro gerado pela empresa nos últimos quatro trimestres. Vale lembrar que alguns analistas trabalham com o conceito de P/L esperado, que considera a previsão de lucro dos próximos quatro trimestres.

$$PL = \frac{PreoPorAo}{LucroPorAo} \quad (2-5)$$

2.1.5 Análise Técnica

A Análise Técnica é o estudo da dinâmica do mercado através dos sinais que o próprio mercado emite (preços, volume de negócios e o total dos contratos em aberto) [Weissman 1996].

Usualmente, a Análise Técnica é realizada com o estudo dos gráficos dos sinais emitidos pelo mercado. Abaixo, estão relacionadas algumas das técnicas existentes: Convergência/Divergência em Médias Móveis (MACD), Bandas de Bollinger e Ondas de Elliott, sendo a última a técnica utilizada neste trabalho.

Convergência/Divergência em Médias Móveis (MACD)

O MACD (Moving Average Convergence/Divergence) é um indicador desenvolvido por Gerald Appel para analisar a convergência e divergência das médias móveis. Ele é composto de duas linhas indicadoras, a primeira chamada de linha do MACD e, a segunda, de linha de sinalização. Essas linhas oscilam em torno do número zero e quando o MACD é maior que zero, significa que as expectativas mais recentes são favoráveis para alta, enquanto menor que zero, as expectativas estão evidenciando uma situação de baixa [Elder 1993] [Weissman 1996].

A linha de sinalização indica os pontos de entrada e saída do mercado. Quando o MACD está acima da linha de sinalização é sinal que o valor da ação está ascendente e quando o MACD está abaixo da linha de sinalização, a ação está em queda.

Na Figura 2.1 está exposto um gráfico dos valores da ação da Petrobras (PETR4) extraído em 09 de outubro de 2007 e com o MACD especificado na parte inferior do gráfico. Pode-se observar que o MACD exibe o dado da situação atual para auxiliar na

tomada de decisão do investidor, porém, apenas exibe a tendência do evento. Quando a linha de sinalização e do MACD se encontram não existe obrigatoriedade de haver cruzamento, portanto, apenas indica que é um possível ponto de mudança de tendência.

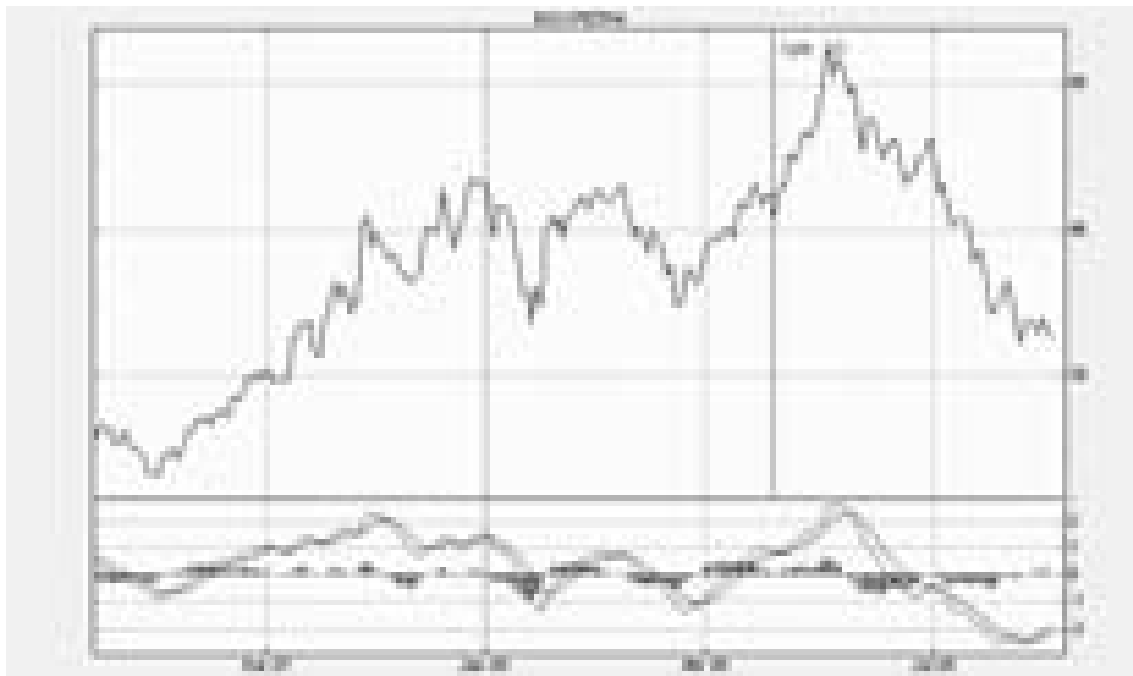


Figura 2.1: *Exemplo de MACD.*

Bandas de Bollinger

As Bandas de Bollinger é uma ferramenta relacionada intensamente com a volatilidade. As Bandas de Bollinger são representadas por três curvas, sendo que as curvas das extremidades são traçadas a partir da distância da média móvel. Esta distância está vinculada ao desvio padrão [Weissman 1996]. A Figura 2.2 exemplifica as Bandas de Bollinger.

Observa-se que o movimento da ação tende a oscilar entre as curvas das extremidades. Usualmente, quando o valor da ação ultrapassa alguma das curvas da extremidade, o valor tende a retornar entre as extremidades, porém, sem indicar até qual valor.

2.2 Ondas de Elliott

2.2.1 Introdução

A técnica das Ondas de Elliott é uma forma avançada de analisar ações. Diferentemente das outras análises técnicas existentes, as Ondas de Elliott permitem a previsão

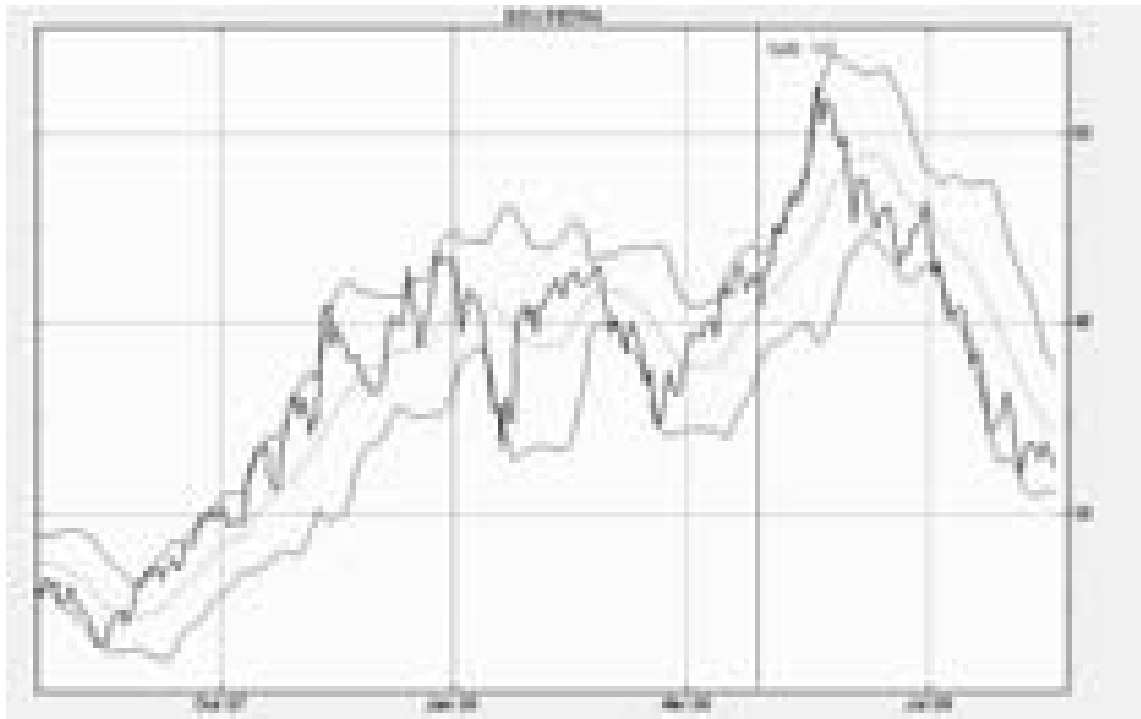


Figura 2.2: Exemplo de Bandas de Bollinger.

do comportamento das ações analisadas e não apenas a sua tendência. Ao utilizar essa técnica, as ações a serem analisadas devem possuir um alto índice de liquidez, que no mercado acionário é descrito pelo volume de negociação. O alto índice de liquidez representa melhor o comportamento em grupo dos investidores, evitando influências individuais.

Nesta análise, existem cinco ondas de comportamento e três ondas de correção, sendo as ondas de comportamento numeradas em ondas 1, 2, 3, 4, 5 e as ondas corretivas nomeadas em a, b e c. As ondas de comportamento são divididas em ondas de impulsão (ondas 1, 3 e 5) e ondas corretivas (ondas 2 e 4). Para facilitar a detecção, alguns autores sugerem a inserção do símbolo “x” para identificar o ponto de parada das ondas de correção (ondas a, b, c) [Deoke 2000].

As Ondas de Elliott são formadas em diversos níveis, ou seja, podem ser traçadas em gráficos de diversas amplitudes, tais como a cada minuto, hora, 120 minutos, dia, semana, etc. Sendo que uma onda traçada, em um nível mais interno, auxilia na formação da onda de nível mais externo (fractais) [Collins 1998]. As Ondas de Elliott em diversos níveis complementares são apresentadas na Figura 2.3.

O formato de identificação diferenciado das ondas apresentadas na Figura 2.3, uns algarismos em romano, outros em algarismos arábicos, uns em minúsculos e outros em maiúsculos, é utilizado para referenciar diferentes níveis das ondas.

As ondas corretivas tendem ao movimento lateral, ou seja, não indicam tendência de alta ou de baixa, não se aconsegue a sua utilização como indicador de momento de bom investimento.

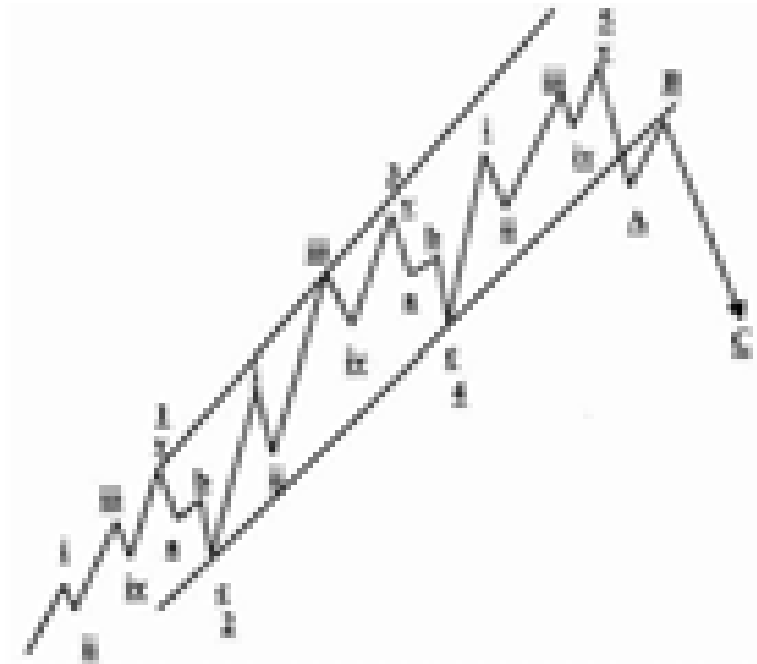


Figura 2.3: Exemplo de Ondas de Elliott.

2.2.2 História

Ralph Nelson Elliott (1871-1948) era um contabilista de profissão. Aposentou-se em 1927 após ter contraído uma doença séria. Nos anos que lhe restavam ficou em repouso na Califórnia.

Durante seu longo período de convalescência, desenvolveu sua teoria do comportamento de mercado. Aparentemente, foi muito influenciado pela teoria do Dow, que tem muito em comum com seu princípio da onda.

Elliott e Dow consultaram os ciclos da maré do mar e compararam o ritmo das ondas à flutuação de preço no mercado.

Dois anos antes que sua morte, em 1946, Elliott escreveu seu trabalho definitivo sobre sua pesquisa e o intitulou da “Segredo da lei da natureza do universo”. Elliott estava convencido de que sua teoria era parte de uma lei muito maior que governa toda a atividade do ser humano.

Há três aspectos básicos da teoria - o padrão, a relação e o tempo (nessa ordem da importância). Elliott reivindica que o mercado segue um ritmo repetitivo de cinco-ondas de avanço seguido pelo de três-ondas de declínio. As ondas um, três e cinco vão com a tendência principal e são chamadas ondas de impulso. As ondas dois e quatro são ondas corretivas. Após a onda cinco o avanço está terminado. Três ondas de correção começam subdivididas em uma estrutura do ABC. Após este ciclo, um novo pode começar.

Da “Lei da natureza” Elliott indicou que a base matemática para o princípio da onda estava baseada em na seqüência dos números descoberta (ou redescoberta mais

exatamente) pelo matemático Leonardo Pisanoque viveu no décimo terceiro século.

Fibonacci

Os números de Fibonacci ou números áureos, como também são conhecidos, é uma sequência numérica descoberta por Leonardo Pisano, mais conhecido como Fibonacci (filho de Bonacci), na qual tenta representar matematicamente o comportamento natural [Fisher 1993].

Os números de Fibonacci podem ser aplicados em casos de comparação naturais, tais como:

- Relações de padrões de beleza;
- Frequências de notas musicais;
- Disposição de imagens em diversas obras de arte;
- Relação de tamanho de parte de corpos naturais (incluindo corpo humano e de outros animais);
- Evolução populacional natural.

Em conceito mais amplo, pode-se dizer que as proporções de Fibonacci são harmônicas em relação à natureza e aos sentidos humanos (beleza, agrado, etc.). Para formar manualmente a sequência de Fibonacci, inicia-se a sequência com dois números um (1 e 1) e para descobrir o próximo número, basta somar os dois números anteriores. Uma pequena sequência de exemplo segue juntamente com a demonstração da formação do número: 1, 1, 2 (1 + 1), 3 (2 + 1), 5 (3 + 2), 8 (5 + 3), 13 (8 + 5), 21 (13 + 8), 34 (21 + 13), 55 (34 + 21), 89 (55 + 34), 144 (89 + 55), 233 (144 + 89)...

Pode-se observar que na sequência de Fibonacci a razão entre um número e seu sucessor tende a ser constante, isso pode ser observado a partir do 11º e 12º números da sequência. Esse número tende ao valor 0,618033988749895, que é chamado universalmente como número Phi.

Observando essa estabilização, deduz-se a porcentagem de 61,8% e seu complemento, 38,2% como ferramentas de auxílio para análise gráfica de Fibonacci. Também pode-se utilizar os percentuais de 50% e com menor frequência os extremos: 23,6% (proporção derivada) e 78,6% (raiz quadrada de 0,618).

Na Figura 2.4 está representada uma espiral formada seguindo as regras de expansão numérica de Fibonacci.

Como as Ondas de Elliott são formadas por conjuntos de regras ligadas aos números de Fibonacci, isto demonstra que o preço do ativo também é composto pelo emocional da massa de investidores. O alto índice de liquidez de uma ação tende a simular

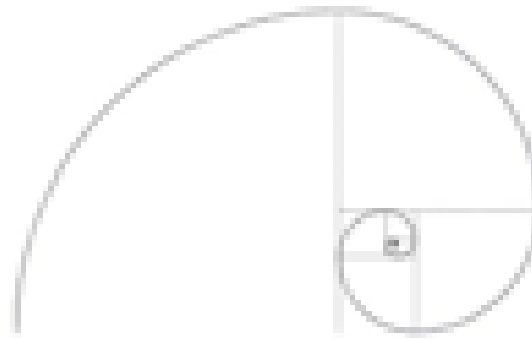


Figura 2.4: Espiral formada com a expansão numérica de Fibonacci.

o comportamento em massa dos investidores, sendo assim pré-requisito para utilizar a análise das Ondas de Elliott [Deoke 2000].

2.2.3 Identificação

Para identificar as Ondas de Elliot, primeiramente, é necessário definir o ponto de início no gráfico para tentar traçar as ondas.

Na Figura 2.5 está representado um gráfico diário de ação da Petrobras (PETR4), onde visualmente foi marcado em alguns dos pontos possíveis para começo da análise de Elliott.

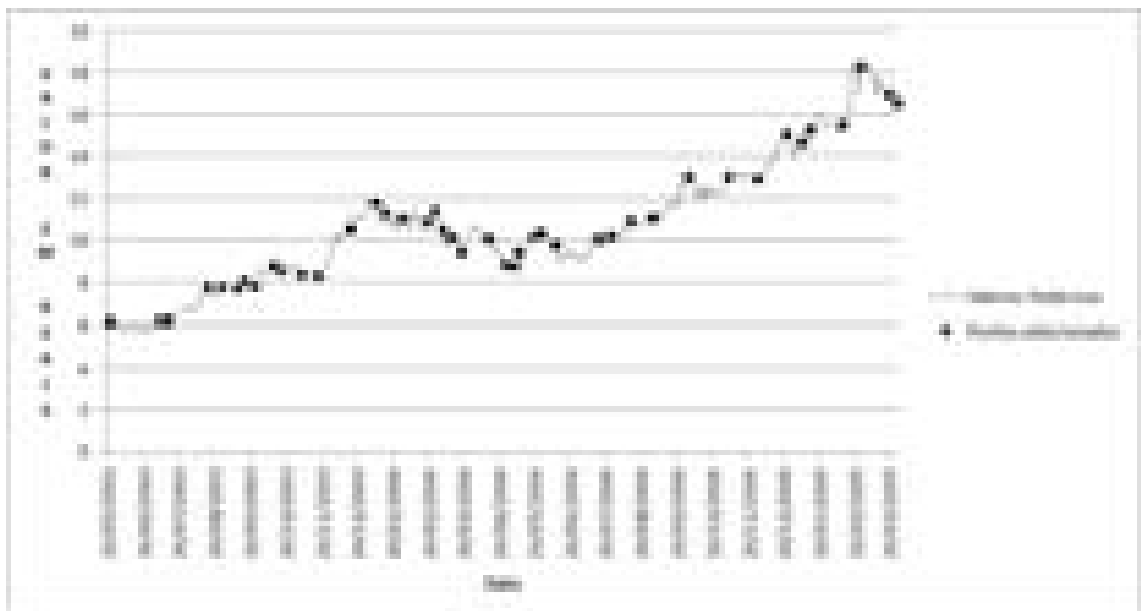


Figura 2.5: Possíveis Pontos de Início da Análise de Elliot.

Os pontos marcados na Figura 2.5 são pontos de inflexões, ou seja, quando ocorre mudança do sentido no qual caminha o preço da ação. As Ondas de Elliott só iniciam e terminam em pontos de inflexão.

Para identificar as Ondas de Elliott, deve-se utilizar ferramentas que representam a porcentagem dos números de Fibonacci graficamente, visto que a validação de cada onda é realizada por essa ferramenta. A seguir será descrito o método de identificação das ondas comportamentais de Elliott.

Regras Básicas

Para a detecção das Ondas de Elliott devem ser usadas as seguintes regras de validações básicas:

1. A amplitude da onda 3 é sempre maior ou igual à amplitude da onda 1;
2. A amplitude da onda 5 é sempre maior ou igual à amplitude da onda 1;
3. Se a amplitude da onda 3 ou a onda 5 é maior do que a onda 1, a amplitude das mesmas será uma das expansões de Fibonacci;
4. Se a amplitude da onda 3 é maior do que a onda 1, então a amplitude da onda 5 é igual a onda 1;
5. Se a amplitude da onda 5 é maior do que a onda 1, então a amplitude da onda 3 é igual a onda 1;

Primeira Onda

As regras de validação das ondas comparam duas ondas e por isso a detecção da primeira onda é realizada em conjunto com a detecção da segunda onda.

Segunda Onda

Após a definição dos possíveis pontos de início, seleciona-se um desses pontos e verifica-se as porcentagens relativas aos números de Fibonacci. O gráfico de probabilidade será inserido do início da possível Onda 1 até o ponto final desta onda. Em nenhum momento a Onda 2 deve retrair mais do que a Onda 1. A amplitude da Onda 2 deve ser no mínimo 80% da amplitude da Onda 1.

Após traçar o gráfico de probabilidade, deve ser verificado se a onda que possui o movimento contrário ao da primeira onda altera o seu sentido perto de alguma das marcas formadas pela grade de Fibonacci (78,6%, 68,2%, 50%, 38,2% e 23,6%). Se isso ocorrer, essas duas ondas detectadas possivelmente serão as ondas 1 e 2 de Elliott.

Usualmente os movimentos contrários reverterem sua tendência nas faixas de 38,2% , 50% ou em 61,8% e em raros casos a retração será maior (78,6%). Se a retração for de 100%, o ponto selecionado não é de uma Onda 1 e as ondas detectadas são ondas de correção. Se a retração for acima de 100%, o ponto inicial selecionado também está errado. Na Figura 2.6 encontra-se o exemplo de uma provável Onda 1 e de uma Onda 2. A Onda 2 normalmente possui ziguezagues.

Na Figura 2.6, observa-se o exemplo de possíveis ondas 1 e 2 onde ocorre a retração até o ponto de 50%. Para confirmar se essas ondas são as ondas 1 e 2, deve-se detectar todas as Ondas de Elliott.

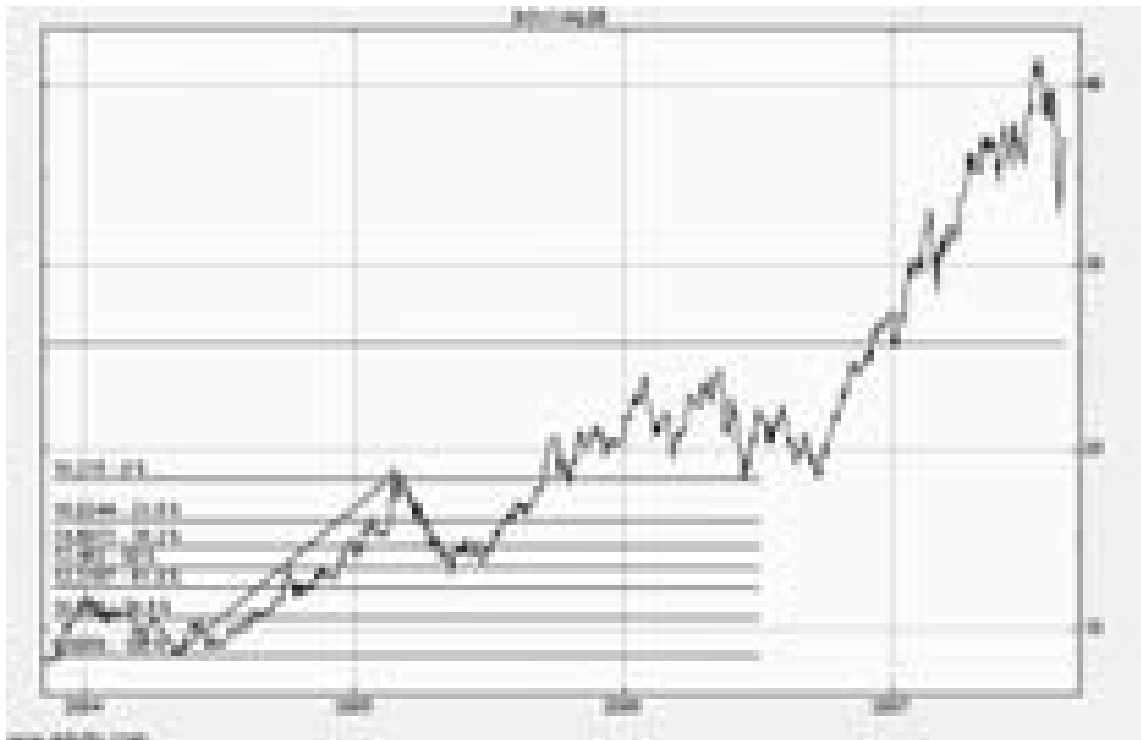


Figura 2.6: Primeira e segunda Ondas de Elliott.

Terceira Onda

A identificação da Onda 3 é baseada no tamanho da Onda 1. A Onda 3 deve ser de impulsão e possuir uma amplitude igual ou superior ao da Onda 1. Quando a amplitude da terceira onda é maior que a primeira onda deve-se verificar se a terceira onda expandiu utilizando uma das porcentagens de Fibonacci. Se a expansão indicar um aumento de 38,2%, 50%, 61,8% ou 100% a onda analisada poderá ser a terceira onda.

Na Figura 2.7 está referenciada a possível terceira onda com tamanho semelhante ao da primeira onda.

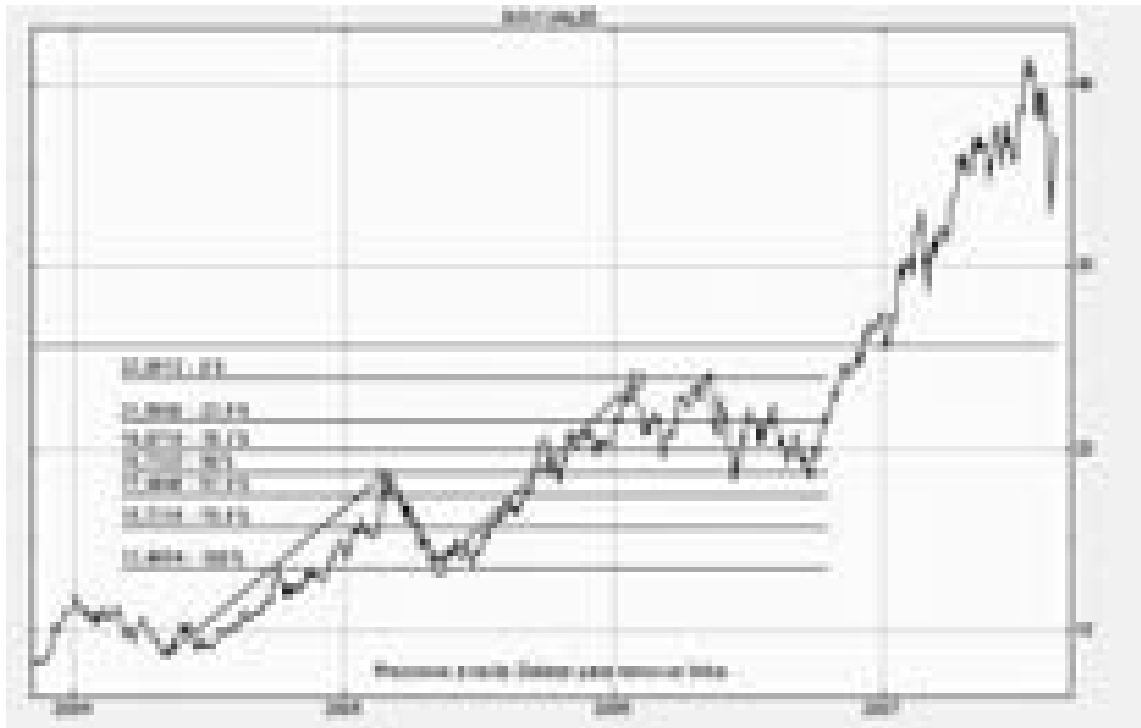


Figura 2.7: Terceira Onda de Elliott.

Quarta Onda

Para detectar a Onda 4, utiliza-se a analogia da identificação da Onda 2. Esse procedimento, no entanto, difere-se no fato de que é necessário utilizar a Onda 3, em vez da Onda 1, como onda de referência para detectar a Onda 4, verificando se o movimento que possui sentido contrário ao da Onda 3 possui um ponto de inflexão perto de uma das marcas formadas pela grade de Fibonacci.

Os movimentos contrários normalmente revertem sua tendência em 38,2%, 50% ou em 61,8% e, em raros casos, a retração será maior (78,6%). Usualmente, a Onda 4 possui uma descida constante, não fazendo ziguezagues. Quando a Onda 2 não possui ziguezague, a onda 4 provavelmente possuirá.

Na Figura 2.8, está o exemplo da detecção da quarta onda, onde houve uma retração de 50% comparando com o tamanho da Onda 3.

Quinta Onda

Para detectar a quinta onda, faz-se a analogia com a identificação da terceira onda. Esse procedimento difere no fato de utilizar a terceira onda como onda de referência para detectar a quinta onda.

A Onda 5 deve possuir tamanho igual ou superior ao da Onda 1. Quando a quinta onda é maior que a primeira onda, realiza-se a expansão de Fibonacci para verificar

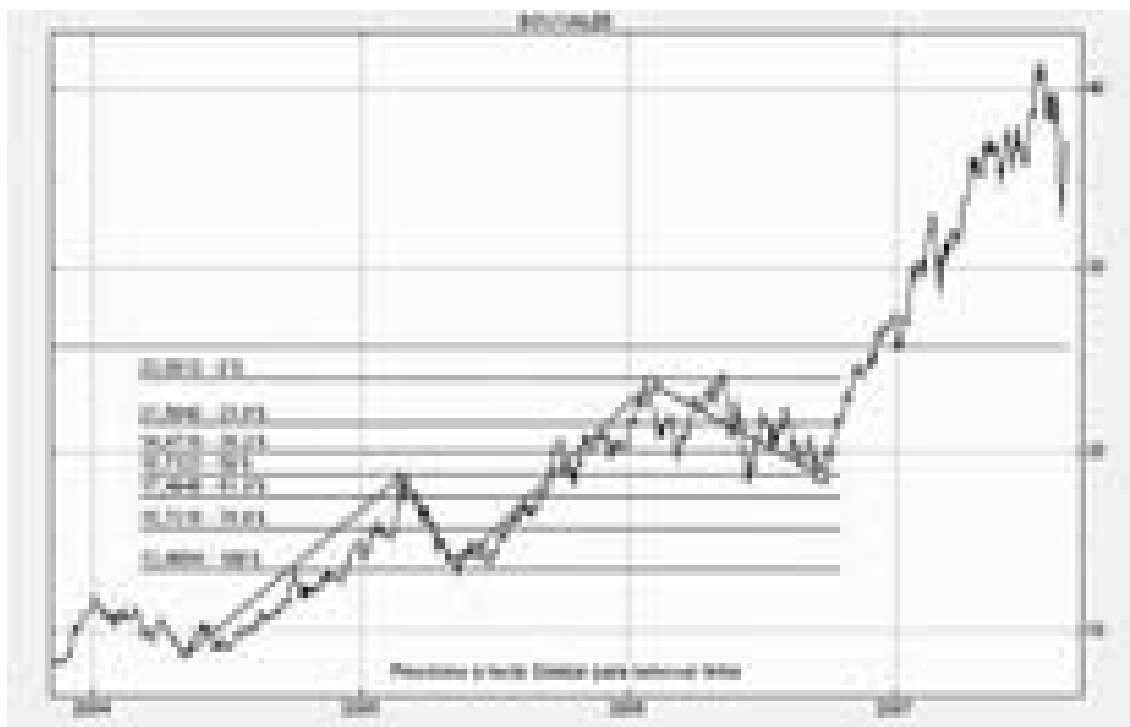


Figura 2.8: *Quarta Onda de Elliott.*

os dados. Se a expansão indicar um aumento de 38,2%, 50%, 61,8% ou 100%, a onda analisada será a quinta onda.

Na Figura 2.9 está o exemplo da detecção da quinta onda onde houve alteração de tamanho em relação a primeira e terceira onda. A onda detectada é aproximadamente o dobro da onda 1.

Com as cinco ondas detectadas, encerra-se a detecção das ondas de comportamento de Elliott.

2.2.4 Previsão do Comportamento Acionário

As Ondas de Elliot permitem a previsão do comportamento acionário. Se o analista tentar descobrir em qual Onda de Elliott o mercado se encontra poderá identificar como o mercado irá se comportar. O comportamento acionário se move segundo as regras de formação das Ondas de Elliott.

Se o analista detectar que o mercado está no início de uma terceira onda, o mercado deverá se comportar como tal, ou seja, o mercado deverá seguir as regras das Ondas de Elliott, inicialmente testando o valor que representaria o mesmo tamanho da Onda 1 e depois suas expansões de Fibonacci. Na Figura 2.10 é mostrado o exemplo onde, possivelmente, existe o início de formação de uma Onda 3 em meados do mês de Julho de 2007. Se a onda mostrada for realmente uma Onda 3, o valor da ação deve chegar a pelo menos 56,03 reais.

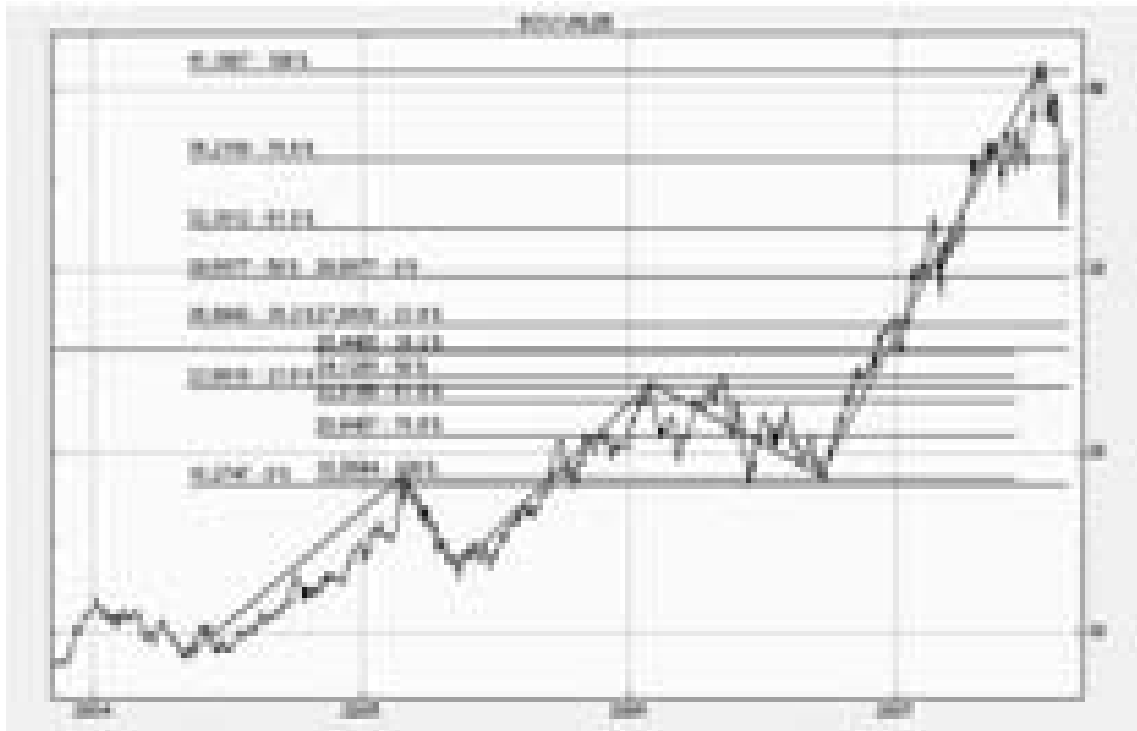


Figura 2.9: *Quinta Onda de Elliott.*

Essa regra vale para todas as Ondas de Elliott, se for detectado que o mercado está em uma determinada Onda de Elliott, o mercado deverá se comportar como as regras de formação dessa onda.

2.3 Algoritmos Genéticos

No seu uso mais geral, o termo Algoritmos Genéticos refere-se a uma família de modelos computacionais inspirados na evolução biológica. Estes algoritmos codificam a solução potencial para um problema em estrutura de dados simples, chamada cromossomo, devido a sua analogia com o cromossomo biológico. Os Algoritmos Genéticos tem uma aplicação bastante ampla, porém são frequentemente vistos em otimizadores de funções [Withley 1995].

O termo Algoritmo Genético tem dois significados comuns. Em seu primeiro significado, refere-se ao modelo básico investigado por John Holland [Holland 1975]. Em sentido mais amplo, os Algoritmos Genéticos referem-se a qualquer modelo baseado em recombinação para gerar novas amostras no espaço de busca.

2.3.1 Breve Histórico

O trabalho *Systema Naturae*, de 1735, do botânico Carolus Linnaeus, sobre a classificação dos organismos despertou o interesse pela similaridade entre espécies,

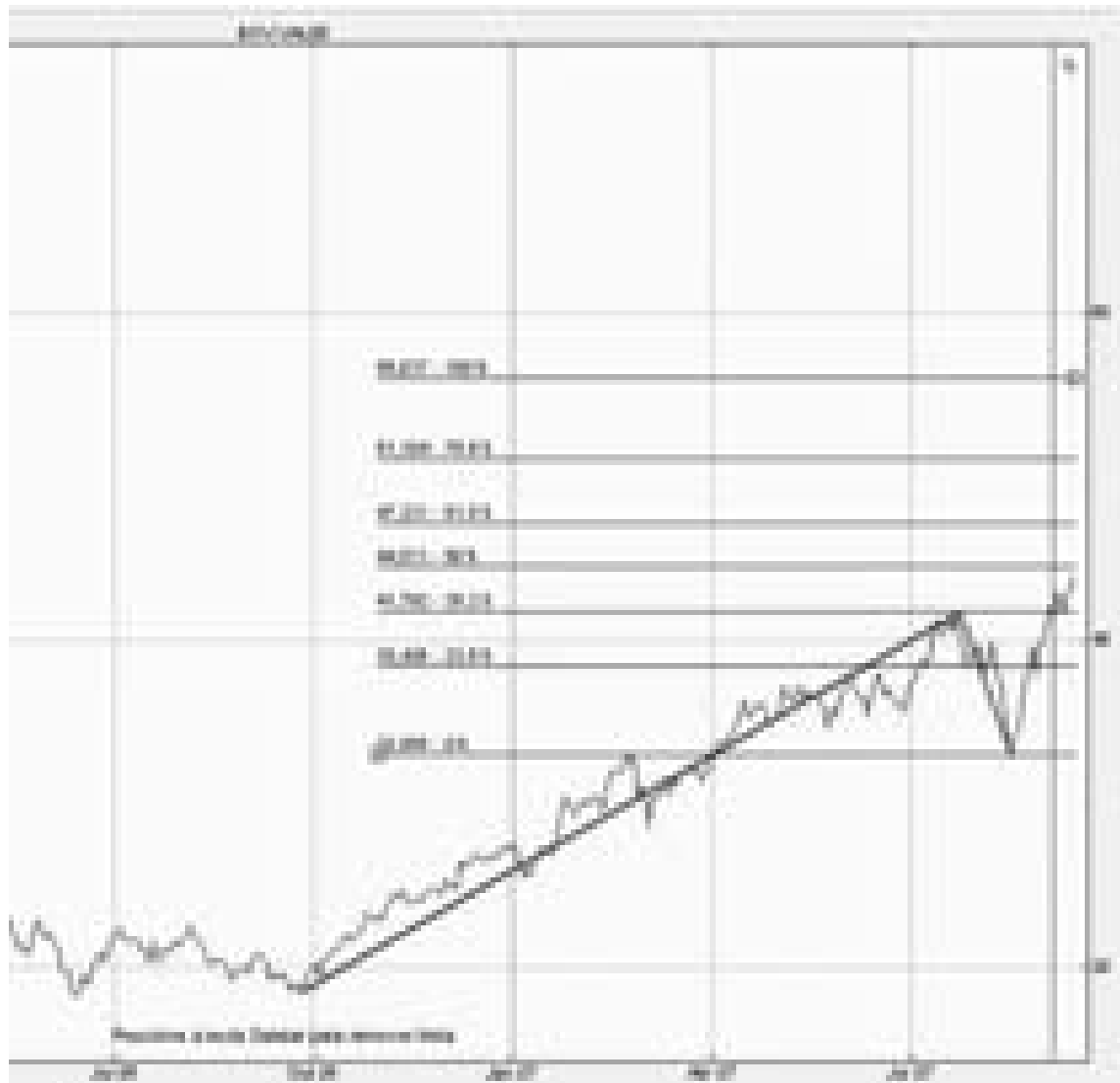


Figura 2.10: Exemplo de um possível início de uma Onda 3.

acreditando na existência de uma relação entre elas.

Outros trabalhos influenciaram os pesquisadores em direção à teoria da seleção natural, tais como a teoria do “uso e desuso” realizada por Jean Baptiste Lamarck e a proposta de que os fatores ambientais afetavam o crescimento de uma população descrita por Thomas Malthus.

Após anos de observações, Charles Darwin apresentou sua teoria de evolução através de seleção natural em seu livro “A Origem das Espécies” em 1859. Essa teoria é uma das bases dos Algoritmos Genéticos. O trabalho de Darwin influenciou o futuro não apenas da Biologia, Botânica e Zoologia, mas também teve grande influência sobre o pensamento religioso, filosófico, político e econômico da época.

No início do século XX foi descoberto o trabalho de Gregor Mendel relativo aos princípios básicos de herança genética, que teve grande influência sobre os trabalhos relacionados à evolução.

A teoria atual da evolução combina a genética com as idéias de Darwin sobre a seleção natural. O princípio básico da Genética Populacional atual é a variabilidade entre indivíduos em uma população os quais se reproduzem sexualmente. Essa variabilidade é produzida pela recombinação genética e pela mutação. Esse princípio foi desenvolvido durante os anos 30 e 40, por biólogos e matemáticos de importantes centros de pesquisa.

Nas décadas de 1950 e 1960, muitos cientistas estudaram, independentemente, sistemas evolucionários baseados na idéia da evolução para resolver problemas de otimização na Engenharia.

Em meados de 1960 o cientista alemão, Ingo Rechenberg, introduziu o método chamado de Estratégias Evolucionárias, utilizado na otimização de parâmetros para dispositivos aerofólios. A primeira aplicação registrada na área de evolução artificial foi descrita no livro *Evolutionsstrategie: Optimierung Technischer Systeme Nach Prinzipien der Biologischen Evolution* de 1973.

Jonh Holland criou os Algoritmos Genéticos em meados de 1960 [Belew 1997]. Em contraste com as Estratégias Evolucionárias e a Programação Evolucionária, o objetivo de Holland foi desenvolver mecanismos de adaptação em sistemas computacionais, sem focalizar na solução de problemas específicos. Sua obra publicada em 1975 [Holland 1975] apresentou os Algoritmos na forma de abstração da evolução biológica.

O algoritmo de Holland tem como base a evolução de populações de indivíduos codificados em representação binária, usando o método de 'seleção natural' aliada a operadores evolutivos: reprodução e mutação.

2.3.2 Genes e Cromossomos

Todos os seres vivos possuem um conjunto de cromossomos, cadeias de DNA que servem de modelo para todo o organismo (unicelular ou pluricelular).

O cromossomo é constituído por blocos de DNA, comumente chamados de genes, e cada gene é responsável por determinada função, ou seja, codifica determinada proteína.

Os genes nos Algoritmos Genéticos são informações bem formatadas, responsáveis por determinada característica e o cromossomo é um conjunto de genes que possui função ou informação bem definida. O exemplo de um cromossomo que representa uma informação de um fluxo de caixa está demonstrado na Figura 2.11

2.3.3 Vantagens

Os Algoritmos Genéticos diferem dos algoritmos tradicionais de otimização em cinco aspectos principais [Goldberg 1989]:



Figura 2.11: Exemplo de cromossomo com dois genes.

- Baseiam-se na codificação do conjunto das soluções possíveis e não nos parâmetros da otimização em si;
- os resultados são apresentados como um conjunto de soluções e não como solução única;
- o método de descoberta da solução pode ser considerado "caixa preta";
- é necessário apenas definir a forma de avaliação do problema, não necessitam de outros conhecimentos derivado do problema;
- usam transições probabilísticas e não regras determinísticas.

Os algoritmos tradicionais normalmente usam técnicas de tentativa e erro, porém com parâmetros de otimização, diferindo-se dos Algoritmos Genéticos que evoluem soluções (aceitáveis ou não) em busca da resposta que melhor se adapta ao caso.

Os Algoritmos Genéticos produzem uma população formada por diversos indivíduos que representam as possíveis soluções do problema proposto, exibindo uma gama de soluções para o problema, diferentemente dos algoritmos tradicionais que usualmente param ao detectar uma resposta aceitável.

Ao buscar a resposta do sistema, o Algoritmo Genético atua de forma incomum onde sua lógica para formar a resposta depende da evolução de soluções e sua avaliação.

2.3.4 Algoritmo Básico

O algoritmo básico para realizar a Evolução Genética é simples e seu pseudocódigo está escrito abaixo:

Código 2.1 Pseudocódigo Básico de Algoritmos Genéticos.

```
1  Função AlgoritmoGenético
2
3  1. Geração da população inicial (usualmente de forma
4  aleatória)
5
6  2. Enquanto os critérios de parada não for alcançado,
7  repita os itens (a), (b), (c) e (d)
8
9  a. Função-Objetivo: cada indivíduo é avaliado e recebe
10 uma nota de aptidão ao domínio do problema
11
12 b. Seleção: Os indivíduos são selecionados para reprodução,
13 Os melhores indivíduos usualmente têm a melhor chance de
14 ser selecionado
15
16 c. Reprodução: O casal selecionado recombina-se para gerar
17 descendentes e onde pode ocorrer a mutação.
18
19 d. Elitismo: a população antiga é substituída pelos novos
20 indivíduos de acordo com um critério. Os melhores indivíduos
21 da população antiga podem ser diretamente inserido na nova
22 população.
23
24 Fim
```

Observa-se que o algoritmo informado é dividido em basicamente três partes: a avaliação da população através da função objetivo, a reprodução para gerar nova população e a seleção dos melhores indivíduos para a nova população.

2.3.5 Indivíduo

A representação de indivíduos é o mapeamento do espaço de possíveis soluções para o espaço de soluções codificadas, dentro de alguma estrutura de dados [Ghozeil 1997], ou seja, o indivíduo representa o portador do seu código genético. A população é o conjunto de indivíduos.

Entre os principais tipos de representação dos indivíduos, destacam-se: binária, inteira, real, binária representando real e estruturas (vetores, matrizes, objetos e listas). A representação binária foi utilizada no algoritmo genético original de Holland e ainda é amplamente utilizada nos dias atuais.

Segundo Fogel e Ghozeil, não existem representações que levam vantagens sobre as outras, mas a representação escolhida deve ser compatível com o problema a ser solucionado [Ghozeil 1997].

Problemas com múltiplas entradas podem combinar essas entradas em uma única sequência de bits, ou trabalhar com mais de um "cromossomo", cada um representando uma das entradas. O código genético deve ser capaz de representar todo o conjunto dos valores no espaço de busca e precisa ter tamanho finito.

2.3.6 Função Objetivo

A função objetivo (avaliação ou *fitness*) determina a qualidade relativa das soluções. É responsável pelo elo entre o algoritmo genético e o problema e a sua definição depende do problema a ser abordado.

Nos Algoritmos Genéticos, avaliar a qualidade da solução usualmente é a operação de maior custo, podendo em alguns casos ser acelerada utilizando a estimativa como resposta ou valor relativo.

A função objetivo também avalia como os indivíduos têm se desempenhado, permitindo um índice de comparação de aptidão entre os indivíduos da população.

2.3.7 Seleção

A seleção é o processo que determina qual indivíduo será selecionado para a variação/reprodução.

A seleção por roleta é um procedimento baseado na aptidão dos indivíduos. Essa técnica é semelhante ao jogo 'Roda da Fortuna', onde existe um disco giratório com diversos setores, em formato de pizza de tamanhos diferentes e uma seta estática que aponta para um setor por vez. Na 'Roda da Fortuna', o disco é girado com uma força aleatória e quando a seta para, o setor apontado é o escolhido. Se o setor X possuir um tamanho maior do que o setor Y então a probabilidade de seleção do setor X é maior do que a do setor Y. No algoritmo de seleção por roleta, cada indivíduo representa um setor do disco e o tamanho desse setor representa a aptidão desse indivíduo. Dessa forma, os indivíduos mais aptos possuem mais chance de serem escolhidos.

Outro método é a seleção por torneiro, onde o Algoritmo Genético escolhe aleatoriamente dois indivíduos e o mais apto é selecionado para participar da recombinação.

Existe também a seleção totalmente aleatória, onde o indivíduo que participa da recombinação possui as mesmas chances dos demais indivíduos.

O método de seleção pode considerar diversas outras informações, tais como o número de vezes que o indivíduo foi selecionado e a existência anterior em outra população. Porém, independente do procedimento de seleção a ser utilizado, a principal função deste operador é determinar qual indivíduo será selecionado para a recombinação que irá compor parte da geração seguinte.

2.3.8 Variação

Tradicionalmente, a variação é dividida em duas etapas: o cruzamento e a mutação.

O cruzamento (ou *crossover*) efetua a recombinação entre os genes do casal selecionado pela função de seleção. O cruzamento é dependente da seleção dos progenitores. Os descendentes possuem, em sua carga genética, as características semelhantes a dos progenitores.

Os métodos típicos de cruzamento são: cruzamento de um ponto, cruzamento de múltiplos pontos e cruzamento uniforme. Esses métodos serão descritos a seguir.

Cruzamento

O cruzamento de um ponto combina um par de cromossomo selecionando, aleatoriamente, o local onde a informação genética será dividida e efetua-se a troca do material genético.

Um exemplo de cruzamento de um ponto é representado na Figura 2.12, onde X é o ponto de corte.

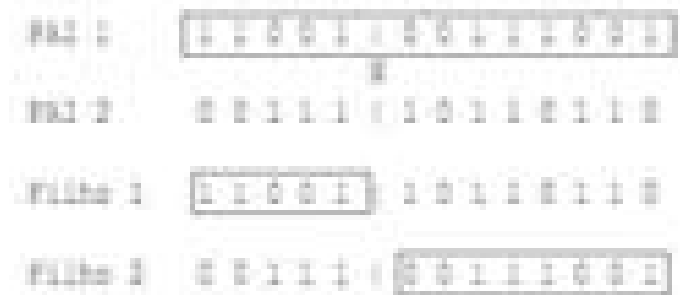


Figura 2.12: Exemplo de cruzamento de um ponto.

O cruzamento de múltiplos pontos sorteia um número aleatório de pontos onde ocorrerá a troca de materiais genéticos. Um exemplo de cruzamento de múltiplos pontos é representado na Figura 2.13 onde X são os pontos de corte.

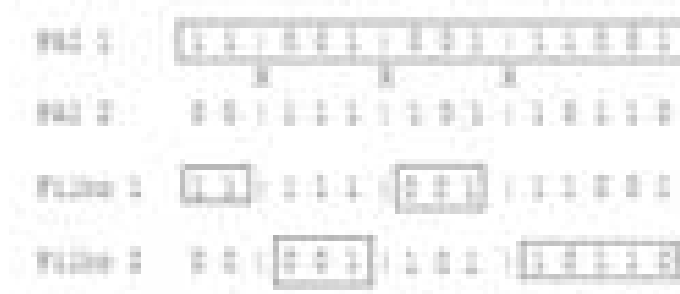


Figura 2.13: Exemplo de cruzamento de múltiplos pontos.

Enquanto o cruzamento de um ponto e de múltiplos pontos definem locais de corte onde o cromossomo será dividido, o cruzamento uniforme (ou com máscaras) generaliza esta idéia para todos os genes. Uma máscara de cruzamento é definida aleatoriamente indicando quais genes serão trocados entre os pais para produzirem os descendentes.

No exemplo da Figura 2.14, quando a máscara indicar 1 o gene será trocado, quando indicar 0 o gene não será trocado.

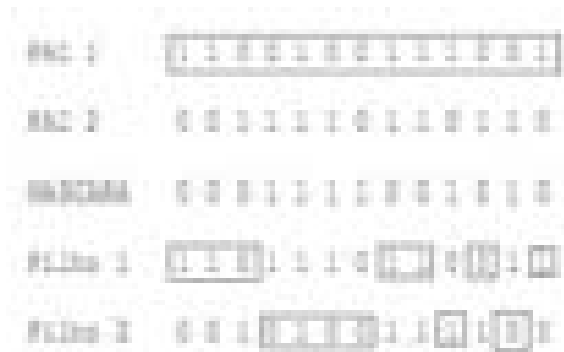


Figura 2.14: Exemplo de cruzamento com máscara.

Os métodos de cruzamento não exigem que os dados utilizados sejam binários, podendo ser realizados com números, textos, objetos e grupo de informações, seguindo as estratégias descritas anteriormente, levando em consideração a natureza da representação.

No cruzamento de números, a geração dos indivíduos filhos pode ser executada de duas maneiras distintas, a primeira ocorrerá com a troca dos genes selecionados, conforme exemplificado na Figura 2.15.

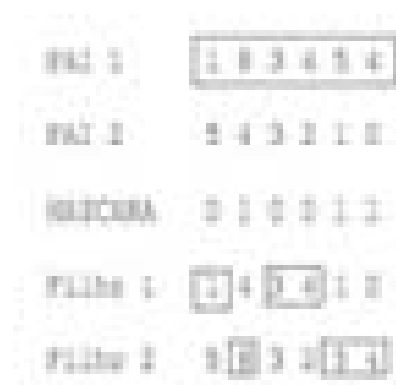


Figura 2.15: Cruzamento de números com máscara e troca de valores.

O segundo método de cruzamento permite realizar uma operação matemática entre os genes realizados. Esse método não é recomendado para todos os tipos de soluções, tal como a do caixeiro viajante, porque pode gerar indivíduos inválidos do espaço

de busca. No exemplo da Figura 2.16, utiliza-se a média entre os genes selecionados pela máscara para realizar o cruzamento:

IND 1	1	0	3	4	0	0
IND 2	0	4	3	2	1	0
MÁSCARA	0	1	0	0	1	1
FILHO 1	1	4	3	4	3	3
FILHO 2	0	3	3	2	2	0

Figura 2.16: Cruzamento de números com máscara e média de valores.

Mutação

A operação de mutação é a troca aleatória de informações de um indivíduo, a fim de garantir maior varredura do espaço de busca de modo a evitar que o Algoritmo Genético fique estagnado em uma resposta mínima local e que realize uma converção prematura.

O sorteio é um dos métodos utilizados para selecionar o indivíduo que sofrerá mutação, obedecendo a taxa de mutação. Para o indivíduo selecionado é sorteado o gene que terá o seu valor alterado.

Outro método é sortear, durante o cruzamento, o gene que sofrerá a mutação, também obedecendo a taxa de mutação.

Os genes representados binariamente sofrerão a inversão de seu valor. Se o gene for uma informação pertencente a um conjunto, seleciona-se aleatoriamente uma informação deste conjunto para mutar o gene selecionado.

Se a representação do gene for numérica, o valor do gene poderá ser alterado para um valor dentro da faixa de estudo, explorando locais ainda não visitados.

Nos casos de permutação, normalmente a mutação consiste em trocar a posição de dois genes, garantindo um ruído aleatório.

2.3.9 Elitismo

O elitismo ou Genitor [Holland 1975] é uma técnica onde os melhores pontos encontrados são preservados na população seguinte, resultando numa busca mais agressiva,

que na prática é geralmente bastante efetiva. A utilização de um índice alto para a seleção dos indivíduos para permanecerem na nova população pode inserir uma convergência prematura para mínimos locais.

Exemplo:

Na geração de uma nova população pelo Algoritmo Genético, apenas os 10 melhores indivíduos permanecerão na nova população, sendo os demais totalmente substituídos pelos descendentes gerados.

Outro método utilizado para simular o elitismo é a seleção dos melhores indivíduos da população formada pelos indivíduos da população atual e do cruzamento. Esse processo pode ser denominado como seleção elitista gerativa cruzada, recombinação heterogênea e mutação cataclísmica *Cross generational elitist selection, heterogeneous recombination and Cataclysmic mutation* (CHC).

Ao utilizar o método de elitismo que seleciona uma grande quantidade de dados para permanecer na população ou ao utilizar o método CHC, deve-se considerar uma alta taxa de mutação para evitar a convergência prematura a mínimos locais.

Sistema Proposto

Observando o métodos comumente utilizado para identificar as Ondas de Elliott (o manual) e que os métodos automatizados possuem aparentemente técnicas de tentativa e erro associadas à estatística, ressalta-se a necessidade de se criar uma metodologia de detecção automática dessas ondas.

Para identificar a Onda de Elliott que se adapta melhor ao gráfico, será desenvolvido um sistema computacional baseado em técnicas de Inteligência Artificial, mais precisamente Algoritmos Genéticos que é descrito a seguir.

3.1 Composição do Sistema

O sistema utilizará técnicas de Algoritmos Genéticos para gerar as possíveis Ondas de Elliott e não será considerada a existência de ondas corretivas. Ele será composto de 3 funções distintas: a primeira função é para carregar os dados e para identificar os pontos de inflexão significativos do gráfico; a segunda função é para evoluir as possíveis Ondas de Elliott e a terceira função é para avaliar as ondas geradas.

As descrições detalhadas de cada uma das funções serão expostas a seguir.

3.1.1 Carga de Dados

A função de carga de dados será dividida em duas partes, a primeira inserir os dados e a segunda para filtrar os pontos significativos que serão efetivamente utilizados no processamento do sistema.

Inserção de Dados

Os dados serão inseridos a partir de arquivos de textos bem formatados, onde cada arquivo individual referencia os dados de apenas uma ação. As informações disponíveis nos arquivos são as seguintes:

- Data

- Valor de abertura
- Valor de fechamento
- Valor máximo negociado na data
- Valor mínimo negociado na data
- volume de negócios

Com os dados carregados nas variáveis locais do sistema é aplicado o filtro para reduzir o volume de informações a ser processado sem comprometer significativamente a qualidade da resposta do sistema.

Filtro de Dados

Como a quantidade de informações do histórico de preços é grande e somente os pontos de inflexão são utilizados na análise das Ondas de Elliott, desprezando-se assim os demais pontos, fez-se necessário modelar um filtro para selecionar os pontos úteis para realizar essa análise. Esse filtro de dado deixará o sistema mais ágil e especializado.

O método de detecção dos pontos de inflexão será desenvolvido seguindo o pseudocódigo abaixo:

Código 3.1 Pseudocódigo para Detecção dos Pontos de Inflexão.

```

1  FUNÇÃO Detecta_inflexao
2  Se ponto atual < ponto posterior
3    VarSobe = true
4  senao
5    varsobe = false
6  fimse
7  Para cada dado carregado
8    se varsobe
9      Se ponto atual > ponto posterior
10       marca como inflexao
11       inverte valor de varsobe
12     fimse
13   senao
14     Se ponto atual < ponto posterior
15       marca como inflexao
16       inverte valor de varsobe
17     fimse
18   fim se
19 fim para
20

```

Na utilização das Ondas de Elliott no mercado acionário para análise de gráficos diários, usualmente, busca-se a análise a longo prazo. Por isso, será utilizado o filtro para remover dados próximos, dificultando a detecção de ondas de menor porte.

A técnica utilizada para remover os dados similares da função consiste em comparar a posição atual do último ponto de inflexão detectado no gráfico de histórico de valores e a posição do próximo ponto de inflexão; se a diferença entre os pontos de inflexão dividido pelo tamanho da onda anterior for menor do que a porcentagem definida no programa (que pode ser zero), um dos pontos é desconsiderado. O ponto só será selecionado se a representação matemática descrita na equação 3-1 for verdadeira.

$$Porcentagemde\ finida < \frac{|PosicaoAtual - ProximaPosicao|}{TamanhoDaOndaAtual} \quad (3-1)$$

A remoção de informações próximas poderá inserir um erro de detecção do melhor ponto na resposta do sistema, porém esse erro é controlado pela porcentagem definida no programa.

O gráfico da Figura 3.1 refere-se aos dados diários, sem filtros, coletados da ação da Companhia Vale (VALE5). Nesse gráfico, os dados foram ajustados para se adequarem a todos os *splits* ocorridos no período apresentado.

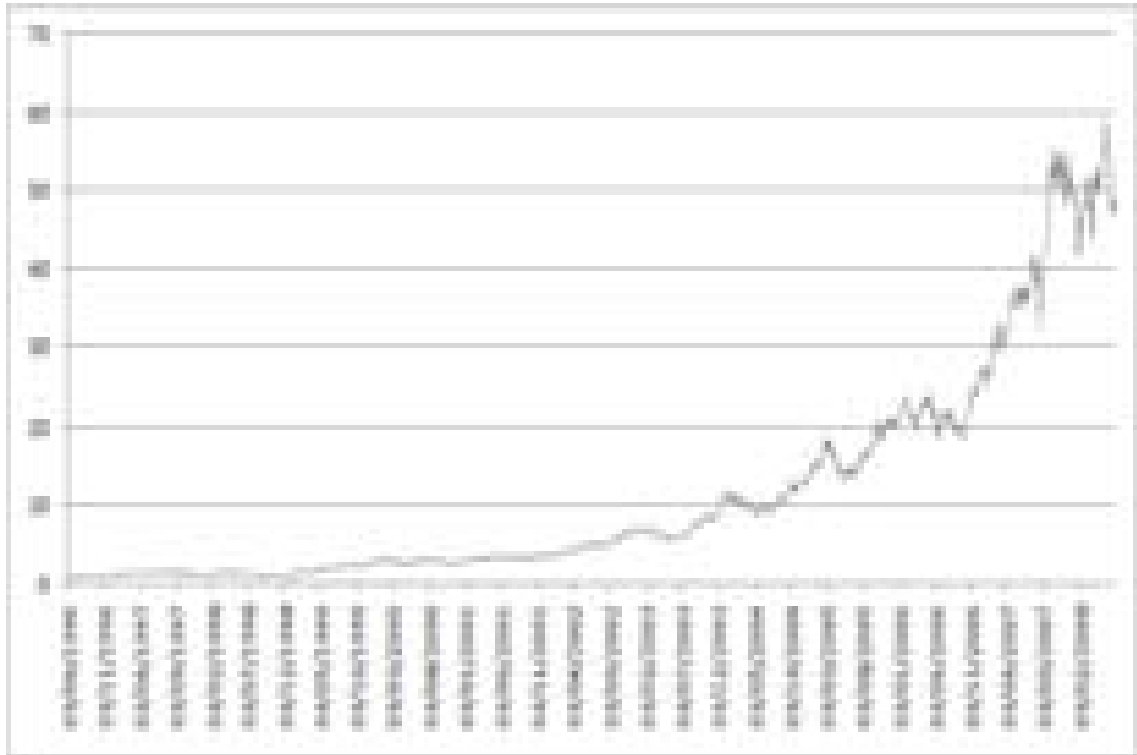


Figura 3.1: *Valores diários da Companhia Vale (VALE5).*

O gráfico da Figura 3.2 foi elaborado baseado nos dados da Figura 3.1, porém apenas utilizando os dados significativos. Observa-se que os gráficos são semelhantes, contribuindo com a redução dos dados a serem utilizados.

3.1.2 Geração da População

Essa função gerará a população a ser avaliada conforme a técnica de Algoritmos Genéticos. Quando executada pela primeira vez no programa, a função gerará a população inicial aleatoriamente utilizando os dados filtrados pela função de carga de dados.

Após a execução inicial, essa função gerará novos indivíduos a partir da recombinação de indivíduos pré-existentes e esses indivíduos gerados podem, ainda, sofrer pequenas alterações aleatórias chamadas de mutação.

Para selecionar os indivíduos para recombinação, emprega-se o sorteio baseado no algoritmo de roleta, onde os indivíduos mais aptos possuem maior chance de serem escolhidos como pais.

Para a sobrevivência dos indivíduos nesse sistema, é necessário que todos os indivíduos gerados estejam com suas informações em uma linha de tempo linear, ou seja, onde a data contida na informação em um gene antecede a data contida na informação do gene posterior. Por essa condição de existência, a função de geração dos indivíduos não permitirá a geração de indivíduos que não se adequem a essa condição.

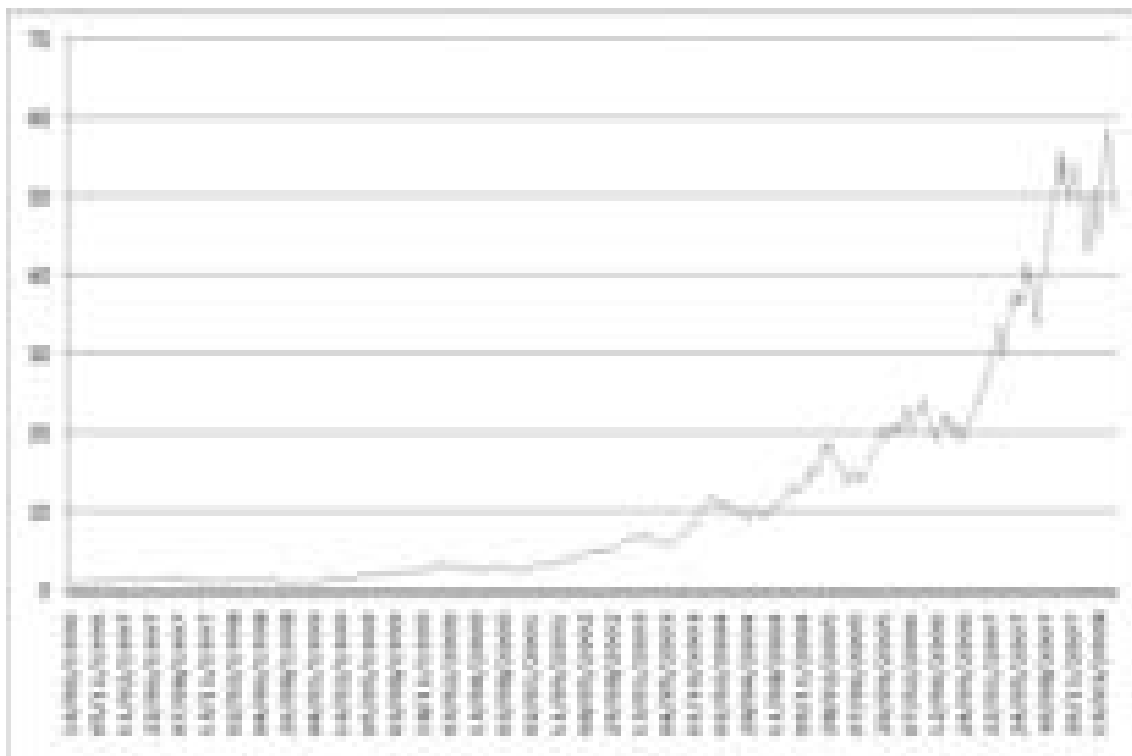


Figura 3.2: *Valores diários filtrados pelo sistema.*

O pseudocódigo 3.2 referencia a função que irá gerar a população:

Código 3.2 Pseudocódigo Básico para Geração de População.

```
1 FUNÇÃO GERA_PUPULAÇÃO
2 Se primeira vez
3   Gera população aleatoriamente
4   senão
5     para 1 até quantidade máxima de indivíduos (i)
6       para 1 até 6 (j)
7         Seleciona progenitores aleatoriamente
8         Seleccione gene de troca
9         enquanto (posição selecionada não pode ser utilizada)
10          Seleciona progenitores aleatoriamente
11          Seleccione gene de troca
12        fim enquanto
13
14      Cria-se o novo indivíduos com os genes
15      recombina dos pais
16
17      Se (Momento de inserir mutação)
18        Insere mutação
19      fim se
20
21    fim para
22  fim para
23 fim se
24 FIM DA FUNÇÃO
```

No pseudocódigo 3.3 está descrito a função irá inserir a mutação:

Código 3.3 Pseudocódigo Básico de Mutação.

```
1 FUNÇÃO INSERE_MUTAÇÃO
2 Seleciona o individuo atual
3 Seleciona posição de mutação
4 Seleciona novo dado para substituir o selecionado
5 Enquanto:
6   data do gene selecionado > a data do gene posterior a posição de inserção
7   ou
8   data do gene selecionado < data do gene anterior a posição de inserção
9     Seleciona posição de mutação
10    Seleciona novo dado para substituir o selecionado
11  fim do enquanto
12  Substitui o gene selecionado pelo novo gene
13 FIM DA FUNÇÃO
```

Quando a função de geração de ondas executa a subrotina de inserção de mutação, o dado a ser inserido na mutação será aleatório do banco de dados do dado

filtrado porém esse dado só será inserido no novo indivíduo se permitir a sobrevivência do indivíduo; caso isso não aconteça, serão selecionados um novo dado do banco filtrado e uma nova posição de inserção.

Nesse sistema, os melhores indivíduos da população anterior serão automaticamente transferidos a uma nova população, garantindo assim a permanência das melhores respostas.

3.1.3 Avaliação das Ondas de Elliott Geradas

Para avaliar os indivíduos da população gerada, será desenvolvida a função de avaliação, que compara o nível do desvio dos pontos detectados com os pontos esperados, de acordo com as regras de avaliação das Ondas de Elliott.

A função, inicialmente, irá detectar quais as probabilidades utilizadas na formação da onda mais semelhante e definirá o ponto no qual a onda deveria efetivamente passar. Com esses pontos, verifica-se a diferença entre o esperado e o realizado dividindo pelo tamanho da onda esperada, conforme equação 3-2, realizando a soma quadrática da porcentagens desses erros, criando assim a medida comparativa entre as melhores ondas.

$$\sum_2^6 \frac{|Esperado(i) - Calculado(i)|}{Esperado(i)} \quad (3-2)$$

A Figura 3.3 exemplifica o cálculo dos erros em cada ponto, onde a linha cinza é a onda esperada e a linha preta é a onda formada com os dados a serem testados.

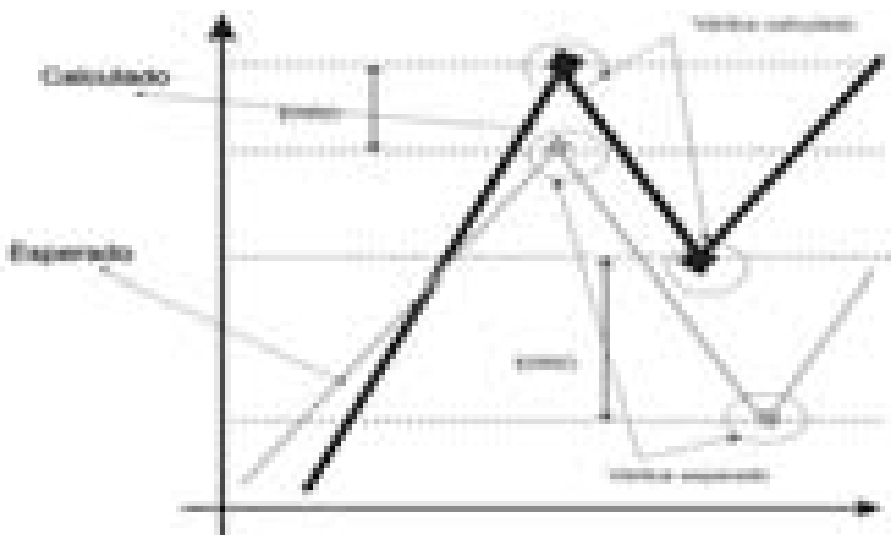


Figura 3.3: Erro detectado pelo sistema.

Experimentos

Após o desenvolvimento do sistema proposto no capítulo anterior, foram realizadas várias simulações para verificar a qualidade da resposta e a performance do sistema, utilizando-se diversas configurações.

Os dados utilizados para esses testes foram coletados das informações diárias de algumas das principais ações que compõem o índice BOVESPA com um alto índice de liquidez. A base de dados formada possui informações diárias históricas desde 1996, incluindo a ação negociada, o valor de abertura e fechamento do dia, além do valor máximo e mínimo e do volume negociado.

Os dados coletados para cada ação deverão ser ajustados considerando todas as divisões das ações (*splits*) e alterações de formas de negociação ocorridas. Qualquer alteração na metodologia de negociação das ações influencia no gráfico dos valores dos papéis e essas alterações se não ajustadas influenciam na detecção das Ondas de Elliott.

Inicialmente será apresentado uma simulação de uma detecção manual das Ondas de Elliott a fim de permitir sua comparação com o método de detecção automático.

4.1 Processo Manual de Detecção

O procedimento descrito no Capítulo 2, item 2.2, será empregado para detectar manualmente as Ondas de Elliott.

A ferramenta que traça linhas das porcentagens de Fibonacci no gráfico da ação, será adotada para auxiliar a detecção das Ondas de Elliott. A utilização dessa ferramenta é manual, portanto pode inserir erro na detecção se não for usada a técnica corretamente. Para exemplificar este caso, foi escolhida a ação da Companhia Vale (VALE5).

Após selecionar um ponto de início da Onda de Elliott, ocorre a busca do ponto inicial da Onda 1 de Elliott. Foram testados três pontos distintos para descobrir um ponto onde pode existir as ondas 1 e 2 de Elliott (Figura 4.1). A simples detecção de duas possíveis ondas iniciais não indica que esse ponto possui uma série completa das Ondas de Elliott.



Figura 4.1: *Tentativa manual de detecção das ondas 1 e 2.*

Ao tentar descobrir a terceira Onda de Elliott, o ponto que foi testado permitiu a validação da onda, porém não foi possível a formação de uma onda quatro, visto que o fundo da onda quatro ultrapassa o topo da onda 3, anulando assim o ponto inicial escolhido.

Foi selecionado novamente outro ponto inicial para os testes. O novo ponto utilizado e as possíveis ondas 1 e 2 estão apresentadas na Figura 4.3.

A detecção da possível Onda 3 é realizada e essa onda possui o comprimento aproximadamente igual a 138,2% (primeira expansão de Fibonacci) da Onda 1. A possível onda detectada pode ser observada na Figura 4.4.

A detecção da Onda 4 foi realizada como demonstra a Figura 4.5.

A Onda 5 também foi detectada, vide Figura 4.6, finalizando assim a detecção das cinco Ondas de Elliott.

Observa-se que a detecção manual das Ondas de Elliott requer conhecimento aprofundado das regras de detecção. Portanto, sua utilização fica limitada a profissionais experientes nessa técnica.

4.2 Processo Automático de Detecção

Neste ítem, será apresentado as simulações para a detecção automática das Ondas de Elliott no mercado de ações. As ações da Petrobras Vista (PETR4) e Companhia Vale

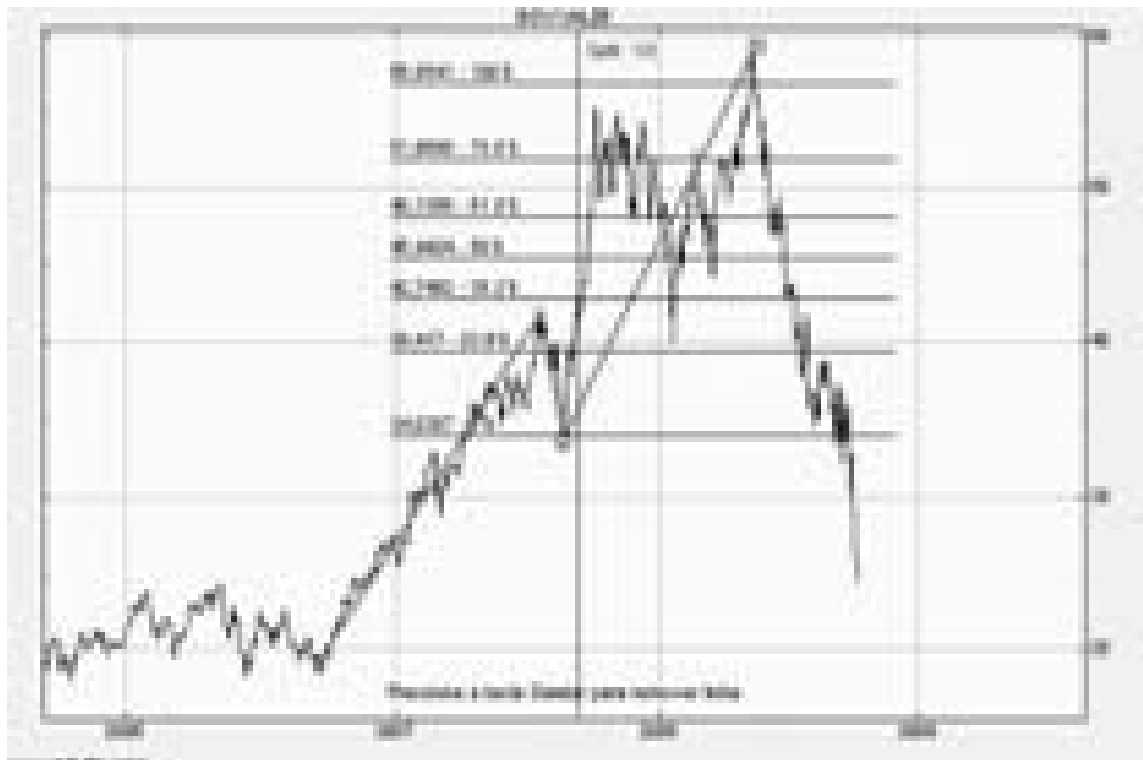


Figura 4.2: Tentativa manual de detecção da Onda 3 e 4.

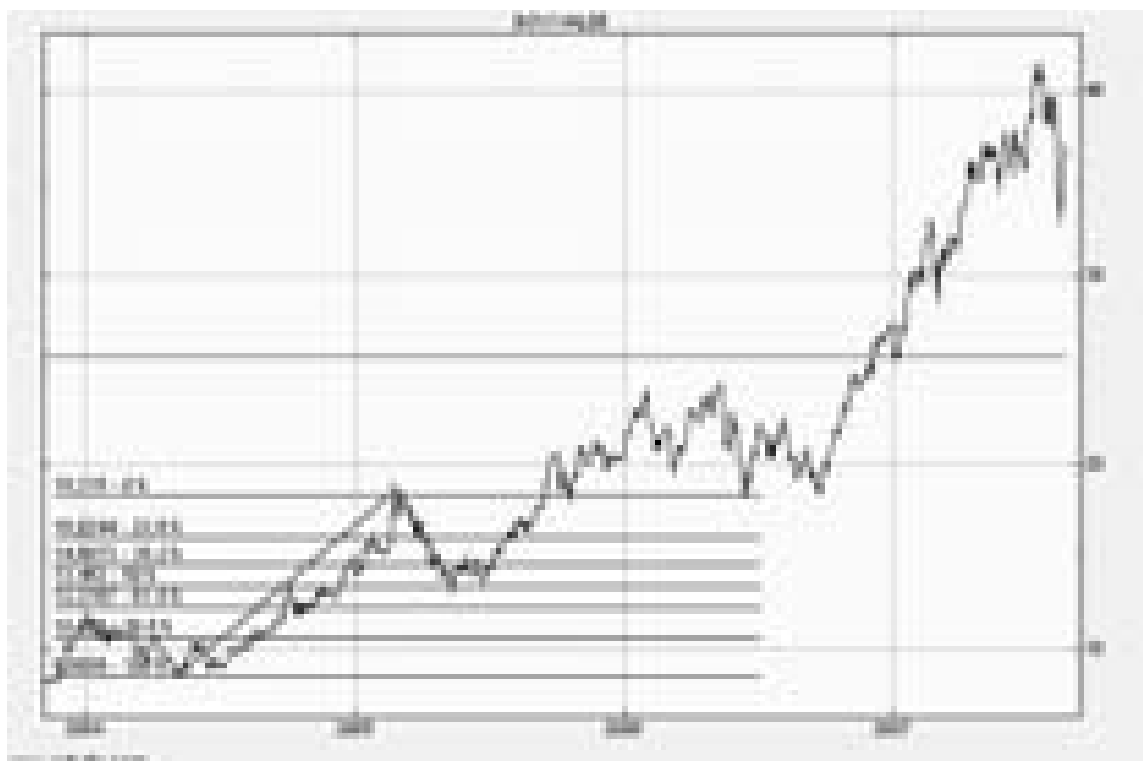


Figura 4.3: Nova Tentativa manual de detecção das ondas 1 e 2.

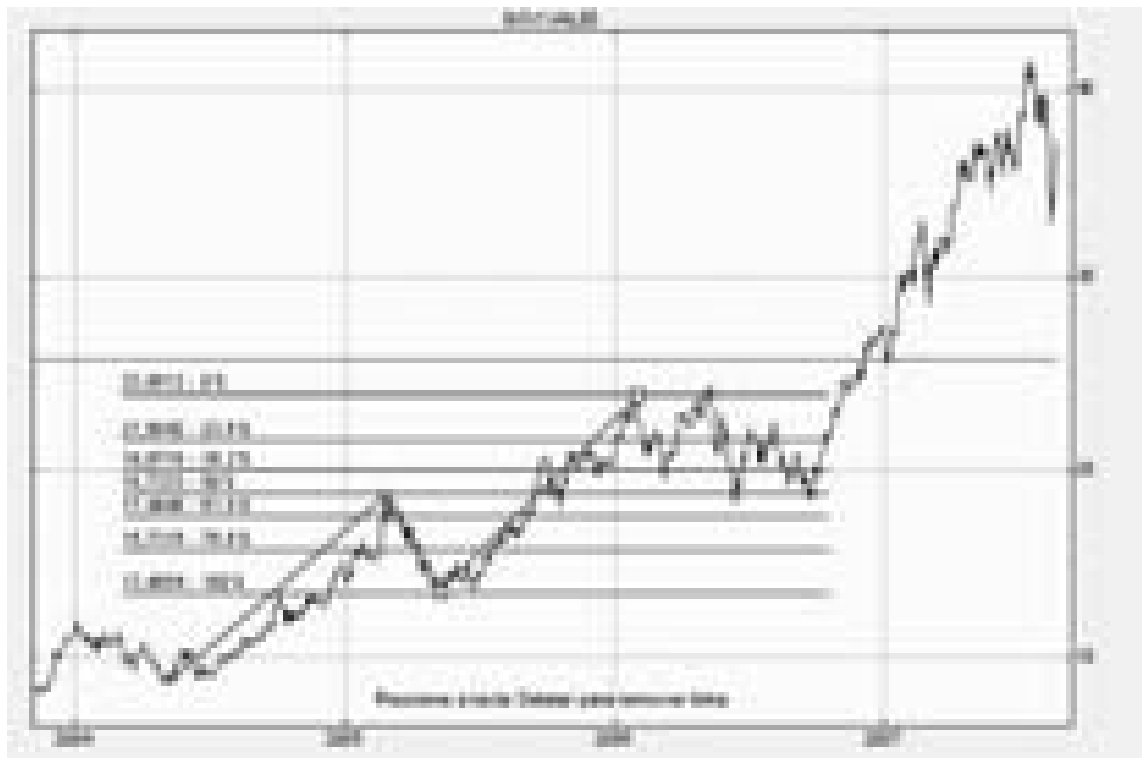


Figura 4.4: Nova Tentativa manual de detecção da Onda 3.

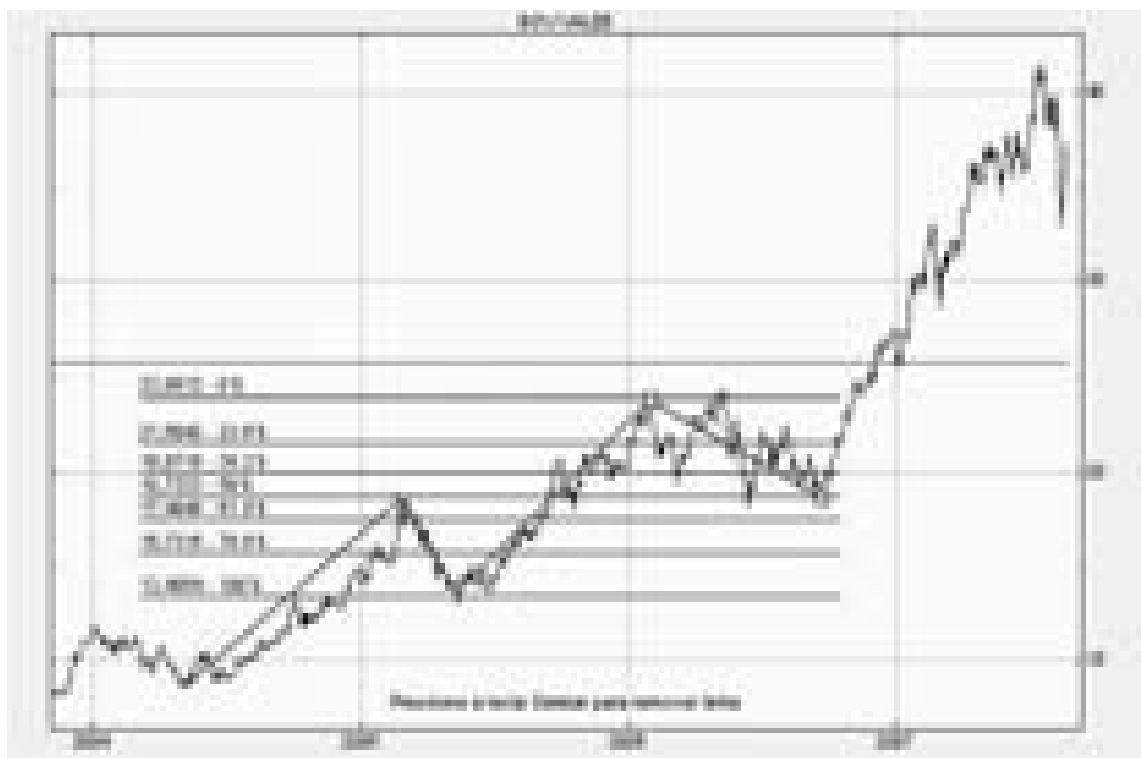


Figura 4.5: Tentativa manual de detecção da Onda 4.

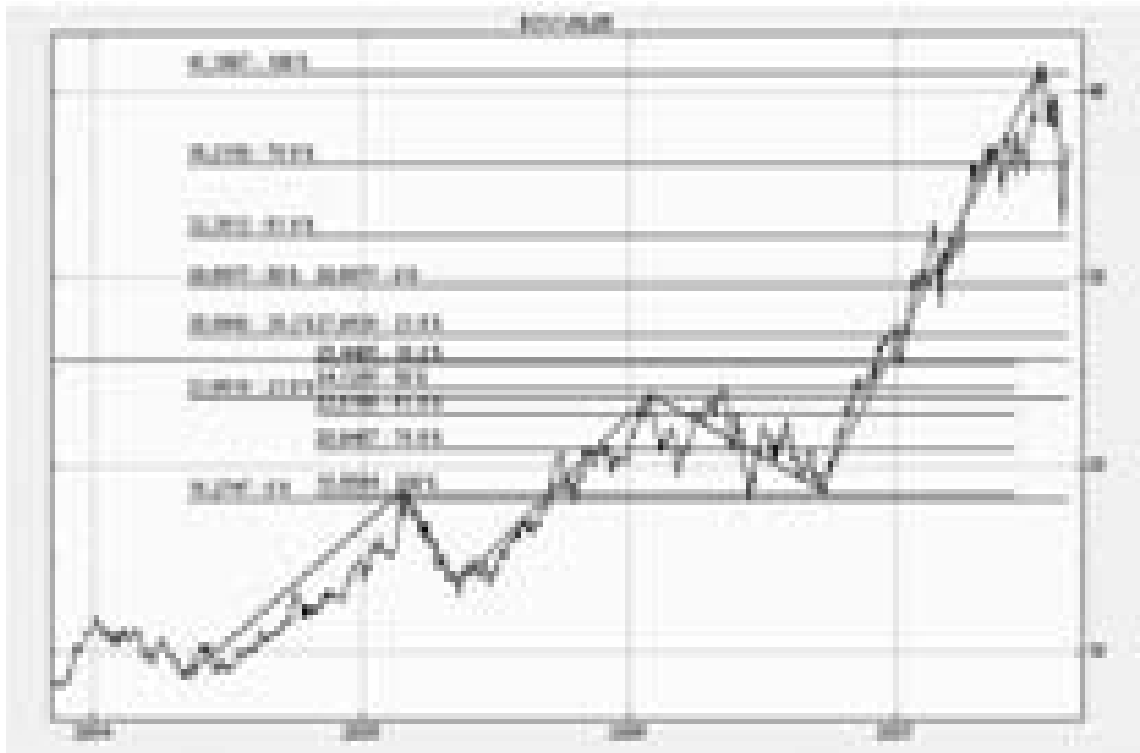


Figura 4.6: *Tentativa manual de detecção da Onda 5.*

(VALE5) foram utilizadas nas simulações devido ao seu índice de liquidez elevado.

Os dados foram coletados do sistema BroadCast desenvolvido pela Agência Estado e do site ADVFN (<http://br.advfn.com/>), utilizando-se a periodicidade diária de coleta. A informação a ser utilizada para a detecção das Ondas de Elliott no sistema será o valor da última negociação do dia.

Os dados de fechamento diários das ações podem inserir pequenos erros na detecção das Ondas de Elliott, porque o valor da ação oscila durante o pregão e só os valores de fechamento serão utilizados na análise. Para reduzir esse erro, deve-se utilizar um período de coleta menor, tais como informações a cada período de 120 minutos, 60 minutos ou a cada minuto. No Apêndice A é exibido uma simulação com o período de tempo inferior a um dia.

Os dados coletados sofreram análises de consistência, verificando a necessidade de complemento de dados incompletos e de correção das alterações do estilo de negociação, tais como os eventos de *splits*.

4.2.1 Utilização do Sistema

Para realizar os testes, deve-se primeiramente configurar o sistema quanto ao tamanho da população, a quantidade de pais a serem selecionados para continuar na

população, a periodicidade de eventos de mutação, o índice para filtrar os dados iniciais e o método de parada.

As populações estimadas para as simulações do sistema serão de 1000 ou 2000 indivíduos, com 10% destes selecionados para continuarem na população a cada evolução. A mutação será inserida em 5% ou 15% dos indivíduos criados, permitindo assim uma variabilidade genética grande e diminuindo as chances de uma convergência prematura criada pelo alto índice de elitismo. Para o filtro dos picos menos significativos será utilizado o índice de 0,1% e o método de parada utilizado para testes é o de quantidade de evolução, nesses testes fixado em 300 evoluções.

Após configurado o sistema, informa-se o nome e localização do arquivo texto com os dados da ação para o sistema iniciar a busca das Ondas de Elliott.

No fim da execução, o sistema informará ao usuário as melhores ondas geradas, manterá um banco de dados com a última população gerada, os detalhes técnicos da execução, tais como tempo de execução e número de evoluções realizadas.

4.2.2 Dados Diários da Ação da Petrobras (Vista) - PETR4

Os dados utilizados nesta simulação são da Petrobras (Vista)- PETR4 com as informações diárias de 2 de Junho de 1996 a 18 de Abril de 2008. O histórico já contempla todos os ajustes necessários na ação, tais como os *splits*.

O gráfico diário da Petrobras (Vista)- PETR4, após a adaptação aos *Splits* ocorridos, é exibido na Figura 4.7.

Como o sistema desenvolvido permite a utilização de um filtro de dados para reduzir a base de dados, o mesmo foi aplicado antes do início do processamento. O gráfico dos valores filtrados utilizando um índice de 0,1% da ação da Petrobras (VISTA) - PETR4 é demonstrado na Figura 4.8.

Observa-se, comparando-se as Figuras 4.7 e 4.8, a significativa redução do número de dados, de 2699 para 1261 registros.

Teste com população de 2000 indivíduos

Para a realização dos testes nesse item, optou pela utilização de uma população de 2000 indivíduos e seleção de 10% dos melhores indivíduos para permanecer na população seguinte.

Na Figura 4.9 é apresentada a melhor resposta encontrada pelo sistema utilizando-se os dados da Petrobras (vista) - PETR4 e um índice de mutação de 5%.

Ao comparar as regras de detecção das Ondas de Elliott com a série detectada na Figura 4.9 foi calculado um erro quadrático médio de 3,51% por ponto. Comparando a

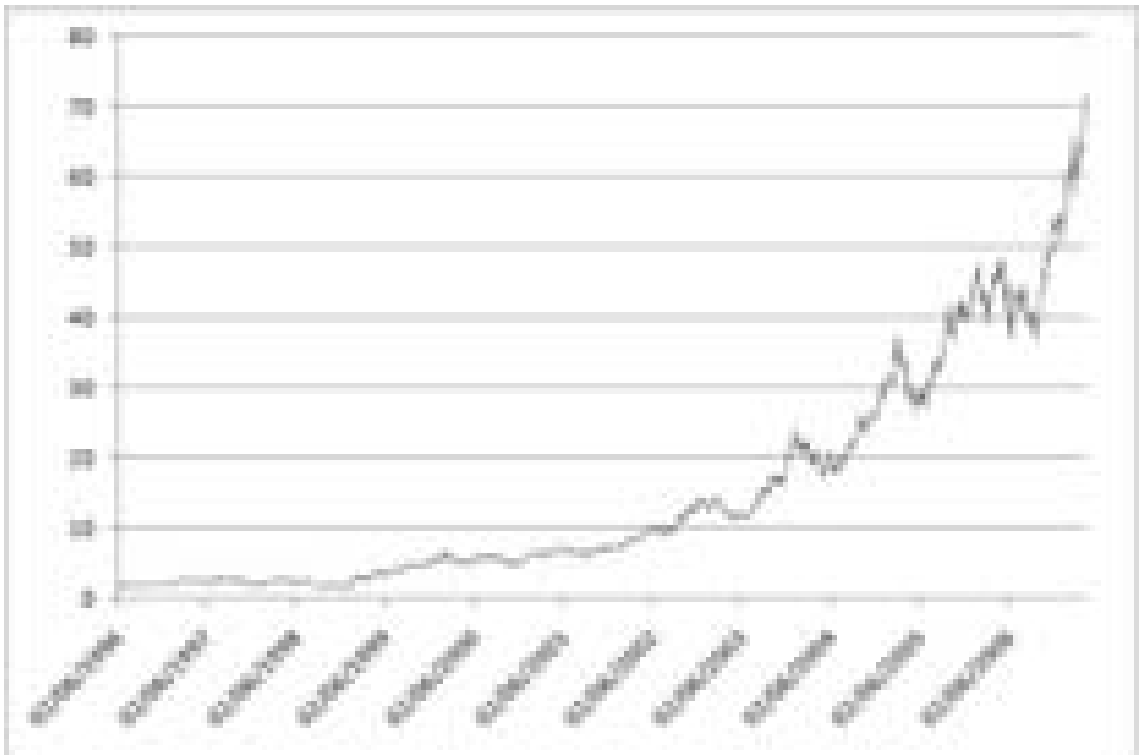


Figura 4.7: Valores diários da ação Petrobras (vista) - PETR4 com 2699 informações.

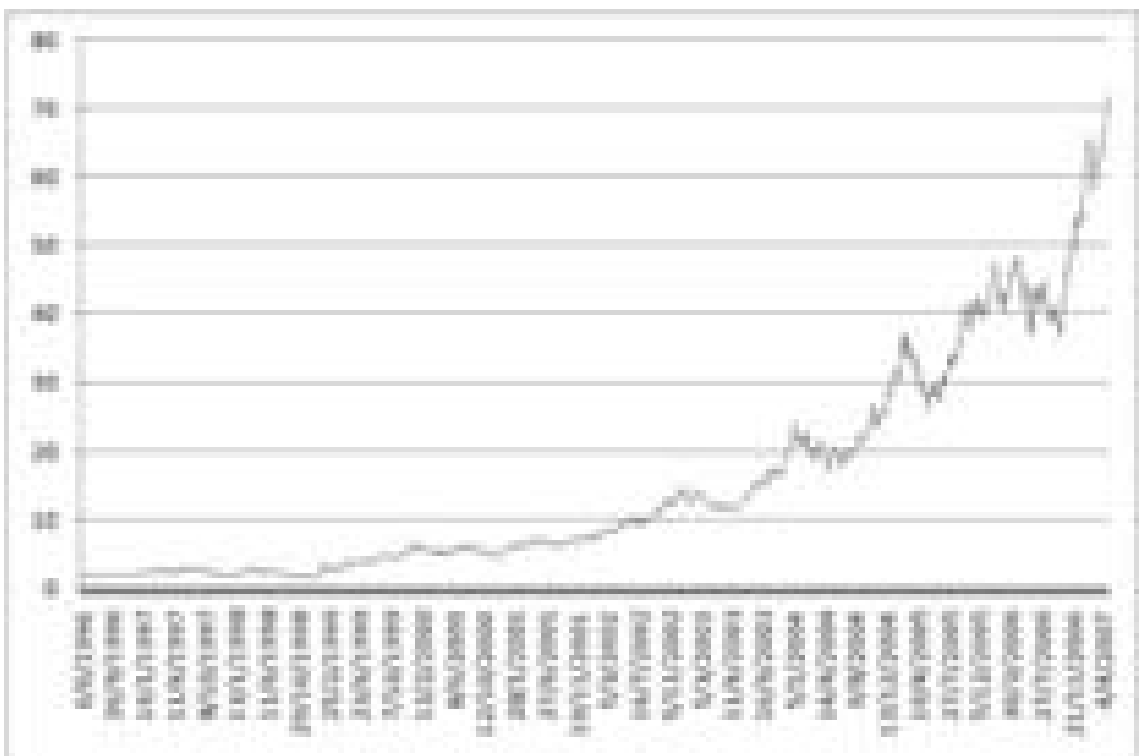


Figura 4.8: Picos filtrados da ação Petrobras (vista) - PETR4 com 1261 informações.

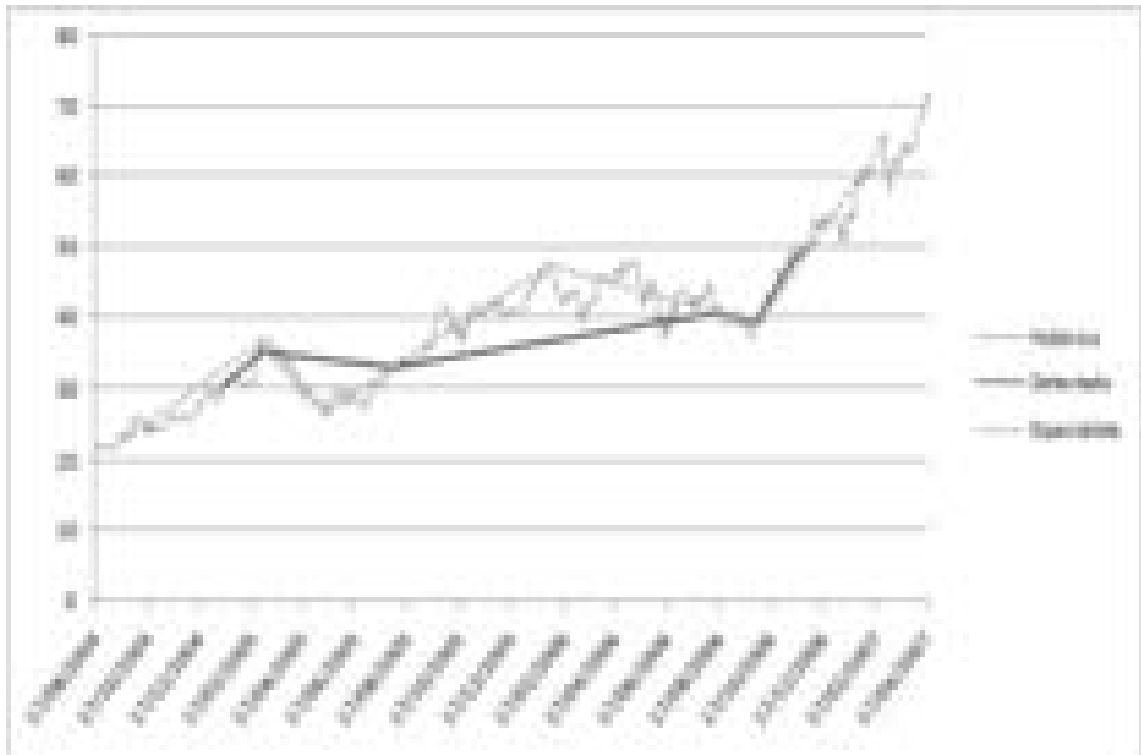


Figura 4.9: *Melhores ondas detectadas com 5% de mutação e 300 gerações.*

onda detectada pelo especialista com a onda detectada automaticamente pelo sistema, o erro quadrático médio é igual a 13,89% por ponto.

Na Figura 4.10 é exibida a melhor resposta encontrada pelo sistema utilizando-se os dados da Petrobras (vista) - PETR4 e um índice de mutação de 15%.

Ao comparar as regras de detecção das Ondas de Elliott com a série detectada na Figura 4.10 foi calculado erro quadrático médio de 1,60% por ponto. Comparando a onda detectada pelo especialista com a onda detectada automaticamente pelo sistema, o erro quadrático médio foi igual a 4,62% por ponto.

Nesse teste as melhores Ondas de Elliott descobertas foram acidentadas o que condiz com a tendência histórica observada na Figura 4.7.

Observa-se também que a mutação influenciou na resposta do sistema. Nesta simulação, quanto maior a mutação, maior a qualidade da resposta.

O tempo de processamento médio para cada evolução foi de aproximadamente 2 segundos. O tempo indicado inclui apenas o processamento das variáveis, uma vez que o período de acesso e escrita ao banco de dados não foi considerado. O Hardware utilizado para tal teste foi um notebook com processador AMD Turion 64 x2, 1.9 MHz, com 2.5 Gb de RAM.

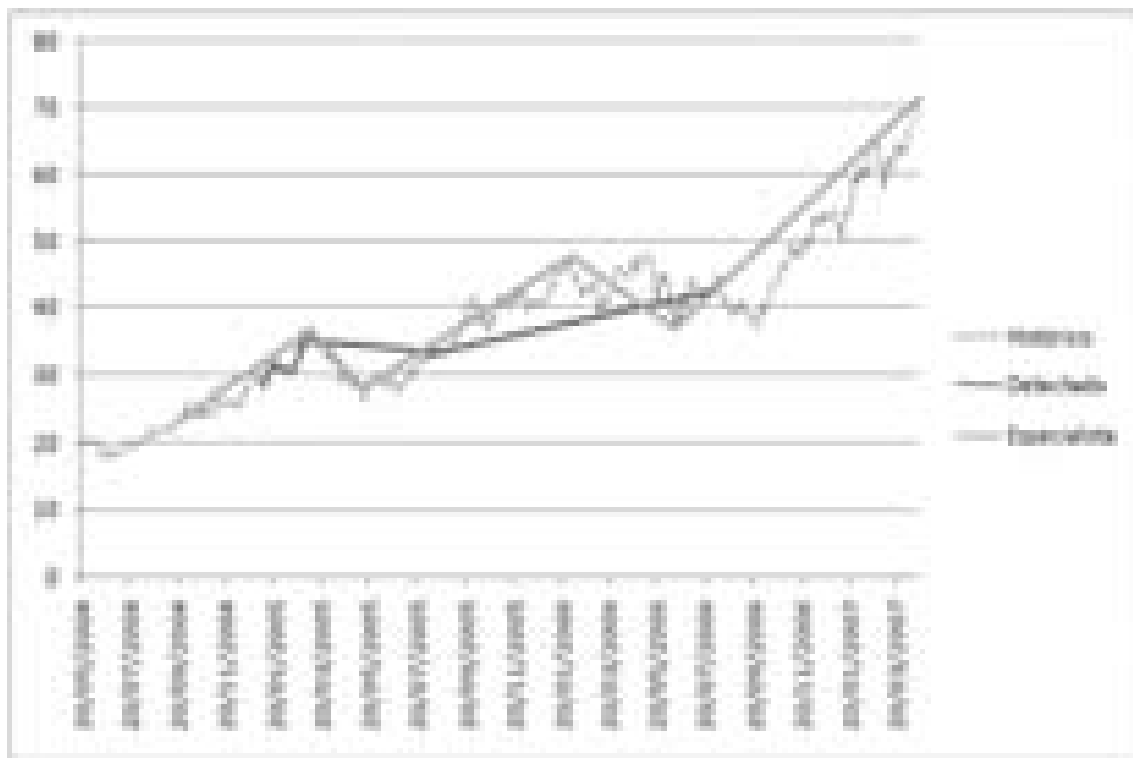


Figura 4.10: *Melhores ondas detectadas com 15% de mutação e 300 gerações.*

Teste com a população de 1000 indivíduos

Os testes realizados neste item toma como exemplo uma população de 1000 indivíduos e 10% dos melhores indivíduos da população que permanecerão na população seguinte.

Na Figura 4.11 é exibida a melhor resposta encontrada pelo sistema utilizando-se os dados da Petrobras (vista) - PETR4 e 5% de mutação.

Ao comparar as regras de detecção das Ondas de Elliott com a série detectada na Figura 4.11 foi calculado um erro quadrático médio de 4,29% por ponto. Comparando a onda detectada pelo especialista com a onda detectada automaticamente pelo sistema, o erro quadrático médio é igual a 3,75% por ponto.

Na Figura 4.12 é exibida a melhor resposta encontrada pelo sistema utilizando-se os dados da Petrobras (vista) - PETR4 e 15% de mutação.

Ao comparar as regras de detecção das Ondas de Elliott com a série detectada na Figura 4.12 foi calculado o erro quadrático médio de 2,61% por ponto. Comparando a onda detectada pelo especialista com a onda detectada automaticamente pelo sistema, o erro quadrático médio é igual a 4,23% por ponto.

Observa-se novamente que o aumento da mutação influenciou positivamente no desempenho do sistema quando consideramos apenas a melhor resposta encontrada.

Nesse teste as melhores Ondas de Elliott descobertas também foram acidentadas,

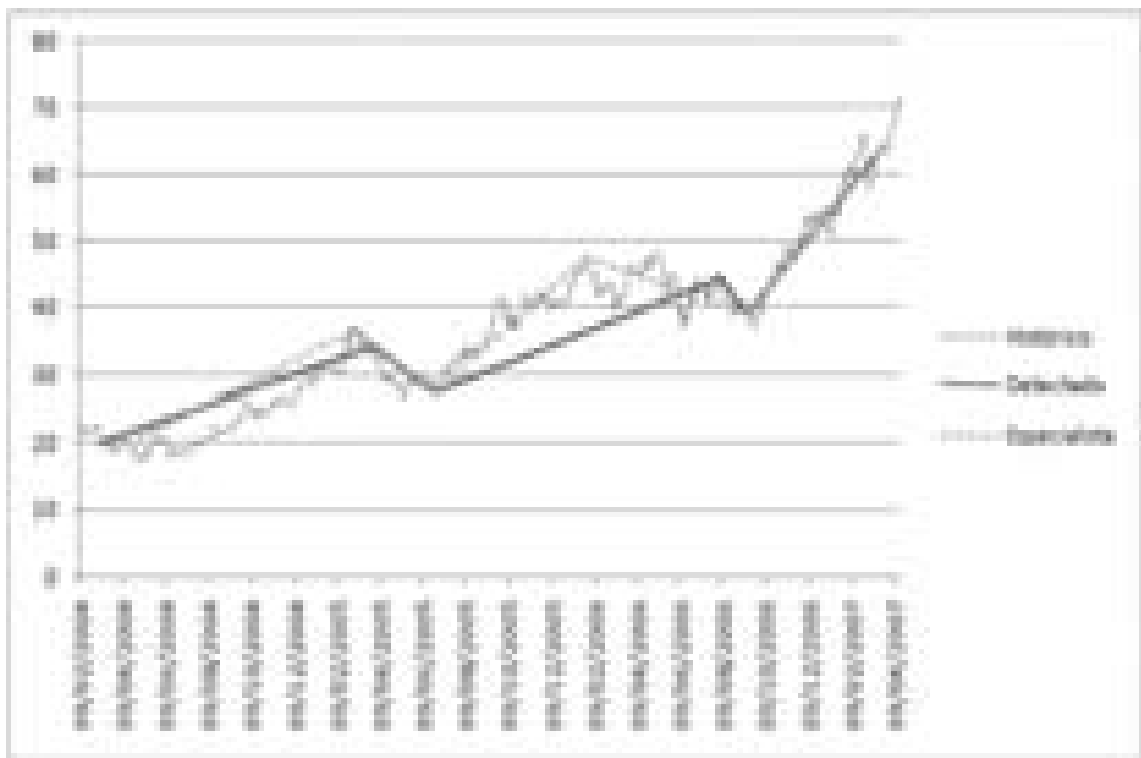


Figura 4.11: *Melhores ondas detectadas com 5% de mutação e 300 gerações.*

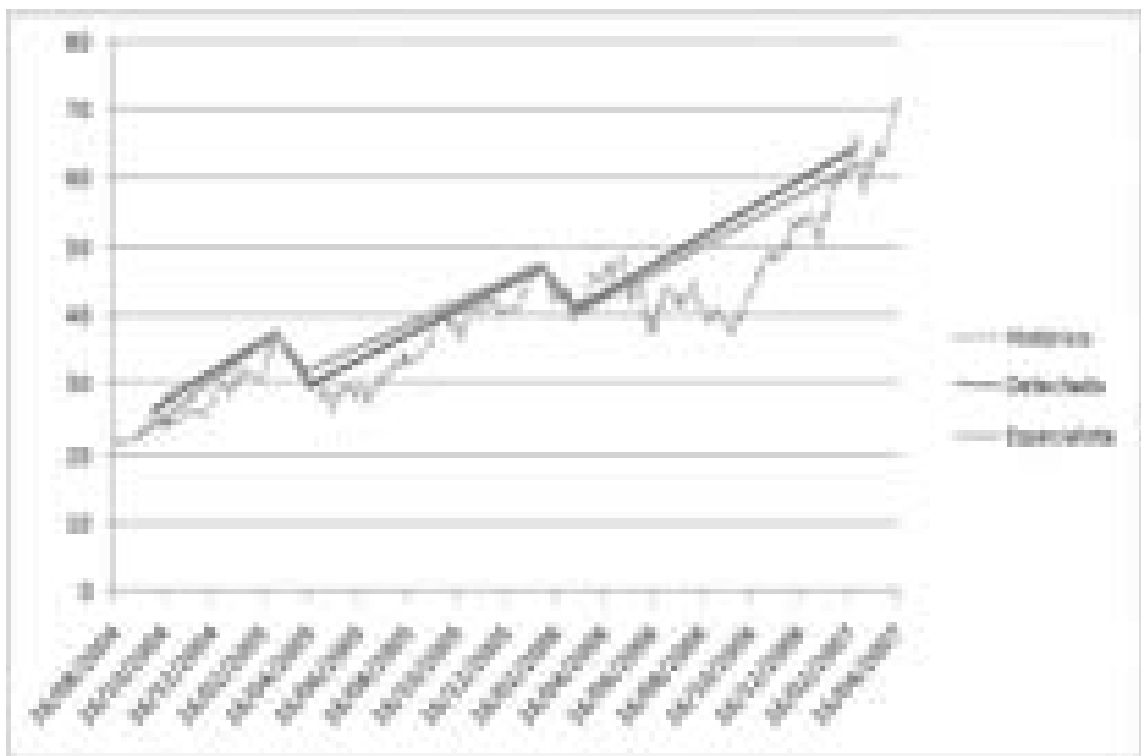


Figura 4.12: *Melhores ondas detectadas com 15% de mutação e 300 gerações.*

o que condiz com a tendência histórica que podemos observar na Figura 4.7.

O tempo de processamento médio para cada evolução foi menor que 1 segundos. O tempo indicado inclui apenas o processamento das variáveis, uma vez que o período de acesso e escrita ao banco de dados não foi considerado. O Hardware é o mesmo citado anteriormente

4.2.3 Dados Diários da Ação da Companhia Vale - VALE5

Os dados utilizados nessa simulação são da Companhia Vale - VALE5 com as informações diárias de 3 de Junho de 1996 a 23 de junho de 2008.

O gráfico dos valores diários da Companhia Vale - VALE5 encontra-se na Figura 4.13.

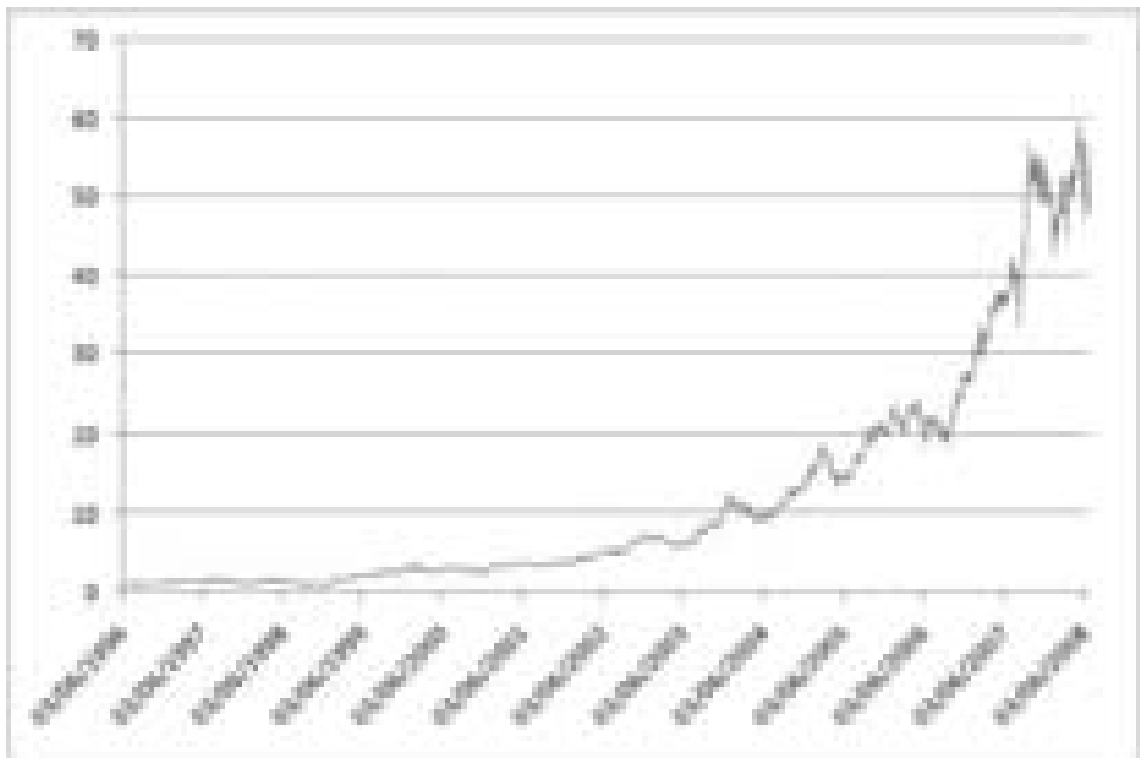


Figura 4.13: Valores diários da ação da Companhia Vale - VALE5 com 2978 informações.

O gráfico dos valores filtrados utilizando um índice de 0,1% da ação da Vale - VALE5 encontra-se na Figura 4.14:

Comparando as Figuras 4.13 e 4.14, observa-se uma significativa redução do numero de dados, de 2978 para 1520.

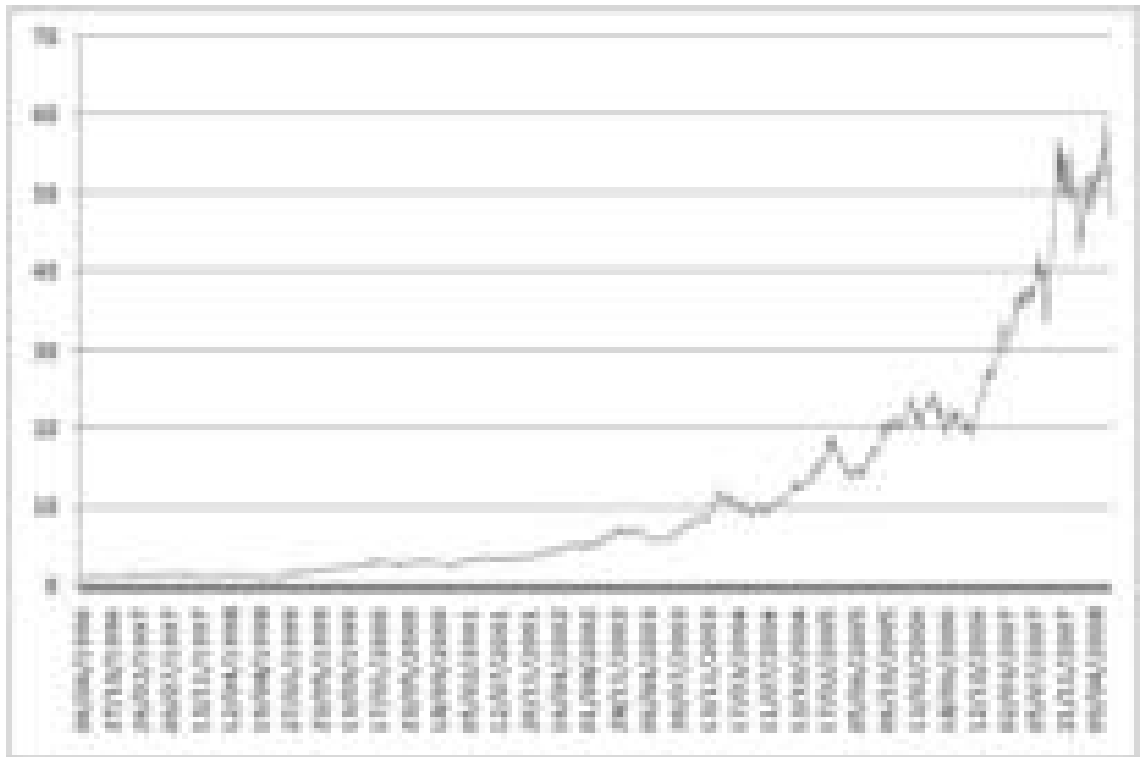


Figura 4.14: *Picos filtrados da ação da Companhia Vale - VALE5 com 1520 informações.*

Teste com a população de 2000 indivíduos

Os testes realizados neste item tem como exemplo uma população de 2000 indivíduos e 10% dos melhores indivíduos para que permanecer na população seguinte.

Na Figura 4.15 é exibida melhor resposta encontrada pelo sistema utilizando-se os dados da cotação diária Companhia Vale - VALE5 e uma mutação de 15%.

Ao comparar as regras de detecção das Ondas de Elliott com a série detectada na Figura 4.15 foi calculado um erro quadrático médio igual a 1,67% por ponto. Não foi possível detectar uma onda completa pelo especialista no período analisado.

Na Figura 4.16 é exibida outra melhor resposta encontrada pelo sistema utilizando-se os dados da cotação diária Companhia Vale - VALE5 e uma mutação de 5%.

Ao comparar as regras de detecção das Ondas de Elliott com a série detectada na Figura 4.16 foi calculado um erro quadrático médio igual a 1,5% por ponto. Comparando a onda detectada pelo especialista com a onda detectada automaticamente pelo sistema, o erro quadrático médio é igual a 7,67% por ponto.

O tempo de processamento médio para cada evolução foi aproximadamente 2 segundos. Esse tempo inclui apenas o processamento das variáveis, uma vez que o período de acesso e escrita ao banco de dados não foi considerado. O Hardware foi o mesmo citado anteriormente.

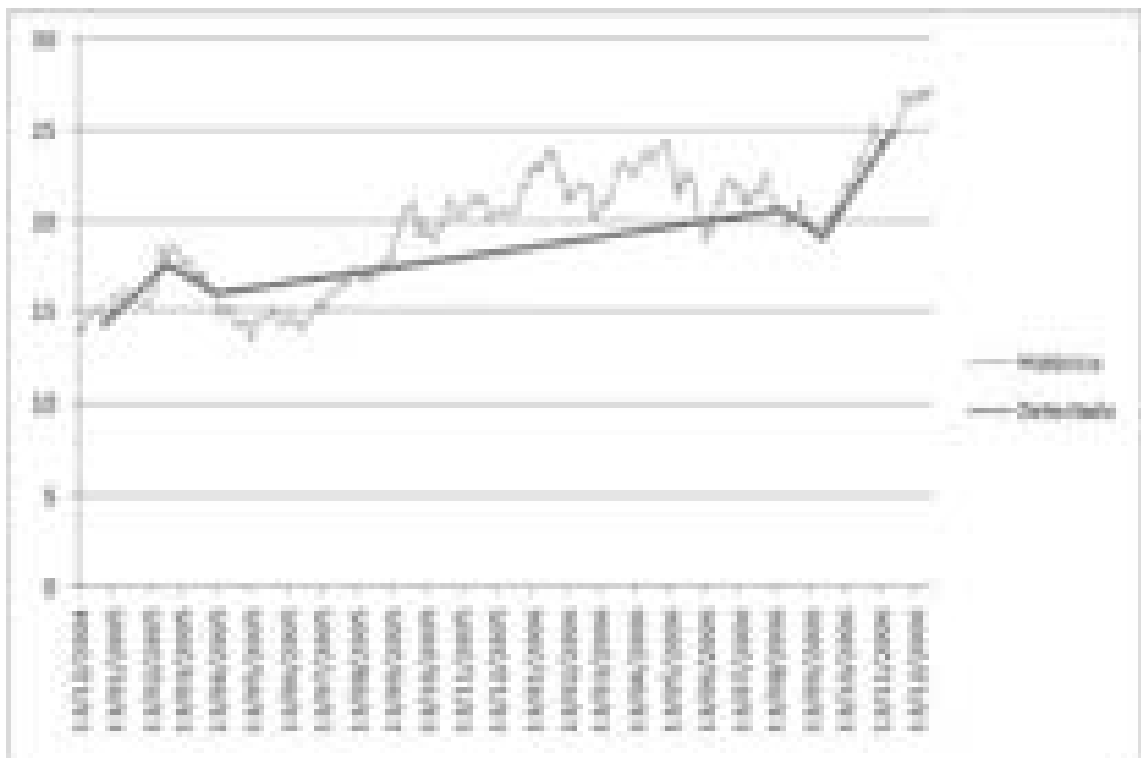


Figura 4.15: *Melhores ondas detectadas pelo sistema com 15% de mutação e 300 gerações.*

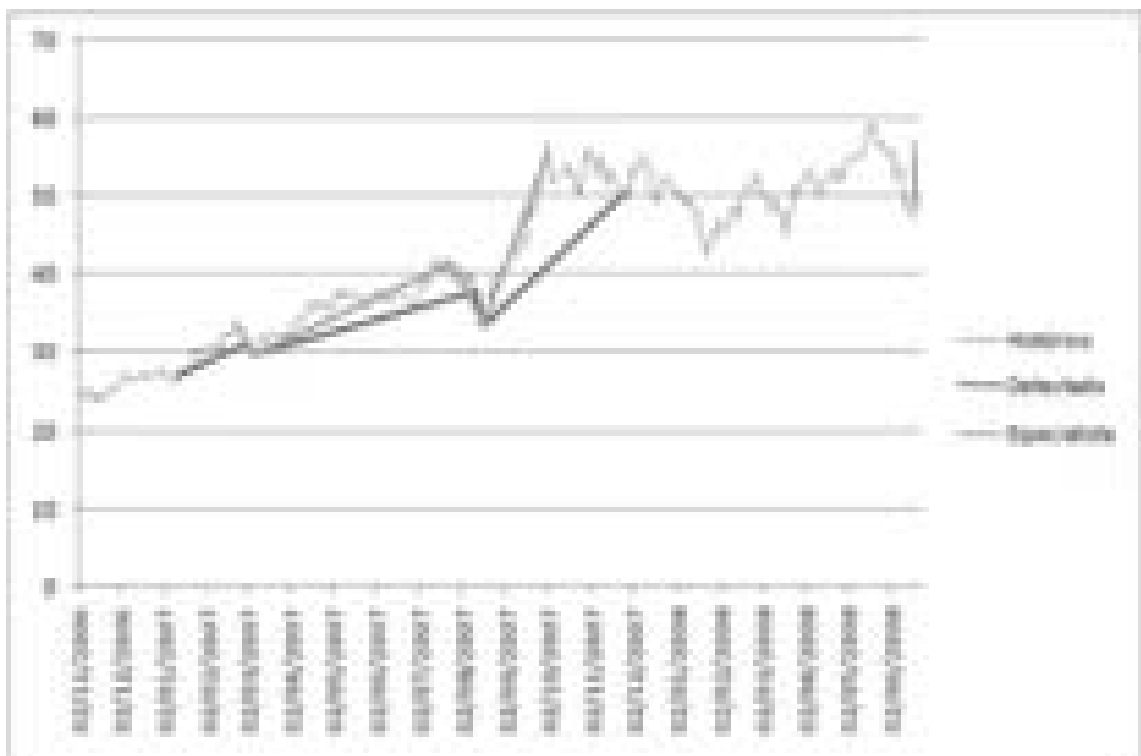


Figura 4.16: *Melhores ondas detectadas pelo sistema com 5% de mutação e 300 gerações.*

Teste com a população de 1000 indivíduos

Os testes realizados nesse item toma como exemplo uma população de 1000 indivíduos e 10% dos melhores indivíduos que permanecerão na população seguinte.

Na Figura 4.17, é exibida a melhor resposta encontrada pelo sistema utilizando-se os dados da cotação diária Vale - VALE5 e mutação de 15%.

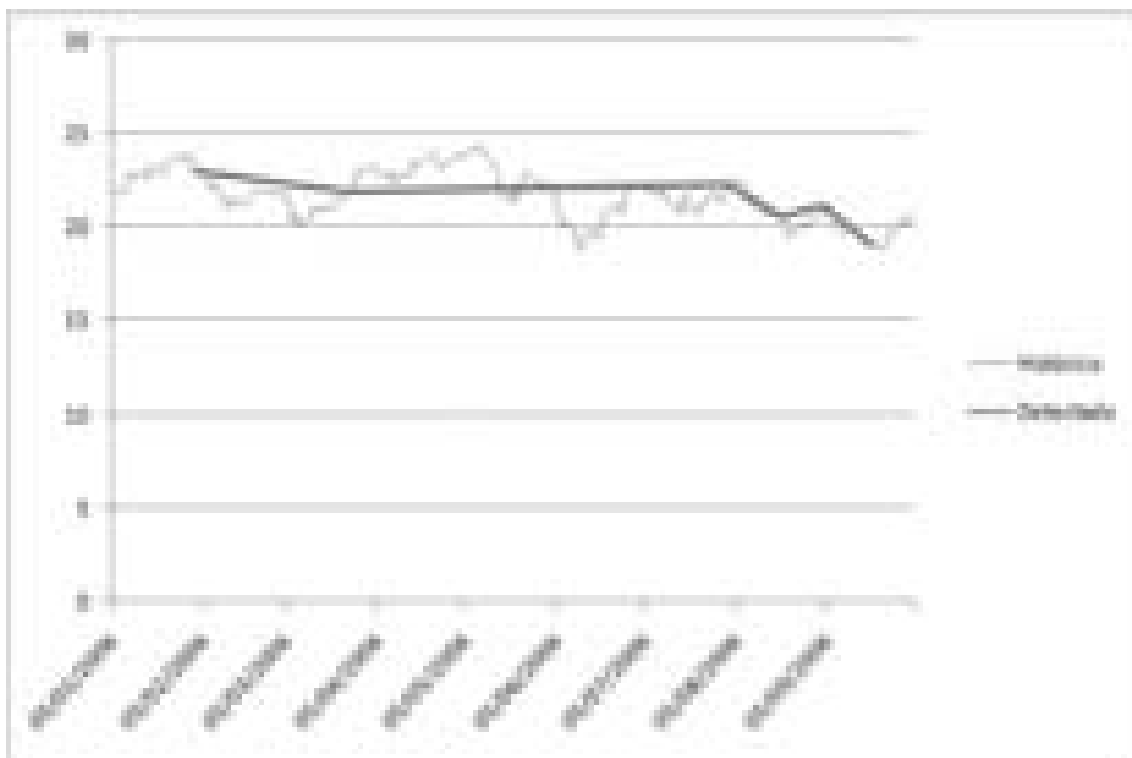


Figura 4.17: *Melhor onda detectada pelo sistema com 15% de mutação e 300 gerações.*

Ao comparar as regras de detecção das Ondas de Elliott com a série detectada na Figura 4.17 foi calculado o erro quadrático médio de 2,65% por ponto. Não foi possível encontrar uma onda com especialista no período apresentado na Figura 4.17.

Na Figura 4.18, apresentam-se as duas melhores respostas encontradas pelo sistema utilizando-se os dados da cotação diária Vale - VALE5 e mutação de 5%.

Ao comparar as regras de detecção das Ondas de Elliott com a série detectada na Figura 4.18 possui um erro quadrático médio igual a 1,28% por ponto. Comparando a onda detectada pelo especialista com a onda detectada automaticamente pelo sistema, o erro quadrático médio é igual a 7,71% por ponto.

O tempo de processamento médio para cada evolução foi menor que 1 segundos. Esse tempo inclui apenas o processamento das variáveis, uma vez que o período de acesso e escrita ao banco de dados não foi considerado.

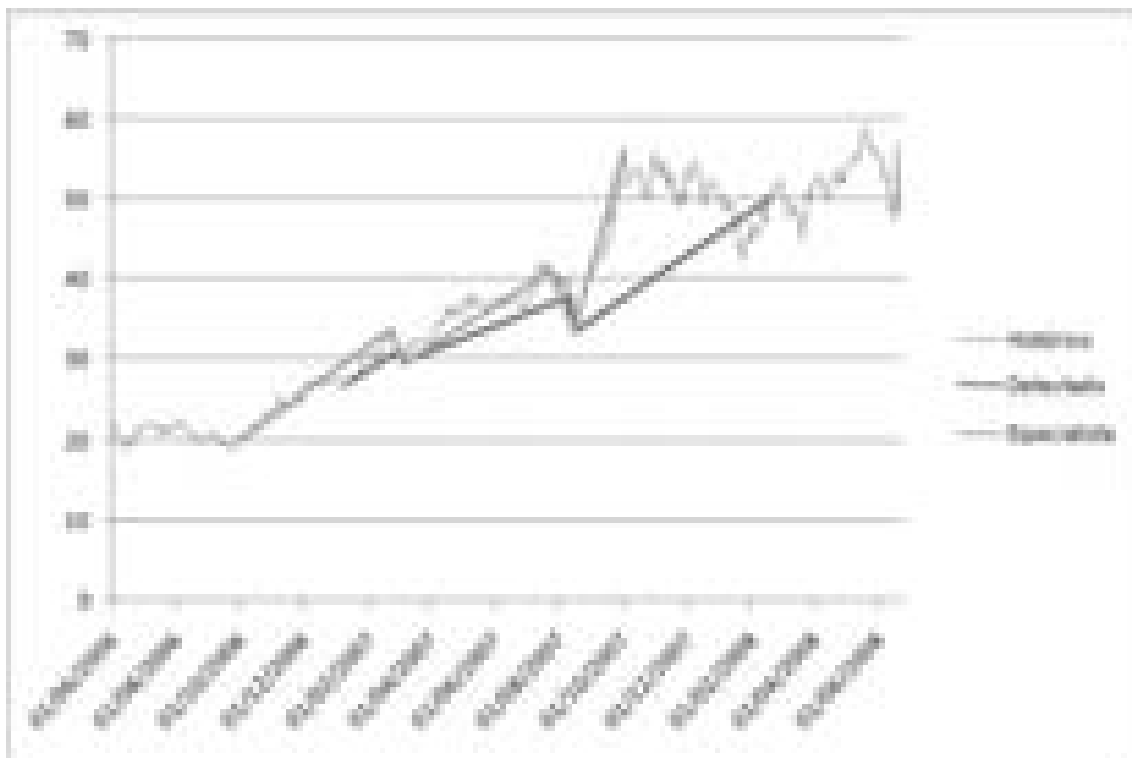


Figura 4.18: *Melhor onda detectada pelo sistema com 5% de mutação e 300 gerações.*

4.3 Análise das Simulações

O método manual permite uma seleção melhor do período de análise, visto que os pontos de início da análise são selecionados considerando a zona de análise a ser utilizada, pois as zonas de análise do sistema automático não são predeterminadas.

A detecção automática informa o erro quadrático médio dos pontos das ondas detectadas em relação à onda esperada, enquanto na detecção manual esse indicador não existe, criando uma incerteza sobre a análise efetuada.

As simulações automáticas revelaram que o sistema de detecção automática descobriu ondas que são aceitas pelas regras das Ondas de Elliott para todas as séries apresentadas.

Conclusão

5.1 Considerações Gerais

Desde a última década os Algoritmos Genéticos têm sido empregados como estruturas computacionais para apoiar a tomada de decisão e sua popularidade cresce em diversas áreas como engenharia, análise financeira, estatística, processamento de sinais e agora no mercado acionário.

A BM&FBOVESPA está sendo valorizada internacionalmente, tal como pode ser observado com a recente mudança da nota de risco de investimento realizada pela empresa Standard & Poor's, atraindo cada vez mais investidores ao mercado brasileiro. A ferramenta baseada nas técnicas descritas neste trabalho é de extremo valor para esses investidores.

5.2 Principais Contribuições

Este trabalho implementou e testou uma proposta de busca automática das Ondas de Elliott no mercado BOVESPA, pertencente a BM&FBOVESPA, mais especificamente, utilizando-se da técnica de Algoritmos Genéticos para realizar esta busca.

A hipótese básica foi confirmada visto que as Ondas de Elliott foram detectadas pelo sistema proposto e desenvolvido neste trabalho. Os testes realizados no sistema apresentaram soluções satisfatórias, com um índice de erro aceitável.

5.3 Trabalhos Futuros

Um dos possíveis trabalhos que pode ser desenvolvido na área estudada é a utilização de paralelismo na evolução genética, gerando um ganho de performance, permitindo sua utilização em sistemas autônomos de investimento em tempo real.

Outro estudo é a detecção de todas as ondas e não apenas das ondas de um a cinco.

A análise das Ondas de Elliott é muito utilizada também em mercados de Forex (câmbio) e outros mercados. É possível utilizar o sistema proposto em outros mercados financeiros, tais como nas bolsas de mercadoria e futuro, negociações de commodities, derivativos (opções, mercado a termo, mercado futuro) e mercado de Forex.

Pode ser analisado a inserção de um ponto de controle de início da detecção da Onda de Elliott, onde o sistema irá detectar as Ondas de Elliott que mais de aproximam do ponto inicial definido.

A definição de um novo método de parada do algoritmo genético pode permitir uma melhor resposta do sistema e uma possível melhora de desempenho.

A criação de um ou de vários métodos de avaliação inteligentes, tal como a utilização de Redes Neurais Artificiais, para a avaliação das ondas de geradas pode ser uma ação contributiva da maior relevância na área tecnológica.

A alteração do sistema para detectar a onda atual, ou seja, a um programa que indica a onda que está se formando agora, auxiliando o investidor se é momento de compra ou venda de suas ações.

Finalmente, em que pese às possíveis divergências quando à importância desses estudos, convém ter presente a necessidade de avançar os estudos na área tecnológica em benefício da sociedade como um todo.

Referências Bibliográficas

- [Achelis 2000]ACHELIS, S. B. *Technical Analysis from A to Z*. [S.l.]: McGraw-Hill, 2000.
- [Aloimonos 1995]ALOIMONOS, T. D. e Y. *Artificial Intelligence Theory and Practice*. [S.l.]: Addison Wesley Publishing Company, 1995.
- [ANCOR 2007]ANCOR. *Agente autônomo de investimentos*. [S.l.]: ANCOR, 2007.
- [Bayer 1940]BAYER, G. *Secret of forecasting values*. [S.l.]: Carmel, California, 1940.
- [Belew 1997]BELEW, R. *Foundations of genetic algorithms*. [S.l.]: Morgan Kaufmann, 1997.
- [Bern et al. 1999]BERN, M. et al. Emerging Challenges in Computational Topology. *Arxiv preprint cs.CG/9909001*, 1999.
- [BM&FBOVESPA 2008]BM&FBOVESPA. *Weblink da Bolsa de Valores, Mercadorias e Futuros*. Acessado em Maio 2008. Disponível em: <<http://www.bovespa.com.br>>.
- [Chaves 2004]CHAVES, D. *ANÁLISE TÉCNICA E FUNDAMENTALISTA: DIVERGÊNCIAS, SIMILARIDADES E COMPLEMENTARIEDADES*. Tese (Doutorado) — Universidade de São Paulo, 2004.
- [Chen 2007]CHEN, T.-L. Fuzzy time-series based on fibonacci sequence for stock price forecasting. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, v. 380, p. 377–390, 2007.
- [Coley 2003]COLEY, D. A. *Introduction to Genetic Algorithms*. 3. ed. [S.l.]: The MIT Press, 2003.
- [Collins 1998]COLLINS, C. J. *Elliott Wave Principle*. [S.l.]: New Classics Library, 1998.
- [Cormen 2001]CORMEN, T. *Algoritmos - Teoría e Prática*. [S.l.]: Campus, 2001.
- [Cormen 2000]CORMEN, T. H. *Introduction to algorithms*. [S.l.]: Mcgrawhill, 2000.
- [Costa 1998]COSTA, S. F. *Introdução ilustrada à estatística*. 3. ed. [S.l.]: Harbra, 1998.

- [Deoke 2000]DEOKE, C. *Elliott Wave Simplified*. Columbia, MD: Marketplace Books, 2000.
- [EDUCACIONAL 2008]EDUCACIONAL, C. *Glossário Financeiro*. [S.l.]: CMA EDUCACIONAL, 2008.
- [Ehlers 2001]EHLERS, J. F. *Rocket science for traders*. [S.l.]: John Wiley & Sons, INC, 2001.
- [Elder 1993]ELDER, A. *Trading for a living*. 1. ed. [S.l.]: John Wiley & Sons, INC, 1993.
- [Elder 2004]ELDER, A. *Como se transformar em um operador e investidor de sucesso*. [S.l.]: Campus, 2004.
- [Eng 1993]ENG, W. F. *The day traders manual - theory, art, and science of profitable short term investing*. [S.l.]: John Wiley & Sons, INC, 1993.
- [FABOZZI 2004]FABOZZI, F. J. *Short Selling - Strategies, Risks, and Rewards*. [S.l.]: John Wiley and Sons, Inc., 2004.
- [Fisher 1993]FISHER, R. *Fibonacci applications and strategies for traders*. [S.l.]: John Wiley and Sons, inc., 1993.
- [Franklin 1997]FRANKLIN, S. *Artificial Minds*. [S.l.]: The MIT Press, 1997.
- [Gamma 2000]GAMMA, E. *Design Patterns Elements of reusable object-oriented software*. [S.l.]: Addison Wesley, 2000.
- [Ghozeil 1997]GHOZEIL, F. e. A note on representations and variation operators. *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*, v. 1, p. 159–161, 1997.
- [Gitman 2002]GITMAN, L. J. *Princípio de administração financeira*. 7. ed. [S.l.]: Harbra, 2002.
- [Goldberg 1989]GOLDBERG, D. E. *Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning*. [S.l.]: Addison-Wesley, 1989.
- [Goldberg 2002]GOLDBERG, D. E. *The design of innovation - Lessons from and for competent Genetic Algorithms*. [S.l.]: Kluwer Academic Publisher, 2002.
- [HAMON 1986]HAMON, J. D. *Advanced Commodity Trading Techniques*. [S.l.]: Windsor Books, 1986.
- [Holland 1975]HOLLAND, J. *Adaption in Natural and Artificial Systems*. [S.l.]: University of Michigan Press, 1975.
- [Ishikawa 2000]ISHIKAWA, S. *Mercado financeiro e de capitais*. [S.l.]: Atlas, 2000.

- [Joseph 1996]JOSEPH, T. *A mechanical Trading System*. Akron, Ohio, USA: Trading Techniques, Inc., 1996.
- [Jr e Neves 2000]JR, N. da C.; NEVES, M. das. Variáveis Fundamentalistas e os Retornos das Ações. *Revista Brasileira de Economia*, v. 54, n. 1, 2000.
- [Knight 1994]KNIGHT, E. R. e K. *Inteligência Artificial*. 2. ed. [S.I.]: Makron Books, 1994.
- [Lakatos 2001]LAKATOS, E. M. *Fundamentos da metodologia científica*. 4. ed. [S.I.]: Atlas, 2001.
- [Lapponi 2000]LAPPONI, J. C. *Estatística usando excel*. [S.I.]: Lapponi Editora, 2000.
- [MARKENZON 1994]MARKENZON, L. *Estruturas de Dados e Seus Algoritmos*. [S.I.]: LTC, 1994.
- [Matske 2001]MATSKE, P. *Integration of Gann, Elliott, and Fibonacci Techniques*. 2001. Artigo - <http://www.ensignsoftware.com/tips/tradingtips19.htm>.
- [Neto 2002]NETO, A. A. *Estrutura e análise de balanços: um enfoque econômico financeiro*. 7. ed. [S.I.]: Atlas, 2002.
- [Nison 1991]NISON, S. *Japanese Candlestick Chanting Techniques*. [S.I.]: New York Institute of Finance, 1991.
- [NORVIG 2003]NORVIG, P. *Artificial Intelligence: a Modern Approach*. [S.I.]: CAMPUS, 2003.
- [Oh, Lee e Moon 2004]OH, I.; LEE, J.; MOON, B. Hybrid Genetic Algorithms for Feature Selection. *IEEE TRANSACTIONS ON PATTERN ANALYSIS AND MACHINE INTELLIGENCE*, IEEE Computer Society, p. 1424–1437, 2004.
- [O’Neil 1995]O’NEIL, W. J. *How to make money in stocks*. [S.I.]: McGraw-Hill, Inc., 1995.
- [Saffi 2003]SAFFI, P. Análise técnica: sorte ou realidade? *Revista Brasileira de Economia*, SciELO Brasil, v. 57, p. 953–974, 2003.
- [Sahni 1986]SAHNI, E. H. e S. *Fundamentos de Estrutura de dados*. 2. ed. [S.I.]: CAMPUS, 1986.
- [Santos et al. 2007]SANTOS, J. et al. Seleção de atributos usando algoritmos genéticos para classificação de regiões. *Anais*, City São José dos Campos, p. 6143–6150, 2007.
- [Weissman 1996]WEISSMAN, R. L. *A mechanical Trading System, Pairing Trader Psychology with Technical Analysis*. USA: John Wiley and Sons, Inc., 1996.

[Willians 2003]WILLIANS, A. S. *Estatística aplicada à administração e economia*. 2. ed. [S.l.]: Pioneira, 2003.

[Withley 1995]WITHLEY, D. A genetic algorithm tutorial. *Department of Computer Science. Colorado State University*, 1995.

Níveis Complementares das Ondas de Elliott

Para verificar a existência de níveis complementares (fractais) nas Ondas de Elliott foram realizadas duas simulações descritas a seguir.

A.1 Teste com Dados em 120 Minutos da Petrobras (Vista) - PETR4

Foi realizado a coleta de informações da ação da Petrobras (Vista) - PETR4 com período de tempo entre as coletas de 120 minutos

Observa-se que a Onda 5 da “Série detectada” na Figura 4.9, item 4.2.2, está contida no período de agosto de 2006 a outubro de 2007. Portanto se o teste detectar as cinco Ondas de Elliott neste período, será possível demonstrar que os níveis complementares existem.

Na Figura A.1 encontram-se os registrados os dados históricos em 120 minutos da Petrobras (Vista).

Na Figura A.2 somente os picos filtrados com nível de 3% dos dados históricos em 120 minutos da Petrobras (Vista) são visualizados.

Houve uma significativa redução dos dados apresentados, de 1974 para 907 informações.

Após o processamento dos dados, foi detectado a série das Ondas de Elliot disponíveis na Figura A.3.

Ao compararmos a onda detectada possui na Figura A.3 com as regras de validação das Ondas de Elliot, foi calculado um erro quadrático médio por ponto de 1,13%, inferior aos erros encontrados nas simulações realizadas no item 4.2.2. A diminuição desse erro ocorre principalmente devido à diminuição do intervalo dos dados em análise.

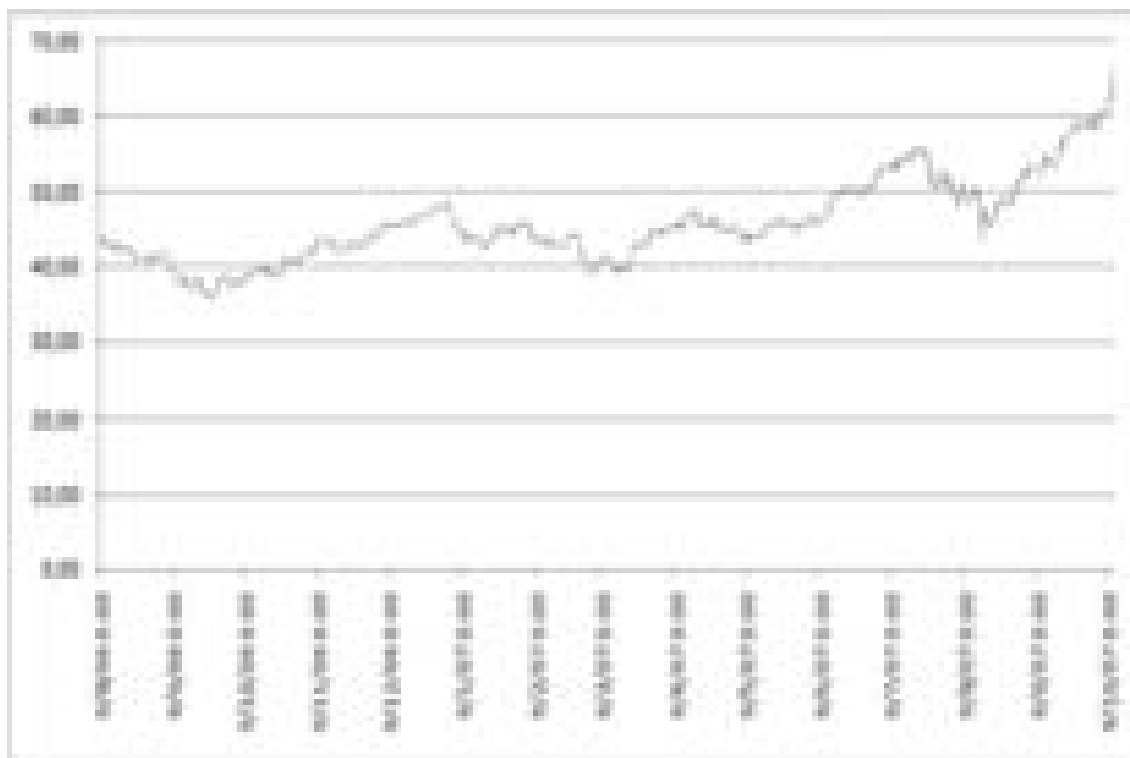


Figura A.1: *Dados em 120 Minutos da Petrobras (Vista) Não Filtrado.*

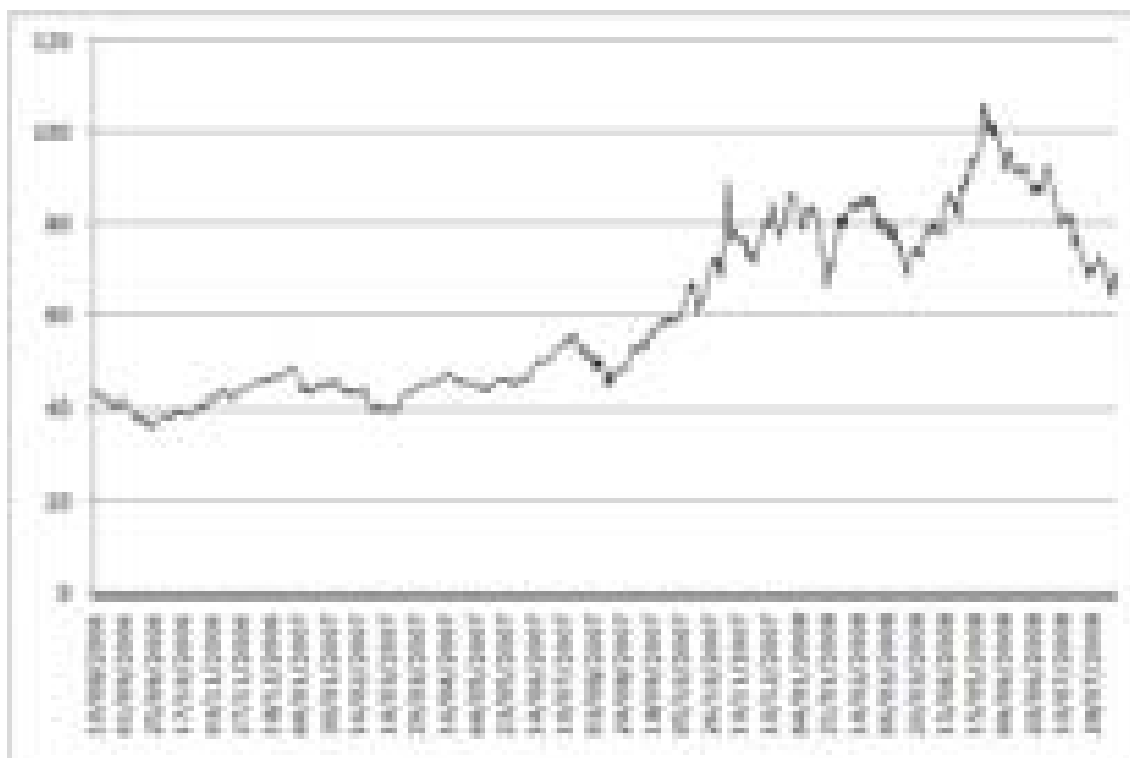


Figura A.2: *Dados em 120 Minutos da Petrobras (Vista) Filtrado.*

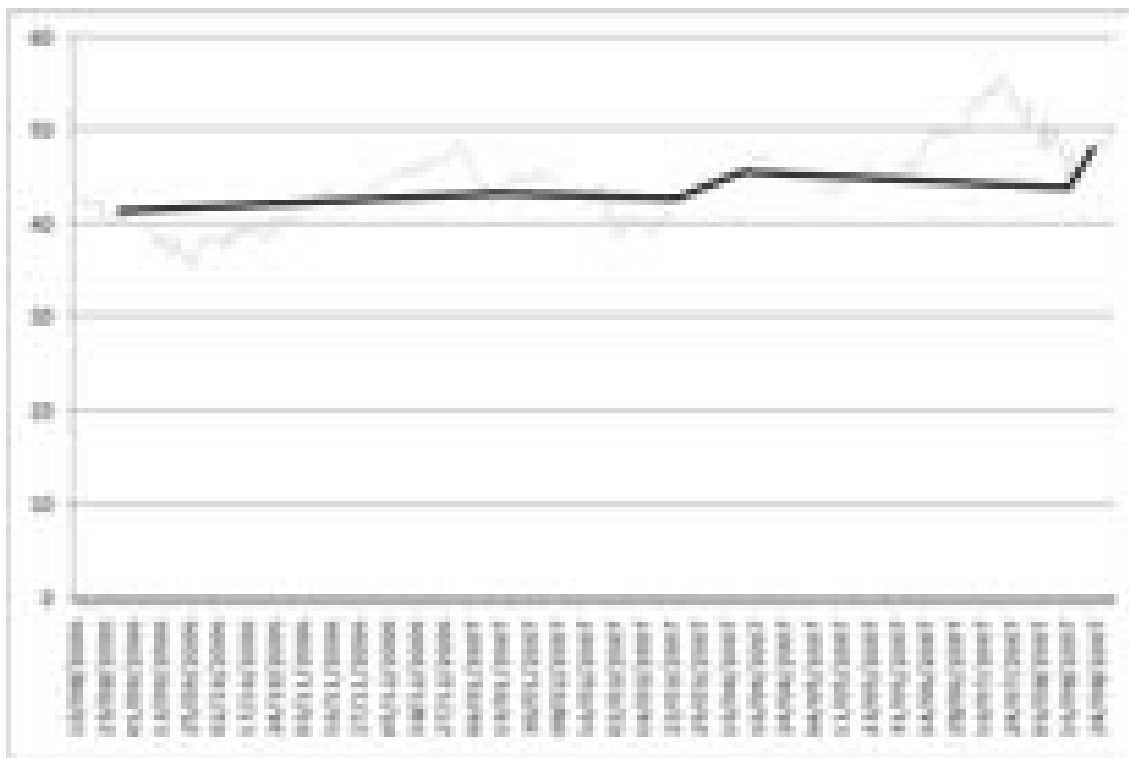


Figura A.3: *Melhor onda detectada com 5% de mutação e 100 evoluções.*

A.2 Teste com Dados em 120 Minutos da Companhia Vale - VALE5

Para verificar a existência de níveis complementares nas Ondas de Elliott, foi realizado também a coleta de informações da ação da Companhia Vale - VALE5 com período de tempo entre as coletas de 120 minutos.

Observa-se que a Onda 5 da “Série detectada” da Figura 4.16 e item 4.2.3 está contida no período de agosto de 2006 a agosto de 2007. Portanto se o teste detectar as cinco Ondas de Elliott neste período, demonstra-se que os níveis complementares podem existir.

Na Figura A.4 encontra-se registrados os dados históricos em 120 minutos da Companhia Vale - VALE5.

Na Figura A.5 somente os picos dos dados históricos em 120 minutos da Companhia Vale - VALE5 são visualizados.

Houve uma significativa redução dos dados apresentados, de 828 para 380 dados, indicando novamente que o índice de filtro dos picos é elevado para o horizonte de dados estudados.

Após o processamento dos dados, foi detectado a série das Ondas de Elliot disponíveis na Figura A.6.

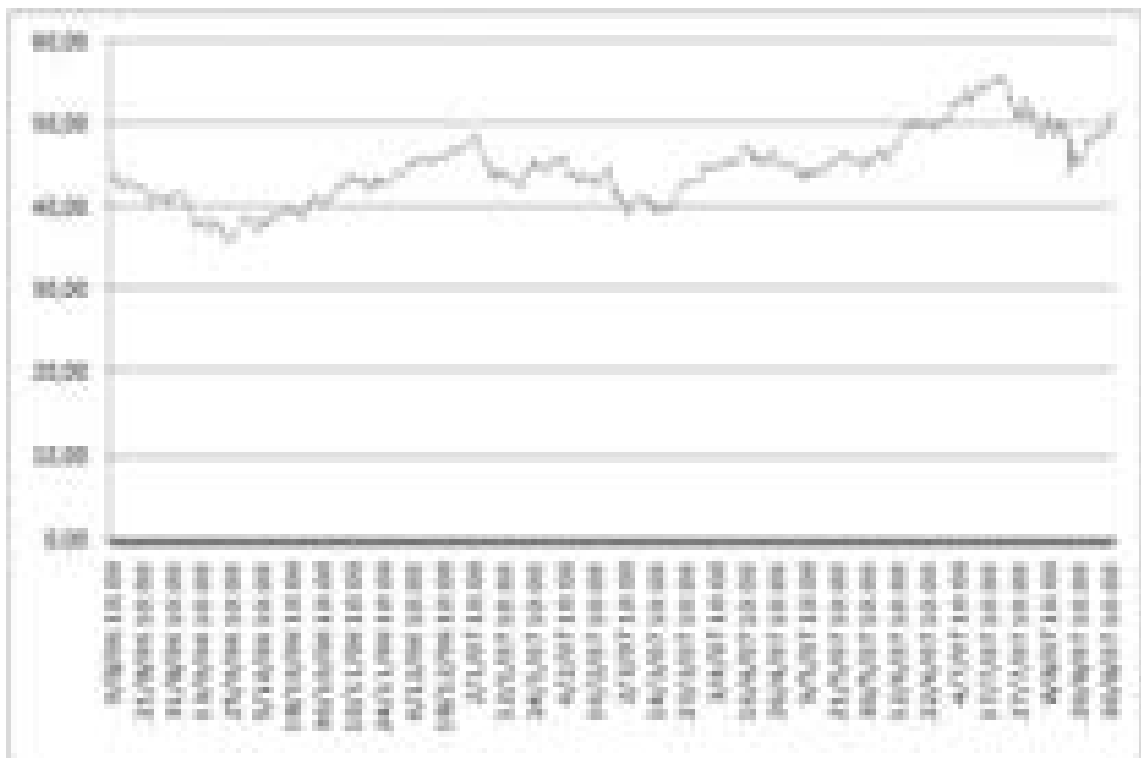


Figura A.4: *Dados em 120 Minutos da Companhia Vale - VALE5 Não Filtrado.*

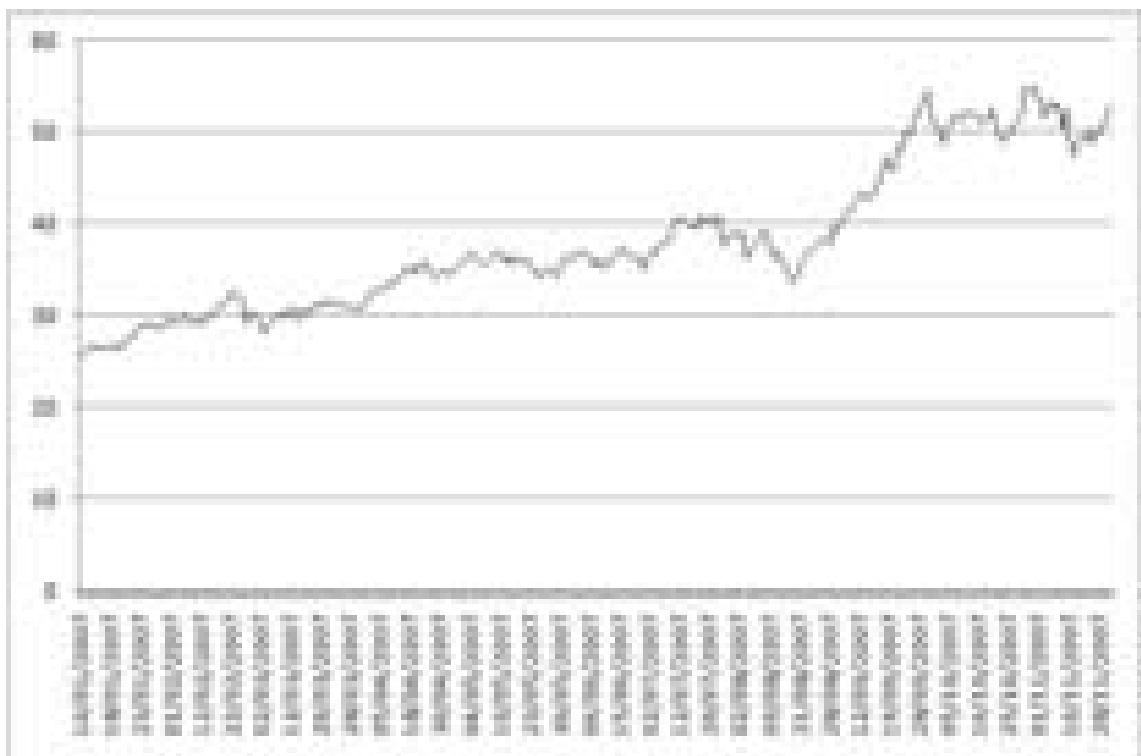


Figura A.5: *Dados em 120 Minutos da Companhia Vale - VALE5 Filtrado.*

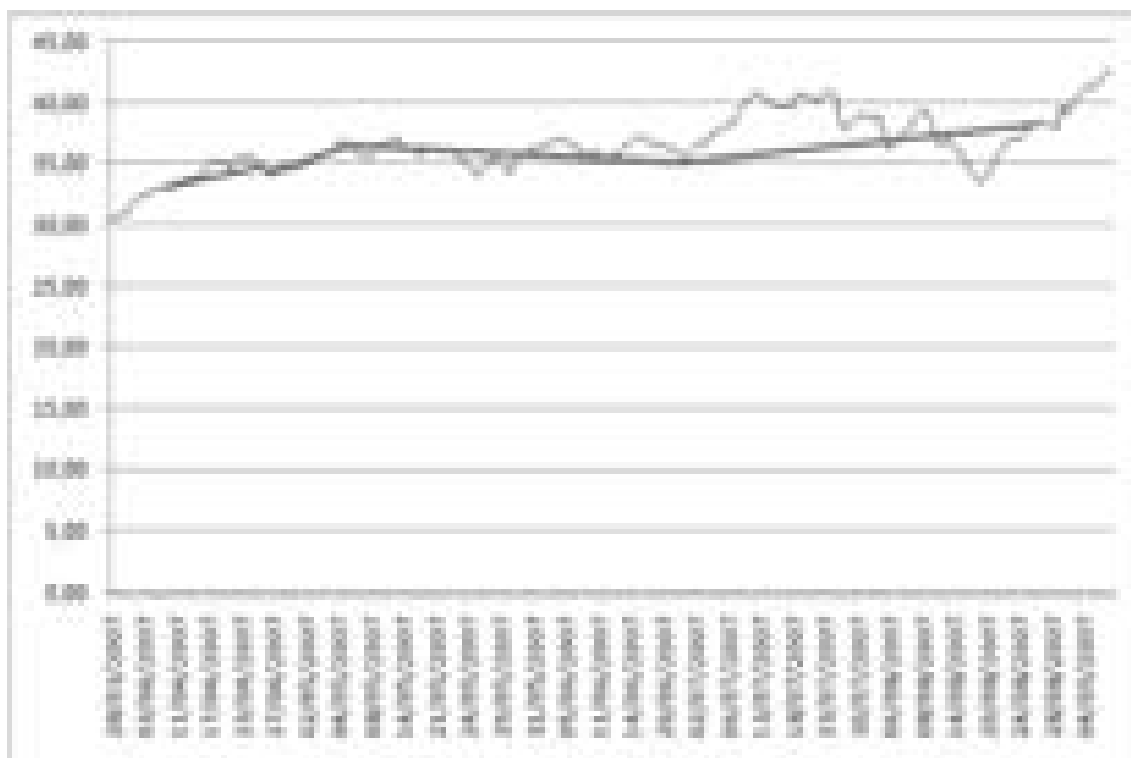


Figura A.6: *Melhor onda detectada com 5% de mutação e 100 evoluções.*

A onda detectada possui na Figura A.6 possui um erro quadrático médio por ponto de 0,40%, bem inferior ao encontrado no item 4.2.3.

A.3 Resultado

As ondas encontradas nos testes realizado nos itens A.1 e A.2 do apêndice A indicam que existem séries complementares, em níveis diferentes, dentro de uma das Ondas de Elliott.