

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



ISCAL

ESTUDO SOBRE A MEMÓRIA LONGA
NA VOLATILIDADE DOS PREÇOS DO
OURO: UMA ABORDAGEM COM BASE
NOS MODELOS DE TIPO *ARCH*

Carlos Alberto Lopes Ramos

Lisboa, Mês de Dezembro 2014

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

ESTUDO SOBRE A MEMÓRIA LONGA
NA VOLATILIDADE DOS PREÇOS DO
OURO: UMA ABORDAGEM COM BASE
NOS MODELOS DE TIPO *ARCH*

Carlos Alberto Lopes Ramos

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 Margarida Ricardo Bentes, docente na área de Mercados Financeiros.

Constituição do Júri:

Presidente _____ Doutor Joaquim Martins Ferrão

Vogal _____ Doutor Carlos Pinheiro

Vogal _____ Doutora Sónia Bentes

Lisboa, Mês Dezembro de 2014

*À minha esposa,
à minha filha,
à minha família,
e a todos os que acreditaram em mim.*

Agradecimentos

Agradecer torna-se imperativo mas nem sempre fácil, pois envolve o risco de nos esquecermos de alguém cujo contributo possa ter sido essencial para o desenvolvimento de determinado trabalho.

Ainda assim, e mesmo correndo o risco de poder ter esquecido de mencionar o nome de alguém, não poderia deixar de agradecer às seguintes pessoas que, mais ou menos activamente, prestaram uma ajuda imprescindível para a conclusão desta investigação:

- À minha orientadora, Professora Doutora Sónia Ricardo Bentes, por um lado, pela atenção, disponibilidade e apoio prestados e, por outro, pelo optimismo e confiança desde sempre transmitidos;

- À minha família, por me ouvirem e darem incentivos incondicionais e por compreenderem a ausência decorrente da realização desta dissertação.

Obrigado a todos!

Resumo

O presente trabalho de investigação apresentado nesta dissertação tem como objectivo o cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Contabilidade e Análise Financeira.

Este trabalho irá abordar a temática da memória longa dos preços do ouro no mercado internacional do ouro face à instabilidade financeira que se tem vivido nos últimos tempos.

Como é do conhecimento geral, o ouro é considerado como sendo a maior reserva de valor de um país, normalmente com alguma volatilidade. As divisas que se encontram em circulação só apresentam valor comercial enquanto o país tiver a sua reserva de valor em ouro, caso contrário haverá uma inflação nas reservas de valor o que poderá originar uma “banca rota”, perdendo assim a importância e o valor dessa divisa utilizada como moeda de troca. Tal situação leva-nos a especular que «[o] mercado do ouro integra o grupo dos mercados de risco, já que as suas cotações variam segundo a lei da oferta e da procura.» Silva, Mota, Queirós, Pereira (2013: 116).

O ouro é considerado como um metal muito valioso e importante para a economia de um país, na medida em que o mesmo está ligado directamente à crise financeira que estamos a ultrapassar neste momento. Esta importância despertou interesse para desenvolver esta investigação por forma a analisar as flutuações do mercado do ouro face à crise financeira e testar a memória longa nos mercados financeiros relativamente às cotações do preço do ouro.

Ao aplicar os modelos de volatilidade condicionada – que são imprescindíveis para analisar se existe ou não o efeito de memória longa nos mercados, constatou-se que o modelo que melhor traduz a existência de memória longa, para o caso que nos propusemos estudar foi o Modelo *FIGARCH*.

Palavras Chave: Memória Longa, Mercado Internacional do Ouro, Volatilidade, Crise Financeira.

Abstract

The research work presented in this dissertation aims to fulfill the requirements for the degree of Master of Accounting and Financial Analysis.

This research will address the issue of long memory in gold prices in the international gold market during the financial turmoil that has happened in recent times.

As we all know, gold is considered to be the largest store of value of a country, usually with some volatility. The currencies that are outstanding only have commercial value if the country has its store of value in gold, otherwise there will be inflation in the value of reserves which could lead to "bankruptcy", thus losing the importance and value of that currency used as a bargaining chip. This situation leads us to speculate that «[g]old market is part of the group risk markets, since their prices vary according to the law of supply and demand.» Silva, Mota, Queirós, Pereira (2013: 116).

Gold is considered very valuable and important to the economy of a country, in that it is connected directly to the financial crisis metal that we are trying to pass. This importance has attracted interest to develop this research in order to analyze the fluctuations of the gold market due to the financial crisis and test long memory in financial markets regarding gold price quotations.

By applying the conditional volatility models - which are essential to analyze the effect, if there is one, of long memory in the markets, it was found that the model that best reflects the existence of long memory in the case we proposed to study was the Model *FIGARCH*.

Keywords: Long Memory, International Gold Market, Volatility, Financial Crisis

Índice Geral

Índice de Figuras	x
Índice de Tabelas	xii
Lista de abreviaturas	xiii
Capítulo I – Introdução	1
1. Âmbito do estudo e relevância do tópico de investigação	1
2. Objectivos da dissertação e questões de investigação	2
3. Metodologia	3
4. Estrutura da dissertação	3
Capítulo II – Revisão da literatura	5
1. Introdução	5
2. Conceito de volatilidade	5
2.1. Classificação da volatilidade quanto ao seu tipo	7
3. O ouro: conceitos gerais e princípios básicos	11
3.1. O padrão-ouro	12
3.2. O ouro como investimento	15
3.3. O mercado do ouro em Portugal	18
4. Volatilidade do preço do ouro	19
5. Principais razões para a volatilidade do preço do ouro	21
5.1 Oferta e procura de ouro	22
5.2 As reservas de ouro	23
5.3 Influências macroeconómicas	26
5.4 Taxa de inflação	27
5.5 Evolução do dólar	30
5.6 Taxas de juro	32
5.7 Variação do preço do ouro em relação valor de outros activos	33
6. Evolução do preço do ouro	36
6.1. Evolução da cotação do ouro versus cotação do dólar	37
6.2. Evolução do preço do ouro face aos ciclos económicos	38
Capítulo III – Modelação da memória longa na volatilidade	40
1. Introdução	40
2. Memória longa	41
3. Modelação da volatilidade condicionada	42

3.1. Modelo <i>ARCH</i>	44
3.2. Modelo <i>GARCH</i>	47
3.3. Modelo <i>IGARCH</i>	50
3.4. Modelo <i>FIGARCH</i>	52
Capítulo IV – Memória Longa da Volatilidade do metal ouro com abordagem <i>FIGARCH</i>	54
1. Introdução	54
2. Estudo da volatilidade condicionada dos metais preciosos com abordagem <i>FIGARCH</i>	54
2.1 Críticas ao modelo <i>GARCH</i>	59
2.2 Importância do estudo de dependência de longo prazo	60
Capítulo V – Análise empírica	62
1. Introdução	62
2. Apresentação do estudo	62
2.1. Metodologia adotada.....	63
2.2. Descrição da amostra.....	63
2.3. Aplicação dos modelos de volatilidade.....	67
2.4. Resultado da aplicação dos modelos de volatilidade	69
2.5. Comentário dos resultados dos modelos de volatilidade.....	75
2.6. Conclusão dos resultados do estudo	77
Capítulo VI – Conclusão	79
Referências Bibliográficas	81
Anexos	85
Anexo 1 – Ranking dos países com maiores reservas de ouro mundiais	86

Índice de Figuras

Figura 1.1 Cotação do ouro nos últimos anos(US\$ por onça).	2
Figura 2.1 Níveis de volatilidade	6
Figura 2.2. Processo do ponto de saída de ouro	13
Figura 2.3. Processo do ponto de entrada de ouro	13
Figura 2.4. Ouro em barra	17
Figura 2.5. Volatilidade do preço do ouro entre Jan/91 e Jan/11	19
Figura 2.6 Evolução do ouro	20
Figura 2.7 Ranking de reservas de ouro mundiais	24
Figura 2.8 Evolução das reservas de ouro	25
Figura 2.9 Evolução das reservas de ouro em toneladas	26
Figura 2.10 O ouro e a inflação	27
Figura 2.11 Tendência de preço do ouro (G) e o índice de preços ao consumidor (P) no Japão e EUA	29
Figura 2.12 Evolução da cotação do dólar – cotação máxima	30
Figura 2.13 Evolução da cotação do dólar – cotação mínima	31
Figura 2.14 Evolução da cotação do dólar – cotação final 1º quadrimestre 2014	32
Figura 2.15 Correlação do ouro vs outras classes de activos	33
Figura 2.16 Evolução dos activos entre 1994 e 2012	34
Figura 2.17 Volatilidade do ouro e dos títulos de tesouro dos EUA face a outras moedas	35
Figura 2.18 Volatilidade do ouro e dos títulos de tesouro dos EUA	35
Figura 2.19 Evolução do preço do ouro face ao dólar	37
Figura 2.20 Cotação diária do ouro entre 1 de Janeiro de 1971 e 31 de Julho de 2002	39
Figura 3.1 Processo com Homocedasticidade	43
Figura 3.2 Processo com Heteroscedasticidade	44
Figura 3.3 Metais preciosos e cobertura de risco	50
Figura 4.1 O preço do ouro e a sua volatilidade de retorno	56

Figura 4.2 O preço do cobre e a sua volatilidade de retorno	57
Figura 4.3 O preço da platina e a sua volatilidade de retorno	58
Figura 4.4 O preço da prata e a sua volatilidade de retorno	59
Figura 5.1 Evolução dos preços do ouro	64
Figura 5.2 Evolução das rendibilidades do ouro	66
Figura 5.3 Histograma das rendibilidades do ouro	69

Índice de Tabelas

Tabela 2.1 Sentimentos apresentados pelos mercados	10
Tabela 5.1 Análise preliminar das rendibilidades do ouro	67
Tabela 5.2 Estimativa modelo <i>GARCH</i>	71
Tabela 5.3 Estimativa modelo <i>IGARCH</i>	73
Tabela 5.4 Estimativa modelo <i>FIGARCH</i>	75
Tabela 5.5 Estimativa <i>GARCH</i> (1,1), <i>IGARCH</i> (1,1) e <i>FIGARCH</i> (1,d,1)	76

Lista de abreviaturas

ADF – Augmented Dickey e Fuller

AIC – Akaike Information Criterion

ARCH – Autoregressive Conditional Heteroscedasticity

ARCH-LM – Lagrange Multiplier Autoregressive Conditional Heteroscedasticity

BG – Breusch-Godfrey

BRIC – Brasil, Rússia, Índia e China

CDI – Certificados de Depósito Interbancário

ETF – Exchange Traded Fund

EUA – Estados Unidos da América

FIGARCH – Fractional Integrated Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedastic

FMI – Fundo Monetário Internacional

GARCH – Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedastic

GED – Distribuição de Erros Generalizada

IBOV – IBOVESPA

IGARCH – Integrated Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedastic

IPC – Índice de Preços do Consumidor

ISCAL – Instituto Superior de Contabilidade e Administração de Lisboa

J-B – Jarque-Bera

KPSS – Kwiatkowski, Phillips, Schmidt e Shin

LL – Log-Verossimilhança

PIB – Produto Interno Bruto

Q(10) – *Ljung-Box*

SIC – Schwarz Information Criterion

VE – Volatilidade estatística

VI – Volatilidade implícita

VIX – Índice de Aversão ao Risco

WGC – World Gold Council

Capítulo I – Introdução

1. Âmbito do estudo e relevância do tópico de investigação

No âmbito do Mestrado em Contabilidade e Análise Financeira do Instituto Superior de Contabilidade e Administração de Lisboa (ISCAL), foi solicitada a elaboração de uma dissertação para cumprimento dos requisitos necessários à candidatura ao grau de Mestre em Contabilidade e Análise Financeira.

Com a actual conjuntura económica, cada vez mais a atenção dos principais detentores de capital e possíveis investidores de, ou num país, está virada para os mercados financeiros e sua evolução, uma vez que estes traduzem a confiança em cada um dos países, confiança esta que se encontra bastante abalada devido ao elevado grau de dívida pública de cada país, tal como referem Reinhart e Rogoff (2010: 4): «*[e]ven in countries that have not experienced a major financial crisis, debt rose an average of about 20 percent in real terms between 2007 and 2009*».

Assim, somos constantemente postos ao corrente da situação de um país através do desempenho da sua situação económica perante os mercados financeiros mundiais; por outro lado, muito se tem escrito sobre o valor do dinheiro e, no caso concreto em estudo, sobre a constante subida do preço do ouro nos mercados financeiros, quer a nível europeu, quer a nível mundial.

Apenas a título de introdução do tema que será abordado ao longo deste trabalho, apresentamos um breve resumo, através da Figura 1.1 sobre as cotações do preço do ouro desde meados de 1997 até meados de 2012 e onde se referenciam, em cada subida de preços abrupta, qual a principal razão que motivou essa subida, podendo no entanto existir outras razões que contribuam para tal aumento.



Figura 1.1 Cotação do ouro nos últimos anos (US\$ por onça).

Fonte: D'Agosto (2012). [em linha] <http://www.valor.com.br/valor-investe/o-consultor-financeiro/2789990/sem-juro-alto-ouro-chama-atencao> - consultado a 10-07-2014 às 11:25

A volatilidade do preço do ouro é outro dos pontos que merece uma atenção especial na medida em que cada vez mais, devido à grave situação económica e financeira que muitos países enfrentam, as suas reservas de ouro vão diminuindo.

O tópico de investigação escolhido pareceu bastante pertinente uma vez que são poucos os estudos conhecidos até à data que relacionem a memória longa dos preços do ouro face à crise financeira que se tem vivido nos últimos 4 a 5 anos.

Considerou-se ainda ser do interesse geral dos investidores neste tipo de activo, perceber também até que ponto os preços do ouro são voláteis em situação de crise e quais as melhores opções de investimento que se aconselham neste tipo de contexto.

2. Objectivos da dissertação e questões de investigação

Este trabalho visa dar a conhecer ao público interessado nesta matéria, algumas características na negociação de alguns activos nos mercados financeiros internacionais, mais concretamente no mercado internacional do ouro.

A questão principal a investigar passará não só por perceber como funciona o mercado internacional do ouro, como também avaliar de que forma a variação do ouro influencia ou

não a economia de um país. Pretende-se ainda demonstrar se existe ou não o efeito de memória longa nos mercados internacionais relativamente ao ouro.

3. Metodologia

Para o desenvolvimento desta investigação e respectiva sustentação, a par da revisão da literatura disponível procedeu-se a um trabalho de pesquisa sobre a memória longa nos preços do ouro, recorrendo-se ao estudo da modelação da volatilidade condicionada, nomeadamente os modelos auto-regressivos de heteroscedasticidade condicionada.

Através da base de dados *Datastream* foi seleccionada uma amostra com as cotações de fecho diárias do preço do ouro, cotações essas que foram trabalhadas e analisadas após aplicação dos modelos *Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedastic (GARCH)*, *Integrated Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedastic (IGARCH)* e *Fractional Integrated Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedastic (FIGARCH)* para se poder apurar qual destes modelos será o mais adequado para medir a volatilidade no mercado a longo prazo.

4. Estrutura da dissertação

Para uma melhor exposição do tema que irá ser desenvolvido, o mesmo apresenta-se estruturado da seguinte forma:

- Capítulo I – define o âmbito do estudo e a relevância do tópico de investigação escolhido; apresenta ainda o principal objectivo da dissertação bem como a metodologia que será utilizada para o desenvolvimento da mesma;
- Capítulo II – inicia-se com uma abordagem teórica sobre as definições genéricas apresentadas para os vários tipos de volatilidade e uma revisão da literatura com apresentação do ouro enquanto activo.
Apresentam-se ainda algumas curiosidades sobre este activo com a apresentação do ouro enquanto activo volátil e as razões para a existência de tal volatilidade; ainda neste capítulo será apresentada a evolução da cotação do ouro nos mercados internacionais.
- Capítulo III – apresentação do conceito de modelação da memória longa na volatilidade, com explicação dos vários modelos que podem ser aplicados para o estudo da memória longa, modelos esses que servirão de base ao estudo empírico que será apresentado no Capítulo V deste mesmo trabalho.

- Capítulo IV – apresenta um estudo sobre o ouro no que respeita à aplicação dos modelos de volatilidade condicionada, nomeadamente no que diz respeito ao desenvolvimento e aplicação do modelo *FIGARCH*.
- Capítulo V – apresenta a metodologia aplicada no estudo empírico realizado, bem como a aplicabilidade prática no mercado do ouro através dos modelos *GARCH*, *IGARCH* e *FIGARCH*.
- Capítulo VI – apresenta uma síntese da dissertação elaborada, bem como as conclusões que da mesma se retiram.

Capítulo II – Revisão da literatura

1. Introdução

Neste capítulo apresentar-se-ão as definições dos principais conceitos que, de forma mais detalhada, irão surgir com o decorrer desta investigação.

Primeiramente, procurou definir-se o principal objecto de estudo desta investigação, nomeadamente os principais conceitos e tipos de volatilidade bem como tentar perceber um pouco sobre a história do ouro, para tentar assim perceber as inúmeras opções de investimento que são apresentadas aos investidores neste tipo de activo.

Por último, serão apresentados alguns estudos sobre a evolução das cotações do ouro nos mercados internacionais bem como a sua relação com a evolução ou queda da cotação do dólar.

2. Conceito de volatilidade

Várias são as opiniões dos mais conceituados autores de renome na área dos mercados financeiros por isso, e de acordo com Bentes (2011), o conceito de volatilidade é utilizado para designar o nível de variação de uma determinada variável ao longo de um determinado período de tempo ou num determinado período de tempo. Desta forma, quanto maior for a variação, maior será a volatilidade associada.

Ainda de acordo com Bentes (2011), Kendall foi o primeiro investigador a desenvolver um estudo acerca da volatilidade, tendo o mesmo concluído que a volatilidade se baseia no real movimento aleatório de uma determinada variável. Mais tarde, esta mesma teoria viria a ser reforçada por outros investigadores de renome tais como Shiller, Porteba e Summers e Marsh e Merton.

Bentes (2011: 33 - 34), afirma ainda que

[o] papel da informação na definição de volatilidade não é de todo recente, tendo já anteriormente sido referido por Ross (1989), que a definiu precisamente como resultado do fluxo informativo entre vários intervenientes.

Todavia, um dos principais problemas que se colocam quando aborda este tema resulta do facto de a volatilidade não ser uma variável observável directamente na natureza.

Enveredando agora pela componente financeira, Araújo (2010: 7) diz-nos que

[a] volatilidade constitui uma medida de dispersão dos preços de um activo em relação à sua média e durante um intervalo de tempo. A volatilidade é uma variável que não é explicitamente observável, pelo que, deverá ser calculada como o desvio-padrão instantâneo dos rendimentos do activo. Ela mede a variabilidade dos rendimentos de um activo durante um dado período e é normalmente usada para quantificar o risco de deter esse activo durante esse período.

Como já se deu a entender, através de afirmações anteriores existem mais do que um nível de volatilidade. Tais níveis podem ser observados na Figura 2.1 a seguir apresentada.

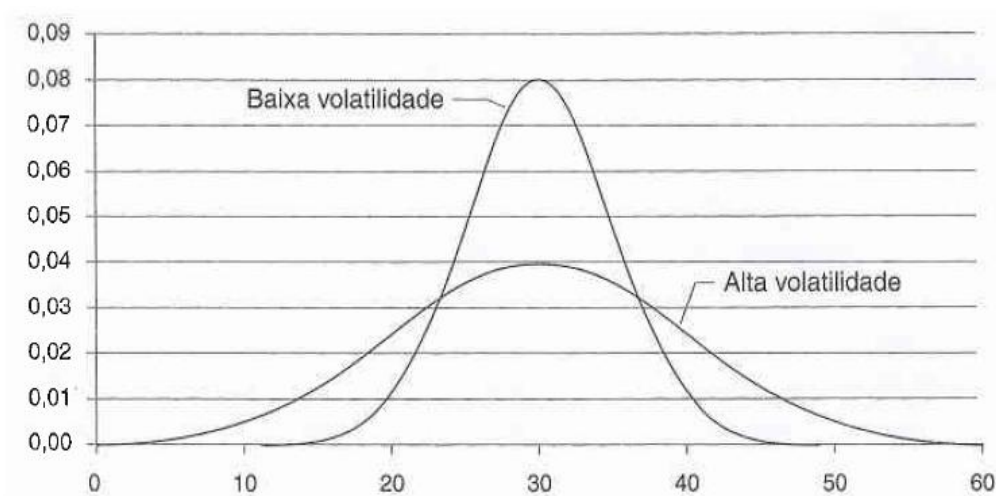


Figura 2.1 Níveis de volatilidade

Fonte: Ferreira (2009: 352)

Sempre que um activo apresenta uma maior intensidade na movimentação do seu preço, tal conduz a volatilidade alta; caso se verifique uma menor intensidade na movimentação dos preços obtém-se uma volatilidade mais baixa.

A volatilidade é assim uma medida calculada através de uma medida de dispersão estatística denominada por desvio-padrão, a qual se apresenta de acordo com a fórmula 2.1, a seguir indicada:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (X - \bar{X})^2}{n-1}} \quad (2.1)$$

onde,

- σ representa o desvio-padrão;
- X_t representa o logaritmo do quociente entre duas cotações sucessivas $\ln(P_t/P_{t-1})$;
- \bar{X} representa a média aritmética de X_t ; e
- n , representa o número de observações.

É ainda de salientar que a base de calendário normalmente utilizada para o cálculo da volatilidade anual será $\sigma\sqrt{360}$ no caso de ser uma base de calendário diário (ano comercial); para o ano civil obtém-se $\sigma\sqrt{365}$ e, para o real virá $\sigma\sqrt{366}$ ou $\sigma\sqrt{365}$ conforme se trate dum ano bissexto ou um ano não-bissexto.

2.1. Classificação da volatilidade quanto ao seu tipo

Segundo Silveira (2008), e não desprezando quaisquer outras definições de volatilidade já anteriormente apresentadas e defendidas por outros autores, a volatilidade é uma medida de dispersão que deve ser devidamente medida e estimada e não observada, podendo a mesma ser apresentada de várias maneiras com o objectivo de transmitir ao investidor dados essenciais e coerentes para a sua tomada de posição.

As formas de estudo e apresentação dos resultados de volatilidade mais utilizados apresentam-se através das seguintes formas:

- Volatilidade histórica ou estatística;
- Volatilidade implícita;
- Volatilidade previsional ou futura.

2.1.1. Volatilidade histórica ou estatística

Uma das medidas de volatilidade mais conhecidas, podendo mesmo dizer-se que talvez seja a mais conhecida é designada por volatilidade histórica, que utiliza como base dados valores de períodos anteriores aos que se pretende calcular a respectiva volatilidade; é assim considerada histórica ou estatística, por tratar dados referentes a períodos passados.

A fórmula de cálculo desta medida é traduzida como se segue em 2.2:

$$\ln\left(\frac{P_t}{P_{t-1}}\right) = \ln(P_t) - \ln(P_{t-1}) \quad (2.2)$$

onde,

- ✓ $\ln(P_t)$ corresponde à cotação no momento t ;
- ✓ $\ln(P_{t-1})$ corresponde à cotação no momento $t-1$.

Para este cálculo, utiliza-se o desvio-padrão de variação dos logaritmos. Esta medida poderá ainda ser utilizada como termo de comparação entre resultados de outros modelos que utilizem também como base de cálculo um método idêntico, ou seja, o mesmo período cronológico, para assim se poder ter uma base de comparação credível, sendo que os resultados obtidos são apresentados sob a forma de percentagem. Quanto maior for a volatilidade maior será a incerteza.

Embora este método de cálculo da volatilidade seja mais fácil, a volatilidade histórica é conhecida como sendo uma medida pouco exacta para se tornar como base de estimativa da volatilidade futura dado que, por vezes, o valor obtido apresenta uma diferença face ao valor actual de mercado, diferença essa que nos pode ser dada através da volatilidade implícita no preço, conforme defende Ferreira (2009).

Ferreira (2009: 35) diz-nos que, «[a]lguns autores preferem apenas a designação de volatilidade estatística, uma vez que, os elementos e os [charts] da volatilidade contêm informação histórica, quer para volatilidade estatística (VE) quer para a volatilidade implícita (VI)».

Ainda neste método poderão surgir algumas dúvidas acerca do tratamento dos dados. Uma vez que os dados a utilizar são passados, torna-se necessário e imperativo entender quais os mais relevantes: se os dados passados já há um longo período de tempo, ou se os dados passados referentes a períodos mais recentes.

De certa forma, numa análise menos técnica, à partida pode assumir-se que os dados mais recentes serão mais relevantes que os dados já ocorridos há mais tempo, pelo que neste caso é necessário recorrer a uma técnica designada por introdução de ponderações nos cálculos a realizar, dando assim uma maior importância aos dados mais recentes.

Designando as ponderações como sendo w_1, w_2, \dots, w_n , assim como $\sum w_t = 1$, teremos a volatilidade histórica ou estatística ponderada calculada com base na fórmula 2.3:

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \times \sum_t (nw_t X_t - \bar{X})^2} \quad (2.3)$$

em que, n é o número de observações utilizadas para o cálculo das ponderações, utilizando uma base de progressão geométrica.

A título de resumo deste conceito de volatilidade histórica ponderada, o que se deverá reter essencialmente é que esta medida de cálculo da volatilidade apenas trata dados históricos, sendo os mesmos utilizados para o cálculo de possíveis estimativas futuras, uma vez que este apenas nos indica a evolução histórica da volatilidade em função de um certo activo financeiro, razão pela qual Ferreira (2009) afirma que esta medida pode ser considerada pouco exacta até mesmo para estimar o valor da volatilidade futura ou previsional, de tal forma que há mesmo outros autores que defendem que tal medida deveria ser denominada apenas como volatilidade estatística e não como histórica tendo em conta que tanto para a volatilidade estatística como para a implícita são utilizados dados históricos para aplicação da sua fórmula de cálculo.

2.1.2. Volatilidade implícita

A VI é uma medida utilizada apenas para o tratamento de informação relacionada com contratos de opções, considerando como *input* o preço das opções, transmitindo assim um resultado muito útil e muito aproximado acerca da opinião do mercado num determinado momento e sobre determinado activo subjacente, podendo ainda existir a possibilidade de se efectuarem comparações com preços das opções em diferentes maturidades desse mesmo activo analisado, dando ao seu investidor a informação sobre quando será o melhor momento para vender ou comprar, sendo a volatilidade o *output* gerado. Tal como Ferreira (2009) nos indica, este método é normalmente utilizado para definir uma estratégia de opção de compra ou venda e não uma estratégia de cobertura de risco.

Para possibilitar o desenrolar deste método, teremos de recorrer ao modelo de *Black-Sholes*, um dos modelos mais utilizados no mercado financeiro para medir a VI de um activo. Este modelo (*Black-Sholes*) é calculado em ordem à variável representante da volatilidade, passando o prémio da opção a ser considerado como uma variável explicativa.

Este cálculo, tal como já referido, dá-nos uma aproximação muito útil quando se pretende adquirir conhecimento acerca do que o mercado pensa exactamente num determinado

momento sobre o activo subjacente ou, quando se deseja comparar os preços das opções para preços de exercício diferentes e para diferentes maturidades desses mesmos activos subjacentes.

Ainda segundo Ferreira (2009), habitualmente utiliza-se o preço das opções no fecho para este cálculo no entanto, o mais rigoroso e adequado será a utilização de um valor médio dos preços *bid* e *ask* correspondentes a $\frac{\text{bid}+\text{ask}}{2}$.

Ferreira (2009: 376), afirma ainda que «[e]xiste uma forte correlação entre o preço das opções e o nível da volatilidade implícita, pelo que, se a VI sobe, também sobe o preço da acção, ou o contrário».

O nível de VI é assim avaliado com base no seu índice, índice este que nos traduz o sentimento e o nível de confiança que os mercados têm num certo activo. Assim são vários os sentimentos que os mercados nos podem transmitir, sentimentos estes que se enquadram de acordo com determinado nível de VI pelo que, para facilitar a sua compreensão, se apresentam os mesmos na Tabela 2.1:

Tabela 2.1 – Sentimentos apresentados pelos mercados

Níveis de VI	Sentimentos no mercado
05-10	Não existe ansiedade; satisfação extrema
10-15	Alguma ansiedade, mas muito pouca; grande satisfação ainda
15-20	Pouca ansiedade; satisfação moderada
20-25	Ansiedade moderada; pouca satisfação
25-30	Ansiedade moderada mas em crescimento
30-35	Ansiedade elevada
35-40	Ansiedade muito elevada
40-45	Ansiedade extrema
45-50	Início de pânico
50-55	Pânico moderado
55-60	Pânico instalado
60-65	Pânico intenso
+65	Pânico extremo

Fonte: Adaptado de: Ferreira (2009:389)

Assim, e a título de análise sumária da Tabela 2.1, um índice de VI baixo indica-nos uma maior estabilidade e maior confiança dos investidores; já níveis de VI elevados conduzem-nos a uma maior instabilidade e a um maior receio dos mercados em relação à amostra em causa.

Para finalizar este conceito, é de salientar que o mesmo é utilizado com um objectivo mais comercial, uma vez que é através dele que um investidor poderá chegar a uma estimativa futura mais rigorosa sobre a volatilidade dos mercados, podendo assim antecipar as oscilações dos mesmos e chegar mais rapidamente a uma decisão acerca do investimento a realizar em função da compra ou venda de opções.

2.1.3. Volatilidade previsional ou futura

No caso da volatilidade previsional ou futura, que se conheça à data de realização deste trabalho, ainda não é possível estimar com fiabilidade a volatilidade do preço de activos subjacentes no futuro.

Presentemente, a melhor forma de calcular a volatilidade previsional ou futura é utilizar valores de volatilidade passada e de volatilidade presente, tentando prever eventuais cenários para o futuro.

Apesar de, conforme anteriormente mencionado, não ser possível prever tal volatilidade com fiabilidade, vários são os autores que defendem que se possam utilizar variantes dos modelos *ARCH/GARCH* para o efeito, modelos estes que serão explicados no Capítulo III deste trabalho.

3. O ouro: conceitos gerais e princípios básicos

O ouro, é considerado um metal pouco comum, precioso e que, no seu estado físico, pode ser apresentado em cor amarela, branca ou vermelha.

Segundo Wang, Lee, Thi (2005), tal metal pode ser apresentado sob várias formas, de entre as mais comuns em barra, sob a forma de peças de joalharia e até mesmo sob a forma de componente tecnológico.

Uma vez que a história do ouro nos remete para a antiguidade, conforme o referido pela *World Gold Council* (WGC) ¹, quando deixou de se efectuar a troca em géneros e se passou a efectuar a troca em moedas, surgiram assim as primeiras moedas em ouro em território que agora pertence à Turquia, por volta de 550 antes de cristo, utilizadas como forma de pagamento.

¹ Organização de desenvolvimento de mercado para a indústria do ouro (www.gold.org).

Desde então, e até aos dias de hoje, manteve-se em vigor no sistema monetário por nós conhecido, a utilização de notas e moedas.

De acordo com o defendido por Parisi, Parisi e Díaz (2008: 477-478) «*[h]istorically, gold has been considered a “frontier-less currency,” that may be traded at any time, virtually under all circumstances. Gold proved to be the most effective way to collect cash during the stock exchange crash in 1987, and once again in 1997 and 1998 during the Asian crisis.*».

3.1. O padrão-ouro

O ouro, como já anteriormente foi referido, é considerado um metal precioso e por isso foi utilizado durante muito tempo como padrão de equilíbrio da economia financeira monetária, ou seja, o mesmo era dado como garantia aquando de transacções financeiras em períodos de instabilidade financeira e económica num país.

Quando se utilizou o sistema internacional do padrão-ouro, as principais economias mundiais tiveram um crescimento muito rápido. Tal período, de acordo com Berg (2004) situou-se entre 1880 e 1914. Ainda com base em Berg (2004: 498)

[t]he world economy had never grown as rapidly as it did during the gold standard period, and technological progress was equally unprecedented. [...] [T]he world also became much more global. It is, of course, impossible to say with complete certainty that the gold standard helped to cause this unprecedented economic growth. It could also have been the case that good economic conditions allowed the gold standard to operate successfully.

Outros autores, tal como Medeiros (1994: 105), afirmam que

[o] sistema padrão-ouro foi implantado no séc. XIX na maior parte dos grandes países que se dedicavam ao comércio internacional e vigorou até à Guerra Mundial (1914). Filiado doutrinariamente na Tese do livre-cambismo, o sistema tem subjacente a ideia do desenvolvimento rápido do comércio.

Como podemos verificar nas Figuras 2.2 e 2.3 a seguir apresentadas, a entrada ou saída de ouro altera-se conforme a variação da procura e oferta de divisas.

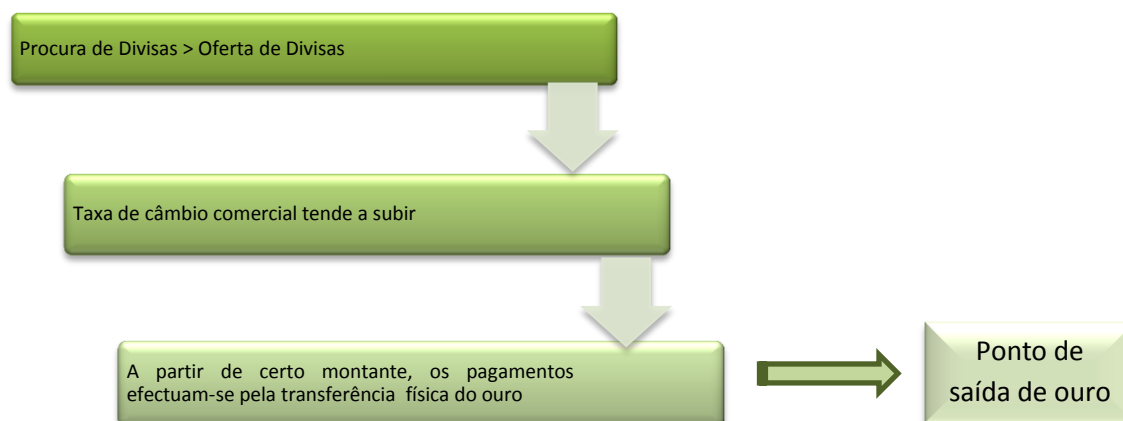


Figura 2.2. Processo do ponto de saída de ouro

Fonte: Adaptado de Medeiros (1994: 105)

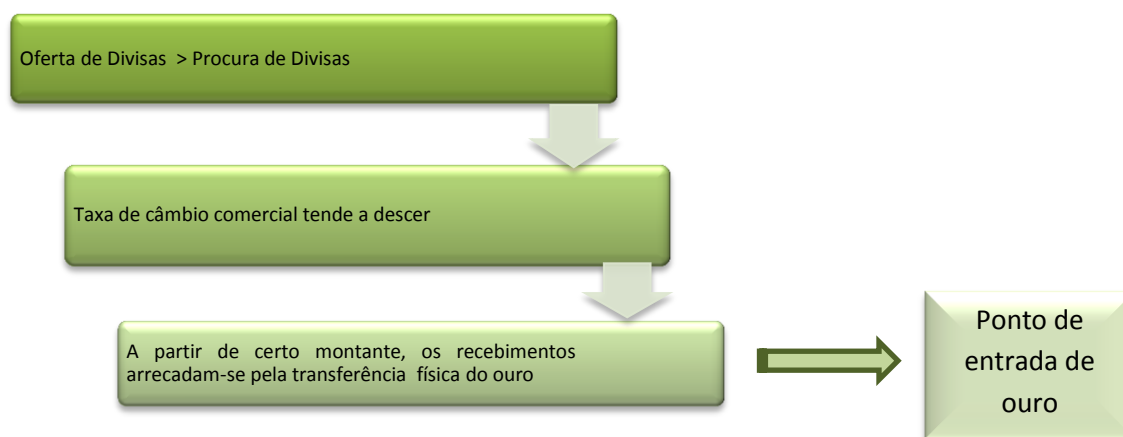


Figura 2.3. Processo do ponto de entrada de ouro

Fonte: Adaptado de Medeiros (1994: 105).

Sempre que a procura de divisas for superior à oferta das mesmas, a taxa de câmbio tende a subir pelo que algumas operações são realizadas através da transferência física de ouro, originando assim uma saída do mesmo – Figura 2.2, em situação inversa, sempre que a oferta de divisas é superior à procura das mesmas, a taxa de câmbio tenderá a descer pelo que poderão arrecadar-se transferências de ouro no seu estado físico, originando assim uma entrada do mesmo – Figura 2.3.

Neste contexto, Medeiros (2000: 598) diz-nos que «[o] valor das moedas passa a estar ligado a certa quantidade de ouro, e permite-se a conversão, à paridade, da moeda em ouro», assim

como Medeiros (2003: 741) afirma ainda que «[a] conversão faz-se em função da quantidade de ouro que define cada uma das diversas divisas». Poderá haver uma troca de moeda por ouro, sendo a moeda definida por um certo peso do ouro, e sendo o mesmo considerado sempre um ponto de referência para a valorização da moeda.

Já no que respeita ao defendido por Levinson (2005), o padrão-ouro, é utilizado como uma espécie de base de riqueza de um país onde, quanto maior for a sua reserva de ouro, mais poderosa é a sua economia e mais forte se torna a sua credibilidade nos mercados cambiais, tornando assim as suas taxas de câmbio mais estáveis, uma vez que a qualquer momento se poderia trocar a divisa (moeda por ouro e vice-versa), tendo sempre o mesmo valor.

Contudo, e ainda de acordo com Levinson (2005), o padrão-ouro deixou de ser utilizado após a Primeira Grande Guerra Mundial, devido a revelar-se um método instável e complicado de gerir, embora inicialmente fosse previsto que o mesmo fosse autocorrector. Esta instabilidade devia-se ao facto de por vezes haver mais moeda em circulação do que a que deveria haver num determinado país, obrigando assim o banco central a intervir com uma redução da massa monetária aquando da troca de moeda do ouro realizada pelos estrangeiros, por forma a tentar equilibrar a economia desse país, evitando assim que a mesma entrasse em recessão devido ao facto do ouro estar a diminuir naquele país.

Nem sempre as opiniões são concordantes pois apesar de já anteriormente autores defenderem que o sistema padrão-ouro ter tido sucesso, para autores como Guillochon (1993: 217), «[o] padrão-ouro é um sistema monetário ideal analisado pelos autores clássicos. Com efeito, nunca funcionou completamente. Baseia-se na utilização do ouro como moeda, ao nível interno e externo, e na fixação dos câmbios».

Opiniões à parte, o ouro era assim considerado um investimento estável, tendo em conta que o mesmo assegurava a estabilidade da balança de pagamentos.

O investimento em ouro era uma forma de cada investidor garantir o seu rendimento, mesmo que se achessem períodos de instabilidade financeira, uma vez que o seu preço inicial era muito estável, podendo até mesmo apresentar um valor acrescentado, elevando assim o montante que cada investidor detinha, mesmo sem alterar a quantidade física detida.

3.2. O ouro como investimento

Quando se fala em ouro como uma opção de investimento, geralmente recorre-se ao mercado de mercadorias de bens transaccionáveis, comumente conhecido como mercado de *commodities* para se saber o seu valor no mercado a determinada data.

O investimento em *commodities* viu crescer a sua importância, segundo Batten, Ciner e Lucey (2010), desde que a variação dos seus preços começou a ter impacto tanto a nível da produção de bens como a nível de investimento com vista ao futuro, nomeadamente feito pelos governos e pelas grandes empresas mundiais, entre outros.

O ouro, sendo considerado uma *commodity*, é transaccionável no mercado à vista² (*spotmarket*) e o seu preço é determinado com base na lei da oferta e da procura no mercado em que se insere, conforme defendem Silva [et. al.] (2013).

De acordo com Mamon, Erlwein e Gopaluni (2008), os preços das *commodities* são determinantes importantes e com grande significado económico, bem como indicadores significativos do crescimento e da actividade económica de um país. Assim, a modelagem e análise de dinâmica dos preços das *commodities* são uma preocupação central para os investidores e, em geral, para a comunidade de pesquisa financeira e económica.

Em linguagem financeira pode dizer-se que o ouro é assim um activo bastante atractivo quando se está em período de crise, tal como o que se tem atravessado nos últimos 4 a 5 anos, no entanto, nos dias de hoje já não apresenta a mesma valorização de há algumas décadas atrás. A par disto, Baur e McDermott (2010) fornecem evidências de que o ouro é ao mesmo tempo uma cobertura e um refúgio seguro para os principais mercados de acções europeus e dos Estados Unidos da América (EUA), mas não para a Austrália, Canadá, Japão e grandes mercados emergentes como os países do BRIC³. Outros autores como Hillier, Draper e Faff (2006) observam que o maior benefício dos metais preciosos é a sua capacidade para protecção de condições de mercado adversas, porque os metais preciosos têm melhor desempenho durante os períodos de grande volatilidade.

Arouri, Hammoudehc, Lahianid e Nguyen (2012) investigaram a potencial de mudança estrutural e memória de longo prazo em propriedades, retornos e volatilidade dos quatro principais metais preciosos negociados nos Mercados COMEX⁴ e mostraram evidências de

² O mercado à vista é aquele onde a entrega de divisas é imediata (Silva [et. al.]: 2013).

³ Países que se destacam no cenário mundial como sendo países em desenvolvimento, tais como o Brasil, Rússia, Índia e China.

⁴ Principal mercado de comércio dos metais ouro, prata, platina, paládio e alumínio.

que a volatilidade condicional de metais preciosos é melhor explicada pela memória longa do que por quebras estruturais, mas sobre estas questões encontraremos mais explicações no Capítulo III deste trabalho.

Ao apresentar uma maior volatilidade, este metal precioso perde também algum valor face aos seus investidores, na medida em que aumenta o risco do seu investimento. Assim, quando se escolhe o ouro como fonte de investimento deve ter-se em conta que o rendimento daí obtido apenas se consegue com o aproveitamento da flutuação dos preços, tendo-se tornado assim o ouro num activo de especulação. Além disso, conforme estudaram Hammoudeh, Malik e McAleer (2011), não só o ouro se verifica um importante metal precioso para investimento como também destacaram ainda a importância de outros metais preciosos na gestão de riscos.

Quanto à forma que pode ser escolhida de como investir em ouro, actualmente existem inúmeras. Desta forma, consideraram-se como sendo as mais comuns e as mais utilizadas pela generalidade dos investidores as seguintes:

- ✚ Barras de ouro
- ✚ Certificados de ouro
- ✚ Contrato de futuros
- ✚ Contrato *forward*
- ✚ Fundos de acções
- ✚ *Exchange Traded Fund* (ETF)

A aquisição de barras de ouro é um investimento que pode ser feito junto de instituições bancárias, lojas de artigos de joalheria, entre outras. O ouro no seu estado físico, pode ser adquirido sob a forma de barras – ver Figura 2.4 – ou lingotes, sendo que o peso de cada barra ou lingote poderá variar consoante o valor disponível para investir.



Figura 2.4. Ouro em barra

Fonte: Ourinveste [em linha] <http://www.ourinvestentrecampos.com/galeria.html> - consultado 04-05-2014 às 10:46)

O preço internacional do ouro é fixado no mercado de Londres e em dólares por onça (sendo que uma onça equivale a 31,1 gramas de ouro) mas pode ser acompanhado através do Banco de Portugal. Em Portugal, o preço do ouro é expresso em euros por grama.

Já no que diz respeito ao investimento em certificados de ouro, o mesmo pode ser feito através de instituições financeiras. Ao escolher este tipo de investimento, a instituição financeira disponibiliza ao potencial investidor um conjunto de informações, nomeadamente a data de emissão e data de maturidade do certificado, o valor de reembolso e a moeda em que o mesmo será feito, o preço de referência na maturidade, se tem algum nível de risco associado e o mercado onde se realizam as operações afectas a tal investimento.

Poder-se-á ainda investir em ouro através do recurso a instrumentos derivados, nomeadamente a contratos de futuros, que assentam num contrato de compra ou venda, numa data futura, e onde a rentabilidade depende das oscilações de preço durante a vigência do contrato, podendo acarretar perdas parciais, ou no limite totais, do capital investido.

Outra das formas de investimento anteriormente mencionadas será o recurso a contratos de *forward*, que são idênticos aos contratos de futuros, mas onde a compra (ou a venda) tem uma data e preço pré-estabelecidos. Trata-se de um instrumento de gestão do risco, acautelando, por exemplo, a descida de preço, mas que apenas pode ser transaccionado entre as partes, ao contrário dos contratos de futuros, onde se pode ceder a posição a terceiros.

O investimento em ouro através do recurso a fundos de acções é outra das formas de investir em ouro também muito utilizadas e é efectuado através da compra de acções de empresas ligadas ao sector mineiro, não existindo assim um investimento directo em ouro mas sim na empresa que explora a extracção e comercialização do mesmo. As rentabilidades associadas a

este tipo de investimento estão assim associadas a diversos factores e não apenas à variação da cotação do ouro.

Por último, de entre as inúmeras formas de investir em ouro e das quais apenas seleccionámos as seis acima mencionadas, poder-se-á recorrer ainda à compra de ETF onde o investidor está a comprar ouro em estado físico, dado que cada título de ETF tem o valor aproximado de 10% de uma onça de ouro.

Os ETF são fundos de investimento de negociação em bolsa e a sua grande maioria incide sobre índices de acções no entanto, é também possível que incidam sobre obrigações, matérias-primas e taxas de câmbio.

3.3. O mercado do ouro em Portugal

Como já foi anteriormente mencionado, o nível de riqueza de um país é muitas das vezes visto pelo nível de reservas de ouro que o mesmo possui. Longe vão os tempos em que nos cofres do Banco de Portugal eram guardadas enormes quantidades de reservas de ouro, reservas estas adquiridas ainda durante o tempo de governação de Oliveira Salazar.

Durante os últimos anos, nomeadamente na última década, Portugal vendeu grande parte dessas reservas no entanto, apenas pôde vender dentro dos limites acordados entre os Bancos Centrais, sendo que ainda possui neste momento cerca de 382,5 toneladas de ouro, equivalendo as mesmas, segundo Silva [et. al.] (2013) a cerca de 16.300 milhões de euros.

Ainda assim, mesmo após as sucessivas vendas das reservas de ouro por parte do estado português, em Agosto de 2012, data da última publicação conseguida sobre esta matéria por parte da WGC, Portugal ainda se mantinha no 14º lugar do ranking dos países com maior nível de reservas de ouro, ranking este que era liderado pelos EUA – ver Anexo I.

O estado português não é o único a ter de vender parte das suas reservas em ouro para fazer face aos muitos compromissos assumidos. Com o agravar da crise financeira que se sentiu nos últimos 4 a 5 anos, o mercado da compra e venda de ouro cresceu em Portugal nomeadamente no que respeita aos artigos em ouro vendidos por parte da população em geral às diversas entidades com interesse em tal metal, nomeadamente nas casas de penhores, casas de compra de artigos em ouro e até mesmo em joalharias, na tentativa de realizarem algum dinheiro para fazerem face às dificuldades com que se foram deparando. Esta situação fez com que em cada cidade, ou até mesmo vila, se multiplicasse a existência de casas de compra de ouro, casas estas onde os cidadãos em geral teriam maior facilidade em verem trocados os

seus bens em ouro por dinheiro, troca esta que, embora nem sempre justa lhes proporcionava o acesso fácil a dinheiro.

4. Volatilidade do preço do ouro

Tal como já foi abordado anteriormente, a volatilidade é uma medida de dispersão e como tal é utilizada para determinar o nível de variação de uma determinada variável, no caso concreto deste trabalho o ouro, ao longo de um período de tempo, sendo de salientar que quanto maior for a variação, maior será a volatilidade associada à variável.

Como se pode verificar na Figura 2.5, abaixo apresentada, num intervalo de tempo de 20 anos, o ouro apresentou um nível de volatilidade cada vez mais elevado, o que proporciona algum desconforto para os investidores deste ramo, uma vez que quanto maior for a variação do preço do ouro, maior a volatilidade do mesmo e maior se torna o risco de investimento no mesmo.



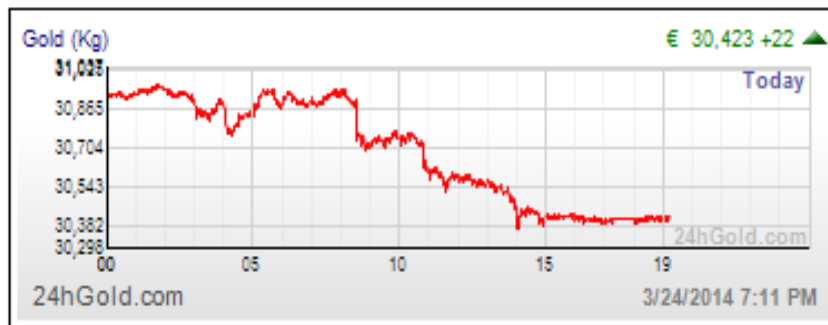
Figura 2.5. Volatilidade do preço do ouro entre Jan/91 e Jan/11

Fonte: Pinto (2011) [em linha] <http://oinsurgente.org/2011/08/25/do-ouro-3/> (consultado no dia 24-03-2014 às 23:11)

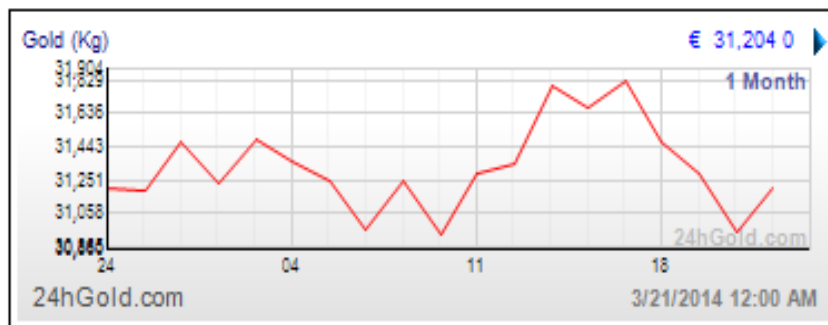
Como se pode comprovar através da Figura 2.6 a seguir apresentada, é visível que na mesma são apresentados vários gráficos onde a cotação do ouro apresenta uma elevada volatilidade, quer diária, quer mensal, quer até mesmo anual, respectivamente.

Esta variação no preço do ouro surge devido ao seu valor estar dependente do valor da moeda, isto é, quando o valor da moeda baixa, o valor do ouro irá aumentar concluindo-se assim que o valor do ouro e da moeda apresentam uma variação inversa entre eles.

Cotação do Ouro (hoje):



Evolução do Ouro nos últimos 30 dias:



Evolução do Ouro no último ano:

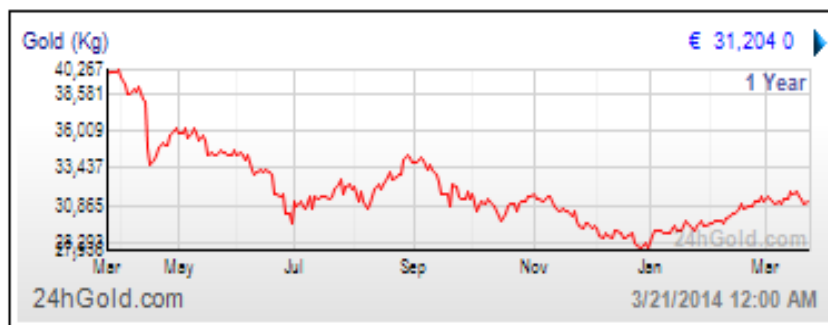


Figura 2.6 Evolução do ouro

Fonte: Ouros.com.pt (2014) [em linha] <http://www.ouros.com.pt/cotacao-do-ouro/> (consultado no dia 24-03-2014 às 23:37)

Embora se verifiquem descidas na cotação do ouro, o que é importante reter é que as subidas são sempre mais significativas do que as descidas, conforme demonstram os gráficos anteriores. Autores como Cai, Cheung e Wong (2001) afirmam ainda que os metais preciosos, são dos activos mais sensíveis às notícias nos mercados financeiros, com a excepção do ouro que, como já foi dito em diversos pontos deste trabalho representa um investimento seguro mesmo que um país esteja em crise.

5. Principais razões para a volatilidade do preço do ouro

Muitas poderão ser as razões apontadas por diversos autores para a maior volatilidade do ouro. Desta forma, vários são os autores que apresentam diversas teorias para a elevada volatilidade do ouro nas últimas décadas: Sjaastad e Scacciavillani (1996) constataram que as constantes variações das taxas de câmbio das principais moedas após o colapso do acordo de *Bretton-Woods* foram a principal razão para a instabilidade que se tem vivido no mercado mundial do ouro entre 1982 e 1990; já Batten [et. al.] (2010) afirmam que a volatilidade dos metais preciosos, nomeadamente do ouro, prata, platina e cobre, é sensível a factores macroeconómicos mas com diferentes níveis de volatilidade entre si; segundo Arouri [et. al.] (2012), o ouro é altamente sensível à taxa de câmbio e à inflação – como será abordado no ponto 5 deste mesmo capítulo – implicando assim que é considerado por muitos a melhor protecção durante períodos de inflação, vendo assim os investidores garantido o seu investimento.

Segundo Araújo (2013), McCown e Zimmerman estudaram, entre outras, as características do ouro sob a perspectiva de activo financeiro, tendo concluído que o mesmo se comportava como um activo sem risco de mercado; adicionalmente concluíram ainda que o ouro é um activo útil quando utilizado num portfólio de investimento.

Ainda de acordo com Araújo (2013), há autores que concordam com McCown e Zimmerman defendendo que o investimento em ouro está também isento de risco e incumprimento pois tem sempre um valor de mercado garantido, quer seja este maior ou menor. Não se deve no entanto deixar de ter em conta que os estudos apresentados pelos autores anteriormente mencionados já têm alguns anos, não representando completamente a situação vivida por este activo financeiro nos mercados internacionais actuais.

Actualmente, segundo Silva [et. al.] (2013) o mercado do ouro está inserido no grupo de mercados de risco, uma vez que o seu preço apresenta uma elevada variação, conforme a lei da

oferta e da procura deste activo. No entanto, não deixa de continuar a ser um activo visto como um bom investimento, pois ainda segundo Silva [et. al.] (2013:117),

constitui uma aplicação de médio/longo prazo destinada a tornar seguro o capital face aos riscos de perda de valor das divisas e dos ativos financeiros, bem como um eventual meio de pagamento em caso de crise monetária muito grave. Tem, por isso, beneficiado com a crise económica internacional.

Araújo (2013), refere que alguns dos pontos considerados como mais importantes que influenciam a volatilidade do ouro podem ser:

- Oferta e procura de ouro;
- As reservas de ouro;
- Influências macroeconómicas;
- Taxa de inflação;
- Evolução do dólar;
- Taxas de juro;
- Variação do valor de outros activos.

5.1 Oferta e procura de ouro

Podemos dizer que a oferta e a procura se traduzem em dois factores que afectam de uma forma bastante significativa tanto o preço do ouro como o preço de outros activos, na medida em que caso a procura diminua o preço desse activo irá descer, no entanto quando a procura aumenta e a oferta se mantém ou até mesmo diminui, o preço irá subir porque a oferta não acompanha a evolução da procura, tornando assim o activo com a designação de escasso e por isso mais valioso.

Tal como já referido, o ouro, assim como tantos outros activos, apresentam uma variação do seu preço conforme a evolução da sua procura e oferta; sendo o mesmo um metal precioso, este apresenta um elevado nível de procura, procura essa que poderá mesmo ultrapassar a oferta existente, originando assim a possibilidade do mesmo valorizar cada vez mais devido à sua procura ser superior à oferta, no entanto, também se poderá verificar a situação inversa, uma vez que a procura e a oferta variam conforme a evolução económica e financeira mundial.

É ainda de salientar que a variação da procura e da oferta também pode ser influenciada por factores políticos, na medida em que a instabilidade política poderá desencadear guerras que

por sua vez poderão causar uma instabilidade económica devido à diminuição da extracção/produção do ouro, como se pode verificar por exemplo nos países do Médio Oriente, havendo assim uma diminuição da oferta e um possível aumento da procura, valorizando o preço do ouro. Por sua vez, a instabilidade política também poderá originar uma falta de confiança nos mercados, originando uma maior precaução dos investidores ou mesmo o não investimento nesse mercado e nesse activo.

5.2 As reservas de ouro

Tal como já abordado anteriormente neste trabalho, e com base na obra de Medeiros (1994: 217),

[o] regime padrão divisas-ouro teve, até ao seu termo, o ouro como denominador comum, pela via do dólar dos E.U.A., consubstanciado no peso e no título, em vigor desde 1 de Julho de 1944. O ouro apareceu como reserva de valor e meio de pagamento final das dívidas das nações.

Outra das razões que poderá justificar a flutuação do preço do ouro está relacionada com as reservas de ouro existentes. Segundo informações da WGC, as maiores reservas de ouro encontram-se no banco central dos Estados Unidos, no banco central da Alemanha e no Fundo Monetário Internacional (FMI), conforme Figura 2.7. Adicionalmente, pode ser consultado no Anexo I apresentado no final deste trabalho, o ranking com os 100 países detentores das maiores reservas de ouro mundiais, no qual Portugal se apresenta em 14º lugar, conforme já anteriormente referenciado. Pode referir-se a título de curiosidade que se estima existirem aproximadamente 171 mil toneladas de ouro no mundo inteiro.

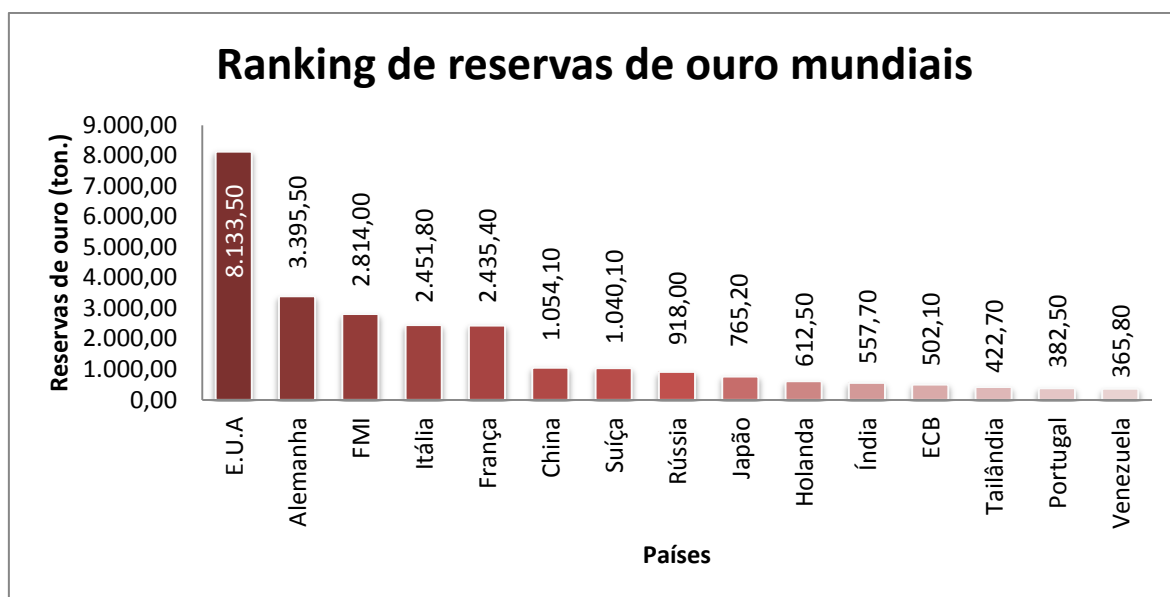


Figura 2.7 Ranking de reservas de ouro mundiais

Fonte: Elaboração própria

Segundo Silva [et. al.] (2013: 118),

[a]s reservas de ouro do Banco de Portugal são 382,5 toneladas, valendo, em Setembro de 2012, 16 300 milhões de euros, equivalente a cerca de 7,5% da dívida pública portuguesa. O ouro ganhou, entre 2006 e 2010, mais de 100% face ao dólar dos EUA e mais de 85% face ao euro. Atingiu o valor mais alto de sempre – USD 1913,50 – em 23 de agosto de 2011.

Nas Figuras 2.8 e 2.9 abaixo apresentadas, podemos verificar a variação das reservas de ouro tanto a nível percentual como a nível quantitativo, respectivamente.

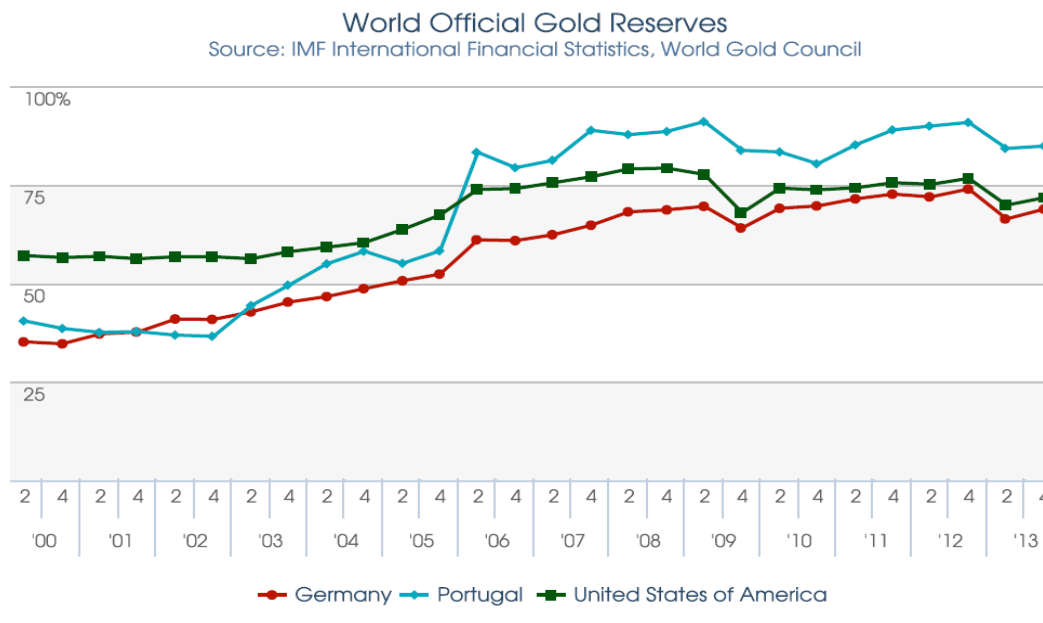


Figura 2.8 Evolução das reservas de ouro.

Fonte: GOLD.ORG (1) [em linha] <http://www.gold.org/reserve-asset-management/statistics> (consultado em 02-04-2014 às 22:12).

Conforme pode ser observado na Figura 2.8, as reservas de ouro dos países aí apresentados aumentaram significativamente, em especial no caso de Portugal, aproximadamente no período de 2003 a 2008 no entanto, apesar de tal aumento, dos três, Portugal foi o país que apresentou uma evolução mais inconstante ao longo dos 13 anos representados.

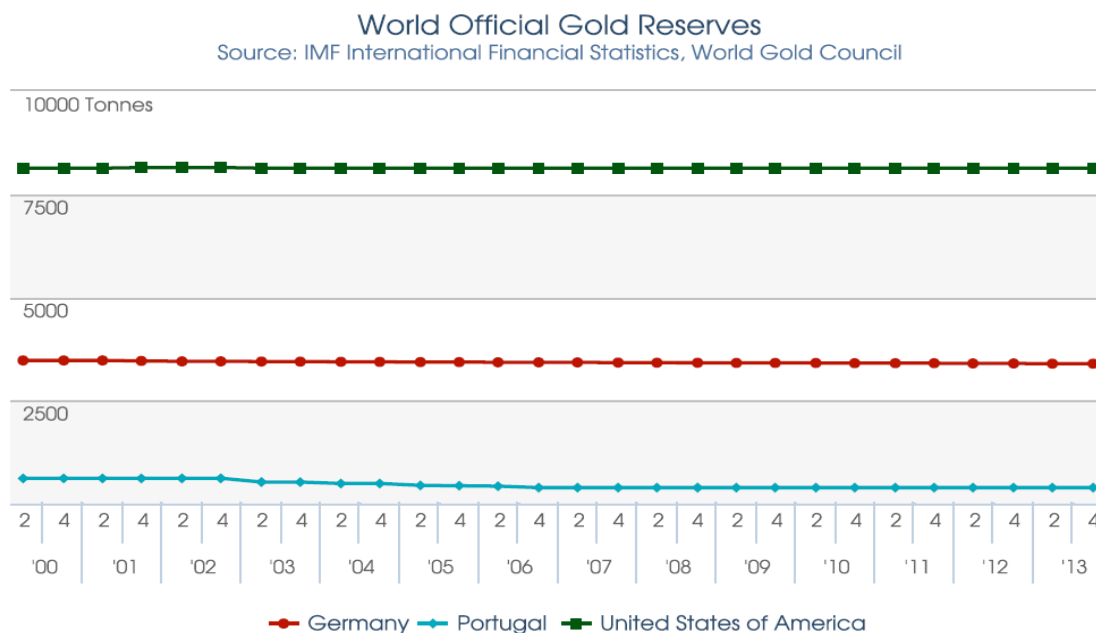


Figura 2.9 Evolução das reservas de ouro em toneladas.

Fonte: GOLD.ORG (2) [em linha] <http://www.gold.org/reserve-asset-management/statistics> (consultado em 02-04-2014 às 22:20).

Já no que diz respeito às reservas de ouro em toneladas – Figura 2.9 – verifica-se que, contrariamente à representação percentual em que Portugal era o país com maior crescimento, é possível constatar que em termos físicos, as reservas de ouro portuguesas decresceram, ao contrário da Alemanha e EUA que quase não sofreram alterações.

De acordo com Krugman, Obstfeld e Melitz (2012: 516),

each country fixes the price of its currency in terms of gold by standing ready to trade domestic currency for gold whenever necessary to defend the official price. Because there are N currencies and N prices of gold in terms of those currencies, no single country occupies a privileged position within the system: each is responsible for pegging its currency's price in terms of the official international reserve asset, gold.

5.3 Influências macroeconómicas

Quando se fala em influência macroeconómica relativamente a um activo, está a indicar-se que o preço desse activo, que no caso em estudo é o ouro, poderá sofrer uma variação no seu preço em função da variação também do preço das matérias-primas e dos recursos utilizados para produzir/gerar esse mesmo activo. Por exemplo, se o processo de produção do ouro for inflacionado pelo valor das matérias-primas utilizadas para a produção do mesmo, este por sua

vez irá aumentar ou diminuir o seu preço conforme a variação do valor da matéria-prima. No entanto, Araújo (2013), com base noutros autores, defende que o impacto macroeconómico no preço das matérias-primas, pode apresentar uma influência a curto prazo, dependendo também da posição do ciclo económico, podendo o mesmo ser afectado positivamente em períodos de recessão económica.

A economia de cada país condiciona também o preço do ouro e o nível de circulação do mesmo nesse mesmo país. Os indicadores mais utilizados para se perceber o estado da economia de um país são assim o Produto Interno Bruto (PIB), a taxa de desemprego e o índice de produção, entre outros.

5.4 Taxa de inflação

O primeiro factor que afecta o preço do ouro é sem dúvida, a inflação.

A inflação é determinada com base no aumento do preço de um activo face à desvalorização monetária para adquirir o mesmo. Actualmente há autores que defendem que a melhor forma de combate à inflação será recorrer ao investimento em ouro no entanto, antes de investir deverão ter em conta os factores que influenciam o valor do mesmo, de forma a prevenirem eventuais variações negativas no mercado mundial.

Na Figura 2.10, podemos verificar a correlação entre a cotação do ouro e a subida das taxas de juro (US yields).



Figura 2.10 O ouro e a inflação

Fonte: Monteiro (2012: 5)

Segundo alguns autores, como Pereira (2013), a melhor protecção contra a inflação e desvalorização da moeda é a aposta por parte dos investidores na aquisição de largas quantias de ouro, havendo assim uma movimentação na procura e oferta de ouro no mercado.

O ouro tem um elevado grau de correlação na direcção onde os preços em geral se deslocam, o que significa que em caso de deflação, o preço do ouro segue a mesma tendência vindo assim reduzido o seu valor.

Segundo Wang [et. al.] (2005), estudos recentes sugerem que a relação entre a variação do preço das *commodities* e a inflação deve ser assimétrica, assimetria esta resultante dos ciclos de negócios, levando a ajustes nos preços dos activos.

Conforme podemos observar na Figura 2.11, estudos comparativos entre o Índice de Preços do Consumidor (IPC) no Japão e nos EUA e o preço do ouro entre Janeiro de 1971 e Janeiro de 2010 mostram-nos que em ambos os países, o IPC tem uma tendência crescente no entanto, para o período indicado o IPC dos EUA teve um aumento mais rápido que o do Japão.

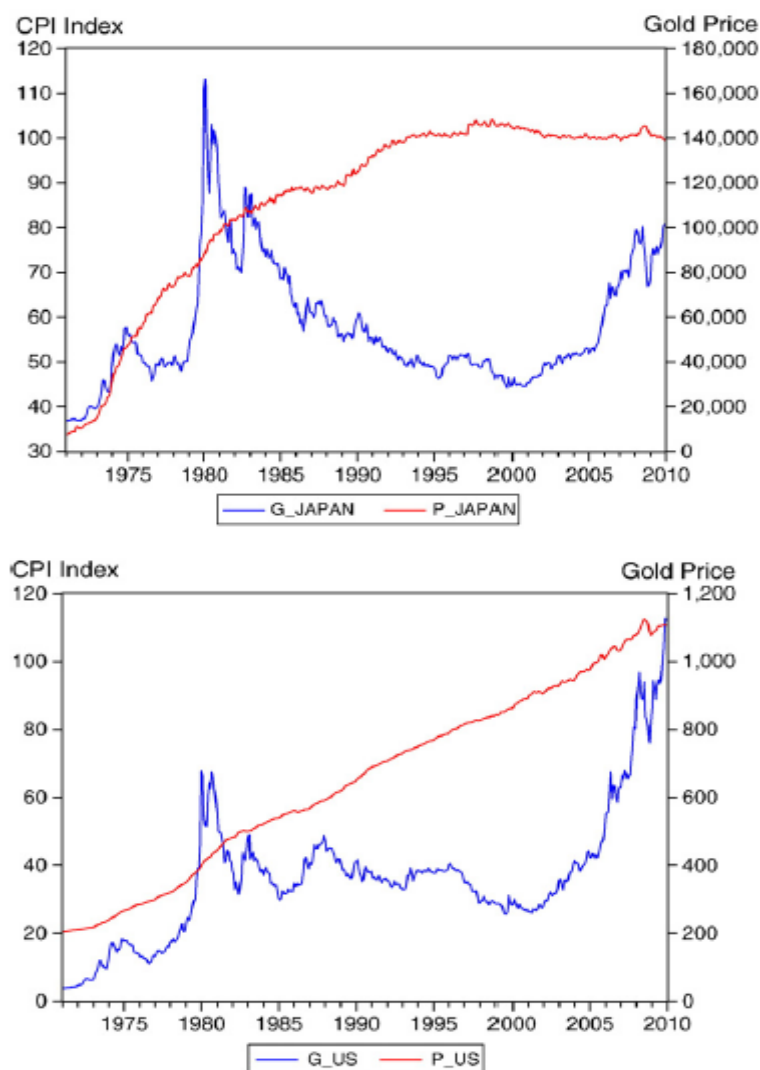


Figura 2.11 Tendência de preço do ouro (G) e o índice de preços ao consumidor (P) no Japão e EUA

Fonte: Wang [et. al] (2005: 808)

Relativamente ao preço do ouro, verifica-se que o mesmo foi mais volátil no período que mediou entre 1974 e 1980, volatilidade esta que poderá ser explicada pelas crises do petróleo – a 1ª em 1973 e a 2ª em 1979. Verificou-se ainda uma forte valorização tanto no preço do ouro como no IPC em ambos os países no ano de 2007, ano em que muitos consideram que se iniciou a crise financeira de que ainda se tenta recuperar actualmente.

5.5 Evolução do dólar

Para melhor compreendermos a evolução da cotação do dólar e a influência da mesma na valorização/desvalorização do ouro, recorreremos às suas cotações para o período compreendido entre 01-01-2008 e 30-04-2014 e obtivemos os gráficos que se apresentam nas Figuras 2.12 a 2.14.

Assim, conforme podemos observar na Figura 2.12, o dólar americano teve uma forte queda no período que mediou entre 2009 e 2012, tendo registado a sua cotação mais alta no início de Dezembro de 2008, altura a partir da qual se começaram a fazer sentir os primeiros indícios de crise financeira na Europa.



Figura 2.12 Evolução da cotação do dólar – cotação máxima

Fonte: UOL.COM.BR (1) [em linha] Disponível em: <http://economia.uol.com.br/cotacoes/cambio/dolar-comercial-estados-unidos/>

A cotação mínima do dólar, foi atingida por volta de meados do mês de Julho de 2011, conforme é visível na Figura 2.13, altura em que se começaram a denotar as primeiras recuperações da economia mundial, nomeadamente em relação aos EUA uma vez que no final deste mês foi aprovado o aumento do limite da dívida, pondo assim fim à chamada crise do limite de dívida dos Estados Unidos de 2011.



Figura 2.13 Evolução da cotação do dólar – cotização mínima

Fonte: UOL.COM.BR (2) [em linha]. Disponível em: <http://economia.uol.com.br/cotacoes/cambio/dolar-comercial-estados-unidos/>

Actualmente, e tendo como referência o fim do 1º quadrimestre de 2014, a cotação do dólar voltou a subir, não para os valores atingidos aquando do seu ponto máximo em 2008 mas para perto disso, conforme podemos observar através da Figura 2.14.



Figura 2.14 Evolução da cotação do dólar – cotação final 1º quadrimestre 2014

Fonte: UOL.COM.BR (3) [em linha]. Disponível em: <http://economia.uol.com.br/cotacoes/cambio/dolar-comercial-estados-unidos/>

As principais razões que apontam para esta franca recuperação são em grande parte a melhoria da economia tanto dos EUA como também da Europa, nomeadamente com o fim dos programas de ajuda financeira concedida pelo FMI à Irlanda, e com a aproximação do fim do programa de ajuda financeira concedido também pelo FMI a Portugal, previsto para Maio de 2014.

5.6 Taxas de juro

As taxas de juro, à semelhança dos factores anteriormente mencionados, são também um factor condicionador da variação do preço do ouro, uma vez que em períodos com taxas de juro elevadas o capital é diminuto e muito procurado por isso, é pago pelos interessados um juro mais elevado aos que estão dispostos a emprestar o seu dinheiro. Nestes casos, o investimento em ouro não se torna tão atractivo.

Regra geral, existe uma relação inversa entre a evolução das taxas de juro e das cotações dos activos transaccionados em bolsa: quando há subida das taxas de juro, geralmente desce a cotação dos activos no caso em estudo, do ouro, pelo inverso, quando há descida nas taxas de juro há subida da cotação do ouro uma vez que aumenta a sua procura.

5.7 Variação do preço do ouro em relação valor de outros activos

Tal como já referido anteriormente, o preço do ouro pode sofrer alterações com base no preço ou valor de outros activos, principalmente em períodos de crise uma vez que é quando os activos se tornam mais voláteis, sendo essa variação uma correlação negativa em relação aos outros activos. Assim, o ouro tem beneficiado com a crise económica instalada internacionalmente como nos é referido por Silva [et. al.] (2013) uma vez que a sua valorização foi considerável.

Conforme pode ser observado na Figura 2.15, normalmente o movimento da cotação do ouro segue no mesmo sentido que outras *commodities*, correlacionando-se inversamente com o mercado de acções, ou seja, sempre que determinado mercado financeiro mundial está em queda, o mercado de *commodities* valoriza, e em caso de valorização dos mercados de acções verifica-se uma desvalorização do valor das *commodities*.

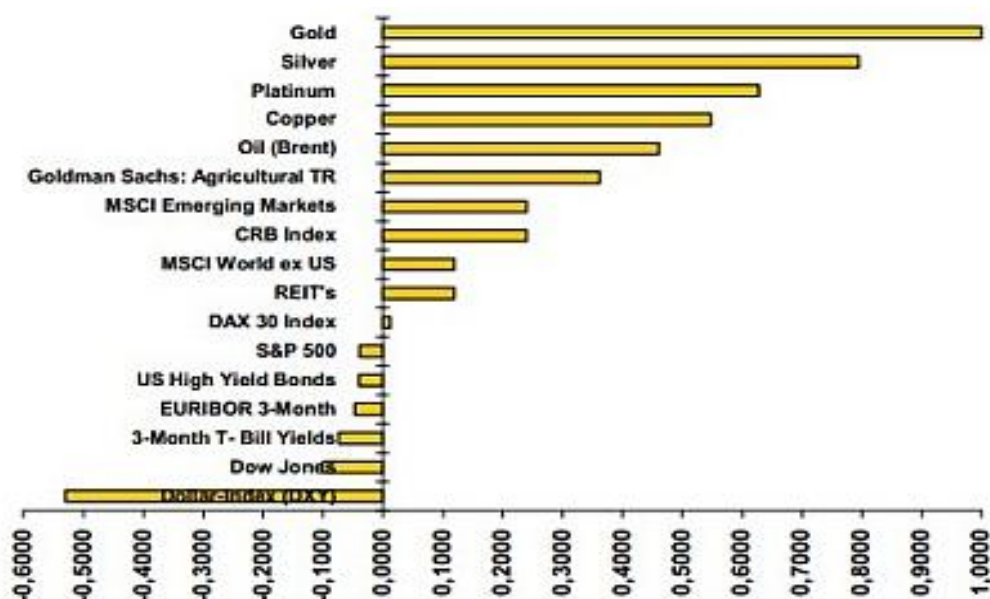


Figura 2.15 Correlação do ouro vs outras classes de activos

Fonte: Arlloufill (2014) [em linha] <http://www.arlloufill.com/index.php?id1=15&id2=3&id3=32> (consultado em 07-05-2014 às 20:14)

Considerando a Figura 2.16 a seguir apresentada, é feita uma comparação entre o ouro e 3 outros activos: os Certificados de Depósito Interbancário (CDI), o dólar e IBOVESPA (IBOV). Assim, com um investimento inicial de 1 unidade monetária em 1994, é possível

verificar que no final de 2012, o activo que mais tinha valorizado tinha sido o CDI, apresentando no entanto o ouro uma valorização bastante significativa (quase 9 vezes mais o valor inicialmente investido), sendo que o dólar foi o que menos valorizou, indo de encontro às expectativas dos investidores.

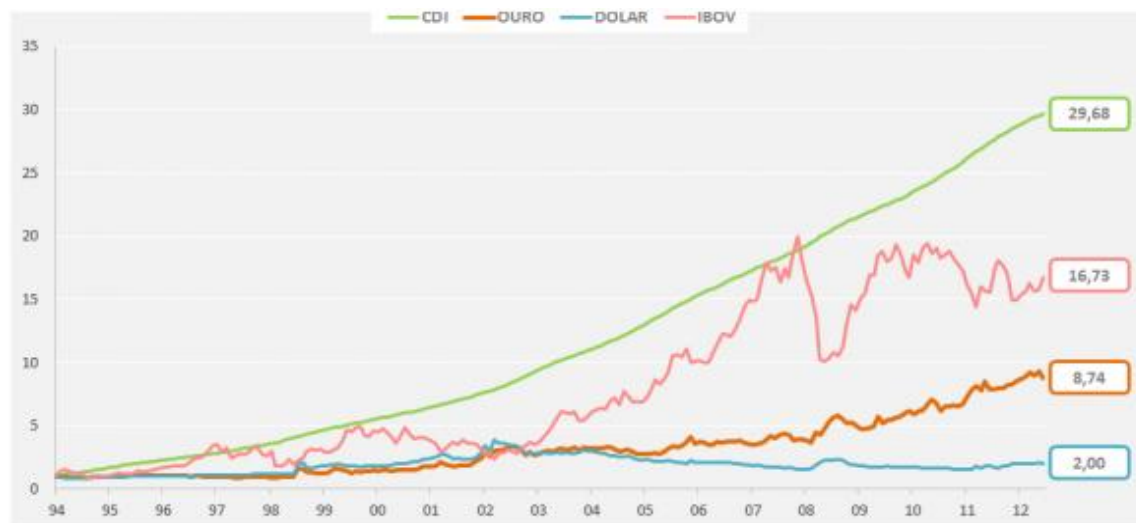


Figura 2.16 Evolução dos activos entre 1994 e 2012

Fonte: Carvalho (2013)

Já quando comparado com o S & P 500⁵ e com o Índice de Aversão ao Risco (VIX) no período de 29-11-2005 a 29-11-2010, tal como nos ilustra a Figura 2.17, verificou-se que sempre que existem grandes subidas ou descidas no S & P 500, o VIX correlaciona-se inversamente; já no que diz respeito ao ouro, independentemente da correlação entre o VIX e o S & P 500, este tem sempre uma tendência crescente neste período.

⁵ O S&P 500 é um índice composto por quinhentos activos (ações) qualificados devido ao seu tamanho de mercado, à sua liquidez e à sua representação de grupo industrial. É amplamente reconhecido como o melhor índice do mercado de acções dos EUA. Este índice conhecido mundialmente projecta a performance das 500 companhias líderes dos EUA.

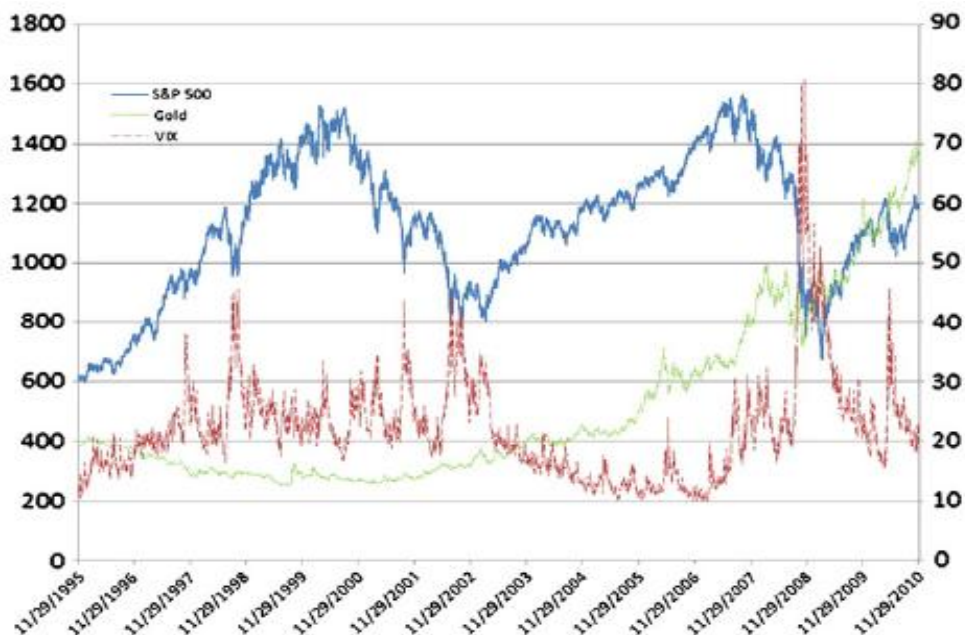


Figura 2.17 Volatilidade do ouro e dos títulos de tesouro dos EUA face a outras moedas

Fonte: World Gold Council (2013:36)

São inúmeros os activos que se podem considerar como termo de comparação com o ouro pelo que no caso da Figura 2.18 a comparação é feita em relação à volatilidade do ouro e dos títulos de tesouro dos EUA quando transpostos para outras moedas.

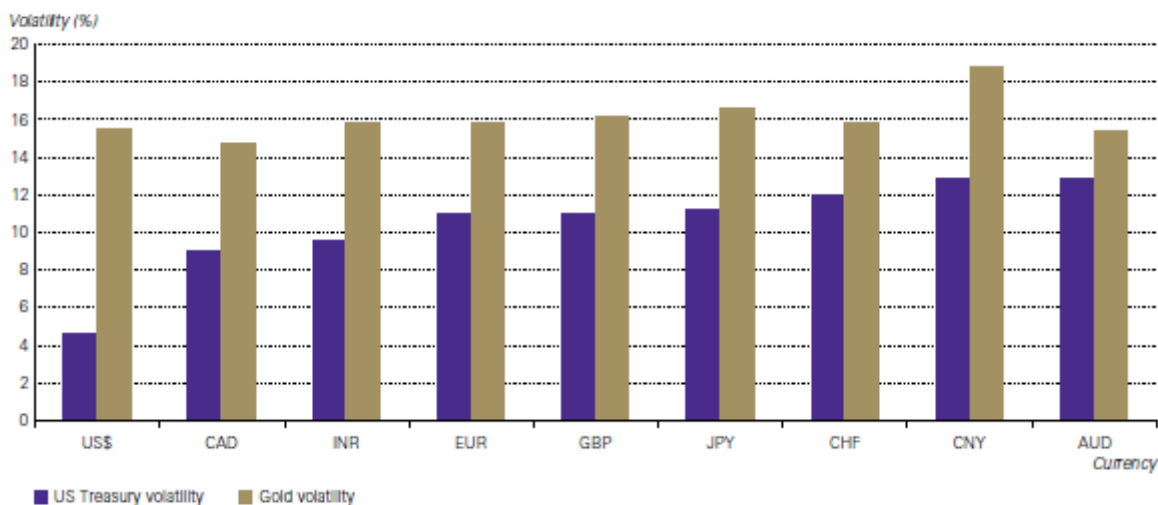


Figura 2.18 Volatilidade do ouro e dos títulos de tesouro dos EUA

Fonte: World Gold Council (2013:36)

De acordo com a Figura 2.18, verifica-se que, com excepção da transposição para a moeda CNY (da China), em quase todas as outras moedas, a volatilidade do preço do ouro foi constante, rondando sempre os cerca de 16%; já no que diz respeito à volatilidade do preço dos títulos de tesouro dos EUA, verifica-se que, em qualquer uma das moedas a sua volatilidade, apesar de ser menor, varia mais do que a do ouro em especial quando transposta para AUD (moeda da Austrália).

6. Evolução do preço do ouro

Como é do conhecimento geral, nos últimos anos o preço do ouro teve uma subida abrupta face a outros activos transaccionáveis nos mercados internacionais. Muitos são os estudos, e várias as opiniões sobre as razões para esta valorização, bem como perspectivas para tendências futuras.

Monteiro (2012: 2), diz-nos que

[a] cotação do Ouro subiu 432%, nos últimos dez anos. Isto significa uma rendibilidade anualizada de 18.2%, muito superior à registada pelos principais mercados accionistas mundiais e pelas obrigações. Em Setembro do ano passado [2011], a cotação do Ouro atingiu os Usd 1921, tendo, contudo, corrigido 18.6%, para os Usd 1564, no final de 2011. No final de Julho, a cotação situava-se nos Usd 1614.

Uma das principais razões para esta grande subida deve-se à turbulência vivida nos mercados financeiros internacionais, nomeadamente entre 2009 e 2012; a juntar a esta turbulência temos também a crise do sector financeiro norte-americano e da dívida pública da zona euro, nomeadamente em países como Portugal, Irlanda, Grécia, Itália, entre outros.

Até se verificar esta grande valorização do ouro enquanto activo financeiro transaccionável em mercado internacional, a correlação entre a sua rendibilidade e a de outras classes de activos era bastante baixa, talvez por isso Monteiro (2012), afirma que tal correlação permitiu importantes ganhos de eficiência em termos de risco/retorno. Monteiro (2012: 3) defende que «a inclusão do Ouro no universo de investimento, juntamente com, por exemplo acções e obrigações, permitiu diminuir o risco (volatilidade) da carteira, sem prejuízo da rendibilidade».

De acordo com informações recolhidas através do WGC, a produção de ouro é realizada em aproximadamente 90 países, no entanto assume-se actualmente com algum destaque a China. Para além desta, historicamente os países que maior produção de ouro apresentam são a Austrália, o Canadá, os EUA e a Rússia, estando estes em vantagem quando comparados com

outros países, possuindo assim uma maior estabilidade económica, oriunda da negociação de ouro.

6.1. Evolução da cotação do ouro versus cotação do dólar

Até 1971, o ouro era utilizado como sendo a moeda de troca nos mercados financeiros, pelo que ficou designado por padrão-ouro. Terminado este período, os mercados financeiros decidiram que o dólar americano (USD) iria passar a ser a moeda mais usada nos mercados, sendo a mesma utilizada para a constituição de reservas de vários países, ficando o ouro com a função de cobertura à depreciação do dólar americano.

Desta forma, apresenta-se de seguida a evolução da cotação do ouro *versus* cotação do dólar num período de 10 anos – de Junho de 2002 a Junho de 2012 – como se pode observar através da Figura 2.19 abaixo apresentada.

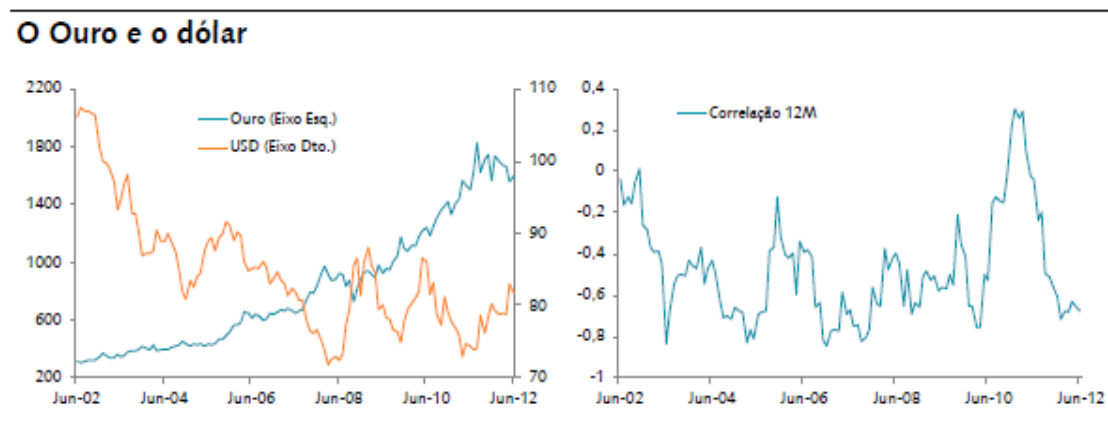


Figura 2.19 Evolução do preço do ouro face ao dólar

Fonte: Monteiro (2012: 4)

Observando os gráficos acima, verifica-se que existe uma correlação negativa entre o valor do ouro e o valor do dólar ou seja, quando um sobe o outro desce. No gráfico apresentado do lado esquerdo verifica-se que quando o valor do dólar começou a descer o do ouro começou a subir, observando-se o inverso a partir de inícios de 2012. Relativamente ao gráfico apresentado do lado direito, o mesmo expressa a correlação entre o preço dos dois activos, evidenciando-se assim a correlação negativa essencialmente até ao ano de 2011.

A subida da cotação do ouro, não ficou a dever-se somente à depreciação do USD, mas também à crise da dívida soberana europeia, tal como já havia sido referido anteriormente.

É de salientar que em Portugal a cotação do ouro é calculada em euros por onça ou então euros por grama, sendo a segunda mais usada quando se trata de artigos de joalheria, ficando no entanto ambos ligados ao valor de referência internacional que é o valor do dólar face ao ouro.

6.2. Evolução do preço do ouro face aos ciclos económicos

Conforme já foi anteriormente mencionado, muitos têm sido os altos e baixos na cotação do ouro ao longo dos anos. Estas oscilações ficam associadas, na sua maioria a um marco histórico nas economias dos países devido a determinado acontecimento.

O primeiro grande marco na história do ouro foi a altura em que predominava no mundo o sistema padrão-ouro, nomeadamente nos países desenvolvidos. Este sistema vigorou entre 1880 e 1914, altura em que se deu a Primeira Grande Guerra Mundial que levou ao gradual desmoronamento do sistema económico do padrão-ouro. Autores como Capie, Mills e Wood (2005) afirmam que o sistema padrão-ouro se desmoronou nos 30 anos que se seguiram à Primeira Guerra Mundial, nomeadamente no Reino Unido (em especial na Grã-Bretanha) e nos EUA.

No final da década de 1960 começaram a vislumbrar-se novas alterações na importância dada ao ouro e a sua cotação teve elevadas variações com a aproximação do colapso do sistema *Bretton-Woods* (como já anteriormente foi referenciado) que foi instituído ainda durante a Segunda Grande Guerra Mundial e que viu o seu fim em 1971 quando o presidente norte-americano Nixon cancelou o acordo devido ao excesso de moeda (dólar) em circulação quando comparado com a quantidade de ouro das reservas americanas.

Assim, e a título elucidativo sobre o acordo de *Bretton-Woods*, este visou evitar a desordem monetária mundial. Este acordo, segundo Medeiros (2003: 775-776) assentava essencialmente em quatro princípios gerais:

- i) *A fixação das taxas de câmbio*: assegurando a estabilidade na relação das moedas entre si, de modo a promover o crescimento das trocas internacionais;
- ii) *A desmonetização parcial do ouro* [...]: separa, somente em parte, o crescimento económico e a formação dos preços a nível mundial, da produção do ouro. Flexibiliza a política monetária no que respeita à emissão de meios de pagamentos;

- iii) A *possibilidade de desvalorização* (ou de revalorização) das moedas: este princípio permitia efectuar um ajustamento monetário, quando houvesse um «desequilíbrio fundamental»[...];
- iv) O reconhecimento da interdependência das taxas de câmbio: o sistema monetário tem no seu fulcro o conjunto de políticas económicas, que devem ser devidamente coordenadas.

Com o fim deste acordo, o ouro registou um aumento na sua volatilidade, volatilidade esta que se manteve elevada até finais de 1980, altura em que, segundo Capie [et. al.] (2005), o preço do ouro estabilizou, conforme podemos observar através da Figura 2.20.

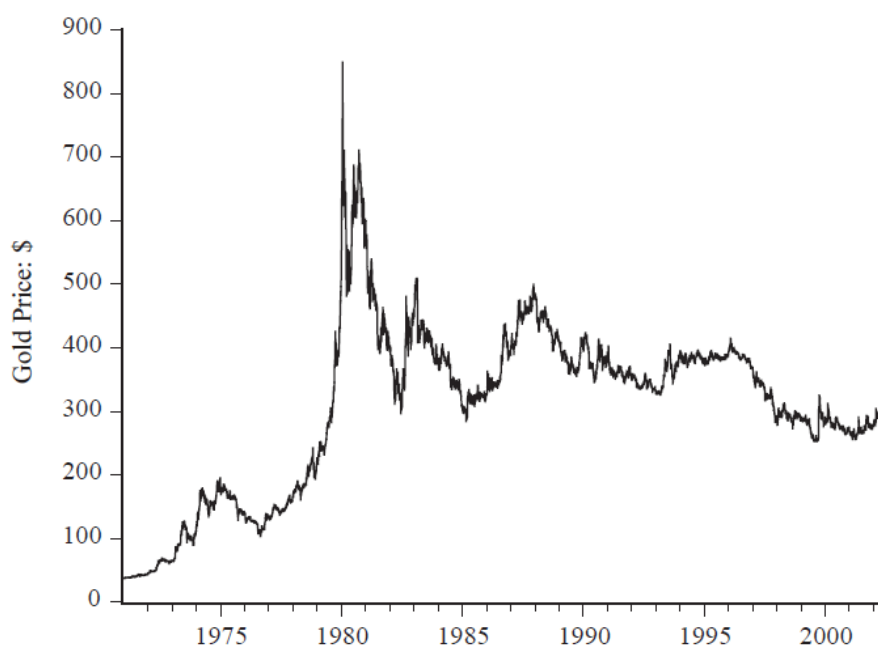


Figura 2.20 Cotação diária do ouro entre 1 de Janeiro de 1971 e 31 de Julho de 2002

Fonte: Mills (2004:560)

Com a introdução da moeda única (o euro) em alguns países da Europa em 1999, o ouro viu o seu preço alterar-se significativamente. A partir da introdução da moeda única na Europa, grande parte destes países teve um elevado desenvolvimento no entanto, e como seria expectável, a partir de 2008 o crescimento económico europeu começou a dar sinais de fadiga.

Capítulo III – Modelação da memória longa na volatilidade

1. Introdução

No presente capítulo apresentar-se-á a modelação da memória longa na volatilidade, tendo assim como principais objectivos não só apresentar o conceito de memória longa como também explicar a modelação da volatilidade condicionada, bem como os seus modelos de volatilidade *ARCH*, *GARCH*, *IGARCH* e *FIGARCH*.

Relativamente à memória longa, pode dizer-se que a mesma é muito utilizada em análises financeiras na medida em que é utilizada na elaboração de estudos referentes à memória de longo prazo na volatilidade relacionada com um elevado grau de persistência nas observações em estudo.

Quanto aos modelos de volatilidade referidos acima, o modelo *ARCH* e o modelo *GARCH* são os modelos utilizados por excelência para o tratamento simétrico dos efeitos resultados dos retornos positivos ou negativos da volatilidade de um determinado activo ou mesmo de diversos activos apresentados nos mercados financeiros, tentando sempre demonstrar da forma mais clara possível a representação dos seus comportamentos através destes modelos.

Já no que diz respeito aos modelos de *IGARCH* e *FIGARCH*, estes surgiram com o intuito de colmatar algumas das lacunas existentes no modelo *GARCH*, sendo estes designados por modelos de heterocedasticidade condicionada, tal como o modelo *ARCH* e *GARCH*; no entanto, os mesmos permitem modelar sucessões cronológicas não estacionárias mesmo sem as diferenciar inicialmente. Resumindo, estes dois modelos surgiram da necessidade de chegar ao indicador de memória longa de uma série cronológica não estacionária, uma vez que o modelo *GARCH* não conseguia chegar a esse indicador, tendo assim sido criado o modelo *IGARCH* que nos dá uma memória longa infinita; por sua vez também este modelo se torna pouco eficaz para calcular este indicador. Foi assim que surgiu o modelo *FIGARCH* que veio “afinar” os modelos anteriores existentes ou seja, veio completar os outros modelos para que fosse possível chegar ao cálculo do indicador de memória longa, como iremos verificar ao longo deste capítulo.

2. Memória longa

A memória a longo prazo dos mercados financeiros é um dos principais campos estudados no âmbito das finanças, quer nacionais quer internacionais, estando a mesma relacionada com o elevado grau de persistência nas observações encontradas num determinado período.

A existência de memória de longo prazo quando aplicada ao estudo das séries de retornos dos activos poderá ter implicações quer ao nível do estudo da eficiência do mercado em estudo, quer da sua previsibilidade. De acordo com Banerjee e Urga (2005) a memória longa costuma ser associada muitas vezes a processos de raízes unitárias no entanto, os efeitos do estudo da memória longa demonstram que os efeitos da elevada persistência de longo prazo foram detectados primeiramente em observações de natureza não-financeira, conforme os estudos de Hurst, Mandelbrot e Wallis e McLeod e Hipel.

Para além dos autores estudados por Banerjee e Urga (2005), anteriormente mencionados, destaca-se ainda a investigação por parte de Davidson e Terasvirta onde se debatem os efeitos da memória longa e da dependência não linear nas sucessões cronológicas.

A memória longa poderá ser detectada em séries temporais relacionadas com a evolução das autocorrelações onde, ao contrário do que acontece na memória curta, os resultados tendem a diminuir de forma lenta e hiperbólica. Resumidamente, e tendo por base o defendido por Belbute (2013), os valores actuais das variáveis em estudo tendem a sofrer uma grande influência através dos valores passados longínquos.

Para Elder e Serletis (2008), a implicação mais óbvia de memória longa é o potencial da previsibilidade de séries cronológicas que em última análise implica a invalidade da fraca forma de eficiência informacional dos mercados sob consideração.

Assim, e de acordo com o que foi anteriormente descrito, afirma-se que uma sucessão cronológica discreta e estacionária apresenta dependência de longo prazo, caso a sua autocorrelação satisfaça a igualdade apresentada em 3.1:

$$\lim_{j \rightarrow \infty} \frac{\rho_j}{c_p j^{-\infty}} = 1 \quad (3.1)$$

onde,

- c_p é uma constante arbitrária tal que $0 < c_p < \infty$;

- α é uma constante arbitrária tal que $0 < \alpha < 1$.

Podendo ainda ser apresentada como o representado por 3.2:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{j=n}^{\infty} |\rho_j| = \infty \quad (3.2)$$

sendo n o número de observações estudadas.

Vários estudos reportam autocorrelação positiva para os retornos dos activos a curto prazo e autocorrelação negativa para os retornos a longo prazo.

Uma autocorrelação negativa implica que os preços dos activos são de reversão para a média, evidenciando assim uma dependência de longo prazo. A evidência de existência de memória longa nas séries de retornos dos índices bolsistas dos mercados financeiros sobre a sua eficiência e previsibilidade assumem assim um papel determinante para a tomada de decisões financeiras.

Pode ainda referir-se que, caso uma série demonstre a presença de memória longa, então, de acordo com Gomes e Soares, a mesma depende de um parâmetro de diferenciação fraccionária d , passível de estimação e de testes de hipóteses.

Assim, a memória longa nos mercados financeiros apenas é passível de ser evidenciada quando estudada através de modelos de volatilidade, modelos estes que serão de seguida abordados.

3. Modelação da volatilidade condicionada

As taxas de câmbio e índices de acções são o principal campo de aplicação para modelos de volatilidade. De acordo com Charlot e Marimoutou (2014), e nesse contexto, o *ARCH*, modelo de Engle e a sua generalizada contraparte (*GARCH*), proposto por Bollerslev, estão entre a maioria das especificações amplamente utilizadas na literatura empírica.

Para complementar a informação descrita anteriormente acerca da volatilidade, serão então neste ponto abordados alguns dos que foram considerados como principais modelos utilizados para testar a volatilidade e a presença de memória longa no âmbito do desenvolvimento deste trabalho.

Os modelos a destacar neste momento são:

- Modelo *ARCH*;
- Modelo *GARCH*;
- Modelo *IGARCH*;
- Modelo *FIGARCH*.

É ainda de salientar que os modelos de volatilidade podem apresentar um comportamento homocedástico ou heteroscedástico porém, os modelos que vamos estudar são de comportamento heteroscedástico, uma vez que este é considerado o processo mais relevante em finanças.

Podemos observar-se nas Figuras 3.1 e 3.2 abaixo apresentadas as diferenças entre os modelos homocedástico e heteroscedástico.

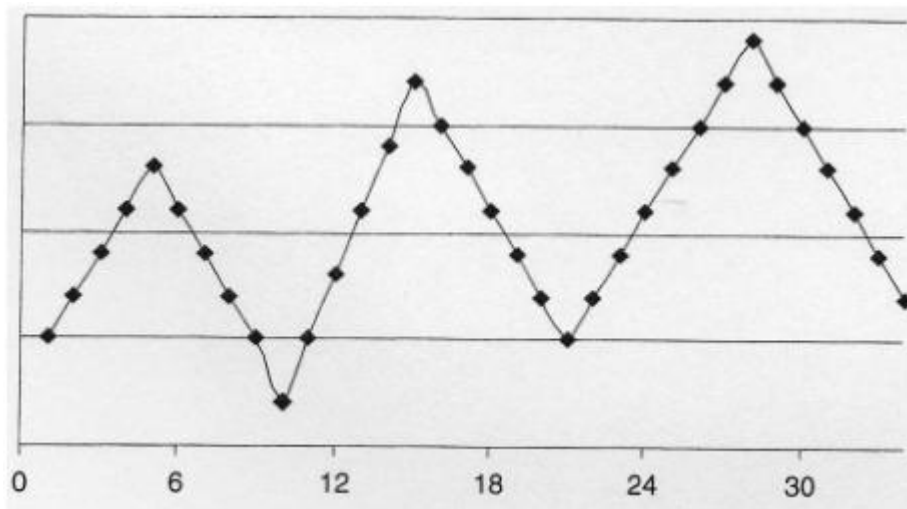


Figura 3.1 Processo com Homocedasticidade

Fonte: Ferreira (2009: 428)

A homocedasticidade por regra, indica-nos que o erro e a variável explicada (Y_i) têm variância constantes, isto é, $\text{Var}(Y_i|X_i) = \text{Var}(\mu_i) = \sigma^2$, enquanto que, por sua vez, a heterocedasticidade indica-nos que a variância de $Y|X$ não é constante, sendo que $\text{Var}(Y_i|X_i) = \text{Var}(\mu_i) = \sigma_i^2$.

De uma forma resumida pode-se dizer que se os desvios-padrão dos termos (X_t) forem constantes para todas as datas (t) o modelo é homocedástico, caso contrário o mesmo será heteroscedástico, como se verifica no gráfico da Figura 3.2.

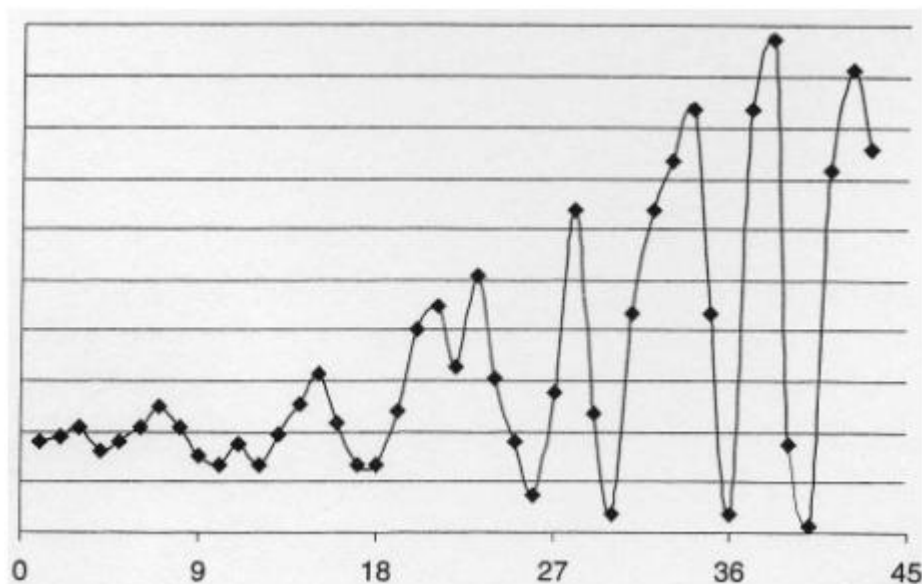


Figura 3.2 Processo com Heteroscedasticidade

Fonte: Ferreira (2009: 428)

De acordo com Ferreira (2009), a heteroscedasticidade pode ser apresentada em duas formas: condicionada ou não condicionada. A forma heteroscedástica condicionada apresenta-se como a variância de um período linear/dependente através de períodos passados; por sua vez, a forma heteroscedástica não condicionada vai ter em conta os períodos passados no entanto, a mesma pode variar ao longo do tempo.

3.1. Modelo *ARCH*

Ferreira (2009: 433) refere que,

[o]s modelos *ARCH* (*Autoregressive Conditional Heteroscedasticity*) [...] podem ser considerados como uma forma especial de sucessões cronológicas não-lineares [...] [Estes] foram introduzidos numa forma simplificada por Engle [...], possibilitando um estudo mais exaustivo das dinâmicas dos activos financeiros. Apenas um modelo *ARCH* descreve simultaneamente a variância condicionada.

O modelo de ARCH é apresentado com base na variância condicionada de uma variável aleatória, como por exemplo μ_t , a qual é designada por σ_t^2 , dando assim origem à expressão apresentada em 3.3. e 3.4.

$$\sigma_t^2 = \text{var}(\mu_t | \mu_{t-1}, \mu_{t-2}, \dots) = E[(\mu_t - E(\mu_t)) | \mu_{t-1}, \mu_{t-2}, \dots] \quad (3.3)$$

onde $E(\mu_t) = 0$, sendo que

$$\sigma_t^2 = \text{var}(\mu_t | \mu_{t-1}, \mu_{t-2}, \dots) = E[\mu_t^2 | \mu_{t-1}, \mu_{t-2}, \dots] \quad (3.4)$$

Pode assim afirmar-se que a variância condicionada de uma variável aleatória μ_t , a qual será distribuída e apresentando uma média de zero, será assim igual ao valor esperado condicionado do quadrado de μ_t .

Tal como a fórmula 3.4 acima nos indica, este modelo apresenta uma distribuição com base nos retornos passados tendo em conta uma função quadrática, mantendo o pressuposto de existência de autocorrelação na volatilidade das observações estudadas.

O processo ARCH pode ainda ser estudado na sua vertente mais simplificada, sendo esta designada por processo ARCH (q), que pode ser descrita através da fórmula 3.5:

$$Y_t = \beta_1 + \beta_2 X_{2t} + \beta_3 X_{3t} + \beta_4 X_{4t} + \mu_t \quad (3.5)$$

onde,

$$\mu_t = v_t \sigma_t$$

$$v_t \cong N(0,1)$$

$$\text{cov}[v_t, \mu_{t-i}] = 0$$

e ainda,

$$\sigma_t^2 = \omega + \sum_{i=1}^q \alpha_i \mu_{t-i}^2 \quad (3.6)$$

no entanto, com as seguintes restrições, do tipo $\omega > 0$, $\alpha_i > 0$, com $i = 1, 2, \dots, q$, defendendo sempre a teoria que a soma de todos os parâmetros deve ser inferior à unidade, para que seja assim possível cumprir com a condição de estacionaridade fraca.

Ferreira (2009: 433) refere que «a ordem do processo (q) determina a extensão em termos temporais durante a qual um choque pode persistir condicionando a variância dos erros nos próximos períodos». De acordo com esta teoria, podemos referir que o processo (q) assume um processo/modelo de *ARCH* (q). Alguns autores defendem ainda que quanto maior for o valor de q , mais longos serão os episódios de volatilidade.

Uma das vantagens do modelo *ARCH*, de acordo com Silveira (2008), é que a estimação dos seus parâmetros pode ser realizada facilmente pelo método de máxima verossimilhança condicional, ou seja *Maximum Likelihood Estimator*, tentando assim encontrar os valores mais adequados para os parâmetros ω e α_i . No entanto, como qualquer modelo matemático, temos presente não só as vantagens do mesmo como também as desvantagens, que no caso deste modelo se resumem ao facto de o mesmo não assumir que os retornos positivos ou negativos apresentam um impacto diferente na volatilidade.

Assim, de entre outras, as limitações atribuídas a este modelo são:

- a inexistência de uma metodologia única para determinar de forma adequada o número máximo de defasamentos a considerar. Com efeito, e embora na prática existam várias hipóteses, ainda não foi determinada com exactidão uma forma universal para calcular esse máximo;
- a eventual necessidade de um número de defasamentos elevado para captar todas as dependências da variância condicionada, o que pode comprometer a parcimoniosidade do modelo. De facto, embora Engle tenha apresentado uma forma para obviar a este problema [...] trata-se, na realidade, de um método informal, pouco preciso e nem sempre consensual e;
- a possibilidade de violação das restrições de não negatividade devido ao facto de, tudo o resto constante, quanto mais parâmetros se introduzem no modelo, maior pode ser a probabilidade de se obterem coeficientes negativos.

Em relação a este tema, Ferreira (2009) acrescenta ainda mais algumas limitações ao modelo tais como:

- este modelo está apenas orientado para rendimentos de sucessões cronológicas e as decisões financeiras vão ainda depender de outras variáveis;
- o mesmo assume a existência de meios envolventes que embora sendo bastante estáveis, não capturam acontecimentos associados à turbulência apresentada nos mercados tais como fusões, aquisições, reestruturações, entre outros acontecimentos; e
- a evolução dos preços neste modelo é modelada com base no conhecimento comum, incorporando assim preços passados, mas não dando grande relevância a informações do foro particular de alguns intervenientes.

Concluindo, embora estes modelos de *ARCH* tenham apresentado alguns sucessos na elaboração de alguns estudos empíricos, os mesmos têm sido alvo de algumas críticas no sentido de afirmarem que a sua essência está direccionada para modelos estatísticos e não para modelos económico-financeiros, como era previsto inicialmente em algumas literaturas do ramo financeiro.

3.2. Modelo *GARCH*

Como pudemos ver no modelo anterior, o mesmo apresentava algumas limitações, pelo que foi necessário a introdução de um novo modelo de forma a tentar colmatar algumas das limitações do modelo *ARCH* original, surgindo assim o denominado Modelo *GARCH* (p, q).

De acordo com Bollerslev (1986), este novo modelo permite avaliar a variância condicionada tanto em função do quadrado dos resíduos passados (modelo *ARCH*), como também dos próprios valores passados da variância condicionada.

A fórmula utilizada no modelo *GARCH* é expressa conforme o indicado em 3.7:

$$\sigma_t^2 = \omega + \sum_{i=1}^q \alpha_i \mu_{t-i}^2 + \beta_j \sigma_{t-j}^2 \quad (3.7)$$

sendo que

- q pertence ao processo do modelo *ARCH*(q)
- p pertence à inovação com o surgimento do processo do modelo *GARCH*

no entanto seguindo as seguintes condições

- $\omega \geq 0$;
- $\alpha_i \geq 0$ ($i = 1, 2, \dots, q$); e também
- $\beta_i \geq 0$ ($i = 1, 2, \dots, p$);

garantindo assim que a variância condicionada não apresenta valores negativos.

É de salientar que de todos os modelos utilizados no processo *GARCH*, o mais utilizado é expresso através de 3.8:

$$\sigma_t^2 = \omega + \alpha_1 \mu_{t-1}^2 + \beta_1 \sigma_{t-1}^2 \quad (3.8)$$

Segundo Ferreira (2009), a variância resultante da equação anterior, é explicada por três efeitos:

- 1° ω representa a componente constante;
- 2° $\alpha_1 \mu_{t-1}^2$ corresponde à variância, componente *ARCH*;
- 3° $\beta_1 \sigma_{t-1}^2$ representa a previsão da volatilidade com suporte no período anterior, componente *GARCH*.

À semelhança do modelo original *ARCH*, o modelo *GARCH* apresenta também algumas limitações e desvantagens, sendo que a sua principal desvantagem é não ser capaz de modelar o efeito de assimetria quando diferentes volatilidades são registadas positiva ou negativamente.

Ainda de acordo com Bollerslev (1986), o processo de *GARCH* foi muito bem aceite na modelagem da dependência condicional da volatilidade financeira no entanto, embora este processo de modelagem tenha sido considerado uma ferramenta eficaz no estudo da volatilidade, revelou-se também inadequado quando se olha para o estudo da persistência na memória longa uma vez que assume choques de decadência exponencialmente rápidos. Assim, considera-se que tal modelo só é eficaz no estudo dos efeitos da volatilidade na memória no curto-prazo. De acordo com Charlot e Marimoutou (2014), a análise de Lunde e Hansen aponta para *GARCH* (1,1) como o modelo mais favorecido para um estudo sobre a volatilidade das taxas de câmbio.

As limitações atribuídas a este modelo são:

- preocupação com a sensibilidade das estimativas do modelo relativamente à duração do período da previsão, com a distribuição utilizada e com a magnitude do desvio-padrão;
- inexactidão dos resultados quando a distribuição dos resíduos não é gaussiana, ou normal;
- sobreavaliação dos efeitos de persistência da volatilidade.

Tais limitações verificam-se quando se adoptam pressupostos desajustados como sejam:

- 1º a quantidade de informação a que os investidores têm acesso não é constante, como pressupõe o modelo;
- 2º não se conseguiu provar ainda que o desvio-padrão e a variância são métodos eficientes de previsão e evolução futura dos preços e rendibilidades; e
- 3º não se considera a composição do mercado no que se refere ao perfil dos investidores.

Relativamente a este modelo, muitos são os estudos publicados e de acordo com Hammoudeh e Yuan (2008), estes utilizaram modelos baseados em *GARCH* para examinar as propriedades de volatilidade condicional em três importantes metais (ouro, prata e cobre), controlando os valores para choques dos preços do petróleo e os juros de três meses das taxas dos títulos do Tesouro dos EUA. Concentraram-se principalmente sobre as características de volatilidade: persistência, reacção assimétrica para boas e más notícias, e componentes permanentes ou transitórias. Estes autores encontraram ainda evidências de que a volatilidade condicional do ouro e da prata é mais persistente mas menos sensível para alavancar efeitos do que a do cobre. Relativamente à volatilidade assimétrica mencionada acima, Chkili, Hammoudeh e Nguyen (2014) escreveram que a mesma ocorre quando choques negativos têm impactos mais fortes sobre o processo de volatilidade do que choques positivos. Esta situação surge principalmente durante períodos de problemas financeiros graves, como as crises financeiras recentes.

Conforme o referido anteriormente, e dada a crescente relevância de outros metais preciosos, também incluímos a prata e a platina na análise apresentada por Hammoudeh [et. al.] (2011) para ver como eles se comparam com o ouro como um instrumento de cobertura de risco potencial ou porto seguro, como podemos observar na Figura 3.3 apresentada por Hood e Malik (2013):

	S&P 500	Gold	Silver	Platinum	VIX
Arithmetic mean	0.03%	0.04%	0.06%	0.05%	0.20%
Geometric mean	0.02%	0.03%	0.04%	0.04%	0.02%
Annualized geometric mean	4.53%	8.84%	11.90%	9.68%	4.80%
Standard deviation	1.31%	1.09%	1.84%	1.48%	6.16%
Skewness	0.00	0.32	-0.77	-0.19	1.02
Kurtosis	10.59	11.13	12.44	8.28	8.79
Minimum	-9.03%	-6.98%	-18.44%	-9.22%	-29.57%
Median	0.06%	0.02%	0.10%	0.04%	-0.33%
Maximum	11.58%	10.79%	14.07%	10.56%	64.22%
Correlation	100.00%	-1.83%	9.99%	11.61%	-74.08%

Figura 3.3 Metais preciosos e cobertura de risco

Fonte: Hood e Malik (2013: 48)

Hood e Malik (2013) estudaram 5 séries de activos para avaliarem qual deles será um melhor porto de abrigo no caso de existência de grande volatilidade. Desta forma apresentam-nos as estatísticas descritivas para todas as cinco séries.

Entre os metais preciosos e VIX, VIX tem a maior aritmética, quer isto dizer que a taxa de retorno anual para todo o período da amostra é a mais baixa. Entre os metais preciosos, vemos que a prata tem um maior desvio-padrão, enquanto o ouro tem o mais baixo. O desvio-padrão para VIX é mais do que três vezes superior a qualquer um dos metais preciosos.

O ouro apresenta assimetria positiva, enquanto a prata e a platina apresentam assimetria negativa. Todas as cinco séries mostram altos valores de curtose, o que implica que um Modelo do tipo *GARCH* é apropriado. A última linha da Figura 3.3 documenta a correlação de cada série com o S & P 500. O ouro é o único metal precioso que está negativamente correlacionado com o S & P 500; no entanto, a correlação negativa do ouro é trivial em relação ao VIX, que é fortemente correlacionado negativamente com o S & P 500. Ainda segundo Hood e Malik (2013), após uma revisão cuidadosa, estes revelaram a relação negativa entre VIX e o S & P 500, especialmente durante 2008. Outra questão importante neste estudo é a forma como os metais preciosos e VIX se comportam em conjunto com o S & P 500 no seu pior desempenho diário.

3.3. Modelo *IGARCH*

Para colmatar as lacunas apresentadas pelos modelos de *ARCH* e *GARCH*, Engle e Bolerslev (1986) desenvolveram o modelo *IGARCH*, sendo este mais uma extensão do modelo *ARCH* original, utilizado para sobreavaliação da persistência ou memória longa na equação da variância condicionada sempre que o modelo *GARCH*(p,q), satisfaça a condição 3.9;

$$\hat{\alpha}(1) + \hat{\beta}(1) = \sum_{i=1}^q \hat{\alpha}_i + \sum_{i=1}^p \hat{\beta}_i = 1 \quad (3.9)$$

ou que pelo menos apresente valores muito próximos da unidade. Este modelo foi classificado por alguns autores como sendo o modelo *IGARCH* – Integrated *GARCH*(*p,q*), no entanto também se poderá ouvir falar do mesmo como *GARCH*(*p,q*) integrado.

Após ser satisfeita a condição anterior, tem ainda de se ter em conta duas situações para utilizar a fórmula do modelo *IGARCH* com base na fórmula original *GARCH* apresentada em 3.10:

$$\sigma_t^2 = \omega + \sum_{i=1}^q \alpha_i \mu_{t-i}^2 + \sum_{j=1}^p \beta_j \sigma_{t-j}^2 \quad (3.10)$$

- No caso de $\omega=0$, estamos perante um modelo integrado na variância sem tendência, uma vez que não afectará a fórmula inicial;
- No caso de $\omega \neq 0$, estamos perante um modelo integrado na variância, no entanto aqui já exerce alguma tendência.

Este modelo foi então desenvolvido com a intenção de apresentar um modelo que pudesse trabalhar dados financeiros não estacionários, uma vez que grande parte dos dados financeiros hoje em dia são não estacionários, permitindo assim modelar sucessões cronológicas não estacionárias, sem haver necessidade de existir uma pré-diferenciação entre as respectivas sucessões, isto é, assim poderão ser mantidas todas as características das informações apresentadas nos dados originais sem haver o risco das mesmas serem alteradas aquando da diferenciação dos processos.

Finda a introdução do modelo *IGARCH*, passamos então a apresentar a sua fórmula do mesmo, que é representada por 3.11:

$$\Phi(L)(1-L)\sigma_t^2 = \omega + [1-\beta(L)]v_t \quad (3.11)$$

tendo em consideração que

$$\Phi(L) = [1 - \alpha(L) - \beta(L)] \text{ e } v_t \equiv \mu_t^2 - \sigma_t^2. \quad (3.12)$$

O modelo de *IGARCH*, apesar de trazer algumas vantagens para os investigadores, não consegue no entanto concretizar todas as exigências colocadas pelos mesmos, uma vez que, embora possibilite a captura de dados de memória curta, como se verificava no modelo *GARCH*, também consegue estudar outros períodos temporais, tornando-se assim mais eficaz. Contudo, alguns autores chegaram à conclusão que o mesmo demonstra uma persistência infinita na volatilidade, não apresentando assim resultados concretos e satisfatórios para quem o utiliza uma vez que a memória infinita é uma suposição muito irrealista, motivando assim a necessidade de criação de uma abordagem alternativa.

3.4. Modelo *FIGARCH*

O modelo *FIGARCH*, de agora em diante denominado por *FIGARCH(p,d,q)* foi desenvolvido por vários autores, de entre os quais se destacam Baillie, Bollerslev, Mikkelsen (1996). O mesmo foi desenvolvido com o objectivo principal de «proporcionar uma abordagem mais flexível e adequada para explicar e representar as dependências temporais observadas na volatilidade do mercado financeiro» Bentes (2011: 52).

O modelo *FIGARCH(p,d,q)*, é apresentado pela fórmula 3.13:

$$\Phi(L)(1-L)^d \sigma_t^2 = \omega + [1 - \beta(L)]v_t \quad (3.13)$$

representando d o parâmetro de integração fraccionária, podendo o mesmo apresentar duas variáveis: se $d=0$, então estamos perante o modelo de *GARCH*; se $d=1$, estamos perante o modelo *IGARCH*. No entanto, caso $0 < d < 0,5$ o modelo é estacionário descrevendo apenas fenómenos de memória curta finita e caso $0,5 < d < 1$ o modelo apresenta fenómenos de memória longa finita. Caso $d > 1$ o modelo diz-se explosivo, apresentando-se como memória longa infinita.

Desta forma, este é o modelo que melhor representa o estudo da memória longa nos mercados financeiros.

Capítulo IV – Memória Longa da Volatilidade do metal ouro com abordagem *FIGARCH*

1. Introdução

Sendo a memória longa dos mercados financeiros um dos objectivos principais sobre o qual incide este trabalho, é neste ponto que a mesma será introduzida combinadamente com o modelo de volatilidade condicionada *FIGARCH*, quando comparada a volatilidade do ouro com outros metais valiosos da mesma classe⁶, também eles considerados *commodities*.

Serão ainda combinadas críticas à aplicabilidade de outros modelos de volatilidade condicionada abordados no Capítulo III deste trabalho, por forma a chegar à abordagem do método *FIGARCH*, que segundo os autores do estudo que a seguir se vai apresentar (Cochran, Mansur, Odusami (2012)), é o que melhor representa a memória longa na volatilidade do ouro, também com base em autores de renome como Baillie [et. al.] (1996).

2. Estudo da volatilidade condicionada dos metais preciosos com abordagem *FIGARCH*

Tal como em outros pontos deste trabalho já foi referenciado, uma vez que os metais preciosos são um bom exemplo de activos com elevados níveis de volatilidade, aplicando-se aqui concretamente o estudo da persistência do retorno dos seus valores com base em dados temporais de forma a ter um ponto de comparação (memória longa), apresenta-se de seguida um estudo à volatilidade do ouro, prata, cobre e platina através do modelo *GARCH* sob a metodologia integrada *FIGARCH*.

Chen (2010) estudou a relação entre os metais preciosos e industriais entre 1900 e 2007 e achou que as consequências de um choque no preço de um metal dependem da categoria para a qual o metal pertence e que, quaisquer repercussões são apenas marginais. Entre os metais preciosos, ouro e prata servem diferentes fins industriais, no entanto, a nível financeiro estes dois metais podem ser substituídos um pelo outro pelo que se considera estarem intimamente relacionados.

Ao utilizarmos o método *GARCH* sob a metodologia integrada *FIGARCH* é necessário que seja analisada a correlação dos preços de cada metal, como tal, teremos por base as Figuras 4.1

⁶ Actualmente em química existem 3 classes principais, os metais, os não metais ou ametais e os gases nobres ou inertes. O ouro pertence à classe dos metais assim como o cobre, prata e a platina.

a 4.4, que nos indicam individualmente o preço de cada activo (metal precioso), bem como o seu retorno quando comparado com o VIX⁷.

É ainda importante que, quando se estuda a volatilidade da memória longa nos mercados de *commodities* se faça uma comparação com os efeitos dos choques de volatilidade noutros mercados financeiros. Se os choques que se verificam nos outros mercados financeiros ocorrerem maioritariamente nos preços das *commodities*, nos períodos seguintes haverá pouca valorização das mesmas devido à sua integração nos mercados convencionais. Assim, desde alguns anos que o choque que mais se analisa neste tipo de mercados é o VIX, razão pela qual está inserido neste estudo que a seguir se apresenta.

Assim, no estudo que se apresenta de seguida importa responder a três questões:

- 1º Os processos apresentam volatilidade de dependência temporal de longo prazo?
- 2º A crise financeira de Setembro de 2008 teve efeitos nos retornos dos metais e na sua volatilidade condicional?
- 3º A volatilidade implícita no mercado de capitais medida pelo VIX desempenha um papel significativo na determinação do retorno e volatilidade dos metais preciosos em estudo?

De acordo com Cochran [et. al.] (2012), apesar de não ser fácil identificar o princípio da crise financeira de 2008, acredita-se que o colapso provocado pelo escândalo Lehman Brothers em 15 de Setembro de 2008 marcou o início da crise financeira mundial de que ainda hoje se tenta recuperar. Durante estes anos de incerteza, os metais preciosos, nomeadamente o ouro, tornaram-se activos altamente voláteis devido à sua forte valorização – ver Figura 4.1.

⁷ Índice de Volatilidade que mostra a expectativa de volatilidade em 30 dias de mercado, sendo ainda o mesmo conhecido como índice de aversão ao risco.

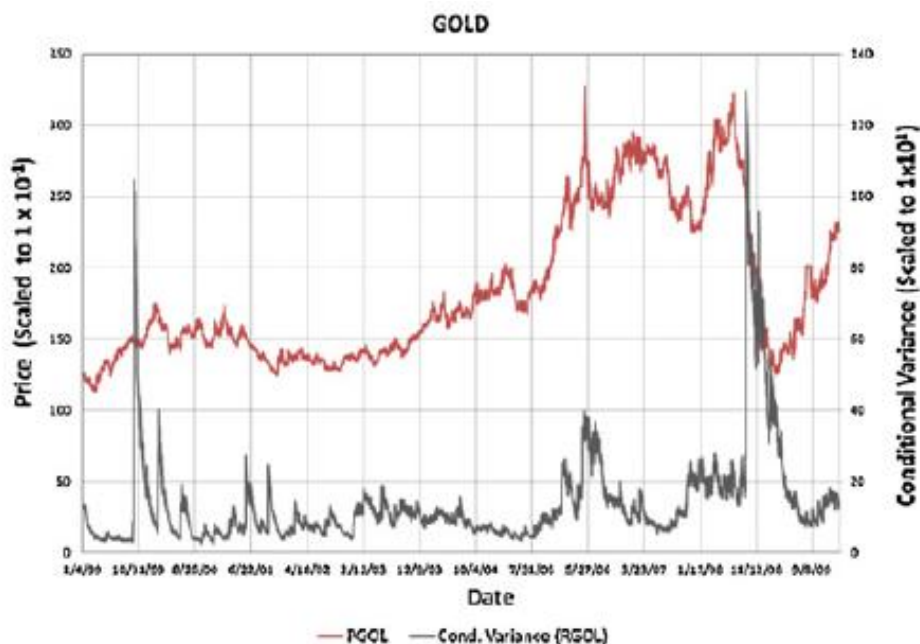


Figura 4.1 O preço do ouro e a sua volatilidade de retorno.

Fonte: Cochran [et. al.] (2012: 289)

Conforme é possível observar através da análise à Figura 4.1, o preço do ouro teve um elevado aumento em 2008, sendo que no final desse ano o VIX para este activo apresentou valores recorde, significando isto que apesar de atractivo, o ouro se tornou num activo de risco elevado.

Já no que respeita ao metal cobre, e através do recurso à Figura 4.2 abaixo apresentada, verifica-se que, para o mesmo período, o preço deste activo teve também um elevado crescimento, não tendo no entanto apresentado um VIX tão elevado como no caso do ouro. Isto leva-nos a crer que, como o cobre é considerado um dos metais mais utilizados no mundo quer seja na construção civil, nos mercados de geração de energia ou até mesmo na fabricação de maquinaria industrial, qualquer interrupção do fornecimento deste activo no mercado em que se insere iria trazer consequências gravosas sobre as economias de cada país, razão pela qual poderá ser justificado o elevado nível de VIX apresentado.

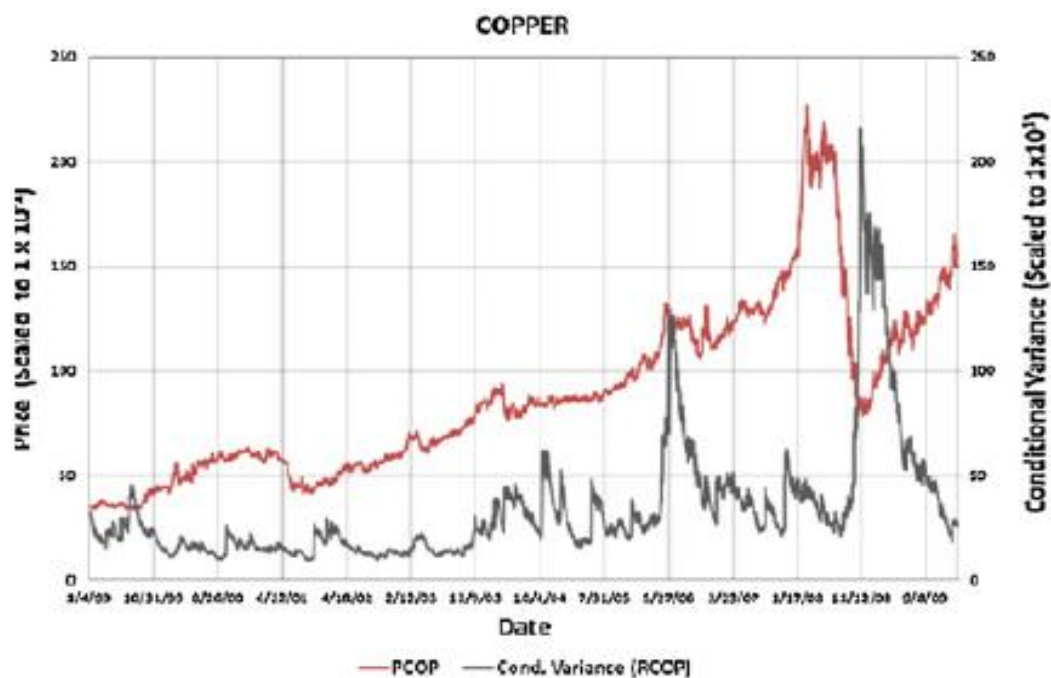


Figura 4.2 O preço do cobre e a sua volatilidade de retorno.

Fonte: Cochran [et. al.] (2012: 289)

Assim, e ainda relativamente à Figura 4.2, verifica-se que é em finais de 2008 que ocorrem novamente as grandes alterações quer a nível de preços do activo, quer a nível da aversão ao risco prevista pelo investidor, sendo que neste caso variam ambos em sentidos opostos; quer isto dizer que quando o VIX sobe, o preço do activo desce.

Relativamente à platina, esta é um metal com propriedades físicas muito particulares, tornando-a assim um activo muito desejável pela indústria. Segundo Cochran [et. al.] (2012), a produção mundial de platina atingiu o pico em 2006, sendo que a partir dessa data e ao ver reduzida a sua produção o seu preço tendeu a aumentar, conforme pode ser observado na Figura 4.3.

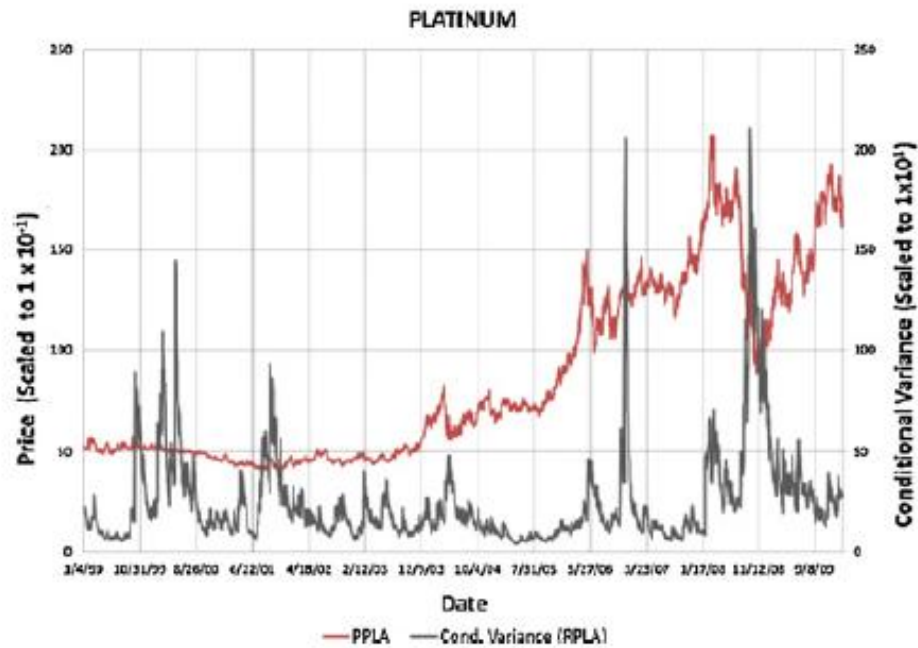


Figura 4.3 O preço da platina e a sua volatilidade de retorno.

Fonte: Cochran [et. al.] (2012: 289)

O VIX apresentado no mercado da platina viu assim não um, mas dois picos de valor: o primeiro a partir de finais de 2006 quando a produção mundial deste activo foi diminuída, tal como referenciado anteriormente, e o segundo em finais de 2008, à semelhança do que ocorreu também no mercado do ouro e do cobre com o início da crise financeira.

Por último, e à semelhança do que foi falado anteriormente acerca do metal cobre, a prata também tem uma elevada importância na economia mundial, uma vez que a mesma está a ser hoje em dia utilizada em diversas áreas: é vista como um activo de investimento em mercados internacionais, utilizada nas mais diversas inovações tecnológicas, nomeadamente em componentes electrónicos, entre muitas outras aplicações.

Sobre este activo, e com recurso à Figura 4.4, podemos igualmente observar a sua forte valorização e respectiva confrontação com o VIX.

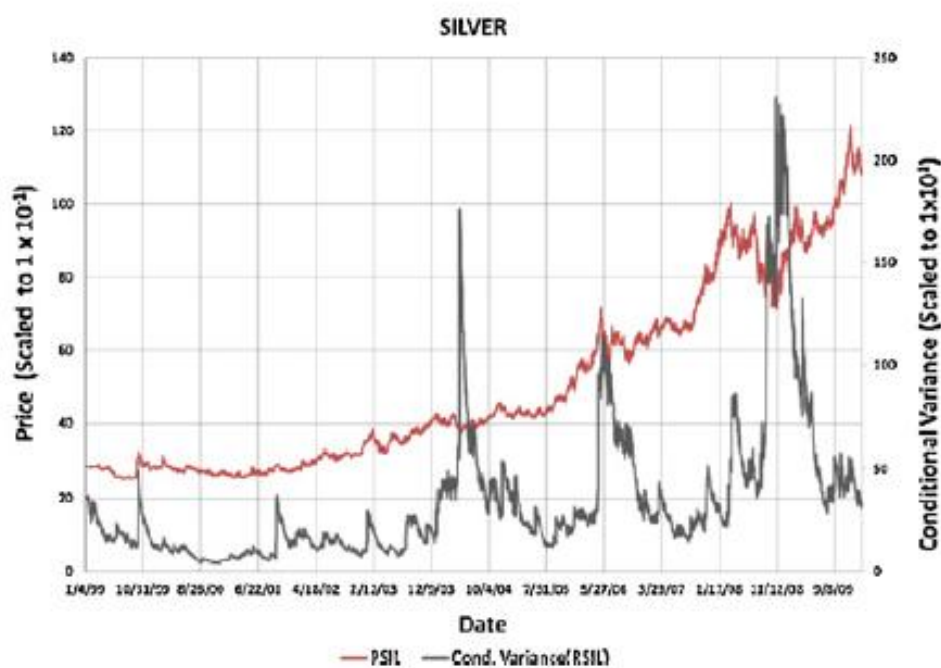


Figura 4.4 O preço da prata e a sua volatilidade de retorno.

Fonte: Cochran [et. al.] (2012: 289)

Tal como nos outros 3 metais preciosos já anteriormente analisados, também a prata teve um forte crescimento no seu preço, identificando-se igualmente em finais de 2008 um elevado VIX.

2.1 Críticas ao modelo *GARCH*

A análise anteriormente apresentada ao comportamento do preço dos metais e respectivos retornos foi calculada com base no modelo *FIGARCH* (1,*d*,1).

Apesar de ser aceite para o estudo em questão, conforme referem Cochran [et. al.] (2012), o processo pelo qual é efectuada a aplicação do modelo estável *GARCH* para avaliar o choque de volatilidade, em especial com o recurso ao modelo integrado *GARCH* (*IGARCH*) foi alvo de várias críticas, das quais se destacam as de Baillie [et. al.] (1996) que afirmam que o modelo *GARCH* implica que o choque de volatilidade vá decrescendo exponencialmente ao longo do tempo enquanto que através do recurso a um processo *IGARCH*, a persistência de choque permanece indefinidamente no mercado.

De acordo com Cochran [et. al.] (2012), as implicações de se especificar um processo *IGARCH* quando na realidade se recorreu a um processo gerador de dados *FIGARCH* são

que os valores assumidos pela variância condicional são incorrectos e persistem no sistema indefinidamente. Já no que diz respeito ao uso do modelo *FIGARCH*, a variância segue uma curva hiperbólica, curva essa que revela a verdadeira extensão da memória longa dos retornos dos metais em estudo. Ainda assim, e conforme Baillie [et. al.] (2012) defendem, a escolha do modelo a aplicar não é feita de acordo com teorias económicas ou financeiras mas sim de acordo com o possível tratamento dos dados e compatibilidade relativamente a fórmulas matemáticas.

2.2 Importância do estudo de dependência de longo prazo

O estudo de dependência de longo prazo na volatilidade dos retornos dos activos, mais conhecido como estudo da memória longa, reveste-se de grande importância para vários intervenientes.

Primeiramente, a partir da perspectiva dos que estudam e desenvolvem as políticas macroeconómicas, uma compreensão dos mercados a longo prazo no que respeita às *commodities* (activos analisados neste trabalho) consegue de alguma forma explicar a variação nos preços das mesmas. Uma vez que a variação do preço das *commodities* afecta de forma significativa o valor das receitas das exportações para os países que dependem destas, os agentes que formulam as políticas económicas destes países devem ter especial atenção na implementação de políticas que se destinem a minimizar os efeitos dos choques de preço sobre estes activos no que respeita à economia doméstica do país.

O estudo da memória dos mercados, tanto no curto como no longo prazo, é um desafio para os interessados nestas matérias uma vez que a eficácia das iniciativas políticas e económicas é altamente influenciada pela natureza do choque e persistência do mesmo na memória longa. Assim, se os choques de volatilidade forem persistentes – seguindo um processo *IGARCH* – as iniciativas políticas que surgirem em resposta aos mesmos destinadas a estabilizar as receitas de exportação serão muito provavelmente ineficazes, devendo optar-se em vez disso por permitir que a economia encontre por si um novo equilíbrio no longo prazo; por outro lado, caso o processo de volatilidade seja do tipo *FIGARCH* ($d < 1$) – ou seja de memória com reversão para a média – os decisores políticos poderão, neste caso, tomar medidas que permitam suavizar a gravidade do choque, acelerando assim a reversão para a média.

Em segundo lugar, o comportamento estocástico dos preços das *commodities* tem importantes aplicações empíricas para a valorização dos créditos sobre as *commodities*, testes de eficiência de mercado e testes de efeitos do anúncio de notícias de mercado. Considera-se igualmente

importante o estudo da dependência de longo prazo na volatilidade das *commodities* nomeadamente no que respeita à análise para o risco de gestão, selecção e gestão da carteira, e para os preços de contratos de longa maturidade.

Por último, o estudo da memória longa deste tipo de mercado permite que, mesmo com choques de volatilidade que tenham ocorrido anos antes, se consiga estimar o impacto da volatilidade desses choques nos dias que correm, tal como defendem Baillie [et. al.] (1996). Como resultado disso, pode afirmar-se que os decisores políticos não devem ter em conta apenas a turbulência dos mercados nos tempos mais recentes mas sim, centrar as suas atenções em actos passados.

Cochran [et. al.] (2012) resumem assim que os resultados do estudo em causa revelam que a metodologia mais apropriada para o estudo da volatilidade condicionada nos mercados de retorno dos metais é o método *FIGARCH*.

Capítulo V – Análise empírica

1. Introdução

Neste capítulo, apresentar-se-á um estudo sobre o grau de persistência ou de memória longa nas rendibilidades do ouro. Note-se que por memória longa entende-se um elevado grau de persistência da série temporal em estudo, persistência essa quer em termos de tempo quer de frequência de ocorrências.

Relativamente ao tempo, a memória de longa caracteriza-se por uma deterioração lenta da função de autocorrelação de uma série de tempo e de dados com maiores amostras. Isto significa que as observações que se encontram longe umas das outras ainda estão fortemente correlacionadas e decaem a uma taxa lenta. Relativamente à frequência das ocorrências, as mesmas informações vêm na forma de um espectro. Assim, se a densidade espectral é ilimitada a baixas frequências, a série temporal diz-nos para expor um processo de memória longa.

Em termos introdutórios começaremos por abordar os conceitos teóricos que se consideraram mais relevantes para o estudo apresentado, seguindo-se uma análise dos principais objectivos.

2. Apresentação do estudo

O estudo que se apresentará de seguida é sobre o grau de persistência das séries temporais relativamente à rendibilidade do ouro para o período que mediu entre 01-05-2004 e 13-06-2014.

Os resultados empíricos que serão apresentados neste ponto têm como objectivo a intenção de ampliar as evidências disponíveis desde 2004, altura em que ainda não se estava a viver a actual crise financeira a nível mundial, até ao momento. Neste caso considerou-se como término o dia 13 de Junho de 2014 para que fosse possível proceder ao tratamento e análise dos dados recolhidos.

Concretamente, apresentam-se estimativas para os modelos *GARCH*, *IGARCH* e parâmetros *FIGARCH*, sendo usados os critérios de informação disponíveis para respectiva discriminação entre os diferentes modelos.

Assim, e mais uma vez, o nosso objectivo é descobrir qual dos modelos anteriormente descritos é mais adequado para caracterizar a dependência no processo de volatilidade no que respeita à memória longa dos mercados financeiros, mais concretamente no mercado internacional do ouro, na amostra seleccionada.

2.1. Metodologia adoptada

Para melhor se compreender o estudo da memória longa no mercado do ouro recorreu-se ao designado efeito de *Hurst*.

Quando surgiu, inicialmente o efeito de *Hurst* foi usado para calcular correlações em fenómenos naturais mas posteriormente teve aplicabilidade para o estudo de séries temporais na área financeira – Lima, Antonini e Filho (200?) e Mesa e Poveda (1993), razão pela qual foi escolhido para o estudo da memória longa apresentado neste capítulo.

Desta forma, ao estudo da persistência da série temporal tanto relativamente ao tempo como à frequência, embora ambas as definições anteriormente mencionadas no ponto 1 deste mesmo capítulo não sejam equivalentes estão relacionadas pelo expoente de *Hurst* - H (Beran, 1994).

Resumidamente, motivado pelo desejo de compreender a persistência dos fluxos de vapor, e posteriormente a criação de depósitos, *Hurst* analisou 900 séries temporais geofísicas e encontrou elevadas correlações de longo prazo entre as flutuações no curso de água à saída do rio Nilo. Após publicação do estudo apresentado por *Hurst* em 1951, vários outros estudos foram publicados com referência a outras áreas tais como a Biologia, a Geofísica, a Meteorologia e a Economia. O efeito de *Hurst* teve também impacto na área de finanças nomeadamente porque se apresenta como uma abordagem alternativa construída sobre os modelos tipo *ARCH* de forma a encontrar a persistência da série histórica da amostra.

2.2. Descrição da amostra

O estudo efectuado recaiu sobre um conjunto de dados diários recolhidos através do banco de dados *Datastream* no período de 1/5/2004 até 13/6/2014.

O *Datastream* é uma enorme base de dados financeiros globais, com informação personalizada e intuitiva que se apresenta, entre outras, sob a forma de gráficos e tabelas, o que facilita o acesso à análise de dados sobre determinados activos num dado período de tempo.

Assim, para o desenvolvimento deste estudo empírico recorreu-se ao *Datastream* para a recolha dos dados da amostra onde se pretendeu estudar o grau de persistência no mercado de acções do ouro.

Os dados usados neste estudo consistem na cotação de fecho diária para o ouro durante o período de 1 de Maio de 2004 até 13 de Junho do corrente ano que totalizam 2724 observações e cuja representação gráfica poderá ser observada na Figura 5.1 a seguir apresentada:

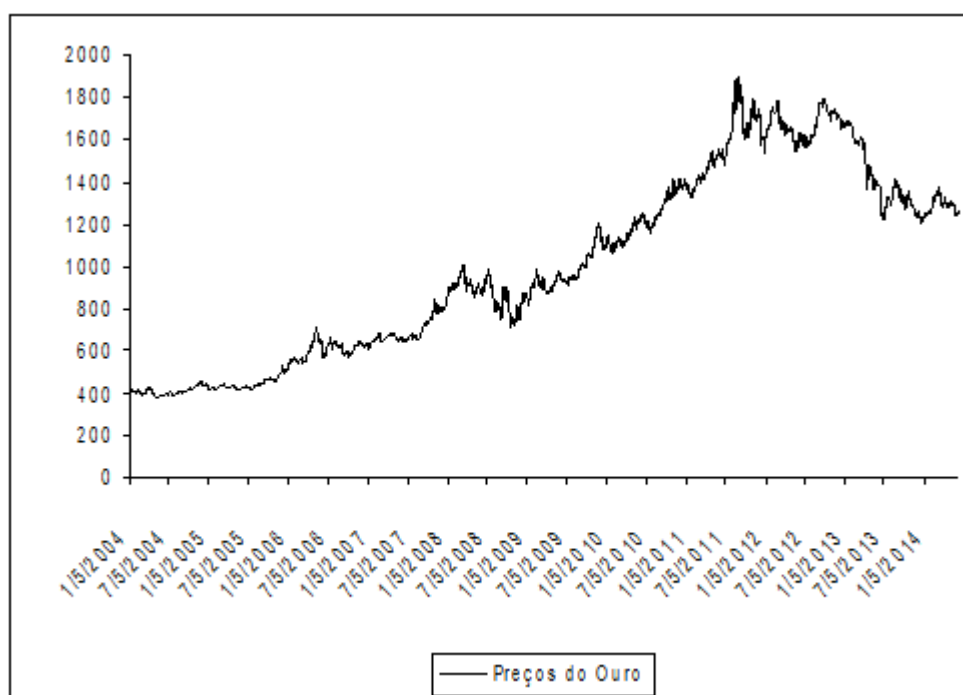


Figura 5.1 Evolução dos preços do ouro

Fonte: Elaboração própria

Conforme se pode observar na Figura 5.1, e à semelhança de outras figuras apresentadas neste trabalho sobre a evolução dos preços do ouro, mas para períodos distintos deste, é visível uma forte valorização a partir do ano de 2008 sendo que a mesma atingiu o seu pico durante o ano de 2012, altura em que, de alguma forma, a economia mundial se ajustou perante as graves dificuldades que se viveram até aí, permitindo assim que a escalada da cotação dos preços do ouro se reduzisse, não conseguindo no entanto fazer com que os preços caíssem para valores anteriores à crise financeira.

Ainda na Figura 5.1, podem verificar-se alguns pontos de interesse, pontos esses que demonstram uma forte volatilidade dos preços do ouro face às oscilações do mercado. Sob uma perspectiva financeira, pode dizer-se que os pontos de maior interesse estão identificados nos anos de 2006, 2008, 2009, 2011, 2012 e 2013.

Relativamente a 2006, com a subida das taxas de juro, a cotação do dólar começou a descer, levando a que o ouro, como sendo um meio de recurso e de segurança para os investidores tendesse a subir, dado que os investidores começaram a investir neste activo, proporcionando assim uma subida repentina na sua cotação, verificando-se que a cotação deste atingiu o preço de aproximadamente 700 USD. No entanto, como é habitual nos mercados, existe sempre alguma volatilidade, e como o ouro não é excepção, verificam-se algumas oscilações nesse mesmo período.

Já no que respeita ao ano de 2008, e de acordo com o que já foi referido neste trabalho, com o colapso provocado pelo escândalo *Lehman Brothers* em 15 de Setembro de 2008, ficou marcado o início da crise financeira mundial, conduzindo assim à existência de alterações muito significativas que provocaram grande oscilação no valor dos metais preciosos, nomeadamente no ouro. Tornaram-se activos altamente voláteis, passando a registar-se uma cotação muito incerta no valor do ouro, no entanto com oscilações positivas face aos seus preços antes deste escândalo.

Em Setembro de 2011, e tal como também já se referiu anteriormente, houve uma forte subida da cotação do ouro, tendo o mesmo atingido os 1.921 USD. Esta subida da cotação do ouro deveu-se essencialmente à turbulência que se viveu nos mercados financeiros internacionais, tal como a crise financeira que surgiu no sector financeiro norte-americano e ainda da dívida pública da zona euro.

No início de 2013, mais precisamente em Abril, registou-se uma forte queda da cotação do ouro, tendo o mesmo chegado ao valor mínimo desde há vários anos de 1.356 USD, queda esta bastante acentuada, uma vez que em Janeiro o seu valor de cotação era de aproximadamente 1.600 USD. Esta descida ficou a dever-se ao facto dos investidores deixarem de acreditar no crescimento da economia mundial de acordo com informações vindas da China e dos EUA, temendo assim que os países recorressem à venda das suas reservas de ouro de forma a compensar as suas dificuldades financeiras, colocando-se ainda em cima da mesa a possibilidade dos bancos centrais colocarem fim ao programa de estímulos.

Por último, em 2013 registou-se a maior queda do valor do ouro, tendo o mesmo registado uma queda na ordem dos 27,8%, no entanto sob o ponto de vista de alguns economistas, esta

queda do valor do ouro pode significar que a economia está apresentar um crescimento positivo, isto é, se o ouro é um meio de recurso e de refúgio quando a economia está em baixa, depreende-se que o desinvestimento no mesmo poderá significar que a economia está a dar sinais de recuperação.

Já no que respeita à rentabilidade do ouro para o mesmo período em estudo, a mesma poderá ser observada na Figura 5.2:

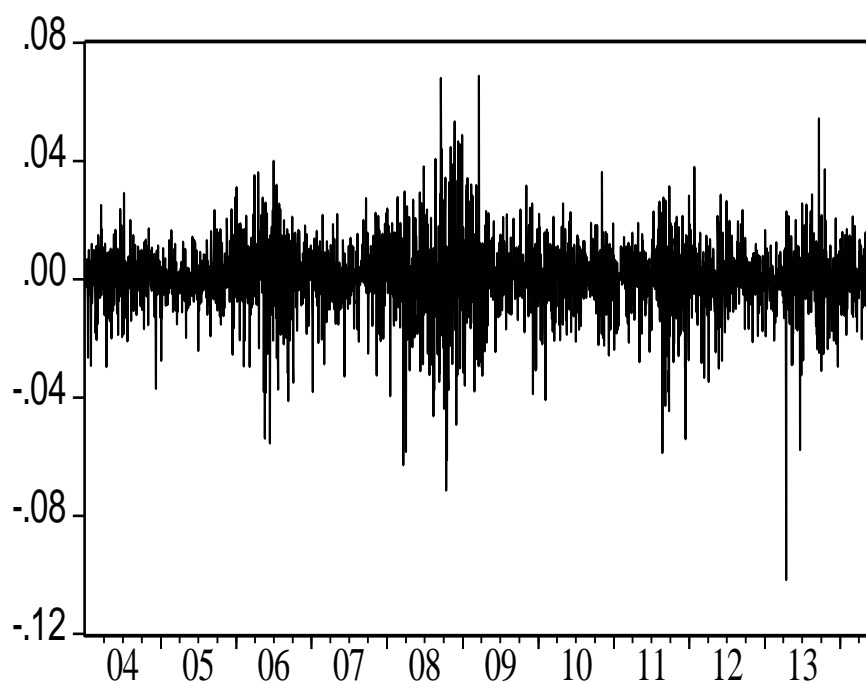


Figura 5.2 Evolução das rendibilidades do ouro

Fonte: Elaboração própria

Através da Figura 5.2, é possível verificar que nem sempre o investimento em ouro foi rentável, apresentando uma grande volatilidade para os mesmos períodos já referenciados como pontos críticos na Figura 5.1, nomeadamente nos anos de 2006, 2008/2009, 2011 e finais de 2012 e início de 2013, altura em que se estava em plena crise financeira mundial, o que origina bastante instabilidade nos mercados, proporcionando assim uma volatilidade mais elevada da rentabilidade do ouro.

A fórmula de cálculo usada para estudar a rentabilidade do ouro cujo gráfico é apresentado na Figura 5.2 que serviu de base ao estudo que aqui se apresenta foi a indicada em 5.1:

$$R_t = \ln P_t - \ln P_{t-1} \quad (5.1)$$

onde R_t denota o índice retorna no tempo t e P_t e P_{t-1} , os preços no tempo t e $t-1$, respectivamente. Mais uma vez, os dados aqui apresentados neste capítulo foram recolhidos a partir do banco de dados *Datastream*.

2.3. Aplicação dos modelos de volatilidade

Antes mesmo de se apresentar o estudo da aplicação aos modelos de volatilidade com os dados anteriormente referidos, foi feita uma análise preliminar das rendibilidades do ouro durante o período em análise e cujos resultados são exibidos na Tabela 5.1, abaixo apresentada.

Tabela 5.1 – Análise preliminar das rendibilidades do ouro⁸

Painel A. Estatísticas descritivas

Média	DP.	Assimetria	Curtose	J-B	Q(10)	BG(10)
0.000406	0.012456	-0.556572	7.993824	2971.131**	14.466	14.10398

Painel B. Testes de Heterocedasticidades

ARCH-LM	Q ² (10)
**131.0550	**228.16

Painel C. Testes de raízes unitárias

ADF	KPSS
-52.49040**	0.214631

Fonte: Elaboração própria

Resumidamente e a título explicativo das variáveis analisadas com a aplicação dos modelos de volatilidade condicionada, no painel A é de salientar que o modelo de teste de *Jarque-Bera (J-B)*, tem como objectivo testar a normalidade da distribuição; já o objectivo do modelo de *Ljung-Box (Q (10))* é testar a 10^a ordem de correlação em série para a hipótese nula de ausência de

⁸ ** Estatisticamente significativa ao nível de 1%

* Estatisticamente significativa ao nível de 5%

correlação; o *Breusch-Godfrey (BG)*, testa a hipótese nula de ausência de correlação serial até 10 *lags*.

Explicando agora as variáveis analisadas no painel B, o *ARCH-Lagrange Multiplier (ARCH-LM)* refere-se ao modelo *ARCH* para a hipótese nula de não auto-regressivo de heteroscedasticidade condicional até 10 *lags*; o $Q^2(10)$ é também um teste *Ljung-Box Q* para correlação serial quadrado padronizado para resíduo com 10 *lags* utilizado para identificar se há efeitos *ARCH*.

Por último, no painel C em relação ao *Augmented Dickey e Fuller (ADF)*, este testa a hipótese nula de não estacionaridade, tendo em conta um intervalo de valores críticos de -3,43 (1%) e -2,86 (5%) para constante e -3,96 (1%) e -3,41 (5%) para tendência linear e constante; por último, *Kwiatkowski, Phillips, Schmidt and Shin (KPS)* é um teste utilizado para a hipótese nula de estacionaridade. Os valores críticos são: 0,739 (1%) e 0,463 (5%) para constante e 0,216 (1%) e 0,146 (5%) para tendência linear e constante.

Iniciando agora a análise aos dados recolhidos pela parte de estatísticas descritivas – Painel A da Tabela 5.1 – descobrimos que os rendimentos médios diários são positivos mas muito pequenos quando comparados com o desvio padrão. A série é também caracterizada pela assimetria negativa e altos níveis de curtose positivos, indicando que não se trata totalmente de uma distribuição normal uma vez que a sua cauda tem mais observações de um dos lados, no entanto, o teste *J-B*, confirma-nos que este estudo parte de uma distribuição normal, como pode ser graficamente observado através do enredo do histograma representado na Figura 5.3. Assim, estes resultados incentivam a adopção de uma distribuição alternativa n , que seja capaz de incorporar estes dados, como o estudo da Distribuição dos Erros Generalizada (GED). Para além do estudo do GED, os *Ljung-Box Q*-estatísticas ($Q(10)$) e as estatísticas de BG revelaram a não existência de correlação.

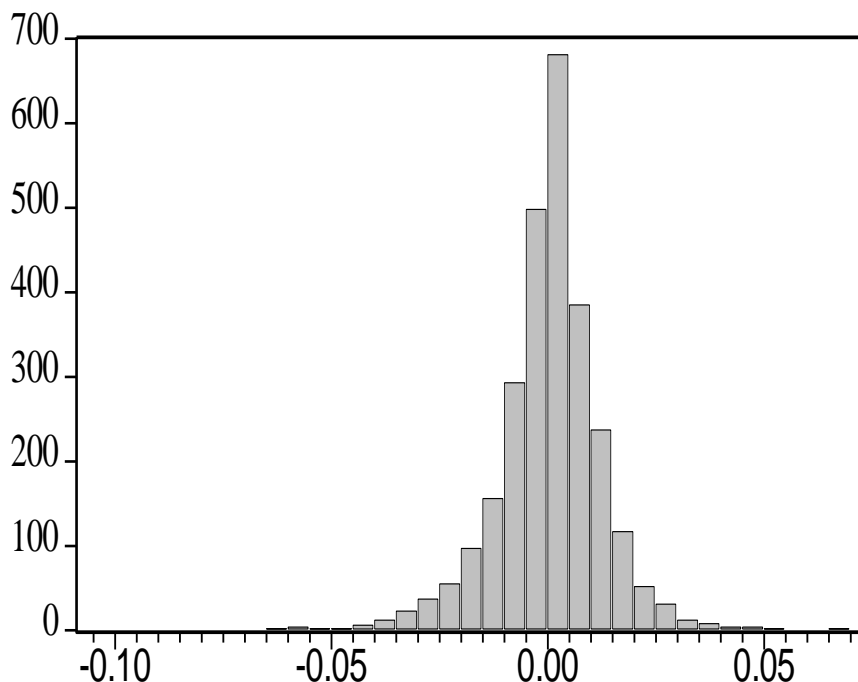


Figura 5.3 Histograma das rendibilidades do ouro

Fonte: Elaboração própria

É possível ainda constatar, com recurso à Tabela 5.1- Paineis B, que os resultados para os testes *ARCH-LM* e $Q^2(10)$ são altamente significativos, revelando, assim, a presença de efeitos do modelo *ARCH*.

Resumindo, e ainda com recurso ao Painel B da Tabela 5.1, constatou-se que não existe autocorrelação pelo que não é preciso estimar nenhum modelo de Auto-regressão (AR).

Olhando agora para os testes de raiz unitária (Tabela 5.1 - Painel C), uma análise das estatísticas *ADF* e *KPSS* diz-nos que a série de retorno é estacionária. Na verdade, o teste *ADF* rejeita a hipótese nula de não estacionariedade ao nível de significância de 1%, ao passo que para o *KPSS* a hipótese nula de estacionariedade não é rejeitada. Ambos os testes foram estimados considerando uma constante e uma constante e tendência linear nos regressores exógenos.

2.4. Resultado da aplicação dos modelos de volatilidade

Conforme mencionado anteriormente, procedeu-se à estimação dos modelos de volatilidade *GARCH(1,1)*, *IGARCH(1,1)* e *FIGARCH(1,d,1)*.

Todos os parâmetros foram estimados pelo *quasi maximum likelihood estimation method* utilizando o pacote de econométrico *OxMetrics* 5.00.

Uma vez que os retornos seguem uma distribuição com cauda mais grossa do que o normal, assumimos uma distribuição GED para fins de estimativa.

2.4.1. Estimação do Modelo *GARCH*

De acordo com Bollerslev (1986), e conforme o descrito no ponto 3.2 do Capítulo III deste trabalho, o modelo de *GARCH* permite avaliar a variância condicionada tanto em função do quadrado dos resíduos passados, como também dos próprios valores passados da variância condicionada e a fórmula utilizada é a indicada em 5.2.

$$\sigma_t^2 = \omega + \sum_{i=1}^q \alpha_i \mu_{t-i}^2 + \beta_j \sigma_{t-j}^2 \quad (5.2)$$

Como se pode observar com recurso à Tabela 5.2, abaixo apresentada, os parâmetros ω , α e β da equação *GARCH* e o coeficiente de cauda da distribuição GED são todos positivos e considerados altamente significativos uma vez que ao usarmos este modelo os resultados devem descobrir parâmetros positivos e altamente significativos ao nível de 1%.

Tabela 5.2 – Estimativa do modelo *GARCH*⁹

Parâmetro	<i>GARCH</i> (1,1)
ω	0.010535** (0.0000)
d	---
α	0.038806** (0.0000)
β	0.954463 (0.0000)
<i>GED</i>	1.097268** (0.0000)
LL	8462.79
AIC	-6.209832
SIC	-6.196784
J-B	2319**
$Q(10)$	10.8706
ARCH-LM	2.581
$Q^2(10)$	24.5654

Fonte: Elaboração própria

No caso em estudo, não foi obtido nenhum parâmetro de diferença fracionária (d), no entanto, como o modelo satisfaz a condição $\alpha + \beta \cong 1$ (considerada neste trabalho como sendo a hipótese nula), o mesmo evidencia uma forte persistência no retorno das séries, pelo que existe uma grande motivação para continuar a análise utilizando os modelos *IGARCH* e *FIGARCH* indo ao encontro do nível de persistência do estudo.

Como a formulação *GARCH* considera choques de decadência a uma taxa geométrica rápida, essa especificação não é adequada para descrever a memória de longo prazo, sendo apenas adaptada para acomodar fenômenos de curta memória.

2.4.2. Estimação do Modelo *IGARCH*

À semelhança do que aconteceu com a criação do Modelo de *GARCH*, e tal como foi referido no ponto 3.3 do Capítulo III, Engle e Bollerslev (1986) desenvolveram o modelo *IGARCH*.

⁹ ** Estatisticamente significativa ao nível de 1%

* Estatisticamente significativa ao nível de 5%

Valores entre parêntesis representam o erro padrão

Uma vez que este modelo é mais uma extensão do modelo *ARCH* original, é utilizado para sobreavaliação da memória longa na equação da variância condicionada sempre que o modelo *GARCH(p,q)*, satisfaça a condição 5.3.

$$\hat{\alpha}(1) + \hat{\beta}(1) = \sum_{i=1}^q \hat{\alpha}_i + \sum_{i=1}^p \hat{\beta}_i = 1 \quad (5.3)$$

ou que pelo menos apresente valores muito próximos da unidade.

Após ser satisfeita a condição anterior, têm de se verificar duas outras situações para utilizar a fórmula do modelo *IGARCH* com base na fórmula original *GARCH*, situações essas já previamente explicadas.

Assim, e como já foi anteriormente referenciado, a fórmula para o Modelo *IGARCH* é a correspondente a 5.4:

$$\Phi(L)(1-L)\sigma_t^2 = \omega + [1-\beta(L)]v_t \quad (5.4)$$

Como se pode observar com recurso à Tabela 5.3, verifica-se que os parâmetros ω e α são estatisticamente significativos a um nível de 1%.

Tabela 5.3 – Estimativa do modelo *IGARCH*¹⁰

Parâmetro	<i>IGARCH</i> (1,1)
ω	0.005173** (0.0000)
d	---
α	0.043188** (0.0000)
β	1.079119** (0.0000)
<i>GED</i>	1.295030** (0.0000)
LL	8460.99
AIC	-6.209043
SIC	-6.194273
J-B	2441.71**
$Q(10)$	7.64307
ARCH-LM	3.13897
$Q^2(10)$	31.38635

Fonte: Elaboração própria

Tendo em conta os princípios gerais do modelo *IGARCH* já anteriormente identificados, pode confirmar-se que os resultados obtidos em *IGARCH*(1,1) são integrados na variância, com tendência, uma vez que a estimativa para o parâmetro ω é estatisticamente significativa a 1%, mantendo-se a hipótese nula, pelo que se podem continuar a considerar os valores obtidos pelo modelo *GARCH*.

Tal como no modelo *GARCH*, no modelo *IGARCH* continua a dar-se preferência ao parâmetro *GED* para a distribuição dos erros, tendo em conta novamente o problema das caudas pesadas.

Conclui-se desta forma que este modelo, uma vez que apresenta dados muito semelhantes ao anterior, não nos transmite a informação que desejamos, ou seja, não foi obtido nenhum parâmetro de diferença fraccionária (d), no entanto, como desta forma se mantêm os valores do *GARCH* estamos novamente em condições de prosseguir os nossos cálculos para determinar o valor do parâmetro de diferença fraccionária recorrendo ao modelo *FIGARCH*.

¹⁰ ** Estatisticamente significativa ao nível de 1%

* Estatisticamente significativa ao nível de 5%

Valores entre parêntesis representam o erro padrão

2.4.3. Estimação do Modelo *FIGARCH*

Por último, o Modelo *FIGARCH* foi desenvolvido por Baillie [et. al.] (1996) e ficou conhecido como o Modelo *FIGARCH*(p, d, q).

O modelo *FIGARCH*(p, d, q), é assim apresentado pela fórmula 5.5, tal como já referenciado no ponto 3.4 do Capítulo III.

$$\Phi(L)(1 - L)^d \sigma_t^2 = \omega + [1 - \beta(L)] \nu_t \quad (5.5)$$

A principal característica deste modelo é permitir uma abordagem mais flexível, ou seja, este modelo permite a possibilidade de admitir vários níveis intermédios de persistência, acumulando assim os dados dos outros modelos que na realidade não conseguem identificar evidências de memória longa (*GARCH* e *IGARCH*).

Observando agora a Tabela 5.4, é possível verificar que os parâmetros ω , α e β apresentam um nível de significância de 1% e todos com valores positivos, apresentando também um GED positivo e com nível de significância de 1%. Os valores destes parâmetros são semelhantes aos valores dos modelos *GARCH* e *IGARCH*, pelo que os seus significados também são semelhantes no entanto, este modelo apresenta um novo parâmetro que até ao momento não tinha sido possível identificar/testar com os modelos *GARCH* e *IGARCH*, parâmetro esse que nos indica a diferença fraccionária (d), o qual no caso concreto em estudo apresenta um valor de 0,768208. Este valor mostra-nos que existe um elevado nível de persistência para a série de retorno, uma vez que quanto mais perto este valor estiver da unidade, maior será o seu nível de persistência, tendo em conta que o seu valor é expresso no intervalo de $0 \leq d \leq 1$. Este mesmo parâmetro também apresenta um nível de significância de 1% tal como os restantes parâmetros já abordados.

Tabela 5.4 – Estimativa do modelo *FIGARCH*¹¹

Parâmetro	FIGARCH (1,d,1)
ω	0.009884** (0.0000)
d	0.768208** (0.0000)
α	0.181373** (0.0000)
β	0.903624** (0.0000)
<i>GED</i>	1.081415** (0.0000)
LL	8463.82
AIC	-6.209853
SIC	-6.196836
J-B	2494.6**
$Q(10)$	10.6906
ARCH-LM	3.9648
$Q^2(10)$	38.7589

Fonte: Elaboração própria

Conclui-se assim que dos três modelos apresentados, o único que nos dá o nível de memória longa da volatilidade é o modelo *FIGARCH* no entanto, alerta-se para o facto de que também existem outros parâmetros importantes que nos permitem a possibilidade de análise sobre qual o modelo mais adequado a testar de acordo com as nossas necessidades, conforme poderá ser observado no ponto seguinte.

2.5. Comentário dos resultados dos modelos de volatilidade

Neste ponto iremos realizar uma análise mais geral dos três modelos, para tal efeito iremos ter por base a Tabela 5.5, na qual se apresentam os resultados obtidos para a estimação dos três modelos, transmitindo assim uma melhor visualização dos resultados.

¹¹ ** Estatisticamente significativa ao nível de 1%

* Estatisticamente significativa ao nível de 5%

Valores entre parêntesis representam o erro padrão

Tabela 5.5 – Estimativa dos Modelos *GARCH(1,1)*, *IGARCH(1,1)* e *FIGARCH(1,d,1)*¹²

Parâmetro	GARCH (1,1)	IGARCH (1,1)	FIGARCH (1,d,1)
ω	0.010535** (0.0000)	0.005173** (0.0000)	0.009884** (0.0000)
d	---	---	0.768208** (0.0000)
α	0.038806** (0.0000)	0.043188** (0.0000)	0.181373** (0.0000)
β	0.954463 (0.0000)	1.079119** (0.0000)	0.903624** (0.0000)
<i>GED</i>	1.097268** (0.0000)	1.295030** (0.0000)	1.081415** (0.0000)
LL	8462.79	8460.99	8463.82
AIC	-6.209832	-6.209043	-6.209853
SIC	-6.196784	-6.194273	-6.196836
J-B	2319**	2441.71**	2494.6**
<i>Q</i> (10)	10.8706	7.64307	10.6906
ARCH-LM	2.581	3.13897	3.9648
<i>Q</i> ² (10)	24.5654	31.38635	38.7589

Fonte: Elaboração própria

Foram realizados um número de testes de diagnóstico com a finalidade de avaliar a adequação dos modelos anteriormente apresentados, e que foram a base deste trabalho, para descrever a volatilidade dos retornos no mercado do ouro.

Assim, e de acordo com os nossos resultados, os valores do teste de estatística *Q Ljung-Box* para 10 *lags* dos resíduos padronizados para todos os modelos não conseguem rejeitar a hipótese nula de não autocorrelação ao nível de significância de 1%. Por conseguinte, todos os modelos parecem ser adequados para descrever a dependência linear na série de retorno. Além disso, no teste *ARCH-LM* (10) não se pode rejeitar a hipótese nula de nenhum efeito *ARCH* para todos os três modelos considerados. Isto é corroborado pelas estatísticas *Ljung-Box* dos resíduos quadrados, o que é significativo ao nível de 1%, desdobrando-se, assim, que essas especificações são suficientes para capturar heterocedasticidade condicional na equação da variância condicional.

¹² ** Estatisticamente significativa ao nível de 1%

* Estatisticamente significativa ao nível de 5%

Valores entre parêntesis representam o erro padrão

Finalmente, há ainda uma evidência da não-normalidade na série residual como o teste *J-B* que rejeita o nulo de gaussianidade ao nível de 1%.

Tendo estimado estes três modelos, continua uma pergunta sem resposta: qual é o melhor modelo para descrever a dependência condicional no processo de volatilidade, no nosso caso específico, no processo de volatilidade do mercado do ouro?

A fim de distinguir entre modelos que empregam a log-verossimilhança (LL), *Akaike Information Criterion (AIC)* e *Schwarz Information Criterion (SIC)* critérios de informação, de acordo com a Sin e White (1996), o modelo mais adequado para descrever os dados é aquele que maximiza a função LL e minimiza os critérios *SIC* e *AIC*. No nosso caso, o modelo que preenche estas condições é o modelo *FIGARCH* (1, *d*, 1).

Os resultados obtidos na formulação *GARCH* também sugerem persistência uma vez que a soma de α e β está muito perto 1.

2.6. Conclusão dos resultados do estudo

Com o objectivo de analisar o grau de persistência das rendibilidades do ouro recorreu-se à recolha de uma amostra das rendibilidades do ouro para o período de 01/05/2004 a 13/06/2014 com a ajuda dos dados retirados da base de dados *Datastream*, tal como já referido anteriormente.

Através da recolha desses dados, procedeu-se à análise dos três modelos de volatilidade condicionada (*GARCH*, *IGARCH* e *FIGARCH*) para o respectivo período.

Este estudo foi realizado por várias etapas, tendo sido a primeira etapa composta por uma análise preliminar dos dados com base nas estatísticas descritivas da variável em consideração; após essa análise, concluiu-se que as rendibilidades do ouro não apresentavam uma distribuição normal no entanto, demonstrou-se que os resultados são estacionários, permitindo assim uma análise mais profunda de cada modelo.

Iniciou-se a análise com o modelo *GARCH*, análise esta que nos indicou que os parâmetros ω , α e β da equação *GARCH* e o coeficiente de cauda da distribuição GED são todos positivos e considerados altamente significativos, no entanto, e apesar disto, este modelo não é eficiente para analisar/testar o nível de memória longa. Embora não tenha a capacidade de testar o nível de memória longa, o mesmo satisfaz a condição necessária $\alpha + \beta \cong 1$, ou seja, evidencia uma forte persistência no retorno das séries, pelo que existe uma grande motivação para continuar a análise utilizando os outros modelos.

A análise prosseguiu para o segundo modelo em estudo, o modelo *IGARCH*, e verificou-se novamente que os parâmetros ω e α são estatisticamente significativos a um nível de 1%, confirmando-se ainda que os resultados obtidos em *IGARCH*(1,1) são integrados na variância, mantendo-se a hipótese nula, pelo que se pode continuar a considerar os valores obtidos pelo modelo *GARCH*. Concluiu-se desta forma que este modelo embora não nos tenha indicado o resultado que procuramos, nos deixa em condições de continuar a análise e testar o modelo *FIGARCH* na tentativa de obter o parâmetro de diferença fraccionária (d).

Por último, ao testar o modelo *FIGARCH*, encontramos o tão desejado parâmetro da diferença fraccionária (d), o qual apresenta um valor de 0,768208, valor este que mostra que existe um elevado nível de persistência para a série de retorno, uma vez que quanto mais perto este valor estiver da unidade, maior será o seu nível de persistência, dado que o seu valor é expresso no intervalo de $0 \leq d \leq 1$.

Conclui-se assim que, dos três modelos testados, o que se revelou mais eficaz neste estudo foi o modelo *FIGARCH* porque nos transmitiu o nível de memória longa que a amostra apresenta.

Capítulo VI – Conclusão

Durante a elaboração do presente trabalho, foram fornecidos elementos de natureza teórica, acompanhados com alguns gráficos e tabelas de forma a elucidar o leitor sobre o assunto que abordado ao longo do mesmo.

Assim, e após a identificação dos aspectos introdutórios considerados como necessários, começou por se efectuar uma revisão da literatura no que respeita aos conceitos teóricos considerados relevantes para o tema, bem como a apresentação de alguns casos reais que ocorreram durante o período em estudo, não só referentes ao nosso país, como também referentes à Europa no seu conjunto, alargando ainda mais a abordagem um pouco a nível mundial, uma vez que o estudo é sobre as rendabilidades do ouro, que é considerado um activo muito precioso, activo este detido por quase todos os países como forma de reserva para sustentar as suas economias.

O tema aqui desenvolvido sublinha a importância deste metal precioso, o ouro, na economia mundial e como o mesmo é utilizado para fazer face às dificuldades financeiras de um país. O tema principal deste trabalho foi sem dúvida o ouro, quer na vertente nacional como internacional. Para complementar o estudo e ser possível realizar o estudo empírico, foi dada grande ênfase à teoria da memória longa na volatilidade, para que seja possível analisar a volatilidade do ouro durante o período em análise e de acordo com os acontecimentos que foram ocorrendo na economia mundial, principalmente tendo em conta a crise financeira que se iniciou há já alguns anos e que ainda não está totalmente ultrapassada.

Durante esta análise abordámos de uma forma teórica alguns modelos que foram essenciais para o desenvolvimento do estudo empírico, daí a necessidade de os abordar de uma forma teórica para dar a entender ao leitor quais os objectivos de cada modelo, assim como a sua funcionalidade.

Após a revisão da literatura no que respeita aos modelos de estudo da volatilidade condicionada e de alguns casos reais evidenciados na economia mundial, iniciou-se a apresentação do estudo empírico realizado, concluindo-se que, de entre os modelos estudados (*GARCH*, *IGARCH* e *FIGARCH*), o que se revelou mais eficaz e eficiente para a análise deste tema foi o modelo *FIGARCH*, apresentando-nos o parâmetro da diferença fraccionária (d), com um valor de 0,768208, o que nos indica a existência de um elevado nível de persistência do retorno dos seus valores com base em dados temporais de forma a ter um ponto de comparação, ou seja, a memória longa dos mercados. Este valor indica-nos que os decisores económicos não podem apenas analisar os factos presentes e recentes, pois, com este estudo

demonstra-se que o ouro é um activo que reage positiva ou negativamente com os acontecimentos, ainda que com algum intervalo de tempo, dando assim a oportunidade de preparar os mercados de forma a suavizar esse impacto na economia de um país, permitindo desta forma conseguir uma melhor compreensão dos mercados a longo prazo.

Conclui-se então que para a amostra estudada no que diz respeito à cotação diária do ouro entre 1/05/04 e 13/06/14, existe uma forte persistência na memória dos preços do ouro.

Nota: Este trabalho foi redigido em conformidade com a redacção anterior ao novo acordo ortográfico.

Referências Bibliográficas

- ARLLOUFILL [em linha] (2014) [Consultado em 07-05-2014] Disponível em: <http://www.arlloufill.com/index.php?id1=15&id2=3&id3=32>.
- ARAÚJO, Maria Isabel da Silva – **O Ouro como Valor de Refúgio**. Braga: Universidade do Minho, 2013. Dissertação de Mestrado.
- ARAÚJO, Marísia Adriana Dos Reis – **Análise de Clusters e Volatilidade de Índices de Acções**. Lisboa: Instituto Superior de Contabilidade e Administração de Lisboa, 2010. Dissertação de Mestrado.
- AROURI, Mohamed El Hedi. HAMMOUDEH, Shawkat . LAHIANI, Amine. NGUYEN, Duc Khuong. – **Long memory and structural breaks in modeling the return and volatility dynamics of precious metals**. *The Quarterly Review of Economics and Finance* 52, 2012. p. 207– 218.
- BAILLIE, Richard T. BOLLERSLEV, Tim. MIKKELSEN, Hans Ole – **Fractionally integrated generalized autoregressive conditional heteroskedasticity**. *Journal of Econometrics* 74, 1996. p.3-30.
- BAFFES, John. – **Oil spills on other commodities**. *Resources Policy* 32, 2007. p. 126–134.
- BANERJEE, Anindya. URGA, Giovanni – **Modelling structural breaks, long memory and stock market volatility: an overview**. *Journal of Econometrics*, Volume 129, 2005. P. 1–34.
- BAUR, Dirk G. MCDERMOTT, Thomas K. – **Is gold a safe haven? International evidence**. *Journal of Banking & Finance* 34, 2010. p. 1886–1898.
- BATTEN, Jonathan A. CINER, Cetin. LUCEY, Brian M. – **The macroeconomic determinants of volatility in precious metals markets**. *Resources Policy* 35, 2010. p. 65–71.
- BELBUTE, José Manuel - **Procura final de energia em Portugal: Existe evidência sobre a presença de memória longa?** Évora: 2013. – Trabalho da Universidade de Évora – Documento de Trabalho nº 2013/01.
- BENTES, Sónia Margarida Ricardo – **Sobre a medição da volatilidade nos mercados bolsistas internacionais: evidência dos países do G7**. Lisboa: Edições Colibri, 2011. ISBN 978-989-689-124-4. p.31-56.
- BERAN, Jan. – **Statistics for Long Memory Processes**. New York: Chapman and Hall 1994. ISBN 0 412 04901 5.
- BERG, Hendrik Van den - **International economics**. Boston : McGraw-Hill, 2004. ISBN 0-07-239796-9. cap.14 p.498.
- BOLLERSLEV, Tim – **Generalized autoregressive conditional heteroskedasticity**. *Journal of Econometrics* 31, 1986. p. 307-327.
- CAI, J., CHEUNG, Yan-Leung, WONG, Michael.C.S. – **What moves the goldmarket?** *The Journal of Futures Markets* 21, 2001. p.257–278.
- CAPIE, Forrest. MILLS, Terence C. WOOD, Geoffrey – **Gold as a hedge against the dollar**. *Journal of International Financial Markets, Institutions & Money* 15, 2005. p.343-352.

- CARVALHO, Henrique – **Como Investir em Ouro: O Guia Completo**. [em linha] (26-02-2013). [Consultado em 09-05-2014]. Disponível em: <http://hcinvestimentos.com/2013/02/26/como-investir-em-ouro/>.
- CHARLOT, Philippe. MARIMOUTOU, Vélayoudom - **On the relationship between the prices of oil and the precious metals: Revisiting with a multivariate regime-switching decision tree**. Energy Economics, 2014.
- CHEN, Mei-Hsiu – **Understanding world metals prices - returns, volatility and diversification**. Resour. Policy 35 (3), 2010. p. 127–140.
- CHKILI, Walid. HAMMOUDEH, Shawkat. NGUYEN, Duc Khuong – **Volatility forecasting and risk management for commodity markets in the presence of asymmetry and long memory**. Energy Economics 41, 2014. p. 1–18.
- COCHRAN, Steven J. MANSUR, Iqbal. ODUSAMI, Babatunde – **Volatility persistence in metal returns: A FIGARCH approach**. Journal of Economics and Business 64, 2012. p.287-305.
- D'AGOSTO, Marcelo – **Sem juro alto, ouro chama a atenção**. [em linha] (15-08-2012). [Consultado em 10-07-2014]. Disponível em: <http://www.valor.com.br/valor-investe/o-consultor-financeiro/2789990/sem-juro-alto-ouro-chama-atencao>
- ELDER, J. SERLETIS, A – **Long memory in energy futures prices**. Rev. Financ. Econ. 17, 2008. p.146–155.
- ENGLE, Robert F. BOLLERSLEV, Tim – **Modelling the persistence of conditional variances**. Econometric Reviews 5, 1986. P. 1-50.
- FERREIRA, Domingos – **Opções financeiras: gestão de risco, especulação e arbitragem**. 2ª ed. Lisboa: Sílabo, 2009. ISBN 978-972-618-519-2. cap. 2, cap. 9, cap. 10.
- GOLD.ORG (1) [em linha] [consultado em 02-04-2014]. [Disponível em: <http://www.gold.org/reserve-asset-management/statistics>].
- GOLD.ORG (2) [em linha] [consultado em 02-04-2014]. [Disponível em: <http://www.gold.org/reserve-asset-management/statistics>].
- GOMES, Luís Pereira. SOARES, Vasco Salazar – **Dependência de Longo Prazo em Retornos Accionistas: Modelação e Evidência Empírica Internacional**. Trabalho apresentado coma prova de capacidade científica.
- GUILLOCHON, Bernard – **Economia Internacional**. 2ª ed. Lisboa: Planeta Editora, 1993. ISBN 972-731-036-2. parte II. cap.7 p.217-218.
- HAMMOUDEH, Shawkat. YUAN, Yuan – **Metal volatility in presence of oil and interest rate shocks**. Energy Economics 30, 2008 P. 606–620.
- HAMMOUDEH, S. MALIK, Farook. MCALEER, Michael – **Risk management of precious metals**. The Quarterly Review of Economics and Finance, Volume 51(4), 2011. P. 435–441.
- HILLIER, David. DRAPER, Paul. FAFF, Robert W. – **Do Precious Metals Shine? An Investment Perspective**. Financial Analysts Journal, Vol. 62 n 2, 2006. p. 98-106.
- HOOD, Matthew. MALIK, Farooq – **Is gold the best hedge and a safe haven under changing stock market volatility? Review of Financial Economics 22, 2013. p. 47–52**.
- KRUGMAN, Paul R. OBSTFELD, Maurice. MELITZ, Marc J. – **International economics : theory and policy**. 9ª ed. Boston : Pearson, 2012. ISBN: 978-0-273-75409-1.

- LEVINSON, Marc – **Guia dos Mercados Financeiros**. Lisboa : Caminho, 2005. ISBN 972-21-1723-8. p.43-44.
- LIMA, Fabiano. ANTONINI, Vinícius do Amaral. FILHO, Antônio Carlos da Silva – **Análise do expoente de Hurst em séries temporais financeiras**. [em linha] [Consultado em 28-06-2014]. Disponível em: <http://www.ead.fea.usp.br/semead/12semead/resultado/trabalhosPDF/453.pdf>.
- MAMON, Rogemar S. ERLWEIN, Christina. GOPALUNI, Bhushan – **Adaptive signal processing of asset price dynamics with predictability analysis**. Information Sciences 178, 2008. p. 203–219.
- MEDEIROS, Eduardo Raposo de – **Economia Internacional**. 7ª ed. Lisboa : Instituto Superior de Ciências Sociais e Políticas, 2003. ISBN 972-8726-24-4. parte IV. p. 733-798.
- MEDEIROS, Eduardo Raposo de – **Economia Internacional**. 6ª ed. Lisboa : Instituto Superior de Ciências Sociais e Políticas, 2000. ISBN 972-9229-71-6. parte IV. p. 589-632.
- MEDEIROS, Eduardo Raposo de – **Economia Internacional**. 4ª ed. Lisboa : Instituto Superior de Ciências Sociais e Políticas, 1994. ISBN ? parte II. p. 105-106; p. 217.
- MESA, Oscar J. POVEDA, German – **The Hurst Effect: The Scale of Fluctuation Approach**. Water Resources Research 29, 1993. p.3995-4002.
- MILLS, Terence C. – **Statistical analysis of daily gold price data**. Physica A 338, 2004. p. 559 – 566.
- MONTEIRO, Paulo – Ouro: perspectivas de evolução. Lisboa: Banco Invest, S.A., publicação 4º Trimestre, 2012. [em linha] [consultado em 01-02-2014]. Disponível em: <http://www.bancoinvest.pt/Publico/Ideias/Perspectivas.aspx>.
- OURINVEST [em linha][consultado em 04-05-2014]. Disponível em: <http://www.ourinvestentrecampos.com/galeria.html>
- OUROS.COM.PT [em linha] [Consultado em 24-03-2014]. Disponível em: <http://www.ouros.com.pt/cotacao-do-ouro/>
- PARISI, Antonino. PARISI, Franco. DÍAZ, David. – **Forecasting gold price changes: Rolling and recursive neural network models**. Journal of Multinational Financial Management 18, 2008. p. 477-487.
- PEREIRA, Diana Sofia das Neves Cardoso – A Estratégia da Valores – o Primeiro Franchising de Compra e Venda de Ouro em Portugal. Lisboa: Instituto Universitário de Lisboa, 2013. Projecto de Dissertação de Mestrado.
- PINTO, Carlos Guimarães – Do Ouro (3). [em linha] (25-08-2011) [Consultado em 24-03-2014]. Disponível em: <http://oinsurgente.org/2011/08/25/do-ouro-3/>
- REINHART, Carmen M. ROGOFF, Kenneth S. – **Growth in a Time of Debt**. NBER Working Paper No. 15639, 2010.
- ROSS, S.A. – **Information and volatility: The no-arbitrage martingale approach to timing and resolution irrelevancy**. Journal of Finance 54, 1989. p.1-17.
- SILVA, Eduardo Sá. MOTA, Carlos. QUEIRÓS, Mário. PEREIRA, Adalmiro – **Finanças e gestão de riscos internacionais**. Porto: Vida económica, 2013. ISBN 978-972-788-730-9.

- SILVEIRA, Thiago Kurimori Garcia Da – **Modelo de Previsão com Volatilidade Estocástica**. São Paulo: Trabalho de Formatura apresentado à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2008.
- SIN, Chor-Yiu. White, Halbert – **Information Criteria for selecting possibly misspecified parametric models**. *Journal of Econometrics* 71, 1996. p.207-325.
- SJAASTAD, Larry A. SCACCIAVILLANI, Fabio – **The price of gold and the exchange rate**. *Journal of International Money and Finance*, 15, 1996. p. 879–897.
- UOL.COM.BR (1) [em linha] (2014) [Criado em 15-05-2014]. Disponível em: <http://economia.uol.com.br/cotacoes/cambio/dolar-comercial-estados-unidos/>
- UOL.COM.BR (2) [em linha] (2014) [Criado em 15-05-2014]. Disponível em: <http://economia.uol.com.br/cotacoes/cambio/dolar-comercial-estados-unidos/>
- UOL.COM.BR (3) [em linha] (2014) [Criado em 15-05-2014]. Disponível em: <http://economia.uol.com.br/cotacoes/cambio/dolar-comercial-estados-unidos/>
- WANG, Kuan-Min. LEE, Yuan-Ming. THI, Thanh-Binh Nguyen – **Time and place where gold acts as an inflation hedge: An application of long-run and short-run threshold model**. *Economic Modelling* 28, 2011. p. 806–819.
- WORLD GOLD COUNCIL – **Gold Investor: Risk management and capital preservation**. London: 2013. Vol. 1.

Anexos

Anexo 1 – Ranking dos países com maiores reservas de ouro mundiais