

INSTITUTO POLITÉCNICO DE LISBOA
INSTITUTO SUPERIOR DE CONTABILIDADE
E ADMINISTRAÇÃO DE LISBOA



ISCAL

CONTRATOS DE FUTUROS SOBRE O
PETRÓLEO: UM ESTUDO SOBRE A
ASSIMETRIA NA VOLATILIDADE

Filipe Miguel Ganchinho Lemos

Lisboa, novembro de 2015

INSTITUTO POLITÉCNICO DE LISBOA
INSTITUTO SUPERIOR DE CONTABILIDADE E
ADMINISTRAÇÃO DE LISBOA

CONTRATOS DE FUTUROS SOBRE O
PETRÓLEO: UM ESTUDO SOBRE A
ASSIMETRIA NA VOLATILIDADE

Filipe Miguel Ganchinho Lemos (20130211)

Dissertação submetida ao Instituto Superior de Contabilidade e Administração de Lisboa para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Contabilidade e Análise Financeira, realizada sob a orientação científica da Doutora Sónia Bentes.

Composição do Júri

Presidente..... Doutor Joaquim Martins Ferrão
Arguente..... Doutor António Saragga Seabra
Vogal..... Doutora Sónia Ricardo Bentes

Lisboa, novembro de 2015

Declaro ser o autor desta dissertação, que constitui um trabalho original e inédito, que nunca foi submetido (no seu todo ou em qualquer das suas partes) a outra instituição de ensino superior para obtenção de um grau académico ou outra habilitação. Atesto ainda que todas as citações estão devidamente identificadas. Mais acrescento que tenho consciência de que o plágio – a utilização de elementos alheios sem referências ao seu autor – constitui uma grave falta de ética, que poderá resultar na anulação da presente dissertação.

Dedicatória

Dedico esta dissertação à minha namorada, à minha família e amigos.

A minha maior gratidão.

Agradecimentos

Após todas as adversidades na elaboração da presente dissertação não poderia deixar passar esta oportunidade para demonstrar a gratidão a todos os que estiveram a meu lado, quer na elaboração do estudo, quer nos momentos mais difíceis.

Em primeiro lugar, à Doutora Sónia Bentes, orientadora desta dissertação, pela sua disponibilização, simpatia, estímulo, orientação científica e compreensão demonstrada ao longo da construção deste estudo de forma a permitir o seu desenvolvimento e conclusão.

Agradeço igualmente, ao Doutor José Nuno Sacadura, pela ajuda na presente dissertação.

Agradeço à minha namorada, à minha mãe, padrasto, irmão, restantes familiares, amigos e colegas de trabalho pela paciência, tolerância e compreensão por em muitos momentos ter sido privado da presença deles. No meu percurso quer pessoal quer profissional ajudaram-me a ser mais forte e naqueles momentos de desespero, onde tudo suscitava dúvidas, estiveram comigo incentivando-me a finalizar esta jornada, um muito obrigado a todos.

Por fim, a todas as pessoas que, direta ou indiretamente, contribuíram para a execução desta dissertação de Mestrado.

Resumo

Nos últimos tempos tem-se observado oscilações na organização dos mercados financeiros, com mais ênfase nos mercados de derivados muito em parte devido à instabilidade e crise financeira atual.

De forma a dar resposta aos eventuais riscos económicos e financeiros consequentes destas ocorrências, a criação de mercados organizados e de instrumentos financeiros derivados auferiram uma grandiosa relevância para a sua gestão e cobertura.

O petróleo exerce um papel estratégico, quer para países exportadores como para países importadores. Desta forma, os choques nos preços do petróleo também provocam impactos macroeconómicos adversos como a recessão e inflação.

A volatilidade é uma característica significativa dos mercados financeiros, não sendo diretamente captável o seu comportamento, é uma das informações mais relevantes para os investidores, a oscilação do preço do ativo no mercado. A sua correta previsão permite captar os momentos de incerteza no mercado financeiro, como forma de antecipar estratégias de ação.

Em suma, a assimetria na volatilidade é o fenómeno em que as descidas imprevistas no preço dos ativos no mercado aumentam a volatilidade mais do que as subidas de preços de igual proporção.

No presente estudo, tem-se por base a análise da assimetria na volatilidade, isto é, o efeito alavanca na rendibilidade dos preços futuros sobre uma das maiores referências do petróleo bruto, o *West Texas Intermediate*, em que a amostra corresponde ao período de 10 de janeiro de 2000 a 31 de dezembro de 2014.

A análise histórica dos preços do petróleo revela diversos períodos de alta volatilidade nos preços da *commodity*.

Com base na amostra mencionada, concluiu-se que a rendibilidade dos preços futuros do *WTI* apresenta evidências de assimetria na volatilidade, onde o efeito foi possível ser capturado pelos três modelos em estudo, *GARCH*, *EGARCH* e *TGARCH*. Desta forma, as rendibilidades não seguem uma distribuição normal com evidência de *fat tails*.

Palavras – chave: Petróleo, Contratos de futuros, Mercadorias, Derivados, Instrumentos financeiros, Volatilidade, Assimetria, Efeito alavanca, Modelos *ARCH* e *GARCH*.

Abstract

Recently has been observed oscillations in the organization of financial markets, with emphasis in the derivatives markets due to the instability and the current financial crisis.

In order to address the potential economic and financial risks resulting from these events, the creation of organized markets and derivatives earned a huge relevance towards their management and coverage.

Crude oil plays a strategic role for both exporting and importing countries. Thus, shocks in oil prices also cause adverse macroeconomic impacts, for instance, recession and inflation.

Volatility is a significant feature of financial markets, not being directly measurable the behavior, is one of the most relevant information to investors, the oscillation of the active market price. Its correct prediction captures the moments of uncertainty in the financial market as a way to anticipate action strategies.

In short, the asymmetry in volatility is the phenomenon in which unforeseen declining in asset prices in the market increase the volatility more than an equal share if the asset price rises.

The present study has been based on the analysis of asymmetry in volatility, more specifically, in the leverage effect on profitability of future prices on one of the largest reference crude oil, West Texas Intermediate, in which the sample corresponds to the time period from 10th January 2000 to 31st December 2014.

The historical analysis of oil prices reveals several periods of high volatility in commodity prices.

Based on the previously mentioned sample, it is concluded that the profitability of future *WTI* prices presents evidence of asymmetry in volatility, where the effect was possible to be captured by the three models under study, GARCH, EGARCH and TGARCH. Thus, yields do not follow a normal distribution with evidence of fat tails.

Keywords: Oil, Futures contracts, Commodities, Derivatives, Financial instruments, Volatility, Asymmetry, Leverage effect, ARCH and GARCH models.

Índice

1.	Introdução	1
2.	O mercado do petróleo	3
2.1.	Evolução da indústria petrolífera.....	3
2.2.	As crises petrolíferas	6
2.3.	A formação do preço do ativo no mercado internacional	8
3.	Mercados e contratos de futuros.....	10
3.1.	Contratos de futuros	11
3.1.1.	Procedimentos de um contrato de futuros	12
3.1.2.	Posições longas e curtas.....	13
3.2.	Tipos de contratos de futuros	15
3.2.1.	Futuros sobre índices de ações e sobre ações.....	15
3.2.2.	Futuros cambiais ou sobre divisas.....	16
3.2.3.	Futuros sobre taxas de juro	17
3.2.4.	Futuros sobre matérias-primas e mercadorias (<i>commodities</i>).....	18
3.2.5.	Futuros sobre outros índices e outros ativos subjacentes.....	19
3.2.5.1.	<i>Weather derivatives</i>	19
3.2.5.2.	<i>Housing derivatives</i>	21
3.3.	Características dos contratos de futuros.....	22
3.3.1.	Padronização e especificação dos contratos de futuros	23
3.3.2.	Fungibilidade	24
3.3.3.	Sistema de negociação	24
3.3.4.	Câmara de compensação (<i>Clearing House</i>)	26
3.3.5.	O mecanismo das margens	27
3.3.6.	Regularização e liquidação dos contratos de futuros	29
3.3.7.	Vantagens e limitações dos contratos de futuros.....	30
3.4.	Risco do mercado de matérias-primas e mercadorias	32
4.	Abordagem às especificidades dos contratos sobre petróleo	33
4.1.	Os petróleos de referência mundial	33
4.2.	A fixação e formação dos preços de futuro.....	34
4.2.1.	Teoria dos custos de posse	35

4.3.	A Base e o processo de convergência.....	38
4.4.	<i>Spreads</i> ou diferenças entre preços de futuros.....	42
5.	Volatilidade	44
5.1.	Noções e tipos de volatilidade	44
5.2.	Medidas estatísticas	46
5.2.1.	Volatilidade história ou estatística.....	47
5.2.2.	Volatilidade implícita	48
5.2.3.	Volatilidade futura ou previsional	49
5.3.	Padrões de comportamento da volatilidade	49
5.3.1.	Assimetria na volatilidade: o efeito alavanca.....	50
5.4.	Modelos de volatilidade e precisão	53
5.4.1.	Modelo <i>ARCH - Autoregressive Conditional Heteroscedastic</i>	54
5.4.2.	Modelo <i>GARCH – Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedastic</i>	56
5.4.3.	Modelo <i>EGARCH - Exponential Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedastic</i>	59
5.4.4.	Modelo <i>TGARCH – Threshold Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedastic</i>	60
6.	Descrição dos dados e evidências empíricas	61
6.1.	Descrição dos dados recolhidos e objetivos de análise	61
6.2.	Análise à estatística descritiva.....	63
6.3.	Modelação da volatilidade condicionada.....	67
6.3.1.	Verificação de pressupostos.....	68
6.3.1.1.	Testes de estacionariedade.....	68
6.3.1.2.	Testes de autocorrelação	72
6.3.1.3.	Testes de heterocedasticidade	74
6.3.2.	Análise dos resíduos do modelo <i>AR (p)</i>	77
6.3.3.	Estimação dos modelos <i>AR(4)-GARCH(1,1)</i> , <i>AR(4)-EGARCH(1,1)</i> e <i>AR(4)-TGARCH(1,1)</i>	81
7.	Conclusões.....	90
7.1.	Direções futuras de investigação	92
8.	Referências bibliográficas.....	93

Lista de figuras

Figura 2.1. – Descendência da <i>Standart Oil</i> : Árvore Genológica das Super-Grandes.....	4
Figura 2.2. – Evolução dos preços do petróleo	8
Figura 3.1. – Evolução <i>CBOT</i> até <i>CME Group</i>	11
Figura 3.2. – Posições longas e curtas	14
Figura 3.3. – Utilização de instrumentos na gestão de risco das condições climáticas ..	20
Figura 4.1. – Relação entre preços no mercado de futuros e no mercado <i>spot</i> com o efeito da aproximação da maturidade do contrato	38
Figura 4.2. – Evolução dos preços <i>spot</i> do <i>Brent Crude Oil</i> IPE: 1999-2008	41
Figura 5.1. – Níveis de volatilidade	46
Figura 5.2. – Simetria na volatilidade	52
Figura 5.3. – Efeito de assimetria na volatilidade	52
Figura 6.1. – Evolução histórica no período de 10/01/2000 a 31/12/2014.....	62
Figura 6.2. – Evolução das rendibilidades diárias, no período de 10/01/2000 a 31/12/2014	64
Figura 6.3. – Histogramas das distribuições das taxas de rendibilidade diárias no período de 10/01/2000 a 31/12/2014.	65
Figura 6.4. – Histograma dos resíduos do modelo <i>AR (4)</i> no período de 10/01/2000 a 31/12/2014.....	79
Figura 6.5. – Histograma dos resíduos do modelo <i>AR(4)-GARCH(1,1)</i> no período de 10/01/2000 a 31/12/2014.	88
Figura 6.6. – Histograma dos resíduos do modelo <i>AR(4)-EGARCH(1,1)</i> no período de 10/01/2000 a 31/12/2014.	88
Figura 6.7. – Histograma dos resíduos do modelo <i>AR(4)-TGARCH(1,1)</i> no período de 10/01/2000 a 31/12/2014.	89

Lista de tabelas

Tabela 3.1. – Fluxos de tesouraria representativo das posições longas e curtas	13
Tabela 3.2. – Ganho ou perda das posições longas e curtas.....	14
Tabela 3.3. – Futuros a curto e longo prazo.....	18
Tabela 3.4. – <i>Commodities</i> mais transacionadas.....	19
Tabela 3.5 – O processo de fecho por tomada de posição contrária, antes do vencimento	30
Tabela 3.6. – Vantagens e desvantagens da negociação de Futuros	31
Tabela 5.1. – Resumo dos principais estudos empíricos sobre a assimetria na volatilidade	51
Tabela 6.1. – Análise estatística das rendibilidades diárias no período de 10/01/2000 a 31/12/2014.....	64
Tabela 6.2. – Testes de raízes unitárias (ou estacionariedade) <i>ADF</i> e <i>KPSS</i> para as rendibilidades diárias no período de 10/01/2000 a 31/12/2014.	71
Tabela 6.3. – Correlograma das rendibilidades diárias no período de 10/01/2000 a 31/12/2014.....	73
Tabela 6.4. – Resultados do teste de <i>BG</i> para as rendibilidades no período de 10/01/2000 a 31/12/2014.....	74
Tabela 6.5. – Resultados do teste de <i>ARCH-LM</i> para as rendibilidades no período de 10/01/2000 a 31/12/2014.	75
Tabela 6.6. – Correlograma do quadrado dos resíduos no período de 10/01/2000 a 31/12/2014.....	76
Tabela 6.7. – Especificações da equação dos modelos <i>AR(p)</i> , com $p > 0$, no período de 10/01/2000 a 31/12/2014.	78
Tabela 6.8. – Estatísticas descritivas dos resíduos do modelo <i>AR (4)</i> no período de 10/01/2000 a 31/12/2014.	78
Tabela 6.9. – Correlograma dos resíduos do modelo <i>AR (4)</i> para as rendibilidades diárias no período de 10/01/2000 a 31/12/2014.	79
Tabela 6.10. – Teste de autocorrelação <i>BG</i> aplicado ao modelo <i>AR (4)</i>	80
Tabela 6.11. – Resultados da estimação dos modelos <i>AR(4)-GARCH(1,1)</i> , <i>AR(4)-GARCH(1,1)</i> e <i>AR(4)-TGARCH(1,1)</i> para as rendibilidades diárias no período de 10/01/2000 a 1/12/2014.....	82
Tabela 6.12. – Resultados do teste <i>ARCH-LM</i> aplicado aos resíduos dos modelos <i>AR(4)-GARCH(1,1)</i> , <i>AR(4)-EGARCH(1,1)</i> e <i>AR(4)-TGARCH(1,1)</i> para as rendibilidades diárias no período de 10/01/2000 a 1/12/2014	83
Tabela 6.13. – Correlograma do quadrado dos resíduos do modelo <i>AR(4)-GARCH(1,1)</i> no período de 10/01/2000 a 31/12/2014.	84
Tabela 6.14. – Correlograma do quadrado dos resíduos do modelo <i>AR(4)-EGARCH(1,1)</i> no período de 10/01/2000 a 31/12/2014.	85
Tabela 6.15. – Correlograma do quadrado dos resíduos do modelo <i>AR(4)-TGARCH(1,1)</i> no período de 10/01/2000 a 31/12/2014.	86
Tabela 6.16. – Estatísticas descritivas dos resíduos dos modelos no período de 10/01/2000 a 31/12/2014.....	87

Lista de abreviaturas e acrónimos

ADF – *Augmented Dickey Fuller*

AIC – *Akaike Information Criterion*

AR – *Autoregressive Model*

ARCH - *Autoregressive Conditional Heteroscedastic*

BG – *Breush-Godfrey*

CAPM – *Capital Asset Pricing Model*

CBOT - *Chicago Board of Trade*

CC - *Carrying-charge*

CDD - *Cooling Degree Days*

CME - *Chicago Mercantile Exchange*

COMEX - *Commodities Exchange*

CSW - *Case-Shiller Weiss*

DJIA - *Dow Jones Industrial*

DME - *Dubai Mercantile Exchange*

EFP - *Exchange-for-physicals*

EGARCH - *Exponential Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedastic*

EUA – *Estados Unidos da América*

GARCH – *Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedastic*

GED - *Generalized Error Distribution*

HDD - *Heating Degree Days*

IMM - *International Monetary Market*

IPC - *Iraq Petroleum Company*

IPE - *International Petroleum Exchange*

JB – *Jarque-Bera*

KPSS – *Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin*

LIFFE - *London International Financial Futures Exchange*

Lm - Lagrange multiplier

NYMEX - New York Mercantile Exchange

NYSE - New York Stock Exchange

OPEP - Organização dos Países Exportadores de Petróleo

OTC – Over-the-counter

PSI 20 - Portuguese Stock Index

SIC – Schwartz’s Bayesian Information Criterion

SSF - Stock Single Futures

TGARCH – Threshold Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedastic

TSP – Trend Stationary Process

WTI - West Texas Intermediate

1. Introdução

Nos últimos tempos tem-se observado oscilações na organização dos mercados financeiros, com mais ênfase nos mercados de derivativos, muito em parte devido à instabilidade e crise financeira atual.

As transformações dos contextos económicos a nível mundial, provocadas por determinadas ocorrências relevantes, guiam a um aumento da incerteza quanto ao mercado. De forma a dar resposta aos eventuais riscos económicos e financeiros consequentes destas ocorrências, a criação de mercados organizados e de instrumentos financeiros derivados auferiram uma grandiosa relevância para a sua gestão e cobertura. Porém, estes instrumentos podem também ser utilizados para a prática de arbitragem e especulação.

O petróleo exerce um papel estratégico, quer para países exportadores como para países importadores. Desta forma, os choques nos preços do petróleo também provocam impactos macroeconómicos adversos como a recessão e inflação.

Os contratos de futuros são instrumentos financeiros essencialmente adequados para a cobertura de risco em relação à evolução desfavorável de preços de mercadorias, cotações de ativos financeiros, taxas de juro ou taxas de câmbio, entre outros.

Um futuro é um instrumento financeiro derivado que consiste num contrato a prazo, padronizado, pelo qual o comprador se obriga a pagar o preço acordado e o vendedor a entregar o ativo subjacente numa data futura. Como ativo subjacente pode explicar-se o bem ou direito sobre o qual recai o contrato de futuros. No caso desta investigação, o ativo subjacente é o petróleo bruto.

A volatilidade é uma característica significativa dos mercados financeiros, não sendo diretamente captável o seu comportamento, é uma das informações mais relevantes para os investidores, a oscilação do preço do ativo no mercado. A sua correta previsão permite captar os momentos de incerteza no mercado financeiro, como forma de antecipar estratégias de ação.

Aliado à volatilidade, encontram-se os possíveis efeitos assimétricos na volatilidade da rendibilidade de um ativo, isto é, o impacto na volatilidade das “boas notícias” não ser na mesma proporção ao das “más notícias”.

O presente estudo tem como base estudar a assimetria na volatilidade, isto é, o efeito alavanca na rendibilidade dos preços futuros sobre uma das maiores referências do petróleo bruto, o *WTI*, sendo este classificado como o produto de melhor qualidade,

transacionada na *Chicago Mercantile Exchange* (CME). Através do estudo das rendibilidades diárias, é possível determinar a volatilidade a que um investidor poderá estar exposto e detetar a sua assimetria.

O petróleo bruto é uma das *commodities* mais transacionadas do mundo, à luz da *NYMEX*. Devido à sua excelente transparência, liquidez e preço, o contrato é usado como principal referência de formação de preços internacionais. O contrato é medido em unidades de 1.000 barris, sendo o ponto de entrega em *Cushing*, Oklahoma.

No mercado a prazo, os futuros transacionam os diversos contratos associados a *commodities*, tendo em conta a sua qualidade a até mesmo o local de entrega do ativo subjacente. Neste contexto, para o estudo empírico a realizar nesta dissertação foram analisadas as cotações diárias do contrato de futuro sobre o petróleo bruto, o *WTI*.

Através da plataforma *Bloomberg* foram recolhidas as cotações históricas de fecho diário para um período de análise que inicia a 10 de janeiro de 2000 e tem como término 31 de dezembro de 2014.

Em suma, o presente trabalho está repartido em sete capítulos, sendo o primeiro a presente introdução.

No segundo capítulo é realizada uma abordagem literária ao mercado do petróleo, onde são retratados temas como a evolução da indústria, as crises petrolíferas e a formação do ativo no mercado internacional.

No terceiro capítulo, é realizada uma abordagem literária ao mercado dos contratos de futuros, onde é esmiuçada a tipologia dos contratos de futuros e toda a sua tramitação no mercado.

No quarto capítulo, é realizada uma abordagem literária às especificidades dos contratos.

No quinto capítulo é abordado todo o tema da volatilidade, onde são apresentadas as suas noções, as medidas estatísticas, os padrões de comportamento da volatilidade e a assimetria na volatilidade.

No sexto capítulo, é realizada a descrição dos dados e as evidências empíricas, onde recorrendo-se na prática à aplicação dos modelos *GARCH*, *EGARCH* e *TGARCH*.

Por fim, no sétimo capítulo, são apresentadas as conclusões do estudo e apontamentos para futuras investigações.

2. O mercado do petróleo

O Petróleo, como matéria-prima mais solicitada em todo o mundo, encontra-se em todo o meio envolvente da sociedade. Sendo assim, e face a este contexto de dependência deste recurso não renovável, pretendo com este capítulo efetuar uma análise à Indústria Petrolífera, com início na Primeira Guerra Mundial, sendo necessário explanar a sequência de eventos na história que levaram à instabilidade na cotação da matéria-prima, provocando por fim uma acentuada volatilidade nos preços do produto final.

É igualmente de extrema importância enquadrar o impacto do petróleo quer a nível económico, quer de desenvolvimento da sociedade, analisando a formação dos cartéis das maiores entidades mundiais de extração, refinação e comercialização de petróleo em bruto e seus derivados.

Este capítulo é uma peça fundamental de enquadramento do tema a tratar, ajudando a abranger a importância desta matéria-prima na economia à escala global, permitindo compreender o desenvolvimento e aparecimento de produtos financeiros derivados implícitos a este ativo.

2.1. Evolução da indústria petrolífera

No ano de 1859, Edwin Laurentine Drake dá o primeiro passo para a construção da moderna indústria petrolífera ao perfurar o primeiro poço de petróleo, nos Estados Unidos da América (EUA), revelando-se este bastante produtivo. Após este passo, seguiu-se uma tendência para a descoberta de novas jazidas, onde a principal motivação era a obtenção de extensos lucros.

De acordo com Yeomans (2006:27), «[e]m Janeiro de 1861, ainda não tinha passado um ano sobre a primeira descoberta de Drake, o preço do petróleo chegou aos dez dólares», é de notar que esta indústria continha um elevado número de pequenos produtores em que o interesse residia na rápida exploração e máxima produção de petróleo. Ainda segundo Yeomans (2006:27) «[...] no final do ano, à medida que cada vez mais poços eram abertos [...] os preços caíram dez cêntimos o barril¹. Sendo esta matéria-prima designada por “ouro negro”, é notória a grande volatilidade a que já era sujeita no início dos anos 60».

¹ Segundo Yeomans (2006:27), “Drake tinha guardado o primeiro petróleo em barris de *whisky* e a medida de 42 galões americanos – 158,98 litros – tem-se mantido desde então como a unidade medida do sector”.

Devido ao excesso de produtores de petróleo, John D. Rockefeller, proprietário de uma pequena refinaria em *Cleveland*, no *Ohio*, encontrou a ordem e o controlo para o sector. Este proprietário percebeu que o fundamental para esta indústria seria reduzir o número de produtores, uma vez que a forte concorrência entre eles provocava uma diminuição no valor do bem, sendo o objetivo a conversão do mercado petrolífero num oligopólio, pois assim existiriam mais barreiras para a entrada de novos concorrentes, impedindo desta forma a consequente queda nos preços dos barris. Segundo Yeomans (2006:28), é referido que, para Rockefeller, o modo como se rentabilizaria este sector tão volátil era controlar o transporte e vendas dos produtos refinados, abdicando da extração da matéria-prima.

É no sentido desta estratégia que, em 1870, John Rockefeller cria a sua sociedade anónima, a *Standart Oil Company*, que apenas em sete anos de existência já controlava cerca de um décimo do sector petrolífero nos EUA. Mais tarde, no final de 1911, esta companhia vai desagregar-se devido à ordem do Supremo Tribunal por instauração de um processo de monopólio, dando assim origem a um conjunto de empresas, como se pode observar na figura 2.1.

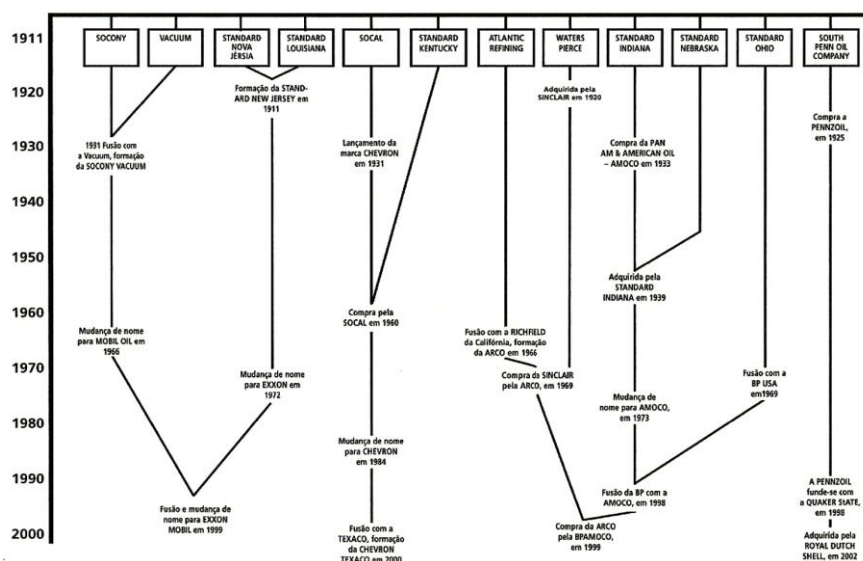


Figura 2.1. – Descendência da *Standart Oil*: Árvore Genológica das Super-Grandes

Fonte: Yeomans (2006)

A criação de empresas petrolíferas, a procura de novos poços, a procura de resultados económicos extraordinários, levaram a que existisse uma forte corrida ao petróleo, contudo, é a Primeira Guerra Mundial, decorrida entre 1914 a 1918, que vem despertar mais interesse por grandes quantidades deste recurso. Com as invenções introduzidas durante a guerra, a mobilidade no campo de batalha, permitiu atingir áreas muito maiores do que as que os estrategas militares imaginaram. Desta forma, o petróleo revela-se no decorrer

da guerra uma arma essencial, permitindo a mobilidade acima referida e que se desenvolvesse de uma forma sólida a utilização deste recurso energético nos transportes.

Antes da guerra, os EUA e a Europa já se travavam em controvérsias na tentativa de exercerem influências sobre as áreas mais propícias à exploração do petróleo, onde com o terminar da primeira guerra e com uma ainda maior dependência deste recurso, a rivalidade entre as entidades de cada uma das regiões, tornou-se mais intensiva após o conhecimento do potencial das novas jazidas petrolíferas encontradas no Médio Oriente. No decorrer desta intensa procura pela exploração do Médio Oriente, países com reservas atribuíam concessões sobre determinadas superfícies geográficas, oferecendo na totalidade o direito à exploração por parte de empresas internacionais, tendo como contrapartida *royalties*. Após algum tempo, surge uma nova estratégia, sendo esta a exploração através de consórcios, iniciada em 1928 por via da *Iraq Petroleum Company (IPC)*, onde a companhia contava com as cinco maiores empresas americanas e as duas maiores entidades europeias. O cartel formou assim uma coligação com o objetivo de afastar outras entidades petrolíferas tornando-se de tal modo influente no mercado que a sua designação desde então é de as “sete irmãs²” ou pelas “*majors*”.

Vinte anos após o final da Primeira Grande Guerra, a Europa deparou-se novamente com um novo grande conflito, a Segunda Guerra Mundial, decorrida de 1939 a 1945. De acordo com Yeomans (2006:37) «[d]esta vez todos os poderes envolvidos sabiam que o petróleo fazia a diferença entre a vitória e a derrota».

A “Idade da Energia”, termo pelo qual ficou conhecida a era pós-guerra, estimulou o consumo energético quer na Europa, quer igualmente no Japão. Este aumento prendeu-se com o facto de as regiões necessitarem de reconstruir as suas economias, que viram ser destruídas durante o período de guerra. Desta forma, o petróleo assume mais uma vez um papel fundamental, até mesmo geopolítico, no desenvolvimento dos países industrializados afetados pelo confronto. A procura global encontrava-se, finalmente, a chegar aos níveis da oferta, pelo que em 1970 já não existia excesso de produção.

Contrariamente, nos EUA verificou-se um aumento do consumo interno de petróleo, onde o mesmo atingia uma produção doméstica elevada. Yeomans (2006:46) refere que o país nunca mais conseguiria produzir tanta quantidade, e que a nação tinha dado como adquirido o petróleo a baixo valor, pelo que a partir daquele momento ficaria também dependente do petróleo proveniente do estrangeiro, para desta forma conseguir satisfazer

² As companhias que formaram este cartel eram: a *Royal Dutch Shell*, a *Anglo-Persian Oil Company (APOC)*, a *Standard Oil of New Jersey (Esso)*, a *Standard Oil of New York (Socony)*, a *Texaco*, a *Standard Oil of California (Socal)* e a *Gulf Oil*. Atualmente, as sete irmãs tornaram-se apenas em quatro: *ExxonMobil*, *Chevron*, *Shell* e *BP*.

as suas necessidades. Desta forma, os EUA passaram oficialmente a ser um país importador de petróleo.

2.2. As crises petrolíferas

No começo da década de 1960, verificou-se um excesso de oferta no mercado, havia mais petróleo disponível no mercado global do que aquele que era consumido pela procura crescente para os transportes. As grandes petrolíferas viram-se obrigadas a reduzir o preço de venda da matéria-prima proveniente do Médio Oriente, mas uma vez que o contrato estava estabelecido, teriam que continuar a pagar aos produtores o valor acordado, sendo assim, o preço dos refinados nas gasolinhas foi reduzido, apesar de ainda obterem lucros com a comercialização.

É neste panorama que o Médio Oriente apercebe-se da importância que o recurso tem para o mundo e em especial para os EUA (por se tornarem importadores), começando a renegociar os contratos estabelecidos anteriormente pelas suas jazidas petrolíferas.

Esta oportunidade identificada trouxe repercussões, ao nível dos países com maiores reservas petrolíferas do mundo, sendo eles, a Arábia Saudita, a Venezuela, o Kuwait, o Iraque e o Irão, os quais, ainda no ano de 1960, criam uma aliança e decidem criar uma organização, sendo esta designada como Organização dos Países Exportadores de Petróleo (OPEP), que tinha como principal objetivo a fixação do preço do recurso no mercado global através da informação obtida dos produtores, isto é, as quotas líquidas de produção.

Com esta interligação entre a OPEP e os países produtores, para a constituição dos preços do petróleo, as companhias internacionais, as “sete-irmãs”, viram a sua autoridade enfraquecida.

À data de 1971, o governo dos EUA terminou unilateralmente a convertibilidade entre o dólar e o ouro, decretando desta forma o fim do sistema *Bretton-Woods* e abriu caminho para a implementação de taxas de câmbio variáveis. Em consequência desta alteração, o sistema monetário dos EUA ficou mais sensível a qualquer acontecimento negativo a nível político quer económico.

Malta refere na sua obra, que

[c]om a desarticulação do sistema de *Bretton-Woods* (principalmente quanto às taxas de câmbio fixas) e o dólar sendo desvinculado do ouro as desconfianças sobre o dólar como moeda reserva se reforçaram. A desvalorização do dólar e o seu enfraquecimento como moeda reserva e representação de valor geraram uma forte

onda especulativa em todos os mercados organizados de commodities, o que levou a uma explosão de seus preços no mercado internacional, ou seja, em dólar. Esta variação abrupta dos preços das commodities acentuou o atraso já existente no preço do óleo bruto em relação às outras commodities no mercado internacional, e ao mesmo tempo incrementou processo inflacionário mundial iniciado desde o final da década de 60 (Malta, 2011:246).

Como é perceptível através do descrito anteriormente, o evento decorrido levou a uma desvalorização do dólar americano e inflação mundial, diminuindo, em termos verídicos, o montante do barril de petróleo.

Num ambiente macroeconómico instável, os países produtores de petróleo veem-se numa posição privilegiada, sendo possuidores das maiores reservas do mundo, a autonomia dos EUA já não era visível, uma vez que dependiam do recurso proveniente do estrangeiro para o desenvolvimento da sua economia. A juntar a isto, o facto de neste momento o seu sistema monetário se encontrar enfraquecido, os países produtores usufruíram desse aspeto para exercer influência no preço internacional do petróleo.

Com a OPEP a aumentar consecutivamente o valor do petróleo, em 1973 o preço do ativo duplica face ao ano de 1970, acontecimento derivado aquando se assistiu a um ataque sírio e egípcio a Israel. Este período ficou designado como o “Primeiro Choque Petrolífero”.

Passados cinco anos, em finais de 1978, no Irão iniciam-se movimentações dos radicais contra o governo, resultando na Revolução Islâmica, onde causou volatilidades no mercado global de petróleo, mais precisamente na desorganização produtiva e na significativa quebra na oferta de petróleo. Surgiu desta forma, em 1979, o “Segundo Choque Petrolífero”, com um novo aumento nos preços, atingindo novos valores históricos.

Com o petróleo a atingir valores históricos, aquele período possibilitou a exploração de outras jazidas petrolíferas que até à data eram consideradas dispendiosas quanto ao custo. Ainda implícito a este preço de venda elevado do ativo no mercado, as entidades, nações, entre outras, viram-se obrigadas a procurar novas origens de energia, tais como o gás e as fontes renováveis.

É nesta ótica que surge um aumento da oferta, quer por via da produção de petróleo nas regiões do Mar do Norte, quer por via do aumento de produção de petróleo na Arábia Saudita, procurando evitar danos financeiros internos superiores, a tendência de subida de preços inverte-se, designando o ano como o “Período de Contrachoque de 1986”.

2.3. A formação do preço do ativo no mercado internacional

Desde o aparecimento da indústria do petróleo que se constata uma enorme volatilidade nos preços de venda do ativo no mercado global. Variação que ocorre com base em diversos fatores. Contudo é o período em que a indústria esteve sobre o domínio das conhecidas *majors* que se evidencia como o mais estável na determinação do preço do petróleo, ao contrário da época em que surge a intervenção da OPEP, erguendo-se com ela alguns choques e contrachocos no mercado, tornando o mesmo muito volátil.

De seguida como se pode observar na figura 2.2. é apresentado um gráfico onde se exhibe a variação nos preços de petróleo desde o aparecimento da indústria e os diversos eventos responsáveis pela diversidade de preços.

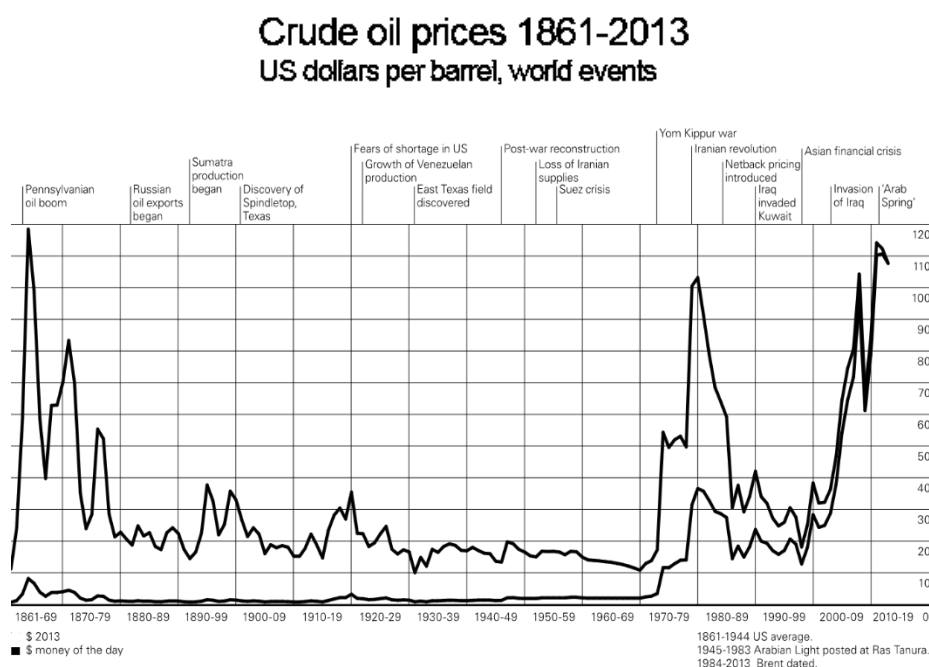


Figura 2.2. – Evolução dos preços do petróleo

Fonte: BP (2014)

Derivado do aumento da produção nos países não pertencentes à OPEP e com a gradual procura por energias substitutas, a procura pelo petróleo diminuiu, começando a OPEP a perder a sua influência sobre a determinação no preço do petróleo. É com base neste tema, que os autores Carvalho e Bhering referem que:

[a]pós 1983, em função da instabilidade do preço do petróleo ao longo do período de administração da OPEP, os comportamentos dos refinadores avessos a risco, produtores desejosos de proteger suas vendas e outros agentes, passaram a prevalecer na formulação do preço no mercado internacional do petróleo como formas

de proteção ao risco. Contratos de venda de longo prazo foram substituídos por vendas no mercado *spot* e por acordos de curto prazo (Carvalho e Bhering, 2007:26)

Contudo, e uma vez que a OPEP continua a possuir as maiores reservas de petróleo, esta já não estabelece o preço. Desta forma, nos dias de hoje, o preço do ativo é atualmente determinado pela procura e oferta dos principais centros de refinação, armazenagem e distribuição a nível global.

Segundo Azevedo *et al.* (2013), os preços do petróleo são influenciados a curto e longo prazo por diversos fatores, resumindo-os desta forma:

- i. A oferta dos países produtores, principalmente os participantes da OPEP;
- ii. A procura mundial por combustíveis;
- iii. O nível de *stocks* dos países mais dependentes do produto; e
- iv. Fatores geopolíticos relacionados com os conflitos no Médio Oriente.

É nesta ótica, onde o preço do ativo é determinado pelo volume de procura e oferta, que surgem outros fatores indiretos ao petróleo, tais como a arbitragem, que se tornou num fator decisivo, pois, com base em métodos analíticos procuram antever a evolução do mercado e, dessa forma, tomam decisões que influenciam os preços no mercado. Sendo a arbitragem um dos fatores mais importantes, também existem outros que tornam este mercado volátil, tais como a instabilidade geopolítica, ligada às jazidas petrolíferas, onde qualquer tomada de decisão no país com reservas alerta o mundo inteiro. Outro dos fatores são os elevados custos que a exploração petrolífera acarreta, uma vez que o descobrimento de novos poços requer uma grande capacidade financeira para o investimento, onde o risco de estes novos poços não serem rentáveis é elevado, pelo que as companhias petrolíferas muitas das vezes não procuram novas jazidas, tornando os poços já existentes maduros, onde com a conseqüente redução da oferta, e, como determinado pela lei do mercado, o associado aumento de preço no mercado.

Para além dos fatores anteriormente referidos, temos também um de carácter sazonal, que pode não parecer relevante: o consumo de combustíveis nas épocas altas pelos automóveis e nas épocas baixas, por via do recurso aos aparelhos de aquecimento central.

3. Mercados e contratos de futuros

Os mercados de futuros desempenham um papel importante na economia de um Estado. Os mesmos foram desenvolvidos com a principal função de auxiliar e satisfazer as necessidades de todos os envolvidos nos setores que necessitam de se proteger contra as oscilações que ocorrem nos preços das mercadorias (*commodities*).

Os mercados futuros permitem, fundamentalmente, que os agentes expostos à volatilidade das *commodities* possam tomar posições mitigando sua exposição original. Hoje, os mercados futuros de petróleo são de longe os mais relevantes dentro de todos os mercados futuros das demais *commodities* negociadas no mundo (Aiube, 2013 *apud* Azevedo *et al*, 2013)³.

Em 1948, por via de um grupo de empresários, foi fundada a *Chicago Board of Trade* (CBOT) com o objetivo de serem criados mecanismos de padronização das quantidades e qualidade dos grãos negociados. Em poucos anos passados, o primeiro contrato desenvolvido, teve a designação de “*contract to-arrive*” (mercadoria a entregar). A CBOT oferece, nos dias de hoje, contratos de futuros sobre os demais ativos existentes.

Em 1974, a *Chicago Produce Exchange* foi constituída, oferecendo um mercado para todos os outros ativos subjacentes que figuravam fora do mercado na CBOT, sendo este dedicado aos bens perecíveis. Uma vez que os comerciantes de manteiga e ovos não se encontravam satisfeitos, decidiram, em 1898, criar a *Chicago Butter and Eggs Board*, organização sem fins lucrativos. Esta última, em 1919, dá origem a uma redenominação, sendo a partir da dará, designada como *Chicago Mercantile Exchange* (CME).

³ AIUBE, Fernando, (2013). Modelos Quantitativos em Finanças - Com Enfoque em *Commodities*. Bookman. Porto Alegre, Brasil.

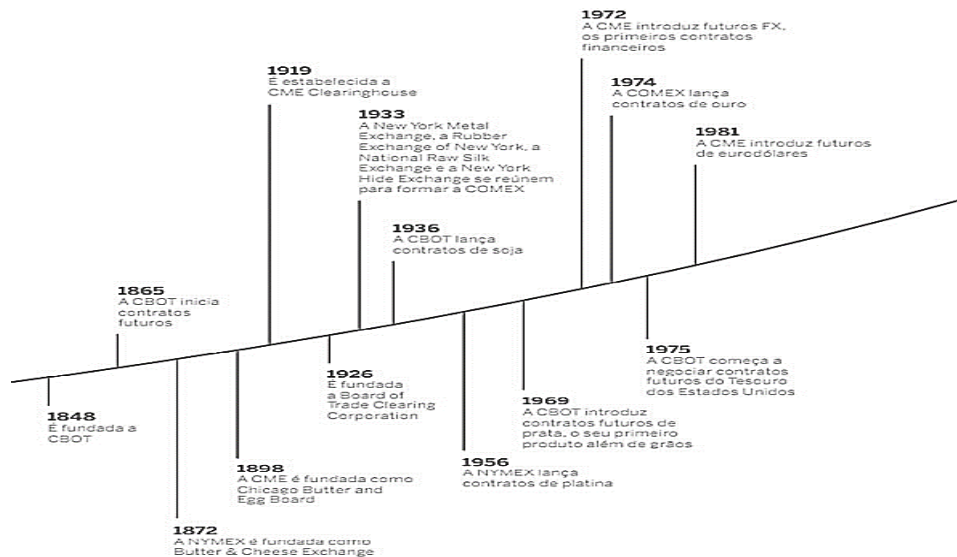


Figura 3.1. – Evolução CBOT até CME Group

Fonte: CME SITE GROUP

A bolsa obteve uma oferta pública em dezembro de 2002, onde acaba por realizar a fusão com a *Chicago Board of Trade* em julho de 2007, tornando-se desta forma a *CME Group Inc.*

Atualmente a *CBOT* pertence ao *CME GROUP*, que abrange outras bolsas americanas, ampliando assim a sua gama de contratos negociados.

No foco do *CME GROUP* encontram-se quatro bolsas de futuros americanos (*CME Group*), tais como:

- i. *Chicago Mercantile Exchange (CME);*
- ii. *Chicago Board of Trade (CBOT);*
- iii. *New York Mercantile Exchange (NYMEX);*
- iv. *Commodities Exchange (COMEX).*

3.1. Contratos de futuros

Os contratos de futuros surgem com a necessidade de mitigar a exposição ao risco que a instabilidade dos preços provoca na gestão dos negócios.

Um contrato de futuros permite, somente em bolsas reconhecidas, transacionar, vender ou comprar exclusivamente em bolsas especializadas, as quantidades acordadas de um ativo implícito, numa futura data contratada e a um preço previamente fixado. O titular de um contrato de futuros tem desta forma o direito e também a obrigação de comprar ou de vender o ativo implícito a esse contrato, nas condições previamente acordadas, sendo

desta forma assumidas posições lineares. Os contratos são padronizados onde somente o preço é negociado. Estes contratos de futuros têm individualmente uma ficha onde é contida todas as especificidades a informar.

Esta definição contradiz com a de um contrato de opções, onde o titular (comprador) tem um direito, mas não uma obrigação de comprar ou de vender. Com isto, o perfil de resultados é linear nos futuros e não linear nas opções.

Apesar de os contratos de futuros serem descendentes dos contratos de *forwards*, e a definição de ambos possa ser usada para definir qualquer um dos géneros, os dois tipos apresentam objetivos semelhantes, existindo contudo uma especificidade que os difere, mais propriamente em relação à fixação de preços no futuro.

Nos contratos de futuros, estes são padronizados, dado que apresentam termos e condições pré-determinadas quanto à sua dimensão, unidade de transação e cotação, meses de negociação e data de entrega do ativo subjacente, tipo de entrega (física ou monetária), margens e preços de flutuação, entre outras.

Já nos contratos *forwards*, estes são negociados em mercados particulares, realizados à medida das necessidades, onde não existem mecanismos formais de proteção e acompanhamento.

Nestes contratos, os intervenientes podem assumir uma posição longa (compradora) ou curta (vendedora).

Os mercados de futuros conseguem juntar os agentes económicos que têm em vista a cobertura dos riscos contra as subidas ou descidas das cotações (designado por *Hedger*), os Especuladores que não pretendendo tomar posições nos ativos subjacentes, apenas pretendem beneficiar daquelas subidas ou descidas e ainda os peritos em arbitragem (designado por *Arbitrageurs*).

Os mercados de futuros, através do seu mecanismo de ação, visam estabelecer, através dos preços futuros, um auxílio na gestão da estabilidade de preços, em peculiar atenção, naqueles que são afetados por fatores sazonais.

3.1.1. Procedimentos de um contrato de futuros

Para cada parte outorgante de um contrato de futuro, através da existência de uma câmara de compensação, a existência de risco de não cumprimento da outra parte é inexistente, uma vez que a bolsa, funcionando como intermediária através desta sua designação de câmara, é a parte oposta.

De modo a garantir a segurança do sistema, existe nos contratos de futuros, um valor depositado no início do contrato que atua de forma a minimizar o risco das perdas por evolução desfavorável das cotações, designado por margem. Esta margem é diariamente atualizada, processo designado por *daily settlement* ou *marking-to-market*, isto é, todos os dias os contratos são ajustados ao valor do mercado, o mecanismo de margens é feito para todas as posições e tem por referência a cotação do fecho do dia.

3.1.2. Posições longas e curtas

Uma vez que estamos perante uma relação simétrica, os compradores de futuros ao assumirem uma posição longa, obrigam a que o vendedor assuma uma posição curta. Quando chegada a data de vencimento, o adquirente tem a obrigação de ficar com o ativo subjacente ao preço contratado. Contrariamente, o vendedor assume a obrigatoriedade de alienar o ativo subjacente ao preço contratado.

Embora os contratos de futuros tenham uma data de vencimento acordada pelos outorgantes, é sempre possível que qualquer uma das partes feche a sua posição numa data anterior à que se encontrava previamente fixada. Esta situação pode ocorrer quando o mercado se movimenta num sentido contrário às expectativas iniciais de subida ou descida de ativo subjacente. Este fecho de transação acima mencionado consiste na realização de uma transação contrária aquela que anteriormente foi assumida.

Para ajudar a avaliar o processo dos contratos, deve atender-se ao esquema seguinte:

- t – O momento da negociação do contrato de futuros;
- T – A data de vencimento;
- F – O preço do futuro;
- S_t – O preço corrente do ativo subjacente do contrato de futuros;
- S_T – O preço do ativo subjacente do contrato de futuros na data de vencimento.

Obtendo-se o seguinte quadro (ver tabela 3.1.) de fluxos de tesouraria, representativo das posições longas e curtas.

Tabela 3.1. – Fluxos de tesouraria representativo das posições longas e curtas

Estratégia	Fluxos de Tesouraria	
	No momento t	No momento T
Compra de contratos de futuros (posição longa)	0	$S_T - F$
Venda de contratos de futuros (posição curta)	0	$F - S_T$

Fonte: Elaboração Própria

Tendo por base a definição dos contratos de futuros, anteriormente abordada, e analisando a tabela acima, entende-se que para a posição longa, o comprador tem como expectativa a subida da cotação do ativo subjacente, contrariamente ao vendedor, posição curta, que tem como expectativa a descida do preço do ativo no mercado.

Conforme as expectativas aquando da aquisição das suas posições, podemos obter os seguintes casos:

Tabela 3.2. – Ganho ou perda das posições longas e curtas

	Ganho	Perda
Posição longa (Comprador)	$S_T - F$	$F - S_T$
Posição Curta (Vendedor)	$F - S_T$	$S_T - F$

Fonte: Elaboração Própria

No momento inicial (t), o investimento é de zero (0), contudo, para garantir os contratos, as bolsas exigem o depósito das margens iniciais.

Na tabela anterior, ficam evidenciados os fluxos de tesouraria que estão subjacentes aos contratos de futuros, mas não é uma prática habitual, uma vez que os contratantes podem liquidar as suas posições em qualquer momento antes do vencimento. Possibilidade esta que se deve aos termos padronizados relativos à negociação dos futuros em mercados organizados e ainda à liquidez desses contratos.

Desta forma revelam-se as posições compradoras e vendedoras num contrato de futuros e correspondentes resultados.

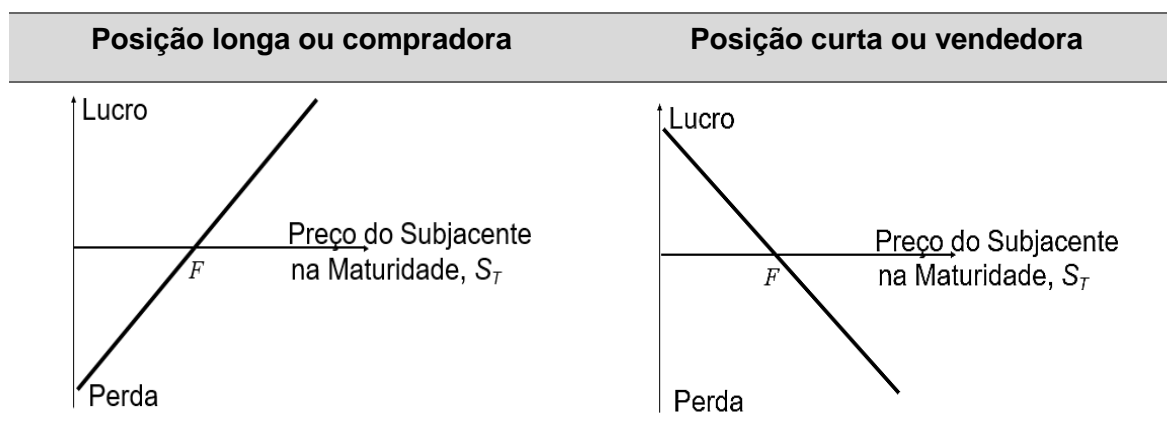


Figura 3.2. – Posições longas e curtas

Fonte: Elaboração Própria

Face ao perfil de resultados linear dos contratos de futuros, os ganhos ou as perdas associadas são importantes, conforme evolução seja a favor ou contra as expectativas

iniciais, não existindo qualquer proteção, a única medida é o fecho antecipado dos contratos negociados.

3.2. Tipos de contratos de futuros

Os contratos de futuros transacionados em todos os mercados internacionais têm por suporte o seu ativo subjacente, existindo dessa forma contratos de futuros sobre ações e índices de ações, futuros cambiais ou sobre divisas, sobre taxas de juro, sobre matérias-primas e mercadorias (*commodities*) e sobre outros índices e outros ativos subjacentes, mais precisamente *weather derivatives* e *housing derivatives*.

3.2.1. Futuros sobre índices de ações e sobre ações

Em 1982, surgem nos EUA, os contratos de futuro sobre índices de ações ou ações. Desde então, têm-se estendido de forma relevante por todos os países e mercados.

Passado alguns anos, mais precisamente onze (1993), surge em Portugal, muito através da abertura da Bolsa de Derivados do Porto, a abertura do mercado à negociação destes contratos de futuros sobre o índice de ações *PSI 20 – Portuguese Stock Index* e também sobre ações individuais de algumas das principais empresas cotadas em bolsa.

Os índices de ações mais importantes no mundo são o *S&P 500*, o *Nasdaq 100*, o *Dow Jones Industrial (DJIA)*, o *FTSE 100*, o *CAC 40*, o *DAX 35*, o *IBEX 35* e o *DJ EuroStoxx 50*, sendo que em Portugal a referência é o *PSI 20*.

É de salientar que só em 2002, nos EUA, é que surge a possibilidade de serem transacionados futuros sobre ações individuais, com a designação de *SSF – Stock Single Futures*.

Esta tipologia de contratos permite ao investidor negociar barreiras contra o risco de volatilidade das cotações das ações (ou risco de mercado) e também especular em relação à evolução das cotações.

Por fim, caso existam carteiras de ações com um determinado risco específico, é possível diminuir ou incrementar a beta (β) dessas carteiras. Estas medidas dependem da estratégia associada, quer de proteção, quer de especulação face ao mercado, sendo que beta é a ponte de ligação entre o rendimento de uma carteira de ações e o mercado subjacente.

3.2.2. Futuros cambiais ou sobre divisas

Com base no desenvolvimento das cotações cambiais variáveis, por abandono das fixas no início da década de 70, as oscilações cambiais exigiram a introdução de derivados sobre divisas para gestão daquele risco.

Os primeiros contratos de futuros cambiais surgem em 1972, sendo transacionáveis no *IMM – International Monetary Market*, sendo este uma divisão do CME, com as seguintes moedas:

- i. Libra esterlina;
- ii. Dólar canadiano;
- iii. Marco alemão;
- iv. Yen japonês; e
- v. Franco suíço.

Ferreira (2008:114), refere que «[c]om o suporte de Milton Friedman, economista na Universidade de Chicago e vencedor do Prémio Nobel de Economia em 1976, a CME – *Chicago Mercantile Exchange* iniciou as transações de contratos sobre futuros cambiais».

Junto desta especificidade de contratos de futuros, as divisas com maior relevância são o dólar EUA, o euro, o yen japonês, a libra esterlina, o dólar do Canadá, o dólar australiano, o franco suíço e o real brasileiro.

Quer no mercado OTC (*over-the-counter*), quer no mercado particular, o *forward* cambial é transacionado. Este conduz a um fecho da cotação cambial a que uma entidade pode adquirir ou alienar numa data futura. Nestes contratos, os intervenientes têm a obrigação de comprar ou de vender a quantidade especificada e à cotação previamente acordada na data futura. Salienta-se que este acordo não pode ser transferido para terceiros.

Um contrato de futuros cambiais, é negociado somente nos mercados organizados ou bolsas e particulariza a cotação que uma divisa pode ser adquirida ou alienada numa data futura. Os contratos são adaptados todos os dias ao valor de mercado e os intervenientes têm a possibilidade de, em qualquer altura, fechar as suas posições. Contudo, e embora a tendência em relação aos futuros cambiais seja de crescimento, o mercado particular ou OTC ainda continua a ser muito superior.

3.2.3. Futuros sobre taxas de juro

Com vista à possibilidade de os investidores, credores e devedores de empréstimos se defenderem face a oscilações negativas nas taxas, provocando efeitos negativos na *performance* dos investimentos, no valor das carteiras, nos rendimentos e nos custos de financiamento, os futuros sobre a taxa de juro tornaram-se um dos maiores êxitos nos mercados dos futuros financeiros.

Os contratos de futuros sobre taxas de juro dividem-se em:

- i. Futuros de curto prazo; e
- ii. Futuros a médio e longo prazo ou sobre obrigações.

Estes contratos surgem em 1975, ano em que iniciam a sua negociação na CME – *Chicago Mercantile Exchange*, EUA., com a inclusão do contrato *Eurodollar*, contrato este baseado nas taxas de juro dos depósitos a prazo apresentando um crescimento extraordinário.

Este brilhante crescimento anteriormente referenciado, conduziu a que outras bolsas europeias iniciassem a negociação de produtos semelhantes, designadamente a *LIFFE* – *London International Financial Futures Exchange*, designada nos dias de hoje como *Euronext*, com:

- i. *Short Sterling* – para taxas de juro em libras;
- ii. *Euromark* – para taxas de juro em marcos alemães;
- iii. *Euroswiss* – para taxas de juro em francos suíços; e
- iv. *Eurolira* – para taxas de júri em liras italianas.

Nos dias de hoje, verifica-se que os três contratos de futuros mais importantes em volume, em todo o mundo, estão incluídos neste grupo e são o *Eurodollar Futures*, transacionado na CME, o *Euro-Bund Futures*, na *Eurex* e o *10-Year T-Note Futures*, na CBOT.

Uma vez que os contratos de futuros sobre a taxa de juro possuem características específicas, na seguinte tabela (ver tabela 3.3.) são referidos os contratos de futuros, *Eurodollar Futures* e o *Euro Bund Futures*, uma vez que estes têm sido os mais importantes em termos de volume e de contratos em aberto.

Tabela 3.3. – Futuros a curto e longo prazo

Futuros a curto prazo (STIRs)	Futuros sobre obrigações
Europa: <i>Euribor futures (LIFFE), Short Sterling Futures (LIFFE)</i>	Europa: <i>Euro Bond Futures (Eurex), Euro Bond Futures (MATIF), UK Gilt Futures</i>
E.U.A.: <i>Eurodollar futures (IMM/CME)</i>	E.U.A.: <i>T-Note Futures e T-Bond Futures (CBOT)</i>

Fonte: Elaboração Própria

3.2.4. Futuros sobre matérias-primas e mercadorias (commodities)

São consideradas *commodities* as matérias-primas e mercadorias que se definem como um bem físico transacionável em mercados secundários. Em geral, são bens com regularização física e que podem ser armazenados, sendo a eletricidade a exceção.

Estão inseridos neste grupo, os contratos sobre:

- i. Produtos agrícolas – cereais, óleos, outros produtos alimentares, gado vivo e produtos florestais;
- ii. Produtos metálicos – ouro, prata, alumínio, platina, cobre, zinco, níquel e outros; e
- iii. Produtos energéticos – petróleo bruto, gás natural, gasolina, carvão, propano e eletricidade.

O comportamento dos ativos subjacentes e o seu volume de transações é influenciado pelos meses de entrega. Algumas particularidades intrínsecas dos ativos, mais concretamente, a sazonalidade e a possibilidade de armazenagem por um período mais longo ou mais curto têm influência nos contratos de futuros. Também a qualidade dos ativos físicos, característica relevante, leva a existirem, para o mesmo produto, contratos de futuros diferentes conforme o tipo de qualidade ou de variedade.

Os mercados de *commodities* à vista e a prazos mais significativos são (ver tabela 3.4.):

Tabela 3.4. – *Commodities* mais transacionadas

Matérias-Primas	Metais Preciosos	Petróleo e derivados (futuros):
Algodão (Nova Iorque)	Alumínio (à vista e a 3m)	<i>Brent Crude IPE</i> – Londres
Azeite de Soja (Chicago)	Chumbo (à vista e a 3m)	<i>Light Crude NIMEX</i> – Nova Iorque
Açúcar (Nova Iorque)	Cobre (à vista e a 3m)	Gasolina <i>NIMEX</i> – Nova Iorque
Cacau (Londres e Nova Iorque)	Estanho (à vista e a 3m)	<i>Heating Oil NIMEX</i> – Nova Iorque
Café (Nova Iorque)	Níquel (à vista e a 3m)	
Farinha de Soja (Chicago)	Zinco (à vista e a 3m)	
Milho (Chicago)	Ouro (Londres, Nova Iorque e Madrid)	
Soja (Chicago)	Prata (Londres, Nova Iorque e Madrid)	
Sumo de Laranja (Nova Iorque)	Platina (Londres, Nova Iorque e Madrid)	
Trigo (Chicago)		

Fonte: Elaboração própria

Os *spread*, sendo estes com frequência a base de transação das matérias-primas e mercadorias nos contratos de futuros, os mais comuns que se encontram são os *crack spreads*, na indústria petrolífera, os *spark spreads* na energia em geral, em especial como um *intermarket spread* entre a eletricidade e o gás natural, os *frac spreads* entre o gás natural e o propano e os *crush spreads* nos futuros sobre produtos de agricultura.

3.2.5. Futuros sobre outros índices e outros ativos subjacentes

Neste tópico, engloba-se o conjunto de futuros diversificados, isto é, os considerados de extremos em que temos desde derivados sobre as condições climáticas ou ligados com a temperatura (*weather derivatives*) até aos derivados sobre o preço das habitações e outras situações associadas (*housing derivatives*).

3.2.5.1. *Weather derivatives*

Uma vez que os resultados de muitas empresas são afetados através dos níveis de calor ou de frio superiores aos valores médios de anos anteriores, são estes os riscos climáticos a que as entidades estão expostas.

É então que, a partir de finais da década de 90, alguns agentes económicos começaram a idealizar a transação de condições meteorológicas, por via da quantificação e indexação em termos de temperaturas médias mensais ou sazonais. Com esta medida, conduziu-se

à possibilidade de tratar o tempo e as suas condições como de um ativo subjacente perfeitamente normal (ver figura 3.3.).

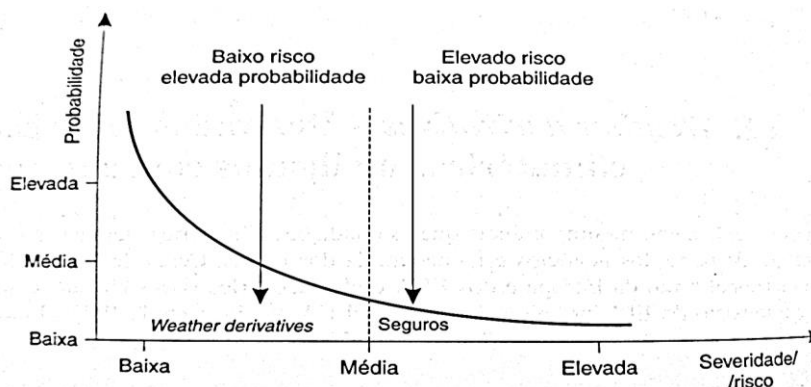


Figura 3.3. – Utilização de instrumentos na gestão de risco das condições climáticas

Fonte: Ferreira (2008:300)

É então desta forma que surgem os derivados sobre as condições climáticas, instrumentos financeiros que as entidades, ou até particulares, podem usufruir como parte integrante de uma estratégia de gestão de cobertura de riscos associados às condições climáticas. A grande e principal particularidade dos *weather derivatives* é que os ativos subjacentes, tais como temperatura, precipitação (chuva e de neve), velocidade do vento e humidade, não apresentam um valor direto para valorização do derivado.

Como exemplo, temos três casos distintos: o primeiro que retrata a posição dos agricultores que podem servir-se destes derivados para se preservarem contra as fracas colheitas causadas pelo clima adverso; como segundo caso, temos o sector energético, onde desejam tonar os seus proveitos mais constantes minimizando os efeitos dos excessos de calor e frio; por fim, o terceiro, retrata o caso dos parques de entretenimento, que necessitam de cobrir os riscos climáticos, isto é, clima adverso no verão, tal como as estâncias de neve cobrem o risco da falta de clima necessário.

As principais indústrias cuja atividade é potencialmente afetada pelas variações anormais do clima, são a:

- i. Agricultura;
- ii. Produção e distribuição de energia;
- iii. Transportes e distribuição;
- iv. Hotelaria e lazer;
- v. Desportos de Verão e de Inverno;
- vi. Construção de obras e engenharia;

- vii. Restauração e bebidas; e
- viii. Bancos e instituições financeiras.

A primeira operação com este tipo de derivados teve lugar em julho de 1996 no mercado particular ou OTC no sector da energia elétrica.

Por sua vez, e em relação a operações em bolsa, o mercado era praticamente inexistente até 1997, mas é em 1998 que atinge uma marca de 500 milhões de dólares dos EUA.

É desta forma que a CME, em 1999, iniciou a transação de futuros e opções sobre as condições climáticas, e em 2002, a liquidez já era relevante, tendo o mercado crescido dez vezes mais para um valor superior aos 5 mil milhões.

Por outro lado, em dezembro de 1999, no Reino Unido foi lançada a primeira bolsa *online* sobre variações climatéricas (*weather exchange*), a *I-Wex*, com a colaboração da LIFFE e, que em julho de 2001 lançou três índices climatéricos (*weather indices*) para as cidades de Londres, Paris e Berlim.

Tal como em todos os instrumentos financeiros, também aqui, sem qualquer exceção, existem os utilizadores sobre as temperaturas, onde podemos encontrar os *hedgers* e os especuladores. Os *hedgers* tendem a procurar a eliminação dos riscos associados a uma exposição devida a oscilações excecionais das condições do clima. Por outro lado, os especuladores tomam posições em instrumentos derivados sem estarem expostos a oscilações extraordinárias das condições do clima.

Os contratos de futuros sobre as condições de temperatura (*weather derivatives*) obrigam o comprador a comprar o valor do índice subjacente na data futura do contrato.

O valor do índice pode ser expresso em:

- i. *HDD – Heating Degree Days* – Valor destinado aos meses frios;
- ii. *CDD – Cooling Degree Days* – Valor destinado aos meses quentes.

O valor de liquidação é obtido através da multiplicação desses *HDD* e *CDD* pela unidade contratual (*trade unit*).

3.2.5.2. Housing derivatives

A CME e a *Tradition Financial Services*, em parceria com a *Fiserv Case Shiller Weiss* e a *Standart & Poor's*, anunciam a 21 de março de 2006 o lançamento dos derivados sobre os ativos imobiliários (*housing derivatives*): *S&P CME Housing Futures and Options*.

São considerados derivados sobre as propriedades os instrumentos financeiros cujo valor deriva do valor de um ativo subjacente. Na prática, e uma vez que os ativos imobiliários

são vítimas de ineficiências do mercado, e também porque apresentam uma difícil precisão de preço, os contratos de derivados são tipicamente escritos com base num índice de propriedade imobiliária. Desta forma, o índice de imóveis procura agregar o máximo de informações que o mercado imobiliário possa fornecer de modo a conseguir elaborar uma análise mais precisa do desempenho do ativo imobiliário.

Para este derivado, são usados os índices CSW (*Case-Shiller Weiss*), que são relevantes para a avaliação dos preços dos imóveis e os contratos transacionados incluem as cidades americanas de Boston, Chicago, Denver, Las Vegas, Los Angeles, Miami, New York, San Diego, San Francisco e Washington D.C.

3.3. Características dos contratos de futuros

Dentro deste ponto, destaca-se a definição, já anteriormente mencionada, que sintetiza de forma clara as ideias bases de um contrato de futuros, ao assumir que um contrato de futuros é estabelecido entre um comprador, um vendedor e uma bolsa, ou a sua câmara de compensação, através do qual as partes podem comprar ou vender uma determinada quantidade de um ativo financeiro, de uma mercadoria ou matéria-prima ou de qualquer outro elegível, numa data futura e a um preço previamente fixado. Cada um dos titulares de um contrato de futuros tem assim um direito, mas também uma obrigação de comprar ou vender o ativo subjacente.

O comprador assume uma posição longa e o vendedor assume uma posição curta. O assumir uma posição longa pelo comprador tem por fundamento a expectativa que as cotações dos ativos ou índices subjacentes vão subir. Por outro lado, o vendedor tem um fundamento oposto, ou seja, que aquelas cotações vão descer.

Como o ganho de uma das partes é igual à perda de outra parte, podemos definir os contratos de futuros como jogos de soma zero, isto é, a soma dos resultados de ambas as partes é nula. A negociação de um contrato de futuros implica o seu cumprimento em ambas as partes outorgantes. Um conjunto de contratos de futuros e opções em aberto é atribuída a designação técnica de *open interest*. É necessário não confundir este termo, de *open interest* em futuros e opções, por volume de transações em futuros e opções.

Embora as partes outorgantes de um contrato de futuros estejam vinculadas ao seu cumprimento, estes só o serão enquanto o contrato estiver em curso. Uma das grandes vantagens destes contratos passa pelo facto de qualquer uma das partes envolvidas fechar a sua posição em qualquer momento, ignorando a data de vencimento do contrato em vigor. Possibilidade esta que permite que ambas as partes mantenham a sua posição aberta face aos seus objetivos, em especial atenção à cobertura de risco ou especulação.

No caso dos especuladores, tendo por base a maximização do retorno monetário investido (lucro), as posições podem ser mantidas durante dias, horas ou mesmo minutos. Estes intervenientes transacionam com base no futuro antecipando-se a eventos. Esta atuação no mercado só é possível quando a análise é cuidada, ignorando fatores como emoções e palpites.

Por outro lado, no caso dos intervenientes económicos que tenham como objetivo cobrir riscos a que estão expostos, mais especificamente conhecidos por *hedgers*, optam por manter as suas posições em aberto o tempo que entenderem necessário para se protegerem da exposição ao risco. Uma das estratégias associadas é o fecho da posição alguns dias antes da maturidade, evitando desta forma o processo de entrega do ativo subjacente.

O fecho prévio das posições (*offset* ou *close-out*) reside em segurar uma posição igual, mas inversa, no mesmo contrato (*reversing the trade*) perante a correspondente bolsa ou câmara de compensação. A grande maioria dos contratos de futuros são cancelados antes da data do seu vencimento.

Esta estratégia de fecho antecipado traduziu-se na introdução de uma nova terminologia nos mercados futuros, recorrendo ao uso das expressões – *to open* e *to close* – de modo a mencionar quais as decisões a tomar, quer para entrar ou sair do mercado.

De modo a explicar a ideia base, uma aquisição ou uma alienação *to open*, implica uma transação nova ou uma nova posição adotada, enquanto uma compra ou uma venda *to close* implica o fecho de posições anteriormente assumidas.

3.3.1. Padronização e especificação dos contratos de futuros

Os futuros, de modo a ser assegurada a liquidez dos contratos, são produtos altamente padronizados. Esta afirmação mostra que ao existir uma elevada padronização neste produto, ambas as partes possuem um poder de negociação reduzido, sendo o preço o objeto fundamental de intervenção dos negociantes.

A fixação do preço depende ainda de algumas condições de flutuação mínima (*tick*) e máxima dos preços, onde estes seguem as regras da oferta e da procura naquele momento, num contexto de negociação totalmente aberto.

De modo a obtermos uma perceção correta desta padronização, Ferreira (2008:123) e Hull (1998: 20-23) indicam um conjunto de elementos fulcrais, tais como:

- i. O ativo subjacente;
- ii. O modo de regularização (quer seja física, quer financeira);

- iii. O montante e unidade de ativo subjacente por contrato;
- iv. A divisa de cotação do contrato;
- v. As características do ativo a entregar (sendo elas, a qualidade do ativo, modo e local de entrega);
- vi. Mês de entrega, último dia de transação;
- vii. Variações de preços; e
- viii. Ainda outros dados considerados necessários para a identificação do contrato.

3.3.2. Fungibilidade

Como verificado anteriormente, a padronização tem como tarefa assegurar a liquidez destes contratos. Entende-se, no contexto desta padronização, que aquando a transação dos contratos, as grandes incógnitas no início de cada sessão na bolsa de valores são a identidade do comprador e do vendedor, o preço e o número de futuros que irão ser transacionados, uma vez que dada a padronização dos contratos, todas as outras estão pré-definidas.

Não bastava que os contratos fossem totalmente padronizados para que fosse assegurado o correto cumprimento do mercado. Por esta razão, e com base no risco de crédito, isto é, na possibilidade da não concretização do negócio, que foi criada a câmara de compensação, funcionando como um terceiro elemento assegurando o cumprimento de todas as partes envolvidas.

O comprador e vendedor deixam assim de criar qualquer tipo de relação direta, ficando os seus direitos e deveres para com a Câmara. Esta garantirá sempre a qualquer uma das partes o cumprimento do contrato, independentemente se uma delas falhar.

3.3.3. Sistema de negociação

Como refere Peixoto (1999:102), «os mercados de futuros e opções têm como suporte uma base tecnológica forte, que lhes permite funcionar de uma forma eficiente e dinâmica».

Numa primeira fase, até ao início dos anos 90, os contratos de futuros eram exclusivamente transacionados no interior dos edifícios das bolsas europeias. Esse mesmo recinto tinha como designação “*trading pit*” ou “*ring*” onde o processo era seguido por base de uma negociação em alta voz (*open outcry*), existindo confronto de propostas num local com a designação de “*circular pit*” até à chegada de um acordo.

Nestas zonas específicas, eram encontradas entidades (*traders*) que negociavam por si próprias, e outras que atuavam por conta de intermediários (*brokers*) ou situações mistas.

Contudo, é a partir do final daquela década, que o sistema *open outcry* é reformulado surgindo desta forma o recurso a plataformas de negociação eletrônica durante 24 horas por dia, levando a que seja criado um *trading pit* global e virtual sem restrições ao número de intervenientes para a negociação. Estas poderosas ferramentas eletrônicas são propriedade e gerência das bolsas de futuros, e, nos dias de hoje, correspondem a mais a mais de metade do volume das transações com futuros.

Estas novas plataformas originaram um novo género de *trader*, o “*e-local*”, que executa as mesmas tarefas que os *floor brokers* desempenham no sistema de alta voz. Este novo género levou a que originassem também associações designadas como *trading arcades*, com o objetivo de obterem economias de escala e outras fontes ou fatores competitivos.

O recurso a plataformas eletrônicas de *trading* requer a inserção de informação fundamental ao nível do preço e do tempo de entrada, podendo ainda incorporar dimensão e tipo da ordem e identidade do cliente que coloca a ordem, isto é, “regras de prioridades” (ver figura 3.4.).

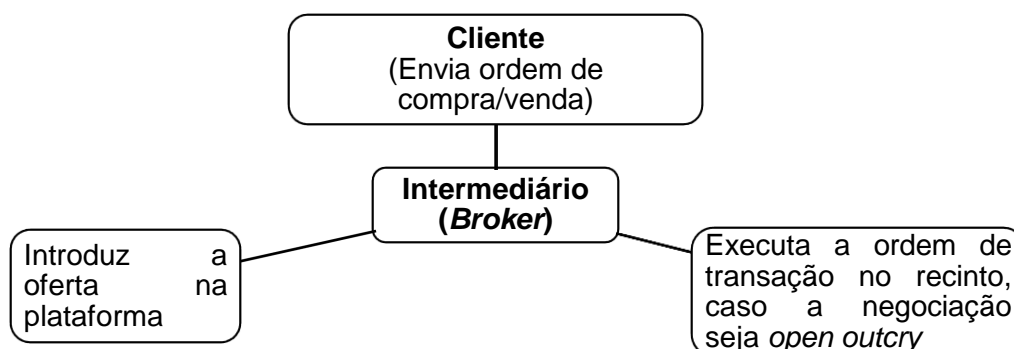


Figura 3.4. – Exemplo de negociação de contratos de futuros

Fonte: Elaboração própria

Saliento que apesar das modernizações efetuadas, algumas das suas principais características mantêm-se inalteradas, sendo elas:

- i. Centralização – todas as transações ocorrem no mesmo lugar, quer seja em *trading pit*, quer seja através de plataforma;
- ii. Transparência – os participantes atuam livremente no mercado e assistem a todos os acontecimentos. O *trading* é feito no sistema de leilão e não de negociação;
- iii. Rapidez – as transações processam-se rapidamente;

- iv. Volatilidade – o valor do ativo subjacente reage rapidamente aos fatores externos. Alterações nas taxas de juro, inflação, desemprego e qualquer outro fator macroeconómico provocam um impacto no valor do ativo;
- v. Dimensão – é com frequência que centenas de *traders* se concentrem na transação de um único produto.

Numa fase mais recente, após anos de recurso, desenvolvimento das plataformas e de mecanismos eletrónicos e com o objetivo da globalização dos mercados de capitais, surge em abril de 2007, através da congregação das plataformas eletrónicas de negociação da *Euronext* e da *New York Stock Exchange*, a *NYSE Euronext*, a primeira bolsa transatlântica e transcontinental de futuros e opções.

Neste sentido, foi criado um *player* mundial nos mercados de capitais difícil de superar com mais do dobro da capitalização bolsista das três maiores bolsas que se seguem, Tóquio, *Nasdaq* e Londres.

3.3.4. Câmara de compensação (*Clearing House*)

A Câmara de Compensação é, como o nome indica, a entidade idónea, responsável pela compensação de todos os contratos de derivados transacionados em determinada bolsa, garantindo assim a legalidade, a regularidade e a manutenção dos contratos abertos até à sua regularização final. Com a implementação da *Clearing House*, o risco de não cumprimento por parte de qualquer um dos dois outorgantes fica praticamente reduzido.

Tal como podemos verificar, Peixoto (1999:66) refere na sua obra que, desta forma não existe «qualquer contacto entre comprador e o vendedor de um certo contrato, porque a Câmara de Compensação funciona como um intermediário na negociação de todos os contratos.». Desta forma, nenhuma das partes do contrato precisa de conhecer a outra parte do contrato, uma vez que é a câmara de compensação a entidade a quem têm de prestar informações. Sendo assim, é possível fechar uma posição sem uma parte ter a obrigatoriedade de dar conhecimento à outra parte, pois no momento em que não se encontra imediatamente parte interessada em assumir uma posição igual à qual acaba de ser fechada, a câmara garante a continuidade desse contrato, assumindo-se como contraparte. Este método torna-se útil pela particularidade primordial que é comum aos contratos de futuros, a fungibilidade.

Existem dois tipos de modelo de salvaguarda das câmaras de compensação, sendo elas:

- i. *Good to the last drop* – o capital da câmara de compensação pode ficar comprometido em caso de incumprimentos por parte das contrapartes;

ii. *Live another day* – tal compromisso anterior já não acontece.

Um dos grandes pilares deste sistema é a existência de margens iniciais e de manutenção. Esta margem permite cobrir a manutenção dos contratos sem a necessidade de disponibilizar a totalidade dos valores, isto é, é equiparado a um pagamento parcial para fazer face às obrigações contratuais e para assegurar potenciais perdas ilimitadas.

3.3.5. O mecanismo das margens

O mecanismo das margens é um dos sistemas mais importantes a reter para potenciais investidores do mercado de derivados. Tal como referido anteriormente, a câmara de compensação, como supervisor do sistema, desenvolveu determinados procedimentos a que os demais se obrigam de modo a executar as questões de segurança do sistema.

A partir do momento em que um contrato de futuros é fechado entre as partes e registado na respetiva bolsa, as cotações do ativo subjacente vão alterando até à maturidade. Esta variação traz ganhos para uma das partes e perdas para a outra.

Um dos pilares da integridade financeira dos mercados de derivados reside na transferência do risco de incumprimento das partes envolvidas na transação para a *Clearing House*. Em contrapartida, a entidade tem que se salvaguardar contra possíveis eventos de incumprimento. Por conseguinte, teve que desenvolver mecanismos complementares de proteção: as margens e o mecanismo *marking-to-the-market*.

Estas margens são, na realidade, um valor monetário que os investidores são obrigados a depositar, por cada posição aberta, numa conta própria designada por Conta Margem junto da câmara. Este depósito é um ato demonstrativo de boa vontade dos agentes envolvidos ao mostrarem que estão dispostos a cumprir com as suas obrigações.

Desta forma, existem dois importantes tipos de margens:

i. Margem Inicial (*initial margin* ou *original margin*)

A margem inicial é o depósito que o investidor tem que efetuar junto da sociedade corretora com que trabalha, aquando da realização do contrato de futuros, no momento em que compra ou vende um contrato de futuros. O seu objetivo é cobrir as oscilações que possam ocorrer a nível de perdas, decorrentes da variação do ativo subjacente, num normal dia de bolsa. É determinado com base nas oscilações históricas dos preços, a variação máxima diária que ocorre num dia de normalidade.

A variação acima referida, é transformada numa taxa que determina a margem inicial para os diferentes tipos de contrato, Peixoto (1999:150) afirma que essa taxa pode encontrar-

se entre os 0,1% e os 10% do valor do contrato. Esta forma de cálculo está diretamente proporcionada ao risco inerente, variando consoante a estratégia adotada pelo investidor.

A *initial margin* é depositada numa conta própria para o efeito, designada como Conta Margem, que servirá para o investidor realizar diariamente as operações de recebimento e pagamento resultantes das perdas ou ganhos dependentes da evolução do preço do ativo no mercado.

Uma vez que os mercados de futuros funcionam com base num mecanismo de *marking-to-the-market* ou *daily settlement*, isto é, ajuste direto das posições ao valor de mercado, ao final de cada dia é apurado o resultado de cada posição consoante a evolução do ativo.

É importante salientar que no momento em que é realizado o contrato de futuros, a variação é zero, não se encontrando nenhuma das partes contratantes a perder ou a ganhar.

Deste mecanismo surgem dois resultados:

- a. Quando a **cotação desce**, o vendedor registará um ganho, uma vez que está a vender o ativo por um preço superior ao de mercado. Desta forma a **conta do comprador é debitada por esse valor e a do vendedor creditada**.
- b. Quando a **cotação sobe**, sucede o inverso, o comprador registará um ganho, uma vez que está a comprar o ativo por um preço inferior ao de mercado. Desta forma a **conta do comprador é creditada por esse valor e a do vendedor debitada**.

Uma vez que o somatório das perdas é igual ao somatório dos ganhos, a câmara de compensação, limita-se a transferir diariamente dinheiro entre a conta dos clientes.

É importante referir que esta margem inicial tem que obrigatoriamente ser depositada, mesmo que a posição à qual deu origem seja fechada antes da realização do depósito. Fala-se em obrigatoriedade, porque uma vez que as partes pudessem ultrapassar este requisito, muitas transações deixariam de estar sujeitas a este mecanismo, colocando assim em causa a integridade financeira dos mercados.

Nos mercados de futuros, em consequência do recurso ao sistema de margens, existe o efeito de alavanca ou alavancagem, mais conhecida com a expressão americana de *leverage*.

ii. Margem de Manutenção (*maintenance margin*)

Ao longo dos dias, face às volatilidades do ativo, o saldo da conta do comprador/vendedor vai diminuir. Desta forma, a bolsa de valores responsável por esse contrato não vai permitir que a conta chegue ao valor nulo para exigir a reposição do saldo inicial.

Tal como dito, e generalizando, a margem de manutenção é o valor do limite mínimo de saldo da conta-margem do investidor para que seja possível manter em aberto o contrato. Obviamente que o valor deste limite é inferior ao da margem inicial.

Segundo Peixoto (1999:153) «a maior parte das bolsas estabelece como valor para a margem de manutenção cerca de 75% da margem inicial».

Quando é atingido o valor mínimo, o *broker* tem a função de contactar o cliente de modo a que este restabeleça o valor da margem inicial. Contrariamente, o *broker* também contactará um dos investidores quando este adquire o direito de levantar o dinheiro presente na sua conta-margem, isto é, quando o valor existente excede o valor inicial.

3.3.6. Regularização e liquidação dos contratos de futuros

Quando o contrato de futuros chega ao seu término, o investidor pode optar por extinguir a sua posição de duas formas: **entrega física** ou **entrega financeira**.

- i. A **entrega física** é comum nos casos em que os ativos subjacentes são matérias-primas ou mercadorias e obrigações. No caso de materiais físicos, são as bolsas responsáveis que especificam os locais onde as entregas são realizadas tal como as respetivas datas.

Quando existem divergências na entrega face à ficha técnica do ativo, isto é, de diferenciais na entrega, é aplicado um pagamento adicional à bolsa por tais divergências.

Por sua vez,

- ii. A **entrega financeira** retrata o recurso ao uso de dinheiro para a regularização de ganhos ou perdas e para liquidação dos contratos com base no valor de referência do ativo subjacente.

Apesar de quando a contratualização de um futuro os prazos de entrega se encontrarem bem definidos, são poucos ou raros os investidores que, antes do vencimento não fecham a sua posição, tomando uma posição igual mas contrária no mesmo contrato.

De modo a explicar de melhor forma o processo de fecho da posição antes da data de vencimento e os objetivos aliados a cada uma das partes, apresento a tabela seguinte.

Tabela 3.5 – O processo de fecho por tomada de posição contrária, antes do vencimento

	Comprador	Vendedor
Setembro, 1	Compra 10 contratos sobre o ativo subjacente X, com vencimento em 18 de Setembro, à cotação de 20 €/unidade.	Vende 10 contratos sobre o ativo subjacente X, com vencimento em 18 de Setembro, à cotação de 20 €/unidade.
Setembro, 4	Vende 10 contratos sobre o ativo subjacente X, com vencimento em 18 de Setembro, à cotação de 17 €/unidade.	
Setembro, 15		Compra 10 contratos sobre o ativo subjacente X, com vencimento em 18 de Setembro, à cotação de 16 €/unidade.

Fonte: Adaptado de Ferreira (2008:140)

Resumidamente, neste exemplo na tabela 3.5., o comprador poderia ser um especulador que previa a subida da cotação do ativo, mas que uma vez que as mesmas não reagiram da mesma forma, tomou a decisão de vender passado três dias. Por sua vez, o vendedor, não querendo entregar o ativo, fecha a posição três dias antes do vencimento, recebendo os ganhos referentes à variação favorável das cotações.

Contudo, alguns investidores, mais propriamente o grupo de *hedgers* que negociam *commodities*, associam à resolução de fecho anteriormente referida uma operação designada por EFP – *Exchange-for-physicals*, por *against actuals* ou ainda por *versus cash*.

Neste caso, existe uma combinação fora da bolsa entre os intervenientes de uma operação de compra e venda do ativo subjacente do qual tinham posições abertas. Desta forma, ambos fazem o *close-out* das suas posições junto da bolsa ficando com respetivos ganhos e perdas, onde posteriormente entre si efetuam uma transação, como operação normal ou particular.

3.3.7. Vantagens e limitações dos contratos de futuros

Como tem sido mostrado, os contratos de futuros apresentam especificidades que estabelecem e se identificam como verdadeiros benefícios para os investidores no momento da celebração e negociação de um ativo subjacente. Contudo, também é possível identificar algumas limitações.

Irei apresentar a tabela seguinte de modo a demonstrar de uma forma interativa as vantagens e desvantagens existentes neste tipo de mercado.

Tabela 3.6. – Vantagens e desvantagens da negociação de Futuros

Vantagens	Desvantagens
<p>Os futuros são instrumentos financeiros com elevada alavancagem. Para comprar ou vender um contrato de futuros, um investidor apenas terá de despende uma pequena fração do valor total do contrato como margem. O que lhe permitirá negociar uma quantidade superior do ativo subjacente do que se o tivesse feito diretamente no mercado (à vista) e, assim, multiplicar os seus ganhos e as suas previsões se tivessem concretizado.</p>	<p>A alavancagem pode ser traiçoeira. Da mesma forma que a alavancagem maximiza o retorno, pode, igualmente, amplificar as perdas para a parte contrária.</p>
<p>A especulação com contratos de futuros é, essencialmente, um investimento em papel. O ativo real alvo do negócio apenas será trocado nas raras ocasiões em que o contrato seja levado a vencimento. Considerando que, o investidor médio é um mero especulador, a negociação de futuros é puramente uma transação em papel e o termo “contrato” prende-se com o fato destes instrumentos terem uma data de vencimento.</p>	<p>Os futuros são investimentos de curto prazo. Os futuros não são, contrariamente ao que acontece com a compra de ações, um investimento de longo prazo. Os contratos são válidos por um período de meses e quanto mais tempo os detiver maior será o requerimento de margem a pagar, pelo que não deverá detê-los por períodos muito longos.</p>
<p>Liquidez. Considerando o volume de contratos de futuros negociados diariamente, os mercados de derivados são muito líquidos, existindo sempre compradores e vendedores o que garante a satisfação das ordens com rapidez. Por esta razão, é pouco frequente existirem grandes variações de preços.</p>	<p>A negociação de futuros requer uma supervisão constante. A sua negociação ocorre de forma rápida, pelo que os investidores deverão verificar constantemente os preços, já que um pequeno ganho ou perda pode significar muito dinheiro.</p>
<p>Comissões reduzidas. Quando comparados com os valores cobrados noutros investimentos. As comissões cobradas variam de acordo com o intermediário financeiro e nível de serviço que é prestado, mas são sempre inferiores às cobradas nas transações do mercado à vista.</p>	

Fonte: Adaptado da *Euronext*

3.4. Risco do mercado de matérias-primas e mercadorias

Como abordado anteriormente, as matérias-primas e mercadorias (*commodities*) são definidas como produtos físicos que podem ser transacionados nos mercados secundários, normalmente por via de contratos de futuros.

Segundo Ferreira (2008:42), os investidores ligados a estes produtos estão sujeitos aos riscos da produção e dos preços a que se juntam, os riscos de globalização e do acréscimo do comércio livre e das alterações nas políticas energéticas, agrícolas e outras.

Com o aumento da volatilidade nos preços e nas produções, nestes produtos o risco de preços é importante e apresenta-se mais complexo dada a maior volatilidade e menor liquidez dos respetivos mercados.

Os mercados de commodities são geralmente menos líquidos do que os das taxas de juro, cambiais ou das ações, pelo que, variações na oferta e na procura podem ter efeitos mais profundos nos preços e na volatilidade, o que dificulta a transparência nos preços e a cobertura dos riscos.

4. Abordagem às especificidades dos contratos sobre petróleo

4.1. Os petróleos de referência mundial

O Petróleo é hoje em dia uma das matérias-primas mais voláteis e onde surgem diversas oportunidades para ganhar dinheiro.

No contexto do parágrafo anterior, nos mercados internacionais, é possível encontrar, com mais frequência, referências quanto ao *WTI (West Texas Intermediate)* e ao *Brent (ou Crude)*.

Contudo, surgem dúvidas quanto às especificidades destas referências mundiais, sendo desta forma necessário responder com os aspetos que as diferenciam.

Estas dúvidas despontam diariamente quando surgem notícias semanais acerca da flutuação das cotações do ativo petróleo no mercado *spot*.

Vou, de seguida, procurar de forma resumida, esclarecer os pontos fulcrais desta *commodity*.

CHANG *et al.* (2010) refere que os quatro maiores mercados internacionais de petróleo são: *West Texas Intermediate*, o *Brent*, o *Oman* e o *Tapis*.

O ***West Texas Intermediate*** (com a sigla *WTI*) é o petróleo de referência nos EUA, explorado na região do Texas, transacionado na bolsa de mercadores da CME.

Este petróleo bruto tem como características um grau de API⁴ entre o 38º a 40º e com um teor de enxofre de 0,3%, tonando-o assim, segundo a escala arbitrária, integrante do grupo de petróleo leve.

⁴ O Grau API é uma escala arbitrária que mede a densidade dos líquidos derivados do petróleo. Foi criada pelo *American Petroleum Institute - API*, juntamente com a *National Bureau of Standards* e utilizada para medir a densidade relativa de líquidos. Quanto mais densidade o óleo tiver, menor será seu grau API.

O grau de API permite classificar o petróleo em:

- i. Petróleo leve: Possui API maior que 30. Contém, além de alcanos, uma percentagem de 15 a 25% de ciclo alcanos.
- ii. Petróleo médio: Possui API entre 22 e 30. Além de alcanos, contém também de 25 a 30% de hidrocarbonetos aromáticos.
- iii. Petróleo pesado: Possui API menor que 22 e é constituído, praticamente, só de hidrocarbonetos aromáticos.

Quanto maior o grau API, maior o valor do produto no mercado.

De modo a definir a cotação diária no mercado *spot*, esta reflete os bens entregues no local, sendo este em *Cushing*, uma pequena cidade do Oklahoma no interior dos EUA, a cerca de 1000 km da costa sul dos EUA.

Por sua vez, o **Brent** (ou crude) é o petróleo de referência do Mar do Norte para a Europa. A sua designação deriva da antiga plataforma petrolífera da *Shell, Brent Spar*, existente na região do Mar do Norte.

Este tipo de petróleo tem como características um grau de API em média de 39,4º e com um teor de enxofre de 0,34%, tonando-o assim, segundo a escala arbitrária, integrante do grupo de petróleo leve. Nos dias de hoje o *Brent* é uma combinação de crudes provenientes dos campos petrolíferos britânicos de *Brent* e *Forties* e dos campos noruegueses de *Oseberg* e *Ekofisk*.

A cotação diária no mercado *spot* do Brent é publicada diariamente pela *Platt's Crude Oil Marketwire*, que reflete o preço de cargas físicas do petróleo *Brent* embarcadas de 7 a 17 dias após a data de fecho do negócio, em *Sullom Voe*, nas ilhas *Shetland*, a norte da Escócia, Reino Unido.

Existe igualmente o **Oman crude**, negociado na DME (*Dubai Mercantile Exchange*), sendo também uma referência global a par do *WTI* e do Brent, tornando-se um *benchmarking* do petróleo do Médio Oriente.

E por fim, do lote das quatro maiores potências, existe o **Tapis**, proveniente da Malásia, O valor no mercado por vezes é superior ao valor de referência, como o *WTI* e o *Brent*, uma vez que possui um nível superior de API, necessitando assim de menor tratamento que os anteriores.

Por fim, afirmo que ambos os crudes, quer o *WTI*, quer o *Brent*, pertencem ao grupo de petróleo de melhor qualidade. Contudo o *WTI*, uma vez que apresenta um teor de enxofre inferior, é considerado melhor que o *Brent*, confirmando assim o porquê de este ativo, no mercado, apresentar um valor de negociação superior ao *Brent*.

4.2. A fixação e formação dos preços de futuro

Dentro deste ponto, destaca-se a definição de Ferreira, já anteriormente mencionada, que sintetiza de forma clara a ideia base da fixação do preço de futuro, ao assumir que

[o]s preços dos futuros são determinados através do processo de arbitragem. O preço futuro representa o valor futuro esperado do ativo subjacente, reportado à data do fecho e atualizado à taxa de juro sem risco. Este valor é designado por te ou de EQUILIBRIO

e qualquer diferença ou desvio conduz a oportunidades de lucros sem riscos obtidos através da arbitragem (Ferreira, 2008:141).

Sendo a arbitragem uma prática que permite retirar vantagens económicas, através de uma combinação de transações, resultantes da imperfeição dos mercados, é necessário incorporar os custos de transação que poderão anular ou mesmo ultrapassar os ganhos por arbitragem.

Encontrando-se presente um ativo subjacente do qual não se prevê distribuição de dividendos, temos que a cotação hoje (t) é igual a $S(t)$ e pretende-se calcular o valor futuro na data (T) sabendo-se que a taxa de rendimento sem riscos é igual a r . Se o valor futuro for representado por $F(t)^1$, a sua obtenção tem por suporte as seguintes expressões:

Capitalização discreta	Capitalização contínua	
$F(t) = S(t) \times (1 + r)^{(T-t)}$	$F(t) = S(t) \times e^{r(T-t)}$	(4.1.)

Estas expressões de cálculo podem ser adaptadas para as situações específicas de existirem dividendos, custos de armazenagem, custos de transporte entre outras situações.

O valor obtido nas fórmulas acima indicadas dão-nos o valor teórico ou de equilíbrio.

Desta forma, os preços de futuros evoluem à volta do preço teórico, dentro das fronteiras de arbitragem.

4.2.1. Teoria dos custos de posse

O custo de posse ou *cost of carry* é a importância que acarretamos por possuímos um determinado ativo por um período temporal, em que, por esta razão, é designado como *carrying-charge* (CC). Uma vez que o petróleo acarreta custos de armazenagem, é importante referir que na formação do preço de negociação, os *carrying-charge* encontram-se presentes.

Este custo, por vezes, sofre de alterações quando encontramos-nos presentes sobre futuros de ativos físicos ou sobre financeiros. Contudo, em termos gerais, os custos de posse agregam os seguintes fatores:

- i. Custos de armazenagem e respetivos seguros sobre mercadorias;
- ii. Custos de transporte na deslocação do ativo;
- iii. Custos financeiros, isto é, quando as mercadorias são adquiridas com recurso a financiamentos, sendo este expresso por uma percentagem sobre o valor do ativo subjacente;
- iv. Rendimentos gerados pelo ativo subjacente durante o período do contrato.

Para a maior parte dos investimentos, o custo de posse que justifica a diferença entre o preço do ativo no mercado dos futuros face ao mercado à vista é equivalente a:

Custos de posse = Custos de Armazenagem + Custos de Transporte + Juros – Rendimentos Gerados	(4.2.)
---	--------

Contudo, na sequência da equação apresentada e de acordo com o ativo subjacente – petróleo -, o custo de posse pode ser igual a:

→ $(r + s)$ – para o caso de matérias-primas ou de mercadorias, onde s (*storage*) representa os custos de armazenagem e de seguros e os de transporte e r representa uma taxa de rentabilidade sem risco.

O modelo de custo de posse conduz ao preço de futuros em função do preço à vista através da expressão:

Regime de Capitalização Discreta Simples	$F = S[1 + (r' + s' - c')x t]$	(4.3)
Regime de Capitalização Discreta Composta	$F = S[1 + (r^* + s^* - c^*)]^t$	(4.4.)
Regime de Capitalização Contínua	$F = S e^{(r+s-c)t}$	(4.5)

Legenda:

- F – preço do ativo dos futuros
- S – preço do futuro à vista
- e (exp) – base de logaritmo normal
- r – taxa de rendimento sem risco
- s – custo de armazenagem, seguros e transporte
- c – rendimento por conveniência ⁵
- t – tempo até à maturidade do contrato, expresso por fração anual

Note-se, que as referências (') e (*) pretendem informar que as taxas são diferentes das usadas na capitalização contínua, sendo que deve ser tido em conta que estamos perante uma situação simples e outra composta, adaptando as fórmulas a usar.

Desta forma, temos que:

⁵ Sendo este o rendimento perdido por assumir um posição no mercado de futuros, em vez de uma posição de aquisição do ativo, ou ainda, o prémio obtido por se possuir um ativo em vez de um contrato de derivados de compra sobre esse ativo subjacente.

$$\text{Preço do Futuro} = \text{Preço Spot} + \text{custos de posse}$$

(4.6.)

Na verdade os preços de equilíbrio calculados com base no modelo CC divergem dos preços dos futuros, surgindo assim oportunidades de arbitragem.

Existem duas estratégias possíveis: i. *Cash-and-carry* e ii. *Reverse cash-and-carry*, cujo funcionamento tem por base o seguinte raciocínio:

i. Estratégia de arbitragem *Cash-and-carry*

Sempre que o preço do futuro é superior ao preço de equilíbrio, o investidor irá tirar partido desta diferença de preços. Este irá adquirir o ativo subjacente no mercado à vista, recorrendo a um empréstimo, sustentando o CC do ativo, assumindo uma posição curta no mercado de futuros. No final do contrato recebe o valor acordado no contrato de futuro e liquida os custos de posse, apresentando lucro, visualizado através do valor recebido subtraído do investimento inicial.

ii. Estratégia de arbitragem *Reverse cash-and-carry*

Sendo que o preço de equilíbrio é superior ao preço do futuro, o investidor assume uma posição curta no mercado à vista através da venda a descoberto do ativo subjacente e assume uma posição longa no mercado de futuros. No término do contrato arrecada o valor do investimento, recebe o ativo e entrega-o no mercado à vista através da anulação da venda a descoberto.

O modelo CC é realizado no pressuposto da não existência de custos de transação, não exigência de margens, nem qualquer restrição sobre as vendas a descoberto (*short selling*). Contudo, na realidade estes custos e restrições existem e os agentes têm de ultrapassar o peso dos custos de transação e de restrições que possam existir.

Ferreira, refere que

[p]or outro lado em cada mercado existem dois preços de referência, designados por *bid-ask spread*. O *ask price* corresponde ao preço mais baixo a que o vendedor se propõe vender, enquanto o *bid price* corresponde ao preço mais alto a que o comprador se propõe comprar. O *bid-ask spread*, apresenta oscilações sendo mais elevado se a liquidez for baixa, a volatilidade for alta e a incerteza elevada, ou mais baixo se o contrário se verificar, ou seja, liquidez alta, volatilidade baixa, e incerteza reduzida (Ferreira, 2008:159).

4.3. A Base e o processo de convergência

À medida que o mês de entrega de um contrato de futuro se aproxima, o preço de futuro converge para o preço à vista do ativo subjacente, isto porque a informação encontra-se em permanente atualização, e quanto mais perto do fecho se encontra mais sólida é essa informação e por isso, maior é também o equilíbrio entre a oferta e a procura.

O contrato ao se aproximar do término, sofre a tendência natural de o preço do futuro se aproximar ou até mesmo igualar o preço do ativo subjacente no mercado *spot* como podemos verificar na figura 4.1.

A desigualdade entre o preço do ativo subjacente no mercado de futuros e no mercado *spot* é designada por base. Com a aproximação da data de entrega, a base tende a convergir para zero, possibilitando que o preço dos futuros atinga o equilíbrio. Esta afirmação é sustentada por vários autores que indicam que a existência de um valor base é comum antes da maturidade do contrato, no vencimento esta é igual a zero, dado que o valor atribuído nos dois mercados terá que ser o mesmo.

Quando estamos perante um não equilíbrio geram-se janelas de oportunidade de arbitragem, sabendo que o mercado atua em equilíbrio, e que mais tarde ou mais cedo a simetria venha novamente a ser restabelecida.

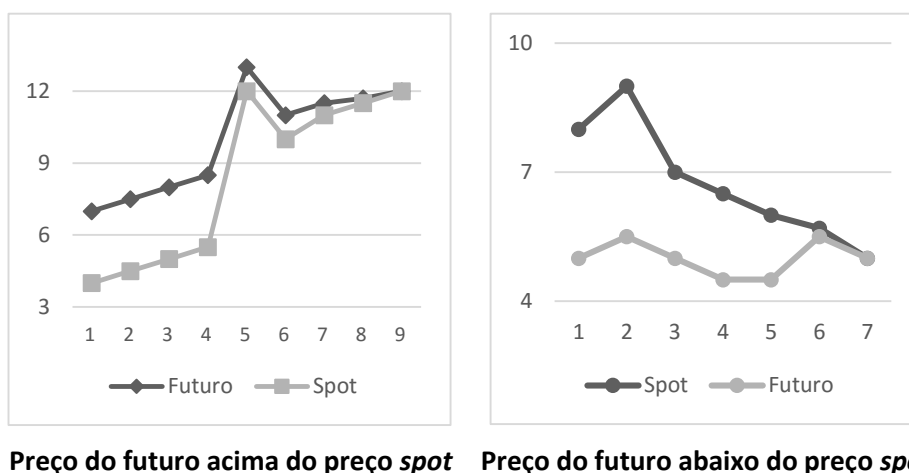


Figura 4.1. – Relação entre preços no mercado de futuros e no mercado *spot* com o efeito da aproximação da maturidade do contrato

Fonte: Elaboração própria

É com base nestas diferenças que surgem os *Arbitrageurs*, que irão aproveitar-se de tais situações para gerar lucro. Citando Dubofsky (1992:357) onde refere que «*if any arbitrage opportunities arise, then traders will quickly exploit them; in the process, price will adjust*

until all arbitrage opportunities are eliminated», isto é, assim que o mercado se aperceber desta ação, o equilíbrio retomará.

Desta forma, e recorrendo à leitura dos gráficos de forma a explicar a teoria subjacente, podemos verificar que na primeira situação o preço futuro é superior ao preço *spot*, sendo esta considerada como a situação normal no mercado. Esta situação refere que o mercado encontra-se numa situação normal ou a prémio, sendo-lhe atribuída a designação de *cotango*.

O caso oposto verifica-se quando o preço futuro é inferior ao preço *spot*, indicando desta forma que o mercado está invertido ou a desconto, sendo-lhe a este atribuída a designação de *backwardation*.

Pode ser ainda atribuída a expressão *backwardation* quando os preços dos contratos de futuros para datas mais longínquas sejam mais baixos do que os preços dos contratos para datas mais próximas, motivo que pode ser justificado pela escassez do ativo subjacente no curto prazo, levando a um aumento do seu valor monetário.

A teoria que indica que o mercado se encontra numa situação normal quando o preço futuro é superior ao preço no mercado à vista, vai ao encontro das teorias desenvolvidas pelos economistas John Maynard Keynes e John Hicks que indicam que os *hedgers* tendem a manter posições de venda ou curtas e os especuladores preferem manter posições compradoras ou longas para que na data de vencimento do futuro o preço seja inferior ao preço *spot*, e que aplicando o efeito natural da convergência, o preço do futuro seja alavancado positivamente, proporcionando lucro ao especulador, sendo esta teoria designada por Mercado Normal.

Contudo, a teoria não poderá ser aplicada de forma igual a todos os mercados. Estando os contratos de futuros sobre o petróleo inseridos num mercado muito volátil, pode-se por vezes assistir a situações em que os *hedgers* decidam manter posições longas. Contrariamente, os especuladores optam por manter posições curtas. Quando temos este acontecimento, afirma-se que o mercado encontra-se invertido, e tal só acontece quando a expectativa dos especuladores é de que o preço do ativo no mercado *spot* seja inferior ao preço do futuro, isto na data de vencimento do contrato, proporcionando valor aos especuladores.

Existem duas formas algébricas de expressar o valor da base:

Base = Preço dos Futuros - Preço <i>Spot</i>	(4.7.)
Base = Preço <i>Spot</i> - Preço dos Futuros	(4.8.)

É importante referir que ao se informar que a base é negativa ou positiva, deve-se ter sempre em conta qual a expressão algébrica que estamos a usar no nosso cálculo.

A primeira fórmula apresentada (4.7.) é mais usual no caso concreto dos futuros sobre ativos financeiros, ao invés da segunda (4.8.) que é mais aplicada em futuros sobre matérias-primas e mercadorias (*commodities*).

Como exemplo, é demonstrado o quadro seguinte que indica as cotações do *Crude Oil* em abril de N, à vista e dos futuros até ao final de fevereiro de N+1.

Preço Spot	Abril	\$ 108,60	Base = S - F
Preço Futuro	Mai	\$ 108,50	\$ 0,10
	Junho	\$ 107,86	\$ 0,64
	Julho	\$ 107,14	\$ 0,72
	Agosto	\$ 106,44	\$ 0,70
	Setembro	\$ 105,82	\$ 0,62
	Outubro	\$ 105,35	\$ 0,47
	Novembro	\$ 104,79	\$ 0,56
	Dezembro	\$ 104,19	\$ 0,60
	Janeiro n+1	\$ 103,66	\$ 0,53
	Fevereiro n+1	\$ 103,19	\$ 0,47

Como podemos verificar, o mercado encontra-se invertido ou em posição de *backwardation*, uma vez que, os preços dos futuros são sempre inferiores ao preço *spot*.

Contudo, e dadas as variações que se podem verificar entre os preços à vista e nos futuros, a base tende a apresentar oscilações mais ou menos acentuadas, sendo a sua volatilidade relativamente elevada.

Estas variações conduzem a situações de aumento ou redução da base produzindo ganhos ou perdas nas posições dos agentes económicos, sempre dependentes das posições assumidas, quer da compra ou venda, quer do tipo de mercado, normal ou invertido.

Assumindo a expressão,

Base = Preço dos Futuros - Preço <i>Spot</i>	(4.9.)
---	---------------

Podemos afirmar que:

- i. Num mercado normal, onde os preços dos futuros são superiores ao preço *spot*, um enfraquecimento da margem beneficia o agente com posição longa na base (compra), ao invés que um fortalecimento da margem beneficia o agente em posição curta na base (venda);
- ii. Por sua vez, num mercado invertido, onde os preços dos futuros são inferiores ao preço *spot*, o enfraquecimento da base beneficia o agente com a posição curta na

base (venda), ao invés que um fortalecimento da margem beneficia o agente com posição longa na base (compra).

Note-se que os preços de mercados de futuros não devem ser vistos como previsões de preços futuros, mas antes como fornecedores de informação sobre a produção e os níveis de armazenamento, num dado momento.

É com base no parágrafo anterior que devemos realizar uma análise concreta e correta às bases (ou aos *spreads* – tema a desenvolver no ponto seguinte) que podem fornecer indicações essenciais, tais como:

- i. Se os preços à vista forem superiores aos preços de futuros (*Backwardation* - $S > F$) podemos estar perante situações de redução de *stocks* ou de níveis de *stocks* mantidos mínimos;
- ii. Se os preços à vista forem inferiores aos preços de futuros (*Contango* - $S < F$) podemos estar perante uma situação de excesso de *stocks* ou de *stocks* mantidos elevados.

Com a adesão das grandes empresas à política de *just-in-time*, especialmente a partir do início da década de 90, o *oil* passou a ser observado pelo regime de *backwardation*. Sempre que os *stocks* reduzem, os preços sofrem de tendência para aumentar e a forçar a manutenção dos níveis mais baixos, aumentando a diferença ($S - F$), com $S > F$. Por outro lado, sempre que os *stocks* sejam aumentados, os preços tendem a diminuir e a forçar o aumentos dos níveis elevados, conduzindo ou reforçando o *contango*, com $S < F$.

Podemos verificar a evolução dos preços *spot* do *Brent crude IPE* (*International Petroleum Exchange*) desde o início de 1999 até março de 2008, na figura seguinte.

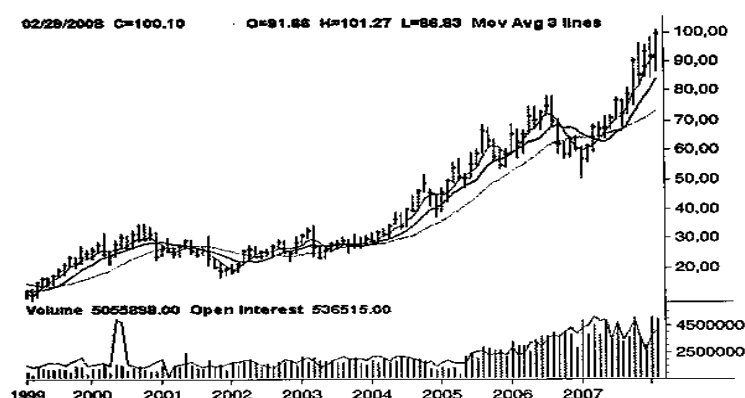


Figura 4.2. – Evolução dos preços *spot* do *Brent Crude Oil IPE*: 1999-2008

Fonte: Ferreira (2008:263)

4.4. *Spreads* ou diferenças entre preços de futuros

Os *spreads* são, como o título indica, a diferença entre dois preços de futuros. Como já referido anteriormente, os investidores procuram a melhor fonte de lucro com a menor exposição ao risco, motivo que leva a que as transações com *spreads* de futuros tenham vindo a crescer como atividade lucrativa, para além das operações de compra e venda de contratos de futuros.

Esta exploração das relações entre os preços de contratos de futuros abertos em relação ao mesmo ativo subjacente é notória para determinar os preços futuros e para avaliar o comportamento dos mercados.

O suporte das operações com *spreads* tem por base uma negociação de uma compra e uma venda em simultâneo de contratos de futuros sobre o mesmo ativo subjacente, mas em relação a datas de vencimento distintas.

Da mesma forma enunciada a operação anterior, também surgem casos em que pode ser efetuada uma compra e uma venda em simultâneo de contratos de futuros, mas sobre diferentes ativos subjacentes, com a mesma data ou com diferentes datas de vencimento.

Existindo duas posições de negociação, a cada uma das partes de compra ou de venda num *spread* dá-se a designação de *leg*. Após se ter assumido, em simultâneo, uma posição longa e uma posição curta sobre um ativo, as variações dos preços conduzirão a que uma delas passe a ganhar e a outra passe a perder, pelo que o resultado do *spread* dependerá da evolução dos preços e da estrutura do próprio *spread*.

Os principais tipos de *spreads* são:

- i. Os *spreads* em relação ao mesmo tipo de ativo subjacente mas com diferentes datas de vencimento (*Intracommodity spreads, calendar spreads ou time spreads*), isto é, a exploração consiste em analisar as diferenças entre os preços de dois contratos de futuros, para diferentes datas de maturidade; e
- ii. Os *spreads* entre contratos de futuros com a mesma data mas em relação a diferentes mas relacionados ativos subjacentes (*Intercommodity spreads*), isto é, em geral os ativos apresentam relações económicas entre si, podendo ser produtos derivados, sucedâneos ou complementares, como por exemplo, o caso do petróleo bruto e da gasolina ou do combustível para aquecimento. Existe uma variante dos *intercommodity spreads* que é designada por *intermarket spreads* onde se exploram diferenças entre mercados para o mesmo ativo.

São várias as vantagens de negociar com *spreads*, das quais se salientam:

- i. Os *spreads* apresentam-se como um verdadeiro mercado em tendência crescente e consistente e com um comportamento mais previsível. Nas transações com *spreads* não se verifica o que é comum noutras estratégias, onde inúmeros *traders* conduzem as mesmas operações;
- ii. As margens exigidas pelas bolsas são mais baixas e tendem a proporcionar rendimentos sobre o investimento mais elevados;
- iii. Existência de vários mercados de *spread*, para seleccionar os mais adequados, sendo possível utilizar centenas ou mesmo milhares de combinações para formar *spreads*;
- iv. Maior diversificação e menor correlação com outros mercados ou produtos, dadas as características específicas de cada *spread*;
- v. Menos risco na posição com *spreads* do que com futuros.

5. Volatilidade

A volatilidade desempenha um papel muito importante na avaliação dos ativos financeiros. O seu estudo torna-se relevante devido à sua capacidade de previsibilidade, na forma de melhor compreender o comportamento dos ativos que circulam nos mercados financeiros, reduzindo implicações ao nível de risco/rendibilidade, reduzindo o nível de incerteza, tornando-se, assim, especialmente útil como técnica de apoio à decisão.

No entanto, as maiores flutuações dos preços do petróleo podem afetar gravemente o futuro crescimento económico e a estabilidade dos países em desenvolvimento, dado que estes países optam por um crescimento económico mais acelerado com recurso a uma quantidade energética superior (Bhar e Nikolova, 2009).

Tendo este estudo como base a temática do petróleo, Bouri (2015) refere que as grandes variações nos preços do petróleo afetam mais gravemente o futuro crescimento económico e a estabilidade dos países em desenvolvimento, pois estes apresentam um maior crescimento, quanto maior a intensidade de energia transacionada.

Ao longo deste capítulo, discute-se em profundidade esta questão, bem como as suas implicações na rendibilidade dos ativos financeiros.

5.1. Noções e tipos de volatilidade

A volatilidade de um ativo financeiro é geralmente entendida como uma medida de compreensão da variabilidade das cotações durante um certo período de tempo. Desde há algumas décadas que o tema tem-se revelado primordial para a compreensão da dinâmica dos mercados, em especial, na vertente financeira. Este tema tem suscitado, desde sempre, um amplo debate na literatura, contudo, verificou-se um acréscimo na utilidade, a partir do momento em que Shiller (1981) e Le Roy e Porter (1981) demonstraram, de forma independente, que a volatilidade no mercado de capitais era demasiado eminente para ser exposta unicamente pela chegada de nova informação sobre o valor fundamental das empresas. Desta forma, questionou-se a hipótese da eficiência dos mercados, formulada por Fama (1970), descartando a evidência de uma certa vertente aleatória na variação das cotações. Schwert (1989), num trabalho posterior, confirmou a ideia ao concluir que apenas uma diminuta percentagem das flutuações do mercado poderia ser explicada pelos modelos tradicionais de valor atual. Grossman e Shiller (1981), Porteba e Summers (1986) e Marsh e Merton (1986) confirmam esta ideia ao demonstrarem, que as cotações não refletem, na maior parte dos casos, o valor fundamental da empresa chamando a atenção,

uma vez mais, para a influência da componente aleatória no comportamento dos mercados.

Realço o trabalho de Tobin *et al.* (1992), que salientam a importância do estudo da volatilidade, já que, segundo estes autores, pode fornecer importantes pistas aos investidores no sentido de aplicarem de forma eficiente os seus excedentes de capital.

Desta forma, reconhecendo a importância do tema e dos desafios que atualmente se colocam nesta matéria, Daly (2008), apontou algumas das principais razões para o interesse na volatilidade dos mercados financeiros. Primeiro, quando se verificam grandes oscilações nas cotações de curtos intervalos de tempo, é pouco provável que os investidores aceitem como explicação razões unicamente do foro económico. Desta situação, pode ocorrer um desgaste na confiança do mercado, com as devidas consequências ao nível da liquidez. Segundo, para empresas consideradas individualmente, a volatilidade pode constituir um fator importante na determinação da probabilidade da ocorrência de falências, isto é, uma estrutura de capital com uma alta volatilidade associada sofrerá de um maior risco de falência. Em terceiro, o *spread bid-ask* fixado pelos *market makers* encontrar-se-á propício a aumentar sempre que se verifique um aumento ao nível da volatilidade, pois, tal acontecimento implica um aumento do risco. Quarto, situação idêntica verifica-se ao nível dos prémios das operações de *hedging*, especialmente atrativas em períodos de inquietação dos mercados. Quinto, para investidores avessos ao risco, um aumento da volatilidade acarreta efeitos substancialmente negativos, quer ao nível do investimento, quer ao nível do consumo, quer de outras variáveis como o ciclo de vida das empresas. Por fim, o aumento contínuo da volatilidade pode contribuir para que entidades reguladoras e instituições financeiras adotem políticas específicas no sentido de incentivar as empresas a investirem elevados montantes de capital, que anteriormente eram aplicados em fundos de tesouraria.

Perante as anteriores observações, torna-se relevante definir um conceito para a volatilidade. De acordo com a maior parte dos autores (Hsu e Murray, 2007; Vilder e Visser, 2007 e Daly, 2008), este termo é associado quando se pretende designar a oscilação de uma determinada variável ao longo do tempo. Nesse sentido, quanto maior for a sua variação, maior será a volatilidade associada.

A volatilidade é geralmente entendida como uma medida de variabilidade dos preços de um ativo em relação à sua média e durante um intervalo de tempo. Habitualmente, esta medida é calculada através da variância ou desvio padrão anualizado da variação percentual das cotações diárias, semanais, mensais ou até mesmo dos dados de alta frequência, sendo expressa sob a forma de percentagem.

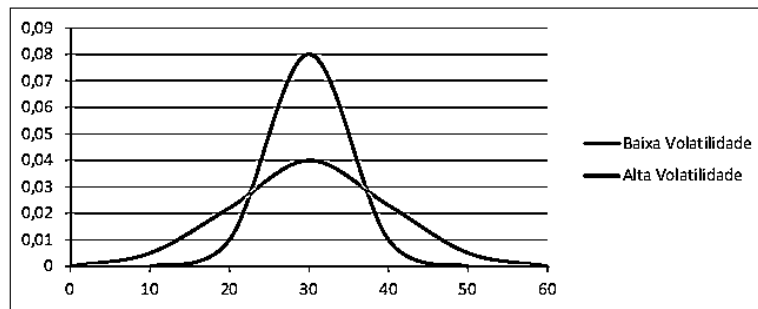


Figura 5.1. – Níveis de volatilidade

Fonte: Ferreira (2009:359)

Esta medida, é usada para quantificar o risco de posse de um ativo que opera no mercado financeiro, durante um período de tempo, medindo a dispersão dos seus rendimentos, e, em termos gerais, do próprio mercado. Pode-se verificar que quanto maior são os valores encontrados, maior será a volatilidade e, em consequência, maior a incerteza e vice-versa.

A volatilidade revela-se como um instrumento importante para uma tomada de decisão.

É importante realçar o facto de a noção de volatilidade se encontrar associada aos conceitos de risco e incerteza.

Uma das grandes limitações aos estudos da volatilidade resultam do facto de não ser uma variável diretamente observável na sua natureza, donde várias representações surgiram na literatura, em que a mais consensual é o emprego de medidas estatísticas e de modelos para descrever o seu comportamento.

5.2. Medidas estatísticas

Habitualmente, esta medida é calculada através do desvio-padrão anualizado da variação percentual das cotações diárias, semanais, mensais ou até mesmo dos dados de alta-frequência, sendo expressa sob a forma de percentagem. É um procedimento comum, quando se efetua o seu cálculo, utilizar o logaritmo natural do rácio entre duas cotações sucessivas e não as observações originais.

$$\ln = \left(\frac{P_t}{P_{t-1}} \right) \quad (5.1.)$$

Quanto maiores forem os valores encontrados, maior será a volatilidade, e, em consequência, maior a incerteza.

A sua fórmula de cálculo é dada pela expressão:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (X_t - \bar{X})^2}{n - 1}} \quad (5.2.)$$

Onde,

- σ - Representa o desvio-padrão das rendibilidades;
- X_t - O logaritmo do quociente entre duas cotações sucessivas -
 $\ln = \left(\frac{P_t}{P_{t-1}} \right)$;
- \bar{X} - A média aritmética de X_t e n , o número de observações.

Segundo Payant (1997), o tamanho da amostra (também conhecido como janela) utilizada na série histórica afeta a validade da distribuição de probabilidade encontrada.

Para calcular a volatilidade para outros períodos de tempo, ter-se-á em consideração a base de calendário a partir do valor encontrado, ou seja, para dados diários a volatilidade anual será $\sigma = \sqrt{360}$, para ano comercial e $\sigma = \sqrt{365}$ para o ano civil e para o real, será $\sigma = \sqrt{365}$ para ano não bissexto ou $\sigma = \sqrt{366}$ para bissexto.

São variados os métodos para determinar o valor da volatilidade, contudo este é o que maior sucesso alcançou. Geralmente, classifica-se os vários tipos de volatilidade em:

- i. Histórica ou Estatística;
- ii. Implícita;
- iii. Futura ou Previsional.

5.2.1. Volatilidade história ou estatística

A volatilidade histórica ou estatística mede as flutuações nos preços ocorridas no passado, sendo geralmente utilizada como medida de avaliação do risco total de um ativo financeiro. É calculada através da variância dos resultados ou desvio-padrão das variações dos logaritmos, ou seja:

$$\ln = \left(\frac{P_t}{P_{t-1}} \right) = \ln(P_t) - \ln(P_{t-1}) \quad (5.3.)$$

A equação 5.3 é muito útil para recurso a um *benchmark*, sendo indispensável para comparar os valores obtidos com os resultantes de outros modelos mais complexos, como os que utilizam sucessões cronológicas financeiras na sua formulação (Brooks, 2008).

Adicionalmente, Moosa e Bollen (2002) criticam esta medida por se assumir que tanto as rendibilidades temporalmente distantes, como as mais recentes, têm igual ponderação no valor do desvio-padrão, o que poderá não constituir uma hipótese realista.

É aceite pelos autores, que um acontecimento longínquo reflete um menor impacto na volatilidade do que aquele que ocorreu no período imediatamente anterior. Nesse sentido, poderão ser introduzidas ponderações no seu cálculo, com o objetivo de fornecer uma maior relevância aos acontecimentos recentes, que são, os que, de facto, apresentam uma maior influência (ver fórmula 5.4.). O procedimento normalmente utilizado no cálculo das ponderações baseia-se na noção de progressão geométrica.

Sejam as ponderações w_1, w_2, \dots, w_n tal que $\sum w_t = 1$ a volatilidade histórica ponderada σ^2 , define-se como:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \times \sum (nw_t X_t - \bar{X})^2} \quad (5.4.)$$

Deve ficar retido que a volatilidade histórica faz parte do passado e não reflete necessariamente os acontecimentos do futuro. É somente uma tentativa de estimação desse movimento. Pode-se afirmar que a volatilidade histórica é o ponto de partida para a estimação da volatilidade futura.

5.2.2. Volatilidade implícita

A volatilidade implícita é associada aos contratos de opções, uma vez que este conceito é aplicado para determinar o pensamento do mercado sobre a volatilidade das opções em análise.

Também é usado para realizar uma aproximação muito útil, quando se pretende comparar os preços das opções para preços de exercício e maturidades diferentes. É, essencialmente, utilizada para efetuar estratégias e avaliações de opções e não para cobertura do risco.

Determina-se o seu valor resolvendo o modelo de *Black-Scholes*, em ordem à variável que representa a volatilidade, passando o prémio da opção a ser uma variável explicativa do modelo.

5.2.3. Volatilidade futura ou previsional

A volatilidade futura ou previsional do preço do ativo subjacente para o período pré-determinado é a mais difícil de estimar, e é atualmente a grande incógnita que os especialistas procuram contornar.

De forma a obter-se uma adequada gestão do risco de uma carteira de investimentos, a previsão das variações dos preços dos ativos no mercado torna-se essencial, no contexto de análise, pois, quanto mais instável estiver o mercado, maior será a volatilidade dos preços, o que implica uma maior variância dos rendimentos, produzindo consequências de menores ou maiores ganhos ou perdas.

Sabendo que o futuro é incerto, e com o objetivo de obter uma carteira de investimentos racional, com a adequada gestão do risco, deve-se estimar o acontecimento e fazer recurso a valores de volatilidade ultrapassada e presente, tornando-se possível a obtenção de valores a ser usados como ponto de partida para estimar os vários cenários prováveis.

Compreende-se que não existe um único modelo considerado como o mais correto. Contudo, um bom modelo de volatilidade deve responder com uma boa capacidade de previsão dos capítulos mais importantes da variação das cotações, com uma especial evidência para o impacto assimétrico das “boas e más notícias” e a influência das diversas variáveis externas.

De modo a ultrapassar estas limitações, foram desenvolvidos os modelos *ARCH/GARCH*, que integram o comportamento estatístico da variância.

5.3. Padrões de comportamento da volatilidade

A caracterização da componente estocástica da volatilidade dos ativos financeiros revelou-se um dos grandes desafios dos especialistas de finanças, uma vez que os modelos estocásticos são mais exigentes, e as fontes de incerteza são diferentes do nível das cotações, embora possam estar correlacionados.

Algumas observações revelaram a existência de padrões de comportamento comuns nos diferentes mercados, que se generalizam ao universo, sendo estes habitualmente designados de fatos estilizados.

Os fatos estilizados mais estudados são os *fat tails* na distribuição da volatilidade dos ativos financeiros, os *clusters* de volatilidade, a memória longa (*long memory*) na volatilidade das sucessões cronológicas financeiras, a evidência de movimentos conjuntos (*co-movements*) na volatilidade dos mercados, a evidência de caos e a assimetria na volatilidade (efeito de

alavanca). Uma vez que o estudo recai sobre a componente da assimetria, será realçada, de seguida, a sua temática.

5.3.1. Assimetria na volatilidade: o efeito alavanca

A assimetria na volatilidade é uma das principais características, ou efeito estilizado, mais estudado, tornando-se um fenómeno muitas vezes associado ao comportamento de algumas sucessões cronológicas financeiras.

Na sua generalidade, a assimetria na volatilidade é o fenómeno em que as descidas inesperadas no preço dos ativos incrementam a volatilidade, mais do que as subidas de preços de igual dimensão. Sendo assim, o risco associado a uma ação ou carteira de ações é normalmente maior após acontecimentos negativos, do que após acontecimentos positivos, verificando-se assim o efeito assimétrico.

Os autores pioneiros no estudo desta matéria foram Black (1976) e Christie (1982), ao explicar a assimetria com o efeito alavanca, exprimindo que uma queda no valor das ações aumentava o efeito de alavanca financeiro, que, conseqüentemente elevará o risco das suas ações assim como a sua volatilidade. Seguidamente, a teoria é reforçada por abordagens de French *et al.* (1987), Schwert (1989), Nelson (1991), LeBaron (1992), Campbell e Henstschel (1992) e Glosten *et al.* (1993).

Contudo, existiam algumas limitações identificadas na maior parte dos estudos pelos investigadores, quando tentavam explicar a variação temporal da rendibilidade dos ativos. Os preços das ações, em muitos casos, não refletiam, corretamente, os riscos previsíveis, especialmente em situações que envolvessem “más notícias”. Já os padrões de rendibilidade tendiam a reverter mais rapidamente após uma “má notícia” do que a seguir a uma “boa notícia”. Desta forma, designaram esta situação como o efeito avalanca.

A tabela 5.1 apresenta uma amostra dos estudos efetuados sobre a relação existente entre a rendibilidade e a volatilidade. Os estudos de volatilidade condicional (*Conditional volatility*) recorrem, frequentemente, a modelos *GARCH* para medir a volatilidade. Os estudos de volatilidade bruta (*Gross volatility*) referem-se, normalmente, ao desvio-padrão das rendibilidades diárias que são calculadas ao longo do mês. Os estudos tiveram por base carteiras de ações (*stocks* ou portfólios) ou índices (*Index*). O rótulo de não especificação (*Unspecified*) na coluna “explicação” indica uma situação de incerteza quanto ao modelo aplicado na pesquisa, porque não se encontra especificada a causa da assimetria. Os restantes estudos concluíram a hipótese de alavanca (*Leverage hypothesis*) ou a teoria do prémio de risco variável com o tempo (*Time-varying risk premium theory*).

Tabela 5.1. – Resumo dos principais estudos empíricos sobre a assimetria na volatilidade

Study	Volatility measure	Presence of asymmetry	Explanation
Black (1976)	<i>Gross volatility</i>	<i>Stocks, portfolios</i>	<i>Leverage hypothesis</i>
Christie (1892)	<i>Gross volatility</i>	<i>Stocks, portfolios</i>	<i>Leverage hypothesis</i>
French, Schwert and Stambaugh (1987)	<i>Conditional volatility</i>	<i>Index</i>	<i>Time-varying risk premium theory</i>
Schwert (1990)	<i>Conditional volatility</i>	<i>Index</i>	<i>Leverage hypothesis</i>
Nelson (1991)	<i>Conditional volatility</i>	<i>Index</i>	<i>Unspecified</i>
Campbell and Hentschel (1992)	<i>Conditional volatility</i>	<i>Index</i>	<i>Time-varying risk premium theory</i>
Cheung (1992)	<i>Conditional volatility</i>	<i>Stocks</i>	<i>Unspecified</i>
Engle (1993)	<i>Conditional volatility</i>	<i>Index (Japan Topix)</i>	<i>Unspecified</i>
Glosten, Jagannathan and Runkle (1993)	<i>Conditional volatility</i>	<i>Index</i>	<i>Unspecified</i>
Bae and Karolyi (1994)	<i>Conditional volatility</i>	<i>Index</i>	<i>Unspecified</i>
Braun, Nelson and Sunier (1995)	<i>Conditional volatility</i>	<i>Index and Stocks</i>	<i>Unspecified</i>

Fonte: Adaptado de Bekaert e Wu (2000)

Kristoufek (2014), no seu estudo, afirma que a relação entre a rendibilidade e a volatilidade, para o caso dos futuros sobre o petróleo segue um padrão e que a sua variância é muito semelhante à variância das ações ou índice.

Noutro estudo, Nicolau e Palomba (2015) afirmam que para o caso do petróleo, o mercado apresenta uma sensibilidade superior face ao aparecimento de anúncios, económicos e financeiros, relativos ao comportamento dos seus agentes económicos. No mesmo estudo, os autores informam que numa fase de agitação financeira, o petróleo é a *commodity* mais usada para efeitos de *hedging* e especulação.

A maior parte dos modelos assumem na sua formulação distribuições normais, cuja característica dominante é a simetria, como é o caso do *CAPM* ou do modelo *Black-Scholes*. Por outro lado, o desvio-padrão, medida tradicionalmente conhecida nas finanças para medir a volatilidade, é também uma medida simétrica onde o impacto dos choques positivos e negativos é tratado de forma indiferenciada, como se pode observar na figura 5.2.

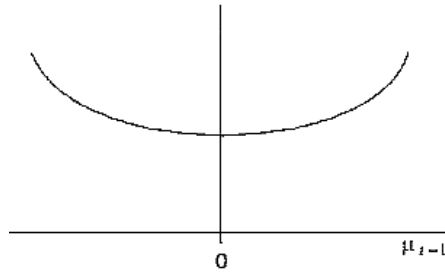


Figura 5.2. – Simetria na volatilidade

Fonte: Ferreira (2009:436)

Nelson (1991) afirma que a não existência do efeito assimétrico é uma das limitações dos modelos *GARCH*.

Nas figuras seguintes, é apresentado o efeito assimétrico em resposta ao sinal u_{t-1} assumindo o conceito de assimetria na volatilidade, fenômeno em que as descidas inesperadas no preço dos ativos aumentam a volatilidade mais do que as subidas de preços de igual dimensão,

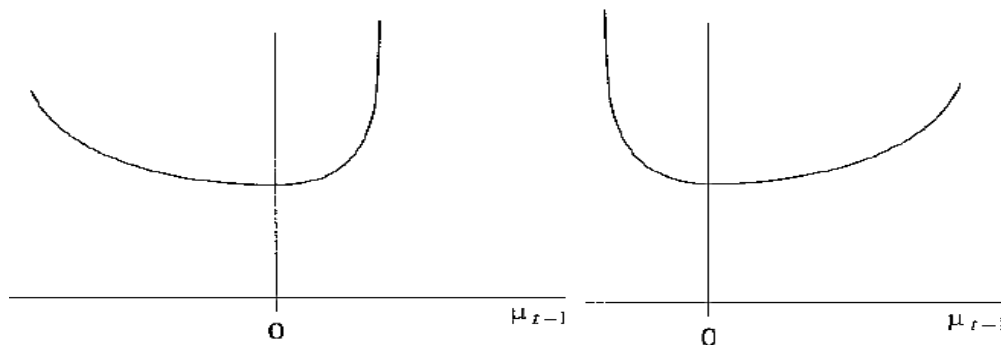


Figura 5.3. – Efeito de assimetria na volatilidade

Fonte: Ferreira (2009:436)

O efeito alavanca encontra-se evidenciado, onde qualquer informação adicional aumenta o nível de volatilidade, contudo, é necessário referir que uma “má notícia” provoca um impacto superior na volatilidade do que quando ocorre uma “boa notícia”.

Bentes *et al.* (2013) afirma que a medição da assimetria na volatilidade dos ativos financeiros tornou-se, nos últimos anos, um ponto-chave dos investigadores. Como medida de risco, a averiguação do efeito assimétrico numa distribuição de rendibilidades, revela-se vital para os investigadores, no sentido de procurarem captar a própria natureza da volatilidade. Assim, e atendendo ao papel fundamental do efeito alavanca, pode assumir-se como relevante o estudo de modelos que permitam captar o efeito assimétrico na

volatilidade, como sejam, por exemplo, os modelos *EGARCH*, *TGARCH*, conforme abordado no ponto seguinte.

5.4. Modelos de volatilidade e precisão

No decorrer dos tempos, verificaram-se várias abordagens, por parte de investigadores, no sentido de modelar a volatilidade dos mercados. Nesta tentativa, o objetivo passava por descreverem o comportamento do mercado, reduzindo assim a incerteza que lhe é atribuída. Pressupõe-se que um modelo de volatilidade seja capaz de prever, captar e refletir os fatos estilizados mais relevantes sobre a volatilidade, tais como o impacto assimétrico das boas e más notícias, a persistência, a reversão e as diversas influências exteriores. Deste modo, é possível encontrar, na literatura, abordagens que procuram ir ao encontro de uma melhor explicação do comportamento da volatilidade através de modelos de heterocedasticidade condicionada e ainda verificar quais as suas vantagens e limitações.

A primeira tentativa de modelação da volatilidade surge com Engle (1982), ao introduzir o modelo *ARCH*, em que através de valores dos retornos passados, modelou a volatilidade para a inflação inglesa. Este primeiro modelo tem sofrido diversas abordagens evolutivas ao longo do tempo, assim como o surgimento de outros modelos com o objetivo de modelar os variados fenómenos específicos que limitam a volatilidade, procurando ajustar-se a cada situação concreta ou objetivo do investigador. Como observaram González-Rivera *et al.* (2004), não existe uma resposta universal para esta questão. Geralmente, o que se pretende são modelos que evidenciem uma boa capacidade de previsão e cujos resultados gerados sejam o mais possível fiáveis face ao comportamento real dos mercados.

Bollerslev (1986) propôs um *upgrade* do modelo inicial, surgindo o denominado modelo *GARCH*, muito utilizado para descrever as séries financeiras. Entre os dois modelos, *ARCH* e *GARCH*, surge a inclusão de volatilidades anteriores na fórmula da variância condicional, permitindo ao modelo ser mais completo. Contudo, e uma vez que este modelo trata os retornos positivos e negativos de forma idêntica, e conscientes que os retornos negativos influenciam de forma superior a volatilidade do que os retornos positivos, outros modelos foram desenvolvidos a fim de limar as limitações.

Em 1991, Nelson surge com a extensão *EGARCH* e em 1994, Zakoian apresenta a extensão *TGARCH*. Estes dois modelos explicam o fenómeno da assimetria na volatilidade quando comparadas as “más notícias” com as “boas notícias” assim como igualmente procuram captar o efeito de alavanca.

Estes modelos serão o objeto principal de estudo, onde será apresentada uma revisão de cada modelo.

5.4.1. Modelo *ARCH - Autoregressive Conditional Heteroscedastic*

Partindo dos pressupostos de que a volatilidade depende do fator tempo e de que é previsível, Engle (1982) elaborou um dos modelos mais marcantes na descrição da variância de sucessões cronológicas. Este assenta na existência de sucessões cronológicas não lineares, ou seja, heterocedasticidade condicionada face à verificada no tempo imediatamente anterior. Estes modelos procuram captar a volatilidade de autocorrelações, onde o risco de hoje depende do risco observado no passado. Esta aproximação permite que a variância condicionada não seja constante e que varie ao longo do tempo como uma função linear dos quadrados dos erros do passado.

A fórmula base é dada pela seguinte expressão:

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \sum_{i=1}^q a_i u_{t-1}^2 \quad (5.5.)$$

onde,

$$u_t = \varepsilon_t \sigma_t \quad E[\varepsilon_t] = 0, \quad Var[\varepsilon_t] = 1, \quad Cov[\varepsilon_t; u_{t-1}] = 0$$

com, ε_t : *independent and identical distribution (i. i. d.)* e independente de u_{t-1} ($i \in Z$)

onde para esse modelo ser bem definido e a variância condicional ser positiva, as restrições paramétricas devem satisfazer a : $\alpha_0 > 0$, $\alpha_i \geq 0$ ($i = 1, 2, \dots, q$): a soma de todos os parâmetros tem de ser inferior a 1, para cumprir a condição de estacionaridade fraca.

σ_t^2 determina a extensão em termos temporais durante o qual um choque pode persistir condicionando a variância dos erros nos próximos períodos e representa um processo *ARCH (q)*. De acordo com Bera-Higgins (1993), quanto maior for o valor de q , mais longos são os episódios de volatilidade.

Não obstante o avanço que este tipo de modelos representa, mas dado que representam aproximações importantes, Brooks (2008) enumera algumas das principais limitações dos modelos *ARCH*:

- i. Inexistência de uma metodologia única para determinar, de forma adequada, o número máximo de desfasamentos a considerar;

- ii. Eventual necessidade de um número de desfasamentos elevado para captar todas as dependências da variância condicionada, o que pode comprometer a parcimoniosidade do modelo;
- iii. Possibilidade de violação das restrições de não negatividade, devido ao facto de, *ceteris paribus*, quanto mais parâmetros introduzidos no modelo, maior a probabilidade de se obterem coeficientes negativos.

Aos fatores anteriormente descritos, acrescentam-se as seguintes limitações:

- i. Os modelos *ARCH* estão basicamente orientados para rendimentos de sucessões cronológicas e as decisões financeiras dependem de outras variáveis;
- ii. Assumem a existência de meios envolventes bastante estáveis e não capturam acontecimentos associados com turbulência, designadamente, fusões, aquisições, reestruturações, boas e más notícias, alterações e choques brutos ou outros;
- iii. A evolução dos preços é modelada, com base, no conhecimento comum, incorporando preços passados, não levando em consideração informações do foro particular de alguns intervenientes.

Outros investigadores apontaram outras limitações, tais como:

- i. A tendência para sobreavaliar os efeitos da persistência nas observações foi também apontada como uma das principais limitações deste modelo (Bollerslev *et al.*, 1992);
- ii. Apesar do leque diversificado de opções que os modelos *ARCH* permite, este revelou-se contudo incapaz de captar características importantes das rendibilidades, nomeadamente o efeito de alavanca (Bollerslev *et al.*, 1992);
- iii. Os modelos *ARCH* são ainda criticados por serem, na sua essência, modelos estatísticos e não económico/financeiros (Andersen, 1992, Campbell e Hentschel, 1992).
- iv. Em resposta à limitação apontada no parágrafo anterior, Figlewski (2004) esclarece que a perspetiva com que a estatística interpreta o mundo, não coincide obrigatoriamente com a estrutura subjacente do mercado financeiro. Particularmente, os peritos em estatística clássica tendem a construir modelos demasiadamente complexos e a esperar demasiado deles, afirmando assim que nem sempre se revelam apropriados.

Contudo, é de realçar que algumas destas limitações viriam a ser superadas após várias tentativas na literatura de aprimoramento do modelo *ARCH* original. Uma extensão natural

desse academismo despontou com a introdução do novo modelo *GARCH*, ou *Generalized ARCH*.

5.4.2. Modelo *GARCH* – *Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedastic*

Com a necessidade de superar algumas das imperfeições do modelo *ARCH* original, surge, em 1986, de forma independente, por Bollerslev e Taylor, uma nova extensão com a introdução do novo modelo designado como *GARCH* - *Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedastic*.

Segundo Bollerslev (1986), o modelo *GARCH* consiste numa generalização do modelo *ARCH*, com o intuito de modelar a variância condicionada, não só em função do quadrado dos erros passados, mas também em função dos próprios valores passados da variância condicionada.

GARCH é um mecanismo que inclui as variâncias passadas na explicação das variâncias futuras. Mais especificamente, *GARCH* é uma técnica de séries temporais que permite utilizar o modelo de dependência temporal da volatilidade (Bollerslev, 1986).

Devido à dificuldade para se estimar os coeficientes do modelo *ARCH*, resultado da frequente necessidade de uma ordem q elevada, o modelo *GARCH* adiciona a dependência da variância em relação à variância passada.

Desta forma, a volatilidade das rendibilidades depende dos quadrados dos erros anteriores e também de sua própria variância em momentos anteriores. A variância é apresentada da seguinte forma:

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \sum_{i=1}^q \alpha_i u_{t-i}^2 + \sum_{j=1}^p \beta_j \sigma_{t-j}^2 \quad (5.6.)$$

onde,

p - grau de processo *GARCH* q - grau de processo *ARCH* $u_t - \varepsilon_t \sigma_{t-j}^2$

e as restrições de desigualdade

$$\alpha_0 > 0 \quad \alpha_i \geq 0 \quad (i = 1, 2, \dots, q) \quad \beta_j \geq 0 \quad (i = 1, 2, \dots, p)$$

para garantir que σ_t^2 seja estritamente positiva com probabilidade 1.

Bentes (2011:44), refere que de uma primeira análise à equação 5.6, conclui-se que:

- i. Se $p = 0$, então temos um $GARCH(0,q)$ que se reduz a um processo $ARCH(q)$;
- ii. No caso particular em que $p = q = 0$, a inovação ε_t é um processo de ruído branco (média zero e variância constante).

O modelo $GARCH(1,1)$ é a versão mais simples e mais utilizada em séries financeiras. A variância é representada por:

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 u_{t-1}^2 + \beta_1 \sigma_{t-1}^2 \quad (5.7.)$$

Da equação anterior, o coeficiente α_1 avalia a extensão em que um choque existente na rendibilidade de hoje afeta a volatilidade na rendibilidade do ativo no dia seguinte. A soma dos coeficientes α_1 e β_1 diz respeito à medida de persistência da volatilidade, isto é, realça que um choque na rendibilidade de hoje propaga-se, ao longo do tempo, sobre a volatilidade de retornos futuros. Normalmente encontra-se perto de 1.

É ainda importante referir que:

Quando $p = 0$: $\rightarrow GARCH(0,q) \equiv ARCH(q)$, a variância condicionada é expressa como:

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + A(L) u_{t-1}^2 + B(L) \sigma_{t-1}^2 \quad (5.8.)$$

onde,

$$A(L) = \alpha_1 L + \alpha_2 L^2 + \dots + \alpha_q L^q \quad (5.9.)$$

$$B(L) = \beta_1 L + \beta_2 L^2 + \dots + \beta_p L^p \quad (5.10.)$$

são polinómios no operador de desfaseamento (*backshift operator*) L .

Um processo $GARCH(p,q)$ corresponde a um processo $ARCH$ de dimensão infinita (∞) onde,

$$\sigma_t^2 = \frac{\alpha_0}{1 - \sum_{i=1}^p \beta_i} + \sum_{i=1}^{\infty} \eta_i u_{t-i}^2 \rightarrow ARCH(\infty) \quad (5.11.)$$

É possível afirmar que uma das vantagens do modelo $GARCH$ é de o mesmo poder ser utilizado para descrever a volatilidade com um número inferior de parâmetros do que um modelo $ARCH$.

Na prática, o modelo é reconhecido e representa um excelente avanço face ao modelo inicial, $ARCH$, contudo, continua a carecer de algumas limitações sintetizadas por Nwogugu (2006) da seguinte forma:

- i. Sensibilidade das estimativas do modelo em relação à duração do período da previsão, à distribuição utilizada e à magnitude do desvio-padrão;
- ii. Inexatidão dos resultados quando a distribuição dos resíduos não é *gaussiana*;
- iii. Sobreavaliação dos efeitos de persistência da volatilidade já anteriormente identificada no modelo *ARCH*;
- iv. Incapacidade para modelar o efeito de assimetria que ocorre quando a magnitude dos efeitos positivos não é idêntica à dos negativos.

Bentes (2011:49) refere que «(...) no modelo *GARCH* a variância condicionada é função do quadrado das variâncias condicionadas passadas e do quadrado dos resíduos passados, o sinal das rendibilidades nunca pode afetar o valor da volatilidade estimada», indo desta forma ao encontro do último ponto mencionado.

Bentes (2015) refere que este modelo considera apenas os efeitos de curto prazo, uma vez que a hipótese de incidência de choques de volatilidade a uma taxa exponencial elevada não é prevista. Desta forma, torna-se inadequado para descrever situações mais realistas, onde a memória longa se manifesta.

Existem autores que reforçam uma das limitações apresentadas por Nwogugu, afirmando que, na sua opinião, a primordial desvantagem do modelo *GARCH* é a não capacidade para modelar o efeito da assimetria, que é observado com grande frequência quando diferentes volatilidades são registadas nos casos de “boas notícias” ou “más notícias”.

De acordo com Nwogugu (2006), as limitações referidas resultam absolutamente da adoção de suposições desadequadas que raramente se verificam e que exemplifica:

- i. A quantidade de informação que os investidores recebem não é constante ao longo do tempo, como pressupõe o modelo, e pode não ser o único fator gerador de volatilidade;
- ii. Não está comprovado que o desvio-padrão e a variância sejam métodos eficientes para quantificação e previsão da evolução futura dos preços e rendibilidades;
- iii. Não é tido em conta a composição do mercado, designadamente o tipo perfil dos investidores;
- iv. A rendibilidade dos ativos pode não ter uma distribuição de probabilidade conhecida.

Neste sentido, para o estudo da assimetria na volatilidade nos contratos de futuros sobre o petróleo, uma das limitações dos modelos *ARCH* e *GARCH* passa pelo efeito assimétrico ou efeito alavanca, por isso, perante tal condição, será melhor considerar um modelo cuja

volatilidade apresente reações assimétricas com valores positivos ou negativos da variável residual.

5.4.3. Modelo *EGARCH* - *Exponential Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedastic*

Com o objetivo de incorporar o efeito assimétrico, onde os modelos anteriores eram passíveis dessa limitação, Nelson (1991) introduz uma nova extensão do modelo *GARCH* (p,q), denominada por *EGARCH* (p,q) – *Exponential Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedastic*. Este novo modelo, através da logaritimização da variância condicionada, permite analisar os efeitos assimétricos na volatilidade do mercado.

A equação do modelo, onde a variância condicionada, σ_t^2 , é uma função assimétrica dos valores passados de $\mu_t S$:

$$\ln \sigma_t^2 = \alpha_0 + \sum_{i=1}^p \beta_i \ln \sigma_{t-i}^2 + \sum_{i=1}^p \alpha_i \frac{|\mu_{t-i}|}{\sigma_{t-i}} + \sum_{i=1}^p \gamma_i \frac{\mu_{t-i}}{\sigma_{t-i}} \quad (5.12.)$$

onde,

- σ_t^2 = A variância condicionada em t ;
- α_0 = Valor constante;
- $\alpha_i, \beta_i, \gamma_i$ = Parâmetros do modelo;
- μ_{t-i} = Erro observado em $t-1$;
- σ_{t-i} = Desvio-padrão observado em $t-i$.

Neste modelo, a equação associada indica-nos que a variância condicionada é uma função exponencial das variáveis, garantindo desta forma os seus valores positivos e que a natureza exponencial orienta a que os impactos externos imprevisíveis tendem a ter uma forte consequência na volatilidade prevista.

Na generalidade dos casos o parâmetro γ é negativo. O modelo *EGARCH* permite que as “boas notícias” (choques positivos de rendibilidade) e as “más notícias” (choques negativos de rendibilidade) tenham um impacto distinto na volatilidade futura, o que não acontece com o modelo simétrico *GARCH*. Desta forma, conclui-se que o parâmetro γ pode originar assimetria, onde:

- i. Se $\gamma = 0$, então um choque positivo terá um efeito semelhante na volatilidade ao de um choque negativo de igual amplitude;

- ii. Se $\gamma < 0$, um choque positivo dará origem a um efeito de diminuição na volatilidade;
- iii. Se $\gamma > 0$, um choque positivo aumenta o nível de volatilidade do mercado.

5.4.4. Modelo *TGARCH* – *Threshold Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedastic*

A par do *EGARCH*, também existe um outro modelo que permite detetar a assimetria na volatilidade - o *TGARCH* (p,q) - *Threshold Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedastic*, implementado por Glosten *et al.* (1993) e Zakoian (1994), com a finalidade de ilustrar como as consequências das “favoráveis ou desfavoráveis notícias” geram distintos impactos na volatilidade.

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \sum_{i=1}^p \alpha_i \mu_{t-i}^2 + \sum_{j=1}^p \beta_j \sigma_{t-j}^2 + \sum_{k=1}^r \partial_{t-k} \gamma_k \mu_{t-k}^2 \quad (5.13.)$$

onde,

→ ∂_{t-k} = Variável *dummy*, que toma o valor de 1, se $\mu_t > 0$ e anula-se para $\mu_t \leq 0$

O modelo considera diversos efeitos na variância condicionada, se estiver perante uma notícia positiva ($\mu_t > 0$) o impacto é direto em α , por outro lado se estiver perante uma notícia negativa ($\mu_t < 0$) esse impacto passa a ser de $(\alpha + \gamma)$.

Se:

- i. $\gamma > 0$ = O designado efeito alavanca é impulsionado;
- ii. $\gamma \neq 0$ = O impacto da divulgação de novas notícias constitui um efeito assimétrico.

6. Descrição dos dados e evidências empíricas

No decorrer do presente capítulo serão efetuadas as abordagens à descrição dos dados recolhidos, aos objetivos de análise da presente dissertação e aos recursos necessários para atingir conclusões.

Nos capítulos anteriores, verificou-se o desenvolvimento do contexto literário e económico do tema principal - contratos de futuros sobre o petróleo - onde foram consultadas diversas fontes de informação sobre o objeto.

Desta forma, durante o presente capítulo, e de forma a facilitar a análise, este encontra-se estruturado da seguinte forma:

- i. Na primeira secção é retratada a descrição dos dados recolhidos e o objeto de estudo;
- ii. Na segunda secção é realizada a análise descritiva da rendibilidade da série;
- iii. E, por fim, na terceira secção, temos a modelação da volatilidade condicionada, onde se realiza a verificação dos pressupostos, a análise aos resíduos e a estimação dos modelos, *GARCH*, *EGARCH* e *TGARCH*.

6.1. Descrição dos dados recolhidos e objetivos de análise

O presente estudo tem por base estudar a assimetria na volatilidade, isto é, o efeito alavanca na rendibilidade dos preços futuros sobre uma das maiores referências do petróleo bruto, o *WTI*, sendo este o produto de melhor qualidade.

O petróleo bruto é uma das *commodities* mais transacionadas do mundo à luz da *NYMEX*. Devido à sua excelente transparência, liquidez e preço, o contrato é usado como principal referência de formação de preços internacionais. Este é medido em unidades de 1.000 barris, sendo o seu ponto de entrega em *Cushing, Oklahoma*.

No mercado a prazo, os futuros transacionam os diversos contratos associados a *commodities*, tendo em conta a sua qualidade e até mesmo o local de entrega do ativo subjacente. Neste contexto, para o estudo empírico a realizar nesta dissertação foram analisadas as cotações diárias do contrato de futuro sobre o petróleo bruto, o *WTI*.

Através da plataforma *Bloomberg* foram recolhidas as cotações históricas de fecho diário para um período de análise que inicia a 10 de janeiro de 2000 e tem como término 31 de dezembro de 2014.

Os preços dos contratos de futuros consideram cinco dias de funcionamento semanais incluindo os feriados de 25 de dezembro e 1 de janeiro, de forma a garantir o número de observações associadas a uma semana útil, segundo Bentes (2011:102), nestes dias, a cotação de fecho para os contratos de futuros assume o valor do dia imediatamente anterior.

Da amostra recolhida, no período determinado, totalizam-se 3908 observações.

Durante este período, verifica-se que o ativo subjacente, o petróleo bruto (*WTI*), é muito volátil, dado que é fortemente influenciado por posições especuladoras no mercado.

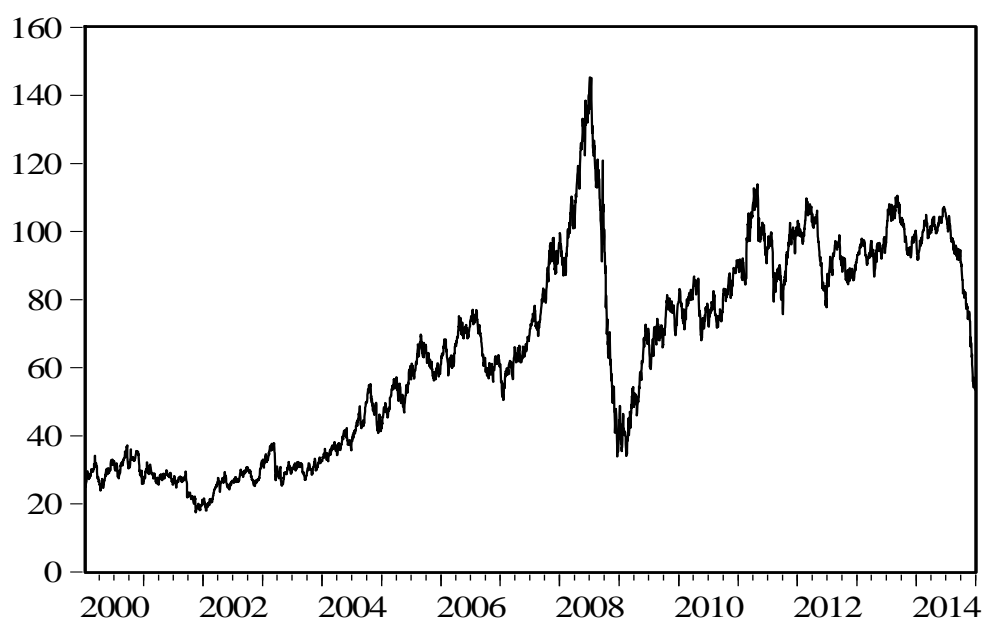


Figura 6.1. – Evolução histórica no período de 10/01/2000 a 31/12/2014

Fonte: Elaboração Própria

A evolução histórica dos preços futuros, no período mencionado, vai ao encontro da afirmação anterior acerca da sua volatilidade. Desta forma, e analisando a figura 6.1, verifica-se que, ao longo dos últimos 14 anos, existiram alguns momentos de subida e descida.

Dado que o gráfico foi elaborado com recurso ao *software EViews*, afirma-se que entre o período de 2000 e 2001 é possível observar uma ligeira tendência negativa no valor do futuro, sendo que o mesmo termina a partir de 2002 até 2008, onde se regista uma evolução positiva, atingindo o valor máximo no início do ano de 2008.

Este valor máximo em 2008 é usualmente referenciado como o resultado da relação oferta-procura. A procura pelo petróleo aumentou, especialmente pela introdução de países como a China e Índia, nações que nos anos transatos têm vindo a registar um acréscimo percentual do seu crescimento económico.

Contudo, verifica-se, no final do ano de 2008 e primeiros meses do ano de 2009, uma queda livre do preço futuro. Esta queda é defendida pelos economistas como uma consequência da crise financeira global, onde a procura reduz, diminuindo o preço do produto.

A partir de finais do ano de 2009 até ao final do primeiro semestre de 2014, verifica-se um bom registo, pelo que a indústria estabilizou e os valores de referência estão novamente perto do máximo. Contudo, no segundo semestre do ano transato, verifica-se uma das maiores quedas após 2008 no valor dos futuros, em consequência de alguns fatores, tais como: o sentimento de mercado, a conjuntura geopolítica, a rutura na produção de petróleo na Líbia, que retirou um milhão de barris por dia dos mercados e, por fim, a economia mundial foi submetida a um equivalente programa de “*quantitative easing*” para estimular o crescimento económico.

6.2. Análise à estatística descritiva

O estudo incide sobre as rendibilidades dos preços dos futuros sobre petróleo, e não sobre os preços originais deste contrato. Futuramente, neste estudo, verificar-se-á que as rendibilidades são estacionárias, característica que constitui um dos pressupostos dos modelos de tipo *GARCH*.

A rendibilidade é dada por:

$$R_t = \ln\left(\frac{P_t}{P_{t-1}}\right) = [\ln(P_t) - \ln(P_{t-1})] \quad (6.1.)$$

onde,

- t = Período da série temporal financeira (10/01/2000 a 31/12/2014);
- P_t = Preço do ativo ou cotação de fecho ajustado do dia, no período t ;
- P_{t-1} = Preço do ativo ou cotação de fecho ajustado do dia anterior, no período t .

Assim sendo, e tendo em conta as observações da séria cronológica, apresenta-se a figura 6.2, que ilustra a rendibilidade diária do preço de futuros sobre o *WTI* em estudo, no período considerada e calculada de acordo com a equação acima mencionada (6.1.).

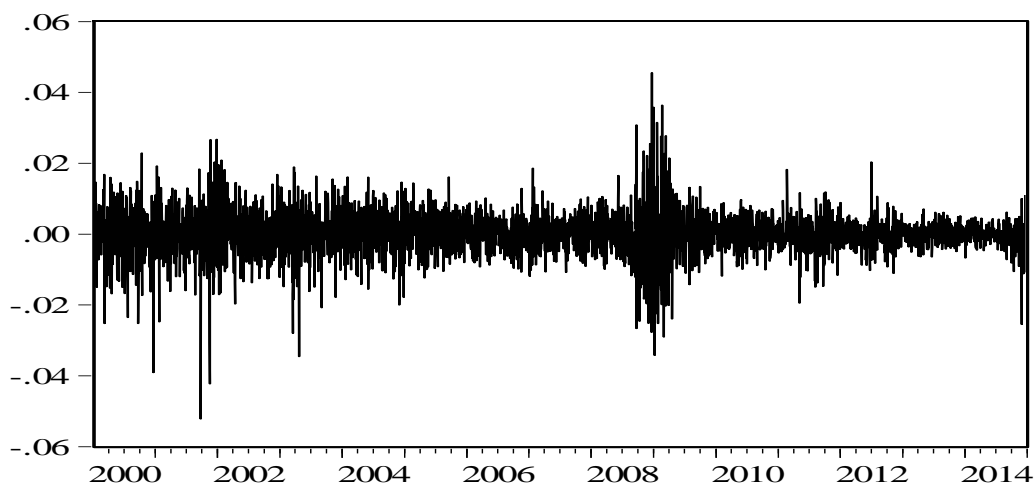


Figura 6.2. – Evolução das rendibilidades diárias, no período de 10/01/2000 a 31/12/2014

Fonte: Elaboração Própria

Com o intuito de estudar o comportamento das rendibilidades diárias torna-se proveitoso expor um conjunto de medidas descritivas que se encontram evidenciadas na tabela 6.1. Para complementar a análise foi também elaborado o histograma das distribuições de frequência como ilustra a figura 6.3.

Tabela 6.1. – Análise estatística das rendibilidades diárias no período de 10/01/2000 a 31/12/2014

Estatísticas Descritivas	
Média	5,65E ⁻⁰⁵
Mediana	0,000000
Máximo	0,045533
Mínimo	- 0,052133
Desvio-padrão	0,006117
Assimetria	- 0,312990
Curtose	9,483759
Teste JB	6909,177**
Probabilidade	0,000000

Notas: ** Denota um nível de significância de 1%

Fonte: Elaboração Própria

Através da tabela 6.1. verifica-se que para os dados em análise, no que respeita às medidas de localização, o valor da média é muito próximo de zero e a mediana apresenta um valor nulo. Note-se que o valor da média é muito diminuto quando comparado com o desvio-padrão.

É referenciada como simétrica uma distribuição que apresente o mesmo valor para a moda, média e mediana. Quando não estamos perante essa igualdade, detetamos uma distribuição assimétrica. A assimetria é o grau de afastamento que uma distribuição apresenta do seu eixo de simetria. Este afastamento pode surgir quer para o lado esquerdo, quer para o lado direito, estando dependente de uma assimetria negativa (< 0) ou positiva (> 0).

O coeficiente de assimetria pode ser obtido pela seguinte fórmula:

$$A = \frac{E[(X - \bar{X})^3]}{E[(X - \bar{X})^2]^{\frac{3}{2}}} \quad (6.2.)$$

Assim, e tendo em conta o quadro de análise da estatística descritiva, o coeficiente de assimetria apresenta um valor negativo e poderá comprovar-se com a ajuda da visualização do histograma de distribuição ilustrado na figura 6.3. onde se verifica um ligeiro enviesamento para a esquerda, observável pelo já referido coeficiente de assimetria negativo, concluindo-se que este valor negativo sugere um peso decisivo de rendibilidades negativas.

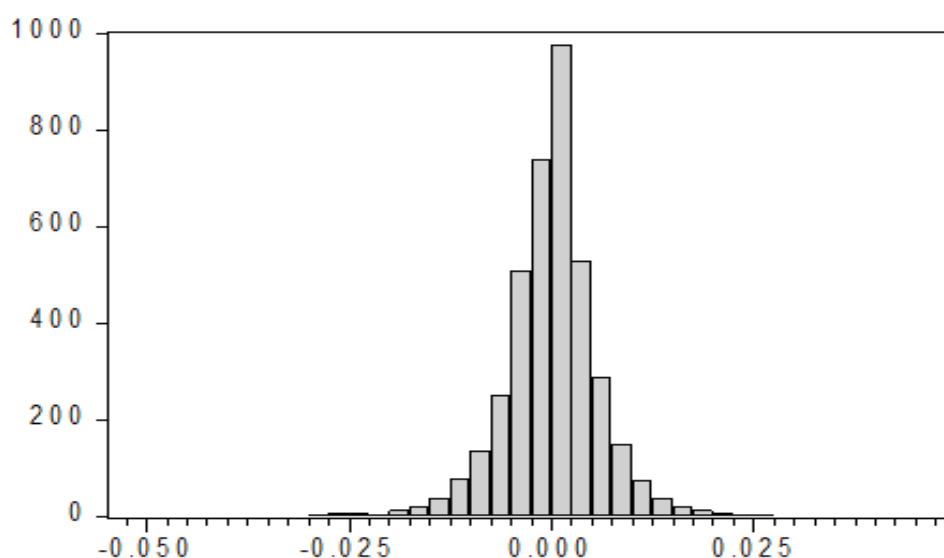


Figura 6.3. – Histogramas das distribuições das taxas de rentabilidade diárias no período de 10/01/2000 a 31/12/2014.

Fonte: Elaboração Própria

De forma a complementar a caracterização da dispersão na distribuição, analisa-se a curtose, que é uma medida de dispersão que representa o pico ou “achatamento” da curva. A assimetria e a curtose são medidas independentes e que não se influenciam mutuamente, isto é, não existe uma relação entre as situações de assimetria e as situações de curtose de um mesmo conjunto.

A curtose pode ser calculada pela seguinte expressão:

$$C = \frac{E[(X - \bar{X})^4]}{E[(X - \bar{X})^2]^2} \quad (6.3.)$$

Com recurso ao índice momento de curtose podemos quantificar a concentração dos valores obtidos, em:

- Se $C > 3$ → A distribuição é leptocúrtica (alongada);
- Se $C = 3$ → A distribuição é mesocúrtica (normal, nem achatada nem alongada);
- Se $C < 3$ → A distribuição é platicúrtica (achatada).

Com base no índice e no valor obtido, o mesmo apresenta um valor superior a 3, indicando que as taxas de rentabilidade diárias seguem um comportamento leptocúrtico.

Adicionalmente, e tendo por base uma análise combinada dos parâmetros de forma (assimetria e curtose), é ainda possível concluir que a distribuição não segue uma distribuição normal (numa distribuição normal a assimetria é zero e a curtose é igual a 3).

De forma a confirmar a afirmação anterior, deve-se recorrer ao teste de normalidade de *Jarque-Bera*. O teste de normalidade Jarque e Bera (1980) é sustentado nas desigualdades entre os índices de assimetria e curtose assistindo para dois testes:

- i. Hipótese 0: A distribuição segue uma distribuição normal, em que o coeficiente de assimetria apresenta um valor nulo e a curtose apresenta o valor de 3.
- ii. Hipótese 1: A distribuição não segue uma distribuição normal.

Para a execução do teste, deve-se calcular, primeiramente a assimetria e a curtose dos resíduos e em seguida aplicar o teste através da seguinte expressão:

$$JB = n \left(\frac{A^2}{6} + \frac{(C - 3)^2}{24} \right) \quad (6.4.)$$

onde,

- n = Número de observações;
- A = Coeficiente de assimetria;

→ C = Coeficiente de curtose.

A medida estatística proposta por Jarque e Bera (1980) segue a distribuição de qui-quadrado com dois graus de liberdade. Se o valor de JB for muito baixo, a hipótese nula de normalidade da distribuição dos erros aleatórios não pode ser rejeitada. Se o valor de JB for muito elevado, rejeita-se a hipótese de que a distribuição se comporta como uma distribuição normal.

O excesso de curtose é medido em relação à distribuição normal que tem curtose igual a 3.

Tendo em conta o valor obtido no teste à normalidade de JB (ver tabela 6.1.) rejeita-se a hipótese de normalidade nos rendimentos (hipótese nula), num nível de significância de 1 %. Aliado à não normalidade está o facto de se verificar, no histograma, a existência de curtose (*fat tails*).

Portanto, conforme já foi exposto, confirma-se que as distribuições de rendimentos apresentam uma tendência de afastamento em relação a uma distribuição normal.

6.3. Modelação da volatilidade condicionada

Nesta secção de trabalho irá proceder-se à estimação dos modelos $GARCH(1,1)$, $EGARCH(1,1)$ e $TGARCH(1,1)$, no sentido de modelar o comportamento da volatilidade das taxas diárias de rendibilidade do contrato de futuro sobre o *WTI*. Realço que não foi considerado, neste estudo, o modelo $ARCH$ original em virtude das limitações por ele apresentadas serem, em grande medida, ultrapassadas pela especificação $GARCH$.

Para a concretização do estudo, será utilizado o *software EViews*, de onde irão ser extraídos os resultados que serão apresentados e analisados.

Desta forma, antes de se proceder à estimação dos modelos, é indispensável verificar pressupostos fundamentais, que guiarão a resultados mais credíveis face ao estudo da assimetria na volatilidade do contrato de futuro. Os pressupostos iniciais passam pelos testes de estacionariedade e a inexistência de autocorrelação. Contudo, estando a aplicar modelos heterocedásticos é igualmente necessário realizar também a terceira hipótese de heterocedasticidade (teste $ARCH-LM$).

6.3.1. Verificação de pressupostos

6.3.1.1. Testes de estacionariedade

Um teste sobre a estacionariedade apresenta relevância no estudo, uma vez que estamos perante uma sucessão cronológica, dado que pode influenciar significativamente as análises estatísticas.

Segundo Brooks (2008), enquanto as oscilações previstas, ou não, nas sucessões cronológicas estacionárias se vão ausentando ao longo do tempo, na posição inversa, essas oscilações podem manter-se, ou até mesmo multiplicar-se constantemente por tempo indefinido.

A estacionariedade tornou-se um elemento essencial nos estudos econométricos desenvolvidos até à década de 70, quando afirmando que o aparecimento de incumprimentos na sua análise poderia levar a diversas limitações e tornar alguns dos testes ineficazes. É neste sentido que uma das fundamentais preocupações neste estudo residiu em averiguar, numa primeira fase, se o pressuposto da estacionariedade se manifesta ou não nos dados, para só depois se avançar com a respetiva modelação.

Para o efeito, de entre os mais variados possíveis testes de modelação da estacionariedade, refere-se os de aceitação mais generalizada e igualmente adotados na presente dissertação, o teste *Augmented Dickey Fuller (ADF)*, e o teste *Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin (KPSS)*, ambos mais conhecidos por testes de não estacionariedade ou de raiz unitária.

Assim, e no caso do teste *ADF*, Bentes (2011:109) afirma que deve considerar-se a seguinte regressão para a variável y_t :

$$\Delta y_t = \omega + \delta t + (p - 1) y_{t-1} + \sum_{i=1}^p \lambda_i \Delta y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (6.5.)$$

onde,

- $\omega + \delta t$ = trata-se da tendência determinística;
- p = é o coeficiente de auto-regressão da variável y_t ;
- ε_t = é a perturbação aleatória com o número de defasamentos escolhido de forma a que $\varepsilon_t \sim i.i.d. (0, \sigma^2)$.

Quando aplicado na prática, estes desfasamentos são selecionados segundo o critério *SIC* – Schwarz's Bayesian Information Criterion ou *AIC* – Akaike Information Criterion. Para efeitos deste estudo, optou-se pelo primeiro por ser mais parcimonioso.

Na expressão acima mencionada (6.5.) é necessário evidenciar que $(p - 1) y_{t-1}$ é utilizado para deter a estacionariedade ou não estacionariedade do sistema, tendo por base o teste habitual à Hipótese Nula (H_0) : $p = 1$ (demonstrando a existência de uma raiz unitária) para a variável em níveis (y_t) e em primeiras diferenças (Δy_t), contrariamente à Hipótese Alternativa transmitida por $|p| < 1$ (estacionariedade). Isto é, a H_0 informa-nos de uma tendência estocástica ou não estacionária, enquanto a H_a informa-nos da existência de uma tendência determinística ou estacionária. Desta forma, recorre-se aos valores críticos de MacKinnon (1996 e 2010), onde os mesmos se encontram em variados programas informativos sendo um *output standard*.

Outro fator, e não menos importante, prende-se com a possibilidade de ser considerada na sua formulação a existência de uma constante e de uma tendência linear (τ_t), só de uma constante (τ_ω) ou de nenhuma delas (τ). Posto isto, obtemos que:

- i. $|p| < 1$ a sucessão diz-se estacionária;
- ii. $|p| = 1$ diz-se que a sucessão é não estacionária de raiz unitária;
- iii. $|p| > 1$ diz-se que a sucessão é não estacionária explosiva.

Dickey e Fuller (1979 e 1981) sugeriram dois testes diferenciados para observar as hipóteses acima descritas. O primeiro assenta na distribuição limite da estimativa *OLS* de p , pelo que a estatística do teste *ADF* empregada neste contexto obedece à forma tradicional dos testes *t*. Por sua vez o segundo teste assenta na distribuição da estatística $T(p - 1)$, em que T indica a dimensão da amostra.

Também é interessante evidenciar que $\tau_\tau < \tau_\omega < \tau$ e que para a estatística τ , os valores críticos do teste *ADF* diferem pouco dos valores críticos da distribuição Normal estandardizada. Contudo, se este processo for utilizado incorretamente, irá conduzir a uma rejeição da Hipótese Nula, e este problema irá crescer consoante o aumento das componentes determinísticas no modelo.

Existindo dois testes, Bentes (2011:110) afirma que um resultado importante relativo aos testes de *Dickey-Fuller* é que a distribuição assintótica da estatística τ_τ é independente do número de desfasamentos das primeiras diferenças incluídos na regressão *ADF*. Estes, contudo, são necessários para eliminar qualquer autocorrelação de ordem superior remanescente na variável residual e, deste modo, validar o pressuposto de resíduos $\varepsilon_\tau \sim i. i. d.$ que está na base do uso do método dos mínimos quadrados.

Segundo os autores Said e Dickey (1984), o envolvimento de uma componente de médias móveis (*Moving Average*) com um conjunto aceitável de termos desfasados das primeiras diferenças, não irá alterar a legitimidade assintótica do teste *ADF*.

Todavia, apesar da sua fama, este modelo sofreu de críticas quanto ao facto de estar assente num processo de inferência estatística, isto é, o teste *ADF* tende a sobre-rejeitar a Hipótese Nula da não estacionariedade.

É neste contexto que surge uma alternativa. Kwiatkowski *et al.* (1992) desenvolveram o teste *KPSS* que apresentou como fator diferenciador a possibilidade de inversão das hipóteses em análise. Quer isto informar que, como Hipótese Nula (H_0) a sucessão cronológica é estacionária, não possuindo raiz unitária, e em oposição à Hipótese Alternativa (H_a) de não estacionariedade.

O teste *KPSS* é um teste de multiplicadores de *Lagrange* (*LM*), baseado na representação em componentes da sucessão cronológica em que o processo gerador de dados é retratado pelo modelo

$$\begin{aligned} y_t &= \mu t + Z_t + u_t \\ Z_t &= Z_{t-1} + \varepsilon_t \end{aligned} \tag{6.6.}$$

onde,

→ x_t revela a soma de uma tendência determinística (μt), de um passeio aleatório (Z_t) e de uma variável residual estacionária (u_t) e onde $\varepsilon_t \sim i. i. d. (0, \sigma^2 \varepsilon)$.

Pode verificar-se, ainda no presente modelo, que a Hipótese Nula da estacionariedade é dada por $\sigma^2 \varepsilon = 0$, em que o valor inicial Z_0 é uma constante. Uma vez que u_t é uma variável residual estacionária, então podemos dizer que y_t é um processo *TSP – Trend Stationary Process*, isto é, um processo estacionário com tendência pura. Desta forma, se a Hipótese Nula for $\sigma^2 \varepsilon = 0$ os erros ε_t serão totalmente nulos, sendo que $Z_t = Z_{t-1}, \forall t$; é uma constante. Com esta demonstração, a primeira equação do modelo (6.5.) representa um processo estacionário com tendência.

Efetuando $\mu = 0$ no modelo, aparece uma singularidade em que x_t é um processo estacionário em volta de um nível, isto é, z_0 , em vez de uma tendência. Para este acontecimento, a estatística do teste *KPSS* é representada por:

$$LM = \frac{\sum_{t=1}^T S_t^2}{\hat{\sigma}_u^2} \tag{6.7.}$$

onde,

→ $S_t = \sum_{r=1}^t \widehat{u}_r$ representa a soma dos resíduos da regressão de x_t sobre uma constante e uma tendência determinística, significando que $\widehat{u}_t = x_t - \widehat{\mu}_t - \widehat{z}_0$;

→ σ_u^2 é um estimador da variância dos resíduos μ_t .

Evidencia-se que a distribuição da estatística do teste *KPSS* depende do modelo de não estacionariedade, embora a expressão do teste se mantenha válida para $\mu = 0$ ou $\mu \neq 0$.

De forma a garantir uma maior confiabilidade nos resultados obtidos do estudo da estacionariedade, deve ter-se em conta que os testes *ADF* e *KPSS* utilizam a Hipótese Nula em condições opostas, significando que estrategicamente devem ser ambos aplicados para testar uma determinada sucessão cronológica. Designa-se esta estratégia como análise de dados confirmatória, uma vez que assume uma maior segurança na classificação da sucessão cronológica, caso os resultados obtidos sejam consistentes.

Na tabela 6.2, apresentam-se os *outputs* da aplicação dos testes *ADF* e *KPSS* através do *software EViews* para a amostra considerada.

Tabela 6.2. – Testes de raízes unitárias (ou estacionariedade) *ADF* e *KPSS* para as rendibilidades diárias no período de 10/01/2000 a 31/12/2014.

<i>ADF</i> ^{a)}		<i>KPSS</i> ^{b)}
Estatística	Desfasamento	Estatística
-63,93765**	0	0,049232

Notas:

- i. ^{a)} Valores críticos de MacKinnon (1996 e 2010) para a constante mais tendência determinística linear: - 3,960241 (1%) e -3,410883 (5%) e número nulo de *lags* em ambos os casos.
- ii. ^{b)} Valores críticos de Kwiatkowski et al. (1992) para a constante mais tendência determinística linear 0,216 (1%) e 0,146 (5%).
- iii. ** Denota um nível de significância de 1%.

Fonte: Elaboração Própria.

A tabela 6.2 apresenta os resultados dos testes *ADF* e *KPSS*. Da análise a efetuar, verifica-se que para o teste *ADF*, a sucessão cronológica é não-estacionária já que não se rejeita H_0 , isto é, apresenta raízes unitárias. Com o valor obtido no teste é estatisticamente significativo a um nível de significância de 1%, conclui-se que o teste é rejeitado. O teste *ADF* informa-nos que a série é estacionária. É importante realçar que o resultado obtido

enquadra-se no contexto da generalidade da evidência empírica referente a sucessões cronológicas de natureza económica e financeira, onde as mesmas frequentemente apresentavam raízes unitárias.

Por sua vez, para o teste *KPSS*, de forma a confirmar o resultado obtido pelo teste *ADF*, verifica-se que na H_0 a série é estacionária, isto porque as hipóteses são contrárias do teste *ADF*. Desta forma, existindo uma concordância dos dois modelos, concluímos que a série é estacionária.

Finalizado o estudo da estacionariedade, não subsistiriam dificuldades na aplicação dos modelos. Todavia, devem-se verificar ainda as hipóteses da autocorrelação e da heterocedasticidade.

6.3.1.2. Testes de autocorrelação

No sentido de anular qualquer tipo de dúvida associada às conclusões anteriores, calculou-se adicionalmente o teste de *Ljung-Box (Q)*, onde se testa a Hipótese Nula (H_0) que admite a inexistência de autocorrelação e em que Q tem uma distribuição assintótica do *Qui-quadrado*.

Na tabela 6.3, apresentam o correlograma obtido através do *software EViews* para a amostra considerada.

Tabela 6.3. – Correlograma das rendibilidades diárias no período de 10/01/2000 a 31/12/2014.

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
		1	-0.023	-0.023	1.9982	0.157
		2	-0.038	-0.039	7.6461	0.022
		3	0.030	0.028	11.126	0.011
		4	0.014	0.014	11.855	0.018
		5	-0.040	-0.037	18.024	0.003
		6	-0.033	-0.034	22.168	0.001
		7	-0.011	-0.016	22.637	0.002
		8	-0.020	-0.021	24.247	0.002
		9	-0.022	-0.021	26.098	0.002
		10	0.014	0.011	26.816	0.003
		11	-0.009	-0.011	27.113	0.004
		12	-0.007	-0.007	27.300	0.007
		13	0.036	0.032	32.298	0.002
		14	0.023	0.022	34.461	0.002
		15	0.020	0.023	36.016	0.002
		16	0.005	0.005	36.112	0.003
		17	0.006	0.004	36.235	0.004
		18	0.028	0.029	39.325	0.003
		19	-0.024	-0.020	41.650	0.002
		20	0.019	0.023	43.058	0.002
		21	-0.010	-0.008	43.414	0.003
		22	-0.039	-0.034	49.423	0.001
		23	0.002	0.003	49.446	0.001
		24	0.004	0.003	49.521	0.002
		25	0.002	0.006	49.531	0.002
		26	0.027	0.029	52.338	0.002
		27	0.008	0.005	52.580	0.002
		28	0.005	0.002	52.673	0.003
		29	-0.000	-0.002	52.673	0.005
		30	0.002	-0.001	52.694	0.006
		31	-0.017	-0.019	53.846	0.007
		32	-0.001	0.002	53.849	0.009
		33	-0.036	-0.038	58.876	0.004
		34	0.003	0.004	58.918	0.005
		35	-0.025	-0.025	61.454	0.004
		36	-0.033	-0.033	65.773	0.002

Fonte: Elaboração Própria.

Pode observar-se os resultados obtidos no correlograma, que testa a autocorrelação dos dados das rendibilidades, e obtém-se os valores ao teste de *Ljung-Box* na coluna *Q-Statistics*. Pode afirmar-se que comprovam a evidência empírica do ponto anterior.

Verifica-se a rejeição de H_0 de que não há autocorrelação pois a probabilidade da inexistência de acordo com os valores acima apresentados é aproximadamente zero para a totalidade dos casos. Sendo assim, como os valores são estatisticamente significativos a um nível de significância de 5% e 1% conclui-se a existência de autocorrelação, onde as

rendibilidades estão efetivamente correlacionados. Podendo assim concluir-se que, existe uma relação entre o quadrado das rendibilidades de um período t juntamente com o quadrado das rendibilidades dos períodos antecedentes, isto é, existe uma dependência na volatilidade.

De forma a complementar e confirmar o estudo anterior, apresenta-se, de seguida, o teste de *Breusch-Godfrey (BG)* que surgiu no multiplicador *Lagrange*, onde a Hipótese Nula é igual ao do anterior: inexistência de autocorrelação. Assim, na Hipótese Nula do teste de *BG*, considera-se que as rendibilidades constituem um processo ruído branco e, como tal, não evidenciam dependência do tipo linear.

Os resultados obtidos através do *software EViews* para a amostra considerada, encontram-se descritos de seguida na tabela 6.4.

Tabela 6.4. – Resultados do teste de *BG* para as rendibilidades no período de 10/01/2000 a 31/12/2014.

Teste <i>Breusch-Godfrey (BG)</i>	
Estatística <i>F</i>	Estatística χ^2
2,688888**	26,78**

Notas:

- i. Para calcular o valor do teste utilizaram-se dez defasamentos;
- ii. ** Denota um nível de significância de 1%.

Fonte: Elaboração Própria.

Como se analisa, em ambos os testes é verificada a existência de autocorrelação. Sendo um dos pressupostos dos modelos *ARCH* a inexistência de autocorrelação. Desta forma este pressuposto não se verifica onde, mais adiante procurar-se-á uma forma de eliminar a autocorrelação, isto é, verificar a dependência linear através de outro modelo.

6.3.1.3. Testes de heterocedasticidade

Uma vez que os modelos *ARCH* são heterocedásticos, a utilização do mesmo só ocorrerá caso a série apresente esta característica fundamental. É desta forma que se conclui os estudos dos pressupostos, com o teste de heterocedasticidade.

Para tal, basta realizar o teste *ARCH-LM – ARCH – Lagrange Multiplier* desenvolvido por Engle (1982), em que H_0 é a de inexistência de heterocedasticidade condicionada.

Na tabela 6.5 abaixo descrita, encontram-se os resultados obtidos através do *software EViews* para a amostra considerada.

Tabela 6.5. – Resultados do teste de *ARCH-LM* para as rendibilidades no período de 10/01/2000 a 31/12/2014.

Teste <i>ARCH-LM</i>	
Estatística <i>F</i>	Estatística χ^2
51,6078**	456,8786**

Notas:

- i. Para calcular o valor do teste utilizaram-se dez defasamentos;
- ii. ** Denota um nível de significância de 1%.

Fonte: Elaboração Própria.

Como se pode comprovar, de acordo com os dados obtidos no teste, a Hipótese Nula do teste *ARCH-LM* de inexistência de heterocedasticidade condicionada é rejeitada para valores estatisticamente significativos a um nível de 1%. Com este teste, conclui-se que existe heterocedasticidade condicionada.

Mais uma vez, de forma a verificar a consistência dos dados obtidos neste primeiro teste, optou-se também pela utilização do teste de *McLeod e Li* (1983) e o teste de *Ljung-Box (Q)* aplicado ao quadrado dos resíduos, utilizado anteriormente. Segundo este teste, considera-se que não estão presentes efeitos *ARCH* nos resíduos, quando os coeficientes de autocorrelação estimados não se mostrem estatisticamente significativos e paralelamente se a estatística *Q* não se mostrar significativa.

Na tabela seguinte (6.6.) apresentam o correlograma do quadrado dos resíduos obtido através do *software EViews* para a amostra considerada.

Tabela 6.6. – Correlograma do quadrado dos resíduos no período de 10/01/2000 a 31/12/2014.

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
		1	0.148	0.148	85.829	0.000
		2	0.179	0.160	210.64	0.000
		3	0.171	0.132	325.49	0.000
		4	0.183	0.128	456.30	0.000
		5	0.195	0.128	605.44	0.000
		6	0.099	0.008	643.64	0.000
		7	0.213	0.135	821.31	0.000
		8	0.138	0.045	896.12	0.000
		9	0.137	0.036	969.15	0.000
		10	0.157	0.064	1066.1	0.000
		11	0.112	0.011	1114.9	0.000
		12	0.157	0.052	1211.4	0.000
		13	0.138	0.051	1285.8	0.000
		14	0.160	0.056	1386.0	0.000
		15	0.205	0.111	1550.8	0.000
		16	0.080	-0.036	1575.8	0.000
		17	0.150	0.033	1664.0	0.000
		18	0.106	-0.000	1708.4	0.000
		19	0.146	0.034	1792.2	0.000
		20	0.115	0.007	1844.0	0.000
		21	0.110	0.016	1891.9	0.000
		22	0.203	0.094	2054.6	0.000
		23	0.082	-0.020	2080.8	0.000
		24	0.144	0.033	2162.6	0.000
		25	0.087	-0.021	2192.2	0.000
		26	0.153	0.052	2284.3	0.000
		27	0.118	0.002	2339.3	0.000
		28	0.106	0.013	2383.5	0.000
		29	0.117	-0.010	2437.0	0.000
		30	0.098	0.002	2474.9	0.000
		31	0.140	0.044	2551.9	0.000
		32	0.134	0.039	2622.7	0.000
		33	0.120	0.024	2679.7	0.000
		34	0.140	0.030	2756.9	0.000
		35	0.119	0.018	2812.3	0.000
		36	0.159	0.046	2911.9	0.000

Fonte: Elaboração Própria.

Com recurso à análise gráfica do correlograma do quadrado dos resíduos, idênticas conclusões se retiram, das quais as barras das funções de autocorrelação e de autocorrelação parcial para os desfasamentos considerados são, em regra, bastante salientes os valores positivos ao longo dos 10 desfasamentos, e os resultados ao teste de *Ljung-Box* dado pela *Q-Statistics* são estatisticamente significativos a um nível de 1%, rejeitando assim a Hipótese Nula da inexistência heterocedasticidade.

É desta forma que se conclui que, existindo heterocedasticidade na série cronológica, é possível recorrer aos modelos *ARCH* para modelar o comportamento da volatilidade nas rendibilidades.

6.3.2. Análise dos resíduos do modelo *AR* (p)

Tal como evidenciado aquando do estudo da autocorrelação, onde se verificou a existência da mesma na série de rendibilidades em estudo, originando assim uma contrariedade do modelo *GARCH* - a não dependência temporal. Para solucionar este problema deve ajustar-se um modelo autorregressivo *AR* (p) – *Autoregressive Model* – com a finalidade de excluir qualquer acontecimento de autocorrelação.

Verificando o correlograma da tabela 6.3, e com base nas funções de autocorrelação e de autocorrelação parcial, é possível identificar um modelo capaz de capturar a eventual dependência linear na rendibilidade em estudo. Tendo em conta o seu comportamento optou-se por um modelo *AR*(4) para capturar a autocorrelação presente nos dados.

Segundo Bentes (2011), estes modelos caracterizam-se essencialmente pelo facto de a variável y_t depender dos valores imediatamente anteriores acrescidos da componente do erro, como se apresenta na seguinte expressão:

$$y_t = \omega + \sum_{i=1}^p \phi_i y_{t-i} + \varepsilon_t \quad (6.7.)$$

onde,

→ ω representa uma constante e ε_t é um erro que se presume ser um processo de *i.i.d.*, isto é, $E(\varepsilon_t) = 0$, $Var(\varepsilon_t) = \sigma^2$ e $Cov(\varepsilon_t, \varepsilon_s) = 0$, para $t \neq s$.

Sendo assim, através da equação anterior com base no operador de defasamentos L , tal que $L^i y_t = y_{t-i}$ (assume-se que y_t é desfasada em i lags) obtém-se:

$$y_t = \omega + \sum_{i=1}^p \phi_i L^i y_t + \varepsilon_t \quad (6.8.)$$

que se pode restringir a

$$\phi(L)y_t = \omega + \varepsilon_t \quad (6.9.)$$

onde

→ $\phi(L)y_t = (1 - \phi_1 L - \phi_2 L^2 - \dots - \phi_p L^p)$

Para a análise, aplicou-se a seguinte equação para as rendibilidades diárias da amostra, representada na tabela 6.7:

Tabela 6.7. – Especificações da equação dos modelos $AR(p)$, com $p > 0$, no período de 10/01/2000 a 31/12/2014.

Modelo	Equação
AR (4)	$y_t = \omega + \phi_1 y_{t-1} + \phi_2 y_{t-2} + \phi_3 y_{t-3} + \phi_4 y_{t-4} + \varepsilon_t$

Fonte: Adaptado de Bentes (2011: 129)

Apresentado o modelo a utilizar, na segunda fase seguir-se-á a apresentação e análise das medidas de estatística descritiva dos resíduos da amostra e subsequente histograma.

Tabela 6.8. – Estatísticas descritivas dos resíduos do modelo $AR(4)$ no período de 10/01/2000 a 31/12/2014.

Estatísticas Descritivas – Resíduos do modelo AR (4)	
Média	-2,84E ⁻²⁰
Desvio-padrão	0,006105
Assimetria	-0,31854
Curtose	9,444712
Teste JB	6822,269**

Notas: ** Denota um nível de significância de 1%.

Fonte: Elaboração Própria.

Através da tabela 6.8. verifica-se que para os dados em análise referentes aos resíduos do modelo, no que respeita ao valor da média e do desvio-padrão, ambos apresentam valores muito baixo e muito próximos de zero. É de notar que também a média dos resíduos é muito diminuta quando comparada com o desvio-padrão.

Tendo por base uma análise combinada da assimetria negativa e de uma curtose superior a 3, é possível concluir que a distribuição dos resíduos do modelo $AR(4)$ não segue uma distribuição normal (numa distribuição normal a assimetria é zero e a curtose é igual a 3).

De forma a confirmar a afirmação anterior, o valor obtido no teste à normalidade de JB rejeita-se a hipótese de normalidade (H_0), num nível de significância de 1 %. Aliado à não normalidade está o facto de se verificar, no histograma (ver figura 6.4), que os resíduos não seguem uma distribuição normal.

Por fim, note-se que ao ser obtido um coeficiente de assimetria negativo, conclui-se que este valor negativo sugere um peso decisivo de rendibilidade negativas.

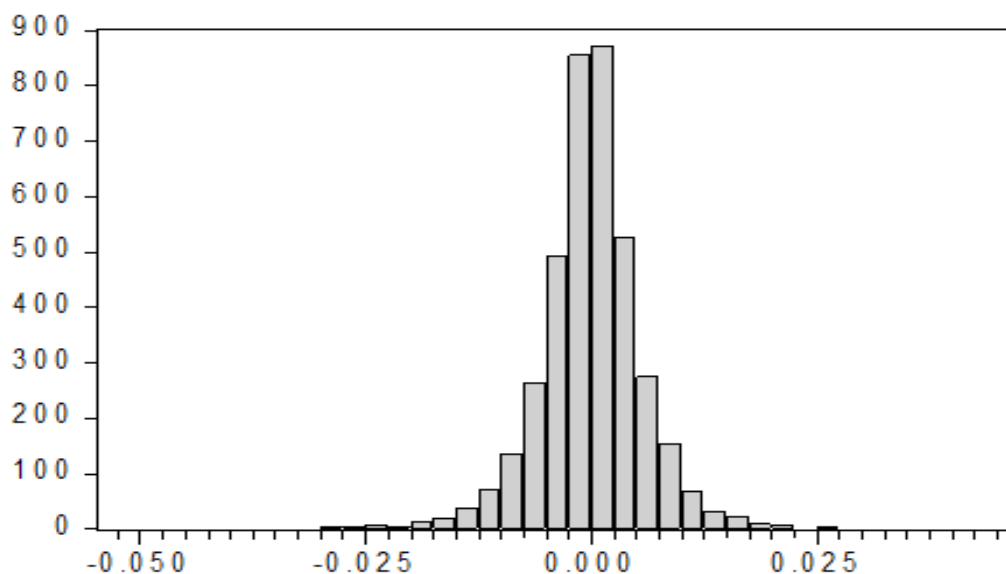


Figura 6.4. – Histograma dos resíduos do modelo $AR(4)$ no período de 10/01/2000 a 31/12/2014.

Fonte: Elaboração Própria.

Mais uma vez, e com a necessidade de verificar se o modelo $AR(4)$ foi corretamente escolhido para capturar a autocorrelação presente dos dados, é agora, numa fase seguinte, necessário analisar se, depois de estimado o modelo $AR(4)$, ainda existe autocorrelação nos resíduos. Para o efeito, recorre-se, uma vez mais, aos testes de BG e de $Ljung-Box$ (Q), cujos valores a seguir se apresentam.

Tabela 6.9. – Correlograma dos resíduos do modelo $AR(4)$ para as rendibilidades diárias no período de 10/01/2000 a 31/12/2014.

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
		1	0.000	0.000	5.E-06	0.998
		2	0.001	0.001	0.0024	0.999
		3	-0.002	-0.002	0.0232	0.999
		4	-0.003	-0.003	0.0486	1.000
		5	-0.039	-0.039	5.8877	0.317
		6	-0.035	-0.035	10.598	0.102
		7	-0.015	-0.015	11.506	0.118
		8	-0.019	-0.019	12.954	0.113
		9	-0.021	-0.021	14.613	0.102
		10	0.011	0.010	15.126	0.128
		11	-0.008	-0.011	15.362	0.167
		12	-0.004	-0.007	15.427	0.219

Fonte: Elaboração Própria.

Confirma-se que no correlograma que a Hipótese Nula (H_0) de inexistência de autocorrelação não é rejeitada, pelo que o modelo $AR(4)$ escolhido captou a dependência linear na média. Desta forma, o teste demonstra probabilidades elevadas e as funções de autocorrelação e de autocorrelação parcial, não expõem coeficientes estimados estatisticamente significativos, o que leva a que se conclua, novamente, pela existência de não correlação.

Seguidamente, o teste de BG possibilitará recolher uma conclusão semelhante, caso a H_0 de inexistência de autocorrelação também seja admitida através do resultado obtido. Na tabela 6.10 demonstra-se o resultado do teste BG para os resíduos do modelo $AR(4)$.

Tabela 6.10. – Teste de autocorrelação BG aplicado ao modelo $AR(4)$

Teste Breusch-Godfrey (BG) ao modelo AR (4)	
Estatística F	Estatística χ^2
0,005204	0,005212

Notas:

- i. Para calcular o valor do teste utilizaram-se dez desfasamentos;
- ii. ** Denota um nível de significância de 1%.

Fonte: Elaboração Própria.

Analisando os valores obtidos, sendo eles não estatisticamente significativos, divulgam a inexistência de autocorrelação. Conclui-se que o modelo $AR(4)$ utilizado mostrou-se suficiente para capturar esta particularidade dos dados. Com estes resultados, e com o conhecimento que o pressuposto da heterocedasticidade é respeitado, os dados da amostra são heterocedásticos, não sendo necessário testar novamente.

Como já referido no presente estudo, um bom modelo de volatilidade deve possuir uma boa capacidade de previsão e de demonstração dos episódios mais significativos da alteração das cotações, em especial o choque assimétrico das “boas notícias” e das “más notícias”.

Por fim, de modo a iniciar a estimação dos modelos, a opção recai sobre os modelos $ARCH$, uma vez que estes incorporam o comportamento estatístico da variância.

6.3.3. Estimação dos modelos $AR(4)$ - $GARCH(1,1)$, $AR(4)$ - $EGARCH(1,1)$ e $AR(4)$ - $TGARCH(1,1)$

De modo a iniciar a tentativa de modelação do comportamento da volatilidade das taxas diárias de rendibilidade, procedeu-se, nesta fase do trabalho, à estimação dos modelos $AR(4)$ - $GARCH(1,1)$, $AR(4)$ - $EGARCH(1,1)$ e $AR(4)$ - $TGARCH(1,1)$. Para o efeito, utilizou-se o *software EViews*. Neste estudo, não foi estimado o modelo linear $ARCH$ original, opção justificada em virtude das limitações por ele apresentadas serem, em grande medida, ultrapassadas pela especificação $GARCH$ de Bollerslev (1986). Os modelos não-lineares $EGARCH$ (Nelson, 1991) e $TARCH$ (Zakoian, 1994) serão testados.

A série encontra-se mais ajustada por modelos, $AR(4)$ - $GARCH(1,1)$, $AR(4)$ - $EGARCH(1,1)$ e $AR(4)$ - $TGARCH(1,1)$.

Foi testada a adequação de cada série aos modelos da família $GARCH$ usando-se as distribuições normais, *t-Student* e *GED (Generalized Error Distribution)*. Desta forma optou-se pela distribuição *GED* de forma a estimar o modelo pois, como anteriormente demonstrado, existe evidência de que os dados seguem uma distribuição com *fat tails*, isto é, existência de abas mais largas que a distribuição normal.

Para cada um dos modelos foram estimados os parâmetros que lhe são inerentes. Desse modo, no caso dos modelos $GARCH(1,1)$ foram calculados os parâmetros ω , α e β ; para o $EGARCH(1,1)$ e $TGARCH(1,1)$, houve necessidade de estimar adicionalmente o parâmetro γ . Seguidamente, apresenta-se na tabela 6.11 os resultados obtidos.

Tabela 6.11. – Resultados da estimação dos modelos $AR(4)$ - $GARCH(1,1)$, $AR(4)$ - $GARCH(1,1)$ e $AR(4)$ - $TGARCH(1,1)$ para as rendibilidades diárias no período de 10/01/2000 a 1/12/2014

	GARCH		EGARCH		TGARCH	
$\hat{\omega}$	8,08E ⁻⁰⁸	*	- 0,106412	**	6,42E ⁻⁰⁸	
$\hat{\alpha}_1$	0,050431	**	0,088993	**	0,022405	**
$\hat{\beta}_1$	0,948878	**	0,996322	**	0,953846	**
$\hat{\gamma}_1$	-		- 0,050762	**	0,045242	**
GED	1,326657	**	1,350074	**	1,341401	**

Notas:

- i. ** Denota um nível de significância de 1%.
- ii. * Denota um nível de significância de 5%.

Fonte: Elaboração Própria.

Através de uma análise geral à tabela 6.11 é possível extrair conclusões significantes para o estudo. Importa notar que, do ambiente genérico, a constante do $TGARCH$ é o único *outsider*, contudo, é de sublinhar a significância estatística da generalidade dos coeficientes estimados ($p > 1\%$, para a maioria dos casos), bem como do parâmetro da distribuição GED utilizada. Sendo este parâmetro de distribuição GED significativo estatisticamente, concluo que esta é apropriada para capturar o comportamento estatístico das rendibilidades diárias dos futuros.

Na análise pormenorizada ao modelo simétrico $AR(4)$ - $GARCH(1,1)$, verifica-se que todos os coeficientes obtidos revelaram-se positivos a uma significância estatística a 1 e 5%, o que igualmente denota a evidência de *clusters* na volatilidade, isto é, sucessivamente verifica-se períodos de alta volatilidade a sucederem-se a períodos de baixa.

Verificando-se agora os modelos $AR(4)$ - $EGARCH(1,1)$ e $AR(4)$ - $TGARCH(1,1)$, estes revelam a existência de assimetria na volatilidade, uma vez que $\hat{\gamma}_1$ no modelo $AR(4)$ - $EGARCH(1,1)$ apresenta um valor negativo, isto é, o efeito das más notícias é superior ao das boas e no modelo $AR(4)$ - $TGARCH(1,1)$ o efeito é positivo, contudo muito ao detetado no modelo $EGARCH$. Podemos assim concluir numa primeira fase, a existência de assimetria e, de seguida, que o seu coeficiente é negativo, logo o impacto das más notícias é superior ao das boas notícias.

Importa referir, que da análise à tabela, a adição dos coeficientes dos modelos estimados devolve valores próximos da unidade, considerando-o assim um sinal da existência de memória longa na série.

É nesta fase, necessário, verificar se os modelos acima descritos apresentam a capacidade para capturar na íntegra os efeitos *ARCH*, a heterocedasticidade condicionada, aplicando-se o teste *ARCH-LM* aos resíduos dos modelos *AR(4)-GARCH(1,1)*, *AR(4)-EGARCH(1,1)* e *AR(4)-TGARCH(1,1)*. Apresentam-se de seguida os resultados do teste bem como a análise dos correlogramas do quadrado dos resíduos.

Tabela 6.12. – Resultados do teste *ARCH-LM* aplicado aos resíduos dos modelos *AR(4)-GARCH(1,1)*, *AR(4)-EGARCH(1,1)* e *AR(4)-TGARCH(1,1)* para as rendibilidades diárias no período de 10/01/2000 a 1/12/2014

<i>Teste ARCH-LM</i>	<i>Estatística F</i>	<i>Estatística χ^2</i>
<i>AR(4)-GARCH(1,1)</i>	1,139662	11,39546
<i>AR(4)-EGARCH(1,1)</i>	1,177224	23,52906
<i>AR(4)-TGARCH(1,1)</i>	1,236543	12,36109

Notas:

- i. Para calcular o valor do teste utilizaram-se doze defasamentos;
- ii. ** Denota um nível de significância de 1%.

Fonte: Elaboração Própria.

Como se pode comprovar, de acordo com os dados obtidos no teste, a Hipótese Nula do teste *ARCH-LM* de inexistência de heterocedasticidade condicionada não é rejeitada para valores estatisticamente significativos a um nível de 1%. Com este teste conclui-se que todos os modelos utilizados apresentaram a capacidade para capturar o efeito, justificando assim a necessidade de recurso a modelos de heterocedasticidade condicionada.

À análise anterior, junta-se o correlograma do quadrado dos resíduos do *software EViews* para cada um dos modelos, onde também se verifica a rejeição da Hipótese Nula, reforçando a afirmação de inexistência de heterocedasticidade nos resíduos dos modelos em estudo.

Tabela 6.13. – Correlograma do quadrado dos resíduos do modelo $AR(4)$ - $GARCH(1,1)$ no período de 10/01/2000 a 31/12/2014.

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
		1	0.031	0.031	3.8075	0.051
		2	-0.007	-0.008	3.9966	0.136
		3	0.003	0.004	4.0375	0.257
		4	0.001	0.001	4.0408	0.401
		5	0.000	0.000	4.0412	0.543
		6	0.032	0.032	8.1530	0.227
		7	-0.012	-0.015	8.7610	0.270
		8	0.008	0.009	9.0070	0.342
		9	-0.022	-0.023	10.864	0.285
		10	0.001	0.003	10.868	0.368
		11	0.005	0.005	10.966	0.446
		12	-0.021	-0.023	12.751	0.387
		13	-0.007	-0.005	12.971	0.450
		14	0.018	0.017	14.184	0.436
		15	-0.011	-0.010	14.659	0.476
		16	-0.007	-0.007	14.854	0.535
		17	-0.002	-0.002	14.876	0.604
		18	-0.016	-0.014	15.821	0.605
		19	-0.007	-0.006	16.021	0.656
		20	0.001	0.000	16.022	0.715
		21	-0.018	-0.018	17.301	0.693
		22	0.026	0.027	20.044	0.580
		23	-0.001	-0.001	20.045	0.639
		24	-0.010	-0.009	20.404	0.674
		25	-0.013	-0.014	21.117	0.686
		26	0.007	0.008	21.301	0.726
		27	-0.020	-0.021	22.923	0.689
		28	-0.016	-0.018	23.956	0.684
		29	-0.012	-0.010	24.562	0.701
		30	-0.010	-0.011	24.969	0.727
		31	-0.012	-0.010	25.563	0.742
		32	-0.021	-0.021	27.285	0.704
		33	0.013	0.014	27.944	0.717
		34	0.007	0.006	28.125	0.750
		35	0.019	0.021	29.594	0.726
		36	-0.008	-0.012	29.853	0.755

Fonte: Elaboração Própria.

Tabela 6.14. – Correlograma do quadrado dos resíduos do modelo $AR(4)$ -EGARCH(1,1) no período de 10/01/2000 a 31/12/2014.

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
		1	0.014	0.014	0.7512	0.386
		2	-0.010	-0.011	1.1805	0.554
		3	0.001	0.001	1.1860	0.756
		4	-0.011	-0.011	1.6727	0.796
		5	-0.016	-0.016	2.7247	0.742
		6	0.000	0.001	2.7251	0.842
		7	-0.009	-0.009	3.0088	0.884
		8	-0.014	-0.013	3.7326	0.880
		9	-0.004	-0.004	3.7851	0.925
		10	-0.004	-0.004	3.8392	0.954
		11	-0.003	-0.003	3.8803	0.973
		12	0.006	0.006	4.0422	0.983
		13	0.009	0.008	4.3662	0.987
		14	-0.002	-0.002	4.3786	0.993
		15	0.005	0.005	4.4725	0.996
		16	-0.013	-0.013	5.1173	0.995
		17	0.003	0.003	5.1442	0.997
		18	0.012	0.012	5.7527	0.997
		19	0.012	0.012	6.3534	0.997
		20	0.003	0.003	6.3824	0.998
		21	-0.017	-0.017	7.5665	0.997
		22	-0.021	-0.020	9.3122	0.992
		23	-0.007	-0.006	9.4911	0.994
		24	-0.018	-0.018	10.773	0.991
		25	0.014	0.014	11.508	0.990
		26	0.018	0.017	12.830	0.985
		27	0.013	0.012	13.486	0.986
		28	0.010	0.009	13.851	0.988
		29	-0.010	-0.011	14.239	0.990
		30	-0.012	-0.011	14.768	0.991
		31	-0.019	-0.019	16.205	0.987
		32	-0.005	-0.006	16.321	0.990
		33	-0.011	-0.011	16.842	0.991
		34	-0.005	-0.004	16.940	0.994
		35	-0.017	-0.017	18.064	0.992
		36	-0.018	-0.018	19.403	0.989

Fonte: Elaboração Própria.

Tabela 6.15. – Correlograma do quadrado dos resíduos do modelo $AR(4)$ -TGARCH(1,1) no período de 10/01/2000 a 31/12/2014.

	Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
			1	0.037	0.037	5.4119	0.020
			2	-0.012	-0.014	5.9990	0.050
			3	0.001	0.002	6.0008	0.112
			4	0.002	0.001	6.0101	0.198
			5	0.001	0.001	6.0168	0.305
			6	0.026	0.026	8.6841	0.192
			7	-0.017	-0.019	9.8684	0.196
			8	0.003	0.006	9.9144	0.271
			9	-0.021	-0.022	11.720	0.230
			10	-0.002	-0.001	11.743	0.303
			11	-0.004	-0.004	11.799	0.379
			12	-0.018	-0.019	13.109	0.361
			13	-0.009	-0.007	13.453	0.413
			14	0.016	0.016	14.494	0.414
			15	-0.009	-0.010	14.845	0.463
			16	-0.010	-0.009	15.232	0.508
			17	-0.000	0.001	15.232	0.579
			18	-0.016	-0.016	16.294	0.572
			19	-0.010	-0.009	16.657	0.613
			20	-0.003	-0.004	16.703	0.672
			21	-0.018	-0.018	18.031	0.647
			22	0.025	0.026	20.415	0.557
			23	0.003	0.001	20.456	0.614
			24	-0.011	-0.010	20.902	0.645
			25	-0.013	-0.013	21.557	0.661
			26	0.006	0.007	21.712	0.704
			27	-0.020	-0.021	23.355	0.666
			28	-0.017	-0.018	24.445	0.658
			29	-0.015	-0.013	25.303	0.662
			30	-0.011	-0.012	25.800	0.685
			31	-0.011	-0.010	26.258	0.709
			32	-0.023	-0.023	28.344	0.652
			33	0.011	0.013	28.835	0.675
			34	0.005	0.004	28.945	0.714
			35	0.021	0.022	30.615	0.680
			36	-0.009	-0.013	30.919	0.709

Fonte: Elaboração Própria.

Por fim, apresenta-se, nas tabelas e figuras seguintes, a distribuição dos resíduos dos modelos utilizados, de forma a concluir o estudo no que respeita à sua distribuição para as rendibilidades sobre o petróleo.

Tabela 6.16. – Estatísticas descritivas dos resíduos dos modelos no período de 10/01/2000 a 31/12/2014.

Estatísticas Descritivas – Resíduos dos modelos			
	<i>AR(4)-GARCH(1,1)</i>	<i>AR(4)-EGARCH(1,1)</i>	<i>AR(4)-TGARCH(1,1)</i>
Média	- 0,018668	- 0,008361	- 0,013101
Desvio-padrão	1,001465	1,001249	1,001305
Assimetria	- 0,363322	- 0,360891	- 0,350564
Curtose	5,475378	5,124528	5,258963
Teste JB	1082,629**	818,9596**	910,0378**

Notas: ** Denota um nível de significância de 1%.

Fonte: Elaboração Própria.

Através da tabela 6.16. verifica-se que para os dados em análise referentes aos resíduos dos modelos, no que respeita ao valor da média, esta apresenta valores negativos e muito próximos de zero. Por sua vez, o desvio-padrão é muito próximo da unidade. É de notar que também a média dos resíduos é muito diminuta quando comparada com o desvio-padrão.

Ao obter-se um coeficiente de assimetria negativo, para todos os resíduos dos modelos, conclui-se que estes valores negativos sugerem um peso decisivo de rendibilidades negativas, isto é, o efeito de uma má notícia apresenta um maior impacto que o efeito de uma boa notícia.

Tendo por base uma análise combinada da assimetria negativa e de uma curtose superior a 3, é possível concluir que a distribuição dos resíduos dos modelos não seguem uma distribuição normal (numa distribuição normal a assimetria é zero e a curtose é igual a 3).

De forma a certificar a afirmação anterior, o valor obtido no teste à normalidade de JB rejeita-se a hipótese de normalidade (H_0), num nível de significância de 1 %. Aliado à não normalidade está o facto de se verificar, nos histogramas (ver figuras 6.5, 6.6 e 6.7), que os resíduos não seguem uma distribuição normal.

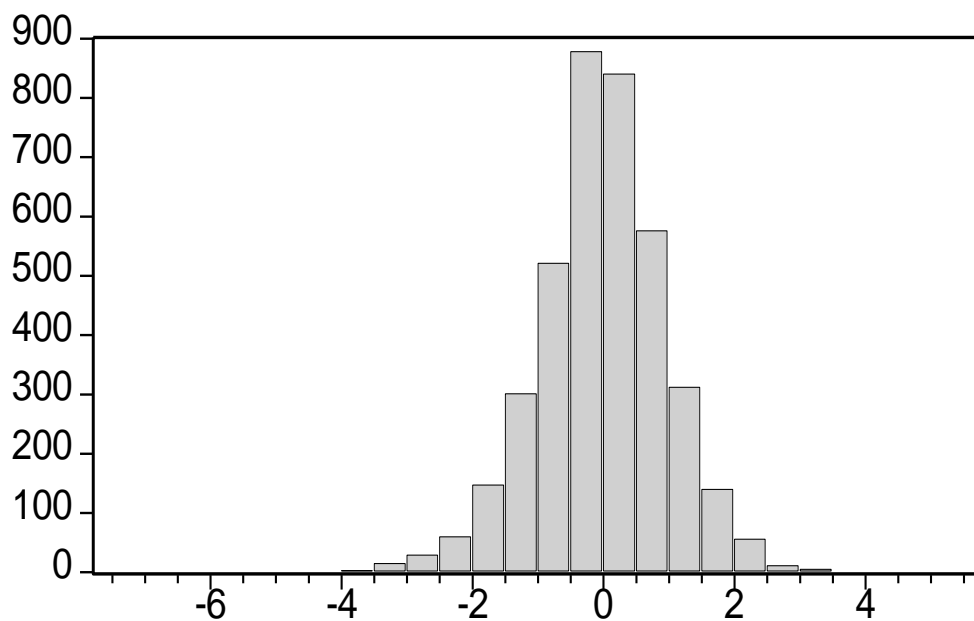


Figura 6.5. – Histograma dos resíduos do modelo $AR(4)$ - $GARCH(1,1)$ no período de 10/01/2000 a 31/12/2014.

Fonte: Elaboração Própria.

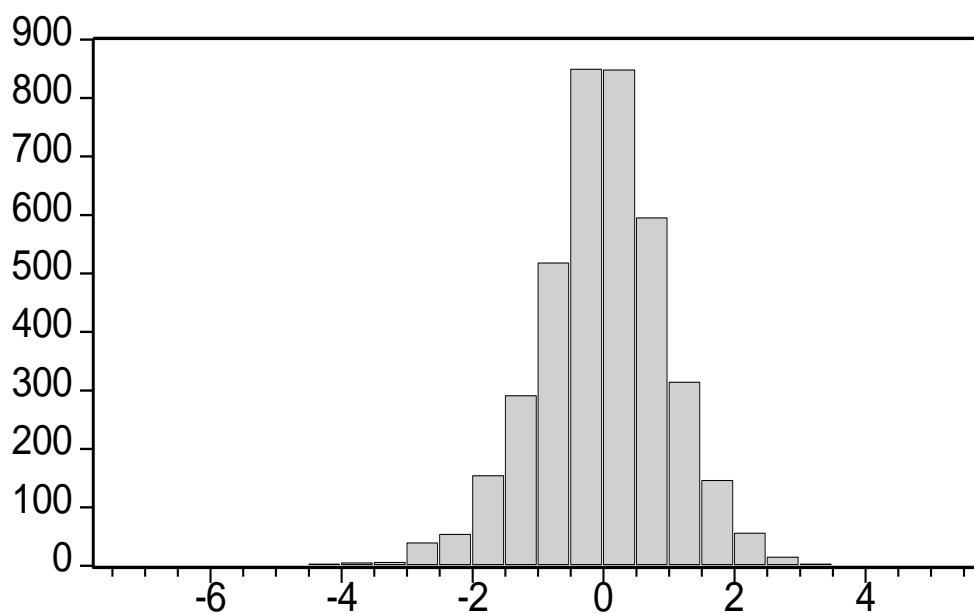


Figura 6.6. – Histograma dos resíduos do modelo $AR(4)$ - $EGARCH(1,1)$ no período de 10/01/2000 a 31/12/2014.

Fonte: Elaboração Própria.

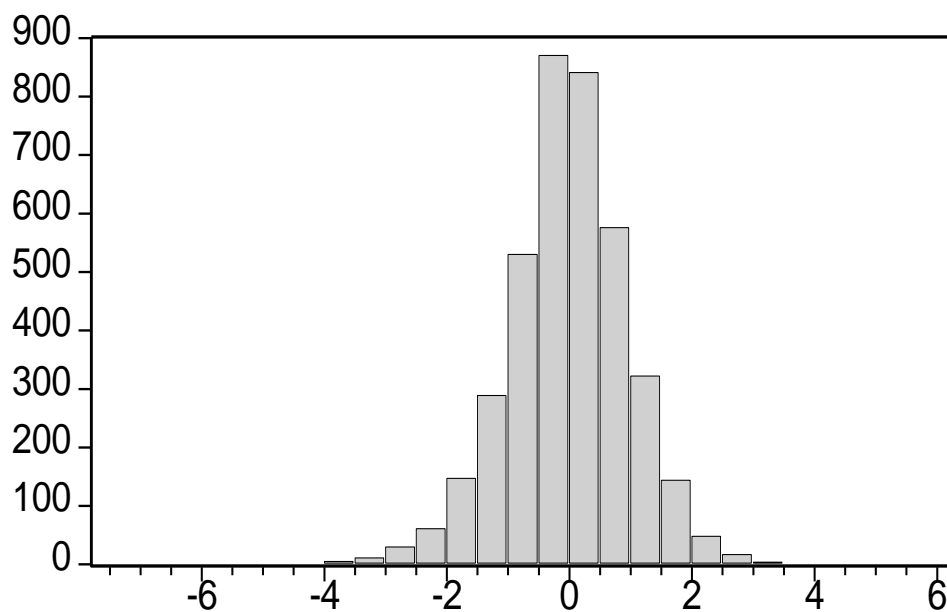


Figura 6.7. – Histograma dos resíduos do modelo $AR(4)$ - $TGARCH(1,1)$ no período de 10/01/2000 a 31/12/2014.

Fonte: Elaboração Própria.

7. Conclusões

No presente trabalho, o objetivo tinha por base o estudo da existência, ou inexistência, de assimetria na volatilidade da rendibilidade dos preços futuros sobre o petróleo bruto, num dos principais *benchmarks* para a formação de preços no mercado internacional, o *West Intermediate Texas (WTI)*, transacionado na *Chicago Mercantile Exchange (CME)*.

Para este estudo, foram recolhidas, através da plataforma *Bloomberg*, as cotações históricas de fecho diário para um período de análise que inicia a 10 de janeiro de 2000 e tem como término 31 de dezembro de 2014.

A volatilidade tem-se demonstrado uma variável fundamental em trabalhos teóricos e práticos. Igualmente, um outro fenómeno que tem despertado muita atenção, é o comportamento assimétrico na volatilidade financeira.

O seu estudo é relevante, devido à sua eventual previsibilidade na forma de melhor compreender o comportamento dos ativos que circulam nos mercados financeiros, reduzir implicações ao nível de risco/rendibilidade, reduzindo o nível de incerteza, tornando-se assim especialmente útil como técnica de apoio à decisão, para todos os agentes que, direta ou indiretamente intervêm nos mercados financeiros.

A volatilidade é geralmente entendida como uma medida de variabilidade dos preços de um ativo em relação à sua média, durante um intervalo de tempo e está normalmente associada a fatores relacionados com o desempenho das respetivas empresas e mercados. Geralmente, esta medida é calculada através da variância ou desvio padrão anualizado da variação percentual das cotações diárias, semanais, mensais ou até mesmo dos dados de alta frequência, sendo expressa sob a forma de percentagem.

Os estudos empíricos divulgados, em grande parte, procuram compreender o comportamento dos mercados financeiros em períodos de grande volatilidade, normalmente associados a fases de quebra acentuada dos preços dos ativos, embora também possam existir grandes acréscimos de volatilidade quando os mercados entram em aceleração.

A assimetria, tal como a volatilidade, tornou-se num fenómeno cada vez mais observável nos dados que envolvem séries cronológicas financeiras, uma vez que existem bases que levam a acreditar que os choques positivos e negativos sobre os preços tendem a gerar efeitos distintos, embora incertos, sobre a volatilidade, designados por “efeitos de alavanca”, isto é, o impacto de más notícias no mercado é maior do que uma boa notícia da mesma magnitude.

Considerando o papel fundamental que a assimetria pode assumir, os efeitos gerados podem ser captados por modelos econométricos capazes de tratar a heterocedasticidade condicional autorregressiva, designada pelos modelos *ARCH*, ou os mais genéricos modelos *GARCH*.

No que se refere a modelos especialmente indicados para modelar a assimetria na volatilidade, os modelos econométricos, *EGARCH* e *TGARCH* destacam-se entre os mais adequados.

Considerando a importância da investigação em causa, foi elaborado o estudo sobre a volatilidade e, em especial, pelas especificidades da assimetria, enquanto constituinte de um dos factos estilizados da volatilidade. Após uma recolha teórica sobre esta matéria, efetuou-se um estudo da assimetria na volatilidade, à rendibilidade dos preços futuros sobre o petróleo bruto, num dos principais *benchmarks* para a formação de preços no mercado internacional, o *West Intermediate Texas*.

Os dados recolhidos e a análise estatística do presente estudo referem-se a um período de análise que inicia a 10 de janeiro de 2000 e tem como término 31 de dezembro de 2014. Verificou-se a presença de períodos de elevadas oscilações e de comportamentos menos normais, comprovando que após a existência de períodos de alta volatilidade, seguem-se períodos de baixa.

A volatilidade é uma variável difícil de observar. Desta forma, é necessário estimar e prever o seu comportamento, com recurso a métodos que variam em função dos objetivos da investigação.

Inicialmente, através da análise e de representações gráficas efetuadas, os resultados encontrados permitiram concluir que a rendibilidade dos preços futuros do *WTI* apresenta evidência de assimetria, ou seja, a volatilidade apresentou respostas diferentes a choques positivos e negativos.

Verificou-se, com a análise dos histogramas e das estatísticas descritivas, que os dados recolhidos não seguem uma distribuição normal, comprovada, por via do valor obtido no teste de normalidade de *Jarque-Bera*, onde se rejeita a hipótese de normalidade nos rendimentos (hipótese nula), num nível de significância de 1 %. Aliado à não normalidade, está o facto de se verificar, no histograma, a existência de curtose (*fat tails*).

Numa segunda fase, verificou-se a estimação dos três modelos de volatilidade condicional, o *GARCH (1,1)* simétrico e os assimétricos *EGARCH (1,1)* e *TGARCH (1,1)*, iniciando-se com a verificação de alguns pressupostos que tornariam os resultados mais fiáveis. Assim foi testada a estacionariedade da série, que, através dos testes *ADF* e *KPSS* se verificou em ambos que a série é estacionária. Em relação à autocorrelação, testou-se através do

teste *Ljung-Box* e do teste *Breusch-Godfrey* e, em ambos, verifica-se a existência de autocorrelação, mas, tendo em conta que um dos pressupostos necessários é o facto de não existir autocorrelação na série, foi necessário analisar a dependência linear recorrendo ao teste *AR (p)*, de forma a analisar os resíduos para os modelos, concluindo-se que o modelo *AR (4)* utilizado mostrou-se suficiente para capturar esta particularidade nos dados. Com estes resultados, e com o conhecimento que o pressuposto da heterocedasticidade é respeitado, logo os dados da amostra são heterocedásticos, não foi necessário testar novamente. De facto, com todos os resultados obtidos e verificados os pressupostos, foi possível iniciar a análise dos modelos estatísticos estimados, *AR(4)-GARCH(1,1)*, *AR(4)-EGARCH(1,1)* e *AR(4)-TGARCH(1,1)*

Optou-se pela distribuição *Generalized Error Distribution*, de forma a estimar o modelo, pois, como anteriormente demonstrado, existem evidências de que os dados seguem uma distribuição com *fat tails*, isto é, existência de abas mais largas que a distribuição normal.

Concluída a análise da estimação dos modelos, comprovou-se que não existe heterocedasticidade. De seguida, obtendo-se um coeficiente de assimetria negativo, para todos os resíduos dos modelos, conclui-se que estes valores negativos sugerem um peso decisivo de rendibilidade negativas, isto é, um efeito de uma má notícia apresentar maior impacto que o efeito de uma boa notícia, logo, estamos perante uma exposição assimétrica.

Por último, importa salientar que as conclusões retiradas no âmbito do presente trabalho dizem unicamente respeito à amostra considerada, não sendo, por isso, generalizáveis a outros mercados ou períodos temporais.

7.1. Direções futuras de investigação

A presente dissertação abordou apenas parte de um tema vasto que permite oportunidades para diversos estudos nesta área. Em continuidade com esta linha de pesquisa, seria interessante realizar um estudo onde fossem analisadas as duas maiores referências de *benchmark* do preço do petróleo nos mercados internacionais, isto é, o *West Texas Intermediate* e o *Brent*. Esta possível análise comparativa das volatilidades das maiores referências do preço internacional do petróleo levaria à compreensão da existência ou não um efeito assimétrico no *Brent*, comercializado na Europa, na bolsa de Londres.

8. Referências bibliográficas

ANDERSEN, Torben G. – A model of return volatility and trading volume. Working Paper, Northwestern University, Evanston IL

Associação da Bolsa de Derivados do Porto – **Contratos de Futuros: Avaliação e Estratégias de Intervenção**. Porto: Associação da Bolsa de Derivados do Porto, 1999. ISBN: 972-8362-35-8.

Associação da Bolsa de Derivados do Porto – **Funcionamento dos Mercados de Futuros e Opções**. Porto: BDP – Inst. Mercado de Capitais, 1996. ISBN: 972-8362-03-X.

Autoregressive conditional heteroskedasticity [Em Linha] [Consult. 07 Outubro 2015] Disponível em: https://en.wikipedia.org/wiki/Autoregressive_conditional_heteroskedasticity

AZEVEDO, Thais, ALUBE, Fernando, SAMANEZ, Carlos, Bisso, Cláudio - Avaliação da volatilidade dos contratos futuros do petróleo e derivados antes e após a crise de 2008. Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal. ISSN. Volume 38:9 (2013) 650-656

BEKAERT, Geert e WU, Guojun – Asymmetric volatility and risk in equity markets. The Review of Financial Studies. ISSN. Volume 13:1 (2000) 1-42

BENTES, Sónia R. – **Sobre a medição da volatilidade nos mercados bolsistas internacionais: Evidência dos países do G7**. Lisboa: Edições Colibri/Instituto Politécnico de Lisboa, 2011. ISBN: 978-989-689-124-4.

BENTES, Sónia R., MENEZES, Rui e FERREIRA, Nuno B. - On the asymmetric behaviour of stock market volatility: Evidence from three countries. International Journal of Academic Research. ISSN: 2075-4124. Volume 5:4 (2013) 24-32

BENTES, Sónia R. - Forecasting volatility in gold returns under the GARCH, IGARCH and FIGARCH frameworks: New evidence. Physica A. ISSN. Volume 438 (2015) 355-364

BERA, Anil K. e HIGGINS, Matthew L. - Arch models: properties, estimation and testing. – Journal of Economic Surveys. ISSN. Volume 7:4 (1993) 305-366

Biography Robert F. Engle [Em linha] [Consult. 05 Outubro 2015] Disponível em: https://en.wikipedia.org/wiki/Robert_F._Engle#Selected_works.

BLACK, Fisher - Studies of stock price volatility changes. Business and Economics Statistics Section (1976) 177-181

BOLLERSLEV, Tim - Generalized autoregressive conditional heteroskedasticity. Journal of Econometrics. ISSN. Volume 31:3 (1986) 307-327

BOLLERSLEV, Tim, CHOU, Ray Y. e KRONER, Kenneth F. - ARCH modeling in finance: A review of the theory and empirical evidence. Journal of Econometrics. ISSN. Volume 52:1-2 (1992) 5-59

BOURI, Elie - Oil volatility shocks and the stock markets of oil-importing MENA economies: A tale from the financial crisis. Energy Economics. ISSN. Volume 51 (2015) 590-598

BP Statistical Review 2014 [Em linha] [2014] [Consult. 23 Maio 2015] Disponível em: http://www.bp.com/content/dam/bp/ppt/Energy_economics/statistical-review-2014/BP-statistical-review-of-world-energy-2014-oil-slidepack.ppt

BROOKS, Chris – **Introductory econometrics for finance**. Nova Iorque: Cambridge University Press, 2008. ISBN 978-0-511-39848-3

CAMPBELL, John Y. e HENTSCHEL, Ludger - No news is good news: An asymmetric model of changing volatility in stock returns. Journal of Financial Economics. Volume 31:3 (1992) 281-318.

CAMPOS, Anabela - Nasceu a maior bolsa do planeta: a fusão da NYSE com a Euronext [Em linha] [Consult. 24 Maio 2015] Disponível em: <http://www.publico.pt/economia/jornal/nasceu-a-maior-bolsa-do-planeta--a-fusao-da-nyse-com-a-euronext-209754>.

CHANG, Chia-Lin; MCALEER, Michael e TANSUCHAT, Roengchai - Analyzing and forecasting volatility spillovers, asymmetries and hedging in major oil markets. Energy Economics. Volume 32 (2010) 1445-1455

CARVALHO, Marcela Puppim e BHERING, Renato Jungmann - Instrumentos Derivativos Aplicados à Indústria do Petróleo. Rio de Janeiro. Projeto final de curso – Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2007. DEI-POLI/UFRJ, Engenharia de Produção.

CHRISTIE, Andrew A. - The stochastic behavior of common stock variances: Value, leverage and interest rate effects. Journal of Financial Economics. ISSN. Volume 10:4 (1982) 407-432

Curtose [Em linha] [Consult. 15 Outubro 2015] Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Curtose>.

DALY, Kevin. - Financial volatility: Issues and measuring techniques. Physica A: Statistical Mechanics and its Applications. ISSN. Volume 387-11 (2008) 2377-2393

Definition of 'Forward Commitment' [Em linha] [Consult. 08 Abril 2015] Disponível em: <http://www.investopedia.com/terms/f/forward-commitment.asp>.

DUBOFSKY, David A. – **Options and Financial Futures – Valuation and Uses**. USA. McGraw-Hill, Inc, 1992. ISBN 0-07-017887-9

ENGLE, Robert F. - Autoregressive conditional heteroscedasticity with estimates of the variance of united kingdom inflation. Econometrica. ISSN. Volume 50:4 (1982) 987-1007

Evolução da CME Group [Em linha] [Consult. 22 Março 2015] Disponível em: <http://www.cmegroup.com/pt/about/history.html>.

FAMA, Eugene F. - Efficient capital markets: A review of theory and empirical work. Journal of Finance. ISSN. Volume 25:2 (1970) 383-417

FERREIRA, Domingos – **Futuros e Outros Derivados – Ganhar (e não perder) nas Bolsas e nos Mercados OTC**. Lisboa: Edições Sílabo, 2008. ISBN: 978-972-618-488-1.

FERREIRA, Domingos – **Opções Financeiras – Gestão de Risco, Especulação e Arbitragem**. 2.^a ed. Lisboa: Edições Sílabo, 2009. ISBN: 978-972-618-519-2.

FERREIRA, Domingos – **Opções Financeiras – Gestão de Risco, Especulação e Arbitragem**. Lisboa: Edições Sílabo, 2005. ISBN: 972-618-384-7.

FIGLEWSKI, Stephen – Forecasting Volatility. New York University Stern School of Business.

FRENCH, Kenneth R., SCHWERT, G. William e STAMBAUGH, Robert F. – Expected stock returns and volatility. Journal of Financial Economics. ISSN. Volume 19 (1987) 3-29

GLOSTEN, Lawrence, JAGANNATHAN, Ravi e RUNKLE David E. - On the relation between the expected value and the volatility of the nominal excess return on stocks. The Journal of Finance. ISSN. Volume 85:5 (1993) 1779-1801

GONZALEZ-RIVERA, Gloria, MISHRA, Santosh e LEE, Tae Hwy - Jumps in rank and expected returns. Introducing varying cross-sectional risk. Journal of applied econometrics. ISSN. Volume 356 (2004) 1-29

Grau API [Em linha] [Consult. 16 Junho 2015] Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Grau_API.

GROSSMAN, Sanford J. e SHILLER, Robert J. - The determinants of the variability of stock market prices. The American Economic Review. ISSN. Volume 71:2 (1981) 222-227

História do Mercado Futuro [Em linha] [Consult. 22 Março 2015] Disponível em: <http://www.operefuturos.com.br/analise-fundamentalista/historia-do-mercado-futuro/#.VQ8CzY6sXwx>

HSU, Stephen D. H. e MURRAY, Brian - On the volatility of volatility. Physica A: Statistical Mechanics and its Applications. ISSN. Volume 380 (2007) 366-376

HULL, John C. – **Fundamentos dos Mercados Futuros e de Opções**. São Paulo: MacGraw-Hill, 2009. ISBN: 978-85-63177-00-1.

HULL, John C. – **Introduction to Futures and Options Markets**. London. 3 Ed. Prentice-Hall International, 1998. ISBN 0-13-783317-2.

Jarque – Bera test [Em Linha] [Consult. 18 Outubro 2015] Disponível em: https://en.wikipedia.org/wiki/Jarque%E2%80%93Bera_test.

KRISTOUFEK, Ladislav – Leverage effect in energy futures. Energy Economics. ISSN. Volume 45 (2014) 1-9

KWIATKOWSKI, D., PHILLIPS, Peter C. B., SCHMIDT, Peter e SHIN, Yongcheol. - Testing the null hypothesis of stationarity against the alternative of a unit root: How sure are we that economic time series have a unit root? Journal of Econometrics. ISSN. Volume 54:1-3 (1992) 158-178

LEBARON, Blake - Some relations between volatility and serial correlations in stock market returns. The Journal of Business. ISSN. Volume 65:2 (1992) 199-219

LEROY, Stephen F e PORTER, Richard D. - The present-value relation: Tests based on implied variance bounds. Econometric Society. ISSN. Volume 49:3 (1981) 555-574

MACKINNON, James G. - Numerical distribution functions for unit root and cointegration tests. Journal of Applied Econometrics. ISSN. Volume 11:6 (1996) 601-618

MACKINNON, James G. - Critical Values for Cointegration Tests. Queen's Economics Department. Volume 1227 (2010) 1-19

MALTA, Maria de Mello De – Economia Política dos Preços Internacionais do Petróleo [Em linha] [Consult. 20 Março 2015] Disponível em: <http://www.sep.org.br/artigos>.

MARSH, Terry A. e MERTON, Robert - Dividend variability and variance bounds tests for the rationality of stock market prices. The American Economic Review. ISSN. Volume 76:3 (1986) 483-498

Modelos GARCH [Em Linha] [Consult. 06 Outubro 2015] Disponível em: <http://www.portalaction.com.br/series-temporais/522-modelos-garch>.

MOOSA, Imad A. e BOLLEN, Bernard - A benchmark for measuring bias in estimated daily value at risk. International Review of Financial Analysis. ISSN. Volume 11-7 (2002) 85-100

NELSON, Daniel B. - Conditional heteroskedasticity in asset returns: a new approach. Econometrica. ISSN. Volume 59:2 (1991) 347-370

NICOLAU, Michaela e PALOMBA, Giulio - Dynamic relationships between spot and futures prices. The case of energy and gold commodities. Resources Policy. ISSN. Volume 45 (2015) 130-143

NWOGUGU, Michael - Further critique of GARCH/ARMA/VAR/EVT Stochastic-Volatility models and related approaches. Applied Mathematics and Computation. ISSN. Volume 182:2 (2006) 1735-1748

PAYANT, R. – Value at risk In GRAYLING, Sue [Ed.] - VAR **Understanding and Applying Value at Risk**. Londres: Risk Books, 1997. ISBN 978-1899332267

PEIXOTO, João Paulo – **Funcionamento das Bolsas de Derivados**. Lisboa: MacGraw-Hill, 1999. ISBN: 972-773-024-8.

PEIXOTO, João Paulo – **Futuros e Opções**. Lisboa: MacGraw-Hill, 1999. ISBN: 972-9241-74-0.

PINHO, Carlos, et al. – **Risco Financeiro – Medida e Gestão**. Lisboa: Edições Sílabo, Lda.: 2011. ISBN 978-972-618-658-8.

PIRES, Cesaltina Pacheco – **Mercados e Investimentos Financeiros**. Lisboa: Escolar Editora, 2006. ISBN: 972-592-195-X.

POTERBA, James M. e SUMMERS, Lawrence H. - The persistence of volatility and stock market fluctuations. The American Economic Review. ISSN. Volume 76:5 (1986) 1142-1151

ROSA, Paulo Monteiro - Por detrás das cotações do Petróleo. *WTI* de Nova Iorque e Brent de Londres [Em linha] [Consult. 16 Junho 2015] Disponível em: <http://www.associacaodeinvestidores.com/index.php/artigos-e-teses/63-artigos/188-por-detras-das-cotacoes-do-petroleo-WTI-de-nova-iorque-e-brent-de-londres>.

SAID, E Said e DICKEY, David A. - Testing for Unit Roots in Autoregressive-Moving Average Models of Unknown Order. Biometrika. ISSN. Volume 71:3 (1984) 599-607

SCHWERT, G. William - Why does stock market volatility change over time? Journal of Finance. ISSN. Volume 44:5 (1989) 1115-1153

SCIENCE PennState - ARCH/GARCH Models [Em linha] [Consult. 07 Outubro 2015] Disponível em: <https://onlinecourses.science.psu.edu/stat510/node/78>.

SHILLER, Robert J. - The use of volatility measures in assessing Market efficiency. Journal of Finance. ISSN. Volume 36:2 (1981) 291-304

SILVA, Eduardo Sá; MOTA, Carlos; QUEIRÓS, Mário; PEREIRA, Adalmiro - **Finanças e Gestão de Riscos Internacionais**. Porto: Vida Económica - Editorial, S.A., 2013. ISBN 978-972-788-730-9.

Tapis crude [Em linha] [Consult. 09 Outubro 2015] Disponível em: https://en.wikipedia.org/wiki/Tapis_crude

TOBIN, J.; GRAMM, W.; SATO, M.; TIMBERS, S.; MILLER, M.; SHILLER, R. e ROLL, R. - Volatility in U.S. and a Japanese stock markets. Journal of Applied Corporate Finance. ISSN. Volume 5:1 (1992) 4-35

VILDER, Robin G. e VISSER, Marcel P. - Proxies for daily volatility. Paris School of Economics. ISSN. Volume 11 (2007) 1-27

Why Investors use Futures [Em linha] [Consult. 15 Junho 2015] Disponível em: <http://www.bolsadelisboa.com.pt/centro-de-aprendizagem/futuros/why-investors-use-futures%20-%2015/6/15>

YEOMANS, Matthew – **Petróleo – Guia conciso para o produto mais importante do mundo**. Lisboa: Dom Quixote, 2006. ISBN: 972-20-3090-6.

ZAKOIAN, Jean-Michel - Threshold heteroskedastic models. Journal of Economic Dynamics and Control. ISSN. Volume 18:5 (1994) 931-955