

ESTUDOS CMVM
N.º1 2011

VALUE-AT-RISK:

UMA APLICAÇÃO AO PRINCIPAL
ÍNDICE DE ACÇÕES
DO MERCADO PORTUGUÊS



CMVM

Outubro 2011



LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Distribuição Histórica dos Retornos do PSI20TR	8
Gráfico 2 - VaR do PSI20TR 10D (Simulação Histórica)	9
Gráfico 3 - VaR do PSI20TR a 1D, 10D e 30D (Simulação Histórica)	10
Gráfico 4 - VaR do PSI20TR a 1D, 10D e 30D (Paramétrico)	12
Gráfico 5 - VaR Paramétrico vs. VaR Simulação Histórica	12
Gráfico 6 - VaR 30D (99%) (Simulação Histórica) vs. Volatilidade do PSI20TR	14
Gráfico 7 - Distribuição Histórica do VaR 10D do PSI20TR (Simulação Histórica)	15
Gráfico 8 - VaR 1D vs Variação Real Diária do PSI20TR (Simulação Histórica)	17
Gráfico 9 - VaR 1D vs Variação Real Diária do PSI20TR (Paramétrico)	18

LISTA DE QUADROS

Quadro1 - Síntese de Resultados - Métodos da Simulação Histórica e Paramétrico	20
--	-----------





ÍNDICE

1.	Introdução	4
2.	O Risco na Recente Reforma da Supervisão	4
3.	Definição e Métodos de Cálculo do VaR	5
4.	Uma Aplicação ao PSI20TR	6
	4.1 Método da Simulação Histórica	7
	4.2 Método Paramétrico	10
5.	Análise dos Resultados	13
6.	Avaliação Comparativa dos Métodos	16
	6.1 Método da Simulação Histórica	16
	6.2 Método Paramétrico	18
	6.3 Síntese dos Resultados	19
7.	Observações Finais	20



1. INTRODUÇÃO

O principal objectivo deste trabalho consiste na aplicação prática da metodologia do *Value-at-Risk* ao mercado de acções português para monitorização do risco do mercado.

Ao ilustrar a aplicação do método *Value-at-Risk*, doravante VaR, prosseguem-se três objectivos essenciais: i) contribuir para o aumento do nível de cultura financeira dos investidores no mercado accionista português; ii) alertar os investidores para a questão do risco de mercado; e iii) dar a conhecer aos investidores uma perspectiva histórica sobre a evolução do risco no mercado accionista português através da utilização da análise histórica do VaR.

2. O RISCO NA RECENTE REFORMA DA SUPERVISÃO

Uma das lições da recente crise financeira para os supervisores foi a de que a supervisão dos mercados de valores mobiliários deve ir além dos seus fins tradicionais (que incluem a protecção dos investidores e a defesa da transparência, da eficiência e da integridade do mercado de valores mobiliários). A questão do risco sistémico tornou-se um tema central na actividade de supervisão financeira e da reforma da regulação e supervisão globais, incluindo a europeia. A União Europeia reconhece, aliás, a importância de se considerar o risco nos processos de regulação e supervisão dos mercados financeiros, tendo aí centrado a reforma da arquitectura de supervisão financeira. Exemplos da abordagem seguida são a criação do Conselho Europeu para o Risco Sistémico (CERS)¹, cuja missão é identificar, prevenir e mitigar o risco sistémico através da produção de análise robusta sobre os desenvolvimentos e tendências em todas as áreas relevantes dos mercados financeiros, com vista à emissão de alertas de risco. A criação do Sistema Europeu de Supervisores Financeiros (SESF)², composto por uma rede integrada de autoridades de supervisão nacionais (sem prejuízo de a supervisão corrente continuar a basear-se predominantemente numa abordagem nacional), pelas três Agências Europeias de Supervisão (AES), da banca, dos seguros e fundos de pensões e dos mercados de valores mobiliários, pelo Comité Conjunto das Autoridades Europeias de Supervisão e pelo CERS, enquadra-se também nesta nova abordagem, que privilegia uma perspectiva integrada (isto é, sistémica) dos mercados.

A CMVM é parte integrante do SESF, seja por ser um supervisor nacional, seja por via da sua participação na *European Securities Markets Authority* (ESMA), a autoridade europeia de supervisão dos mercados de valores mobiliários, à semelhança do que já sucedia com a sua qualidade de membro do extinto comité de autoridades europeias de supervisão dos mercados de valores mobiliários (CESR)³, seja, por fim, por via da sua participação no ESRB.

¹ Em inglês, *European Systemic Risk Board* (ESRB).

² Em inglês, *European System of Financial Supervisors* (ESFS).

³ Em inglês, *Committee of European Securities Supervisors* (CESR).

A importância da monitorização, mitigação e gestão do risco sistémico por parte dos supervisores dos mercados de valores mobiliários foi também recentemente reconhecida pela IOSCO. Nesse sentido, em 2010 foram introduzidos na carta de objectivos e princípios de regulação dos valores mobiliários da IOSCO dois novos princípios que visam acomodar esta nova visão da supervisão dos mercados de valores mobiliários.⁴ Foi criado o *Standing Committee on Risk and Research* (SCRR) da IOSCO cuja missão é desenvolver análise económica dos mercados com vista à identificação de riscos, realizar estudos de impacto e prestar conselho sobre os objectivos e princípios da IOSCO e sobre a metodologia aplicável aos princípios relativos à prevenção e mitigação do risco sistémico referidos.

3. DEFINIÇÃO E MÉTODOS DE CÁLCULO DO VaR

Embora o VaR seja hoje em dia aceite pelos agentes de mercado e pela comunidade de supervisão como um indicador padrão na mensuração do risco de mercado, não existe um meio único de proceder à sua determinação.

O cálculo do VaR, ou da perda máxima esperada de uma carteira de investimento, permite responder à seguinte pergunta: Se eu tiver hoje um investimento de 100 unidades monetárias numa determinada carteira (ou valor mobiliário), qual a perda máxima que posso vir a registar num horizonte temporal determinado (por exemplo 1 ou 10 dias), com um nível de confiança pré-determinado, por exemplo, 99%? A resposta é dada através de um montante expresso em unidades monetárias ou numa percentagem de perda máxima potencial.

Existem várias formas de calcular o VaR, que envolvem diferentes métodos, pressupostos e tipos de dados. Destacam-se aqui três dessas metodologias de determinação do VaR: i) a paramétrica (ou analítica); ii) a simulação histórica; e iii) a simulação de Monte Carlo.

A metodologia paramétrica é a mais simples das metodologias de cálculo do VaR. Consiste na aplicação da volatilidade ao valor facial do activo (ou carteira de activos) ajustado do factor temporal relevante e do factor multiplicador associado ao nível de confiança pretendido. O método assume como pressuposto chave que os retornos seguem uma distribuição normal. Apresenta como vantagem principal a simplicidade e rapidez de cálculo. Todavia, o facto de assumir que os retornos do investimento se comportam como numa distribuição estatística normal é uma limitação relevante, pois a realidade é diferente - geralmente os retornos dos investimentos em amplos segmentos do mercado de capitais não têm uma curva de frequência histórica normal, tornando o modelo menos realista que outros. Esta metodologia será aqui utilizada no cálculo do VaR para efeitos de comparação com os resultados obtidos na aplicação da metodologia da simulação histórica (secção 4.1).

⁴ O princípio 6 estatui que: *The Regulator should have or contribute to a process to monitor, mitigate and manage systemic risk, appropriate to its mandate.* Por sua vez, o princípio 7 estipula que: *The Regulator should have or contribute to a process to review the perimeter of regulation regularly.*

A metodologia da simulação histórica, adoptada para o trabalho ora apresentado, é uma metodologia intensiva em utilização de dados. Muito sumariamente, esta metodologia consiste em prever uma perda máxima de uma carteira de investimento em activos financeiros (ou de um único título) através da simulação de retornos futuros com base em cenários hipotéticos construídos a partir de ocorrências históricas reais. No caso que se apresentará de seguida, serão detalhados os principais passos a seguir quando se pretenda fazer uma aplicação do método VaR segundo esta abordagem.

Ao utilizar a curva de frequências históricas reais como base de construção de cenários, o método da simulação histórica adopta como pressuposto o comportamento verificado da variável retorno, o que pode ser considerado uma vantagem na medida em que se prescinde da hipótese de normalidade dos retornos em que se baseia o método paramétrico como se verá mais adiante. Assume, assim, uma distribuição empírica por oposição a uma distribuição teórica (a normal). Esta particularidade do método será mais facilmente compreensível na ilustração do cálculo do VaR que se apresenta nas secções seguintes.

É ainda possível determinar o VaR por via da metodologia da simulação de Monte Carlo. Esta metodologia pressupõe a criação de cenários de retornos hipotéticos que servem de base à estimação das perdas esperadas máximas futuras. Os cenários simulados são gerados com recurso a programas de computador especializados a partir de sequências de eventos aleatórios. A utilização deste método pressupõe qualificações avançadas no domínio da estatística e é intensivo na utilização de recursos informáticos, pelo que não é acessível à generalidade dos agentes económicos para quem o cálculo do VaR pode ter utilidade prática.

O facto de se poderem utilizar várias metodologias para o cálculo do VaR e, em cada metodologia, diferentes pressupostos e opções de cálculo, leva a que seja possível determinar valores para o VaR de várias formas distintas. Por exemplo, diferentes níveis de confiança, distintos horizontes temporais, variados períodos de observações para efectuar simulações históricas, são apenas alguns dos elementos que influenciam o cálculo do VaR. Existem ainda *nuanças* relacionadas com outros aspectos, também susceptíveis de influenciar o resultado final obtido. Por exemplo, as médias móveis de cálculo da volatilidade (no método paramétrico), a fórmula de cálculo dos retornos (simples ou logarítmica), entre outros. O corolário desta situação é que não existe apenas um VaR, mas uma multiplicidade deles, e nenhum necessariamente incorrecto.

4. UMA APLICAÇÃO AO PSI20TR

O modelo de avaliação de risco designado por VaR é geralmente reconhecido pelos participantes de mercado, meio académico e comunidade de supervisores como um dos métodos apropriados à monitorização do risco de mercado. Versátil, quando esteja em causa a monitorização do risco de mercado, o VaR aplica-se a várias classes de activos, desde acções a obrigações, divisas ou *commodities*, ou a qualquer carteira de investimento, mesmo as que apresentam instrumentos financeiros derivados na sua composição.

O exercício de aplicação da análise de risco de mercado através da metodologia VaR foi efectuado a uma carteira de investimento de 100 euros, representativa do índice PSI20TR (PSI20 Total Return, índice que computa os preços do índice PSI20 considerando o efeito dos dividendos das empresas respectivas). Estando na posição de investidor, pretende-se resposta para a questão: Qual a perda máxima que pode vir a registar um investimento de 100 euros numa carteira de investimento representativa do PSI20TR num horizonte temporal de 10 dias, com o nível de confiança de 99%?

A resposta àquela pergunta pode ser obtida segundo diferentes métodos, originando por conseguinte diferentes resultados. Apresenta-se de seguida a determinação do VaR do PSI20TR segundo o método da simulação histórica e, para efeito de comparação, segundo o método paramétrico.

4.1 Método da Simulação Histórica

O processo de determinação do VaR para este investimento através do método da simulação histórica desenvolve-se através das seguintes etapas principais:

- Extracção dos dados relevantes e determinação do período de análise histórica a considerar – série de dados do retorno diário do PSI20TR;
- Construção de cenários;
- Classificação das perdas (e ganhos) hipotéticos;
- Determinação do nível de confiança pretendido e identificação dos percentis das maiores perdas relevantes;
- Aplicação do factor temporal;
- Análise dos resultados.

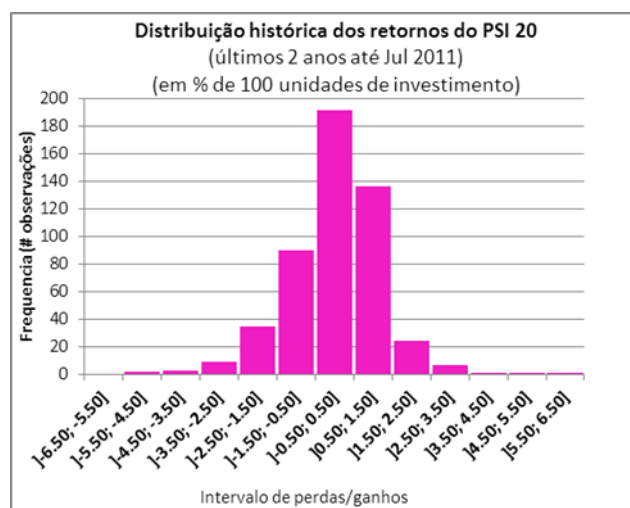
Os dados relevantes são os valores do índice PSI20TR, obtidos a partir da *Bloomberg*.⁵ A determinação do período histórico no qual se baseia a análise do VaR é relevante pois os resultados obtidos neste cálculo podem variar quando se altera a base de observações históricas com as quais se constroem os cenários prospectivos. Com efeito, o número de observações incluídas no percentil x% de observações, correspondentes a perdas mais elevadas, depende do número total de observações consideradas no período histórico e, por consequência, ocasiona valores do VaR diferentes. Se o período histórico para simular cenários futuros possíveis for mais longo, podem ser obtidos valores de VaR superiores.

No caso que se analisa neste documento foi seleccionado um período de dois anos de dados históricos sobre os quais se elaboram os cenários da simulação. A perspectiva histórica do VaR desde 1995 é dada, para cada ponto da análise, pelo VaR calculado com base nos últimos dois anos anteriores ao período para o qual este indicador é calculado. Assim, por exemplo, o cálculo do VaR para o dia 13 de Julho de 2011 necessita de informação histórica correspondente aos dois anos anteriores a este dia. O cálculo do VaR a partir de 1995 necessita de uma série de dados do valor do PSI20TR desde 1993.

⁵ Sendo a *Bloomberg* um fornecedor privado especializado de informação financeira o acesso à informação tem um custo. O recurso a motores de busca da internet especializados em informação financeira poderá ser uma alternativa bastante mais acessível em termos de custo.

Uma vez obtidos os dados relevantes importa conhecer a distribuição empírica dos mesmos de modo a poder, designadamente, fazer opções quanto à metodologia de cálculo de VaR a seguir e conhecer a dimensão das eventuais limitações que a utilização de cada uma das abordagens comporta para o caso. É esse trabalho que se apresenta no Gráfico 1, que contém a distribuição empírica (ou histórica) dos retornos diários do índice PSI20TR nos últimos dois anos (500 observações).⁶

GRÁFICO 1 – Distribuição Histórica dos Retornos do PSI20TR



Fonte: Bloomberg, cálculos CMVM.

Os retornos do PSI20TR nos últimos dois anos seguem uma distribuição assimétrica, sendo de salientar o facto de haver extremos com alguma relevância, incluindo no lado esquerdo da distribuição. São, aliás, estes últimos que interessam, pois a análise VaR centra-se na probabilidade de eventos de perda extrema.

Escolhido o método da simulação histórica para determinação do VaR da carteira com um título representativo do PSI20TR, é necessário construir cenários de evolução deste índice. Aplicando o valor actual do PSI20TR no dia D aos cenários de perda/ganho históricos dados pelas 500 observações mais recentes até D-1, obtêm-se os resultados de perda/ganho esperados. Admite-se que cada um dos 500 cenários tem a mesma probabilidade de ocorrência, pelo que se usam observações não ponderadas.

Os ganhos e perdas potenciais são classificados por ordem crescente de valor (da perda para o ganho). Como o objectivo é ter uma medida de risco de mercado, ou seja, da susceptibilidade de desvalorização do investimento, interessa considerar as perdas potenciais mais elevadas, correspondentes aos cenários que impliquem as desvalorizações mais acentuadas do investimento realizado.

⁶ As referências ao “últimos dois anos” devem entender-se como correspondendo ao período das 500 observações mais recentes até 13 de Julho de 2011.

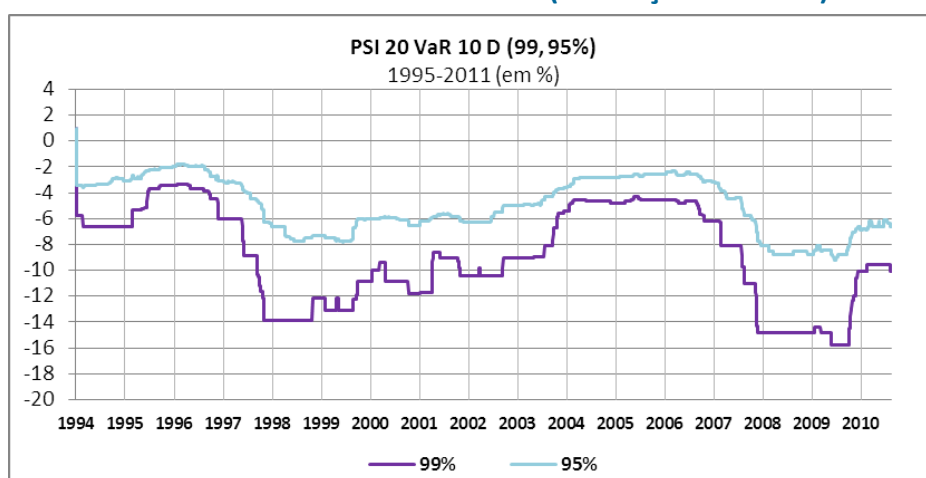
A ordenação das observações, associada à definição do nível de confiança a adoptar, permite conhecer o VaR para qualquer horizonte temporal de uma carteira de investimento num determinado momento. A perda esperada correspondente ao percentil identificado é o VaR a 1 dia da carteira, ou seja, o valor abaixo do qual estão representadas as perdas prováveis associadas ao investimento realizado, susceptíveis de ocorrerem no espaço de um dia e para o nível de confiança seleccionado.

Foi já referido que um dos elementos do VaR é o horizonte temporal. Este pode ser 1 dia, 5 dias, 10 dias, ou mesmo meses. Todavia é mais frequente determinar o VaR para períodos relativamente curtos como 1 ou 5 dias. Isto sucede porque um dos pressupostos centrais do modelo VaR consiste na utilização de dados reais para realizar previsões para o futuro. Sendo certo que as previsões são falíveis, a adopção de horizontes temporais mais curtos para conhecer o VaR de um investimento substancia uma postura mais prudente e realista.

Prosseguindo com o caso em análise, foi determinado o VaR a 1 dia de um investimento de 100 euros no PSI20TR, com o nível de confiança de 99%. A partir do VaR determinado segundo estes critérios pode calcular-se o VaR deste mesmo investimento, com idêntico nível de confiança, mas para outros horizontes temporais. Trata-se de uma operação simples, que consiste em aplicar coeficientes representativos de vários horizontes temporais ao VaR a 1 dia. Por exemplo, o VaR a 10 dias será equivalente ao VaR a 1 dia multiplicado por $\sqrt{10}$.

O Gráfico 2 apresenta o valor diário do VaR a 10 dias do PSI ao longo dos últimos 16 anos (última observação em 13 de Julho de 2011),⁷ determinado para os níveis de confiança mais usuais (99% e 95%). Como se pode notar, o maior nível de confiança utilizado na estimação do VaR está associado a maiores perdas esperadas. Uma maior precisão na estimativa pressupõe a admissão de cenários de perdas mais acentuadas.⁸

GRÁFICO 2 – VaR do PSI20TR 10D (Simulação Histórica)



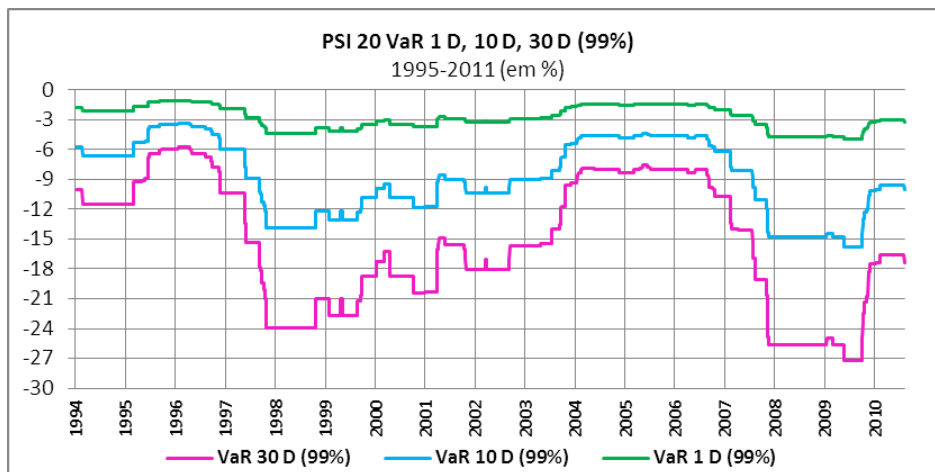
Fonte: Bloomberg, cálculos CMVM.

⁷ Excepto quando especificamente referido, os gráficos deste documento referem-se a dados cuja última observação é a de 13 de Julho de 2011.

⁸ Embora o VaR seja um valor positivo, optou-se por apresentar os valores de VaR precedidos de sinal negativo para proporcionar uma melhor visualização gráfica das perdas.

O valor diário do VaR do PSI para o nível de confiança de 99% e três horizontes temporais distintos (1, 10 e 30 dias) encontra-se no Gráfico 3. O horizonte temporal mais dilatado está associado a maiores perdas esperadas, o que justifica que a linha do VaR a 30 dias seja a que se posiciona na parte inferior do gráfico. Embora em patamares diferentes, a trajectória das três linhas de VaR para os diferentes horizontes temporais é idêntica, pois o que as distingue é apenas a diferente constante correspondente a cada horizonte temporal específico ($\sqrt{1}$, $\sqrt{10}$ e $\sqrt{30}$) que está a ser aplicado à curva de perda máxima esperada a 1 dia, tal como notado anteriormente.

GRÁFICO 3 – VaR do PSI20TR a 1D, 10D e 30D (Simulação Histórica)



Fonte: Bloomberg, cálculos CMVM.

4.2 Método Paramétrico

A aplicação do método paramétrico pressupõe o conhecimento de três componentes de cálculo: i) a volatilidade do investimento; ii) o factor multiplicador relevante associado ao horizonte temporal de cálculo do VaR; e iii) o factor multiplicador associado ao nível de confiança pretendido. Enquanto as duas últimas componentes são de determinação imediata, a primeira pressupõe o conhecimento de dados históricos necessários à determinação dos parâmetros estatísticos subjacentes ao cálculo da volatilidade: a média e o desvio padrão dos retornos do activo cujo VaR se pretende determinar.

O processo de determinação do VaR paramétrico para um investimento de 100 euros numa carteira de investimento representativa do PSI20TR desenvolve-se através das seguintes etapas principais:

- Extracção dos dados relevantes e determinação do período de análise histórica a considerar;
- Determinação da volatilidade histórica do investimento;
- Determinação do nível de confiança pretendido e identificação do factor multiplicador relevante;
- Aplicação do factor temporal;
- Análise dos resultados.

À semelhança do que sucede no método da simulação histórica, os dados relevantes são a série temporal dos valores do índice PSI20TR a partir dos quais se constrói a série de dados do retorno diário do PSI20TR.⁹

Com base nestes dados é determinada a volatilidade histórica diária do retorno diário do PSI20TR.¹⁰ A volatilidade corresponde ao desvio-padrão dos retornos diários do PSI20TR face à média dos retornos (passados) da série de dados seleccionada.¹¹ Existem várias formas de calcular a volatilidade consoante o período de observações abrangido no cálculo do desvio-padrão, pelo que importa determinar à partida o período de referência a utilizar (e.g. com base nas últimas 30 observações, 60 observações, etc.).

Relativamente ao horizonte temporal optou-se pelo VaR a 10 dias (coeficiente multiplicador de $\sqrt{10}$). O nível de confiança escolhido foi 99% o que, tratando-se da distribuição normal, corresponde a um coeficiente multiplicador de 2,33.¹² Em ambas as componentes do cálculo do VaR paramétrico foram adoptados os mesmos parâmetros usados na simulação histórica (secção 4.1).

Sintetizando, o cálculo do VaR paramétrico é dado pela expressão:

$$\text{VaR 10 D (99\%)} = \text{Volatilidade Diária Anualizada} \times 2,33 \times \sqrt{10}$$

Similarmente ao Gráfico 3, o Gráfico 4 ilustra o valor diário do VaR do PSI20TR para o nível de confiança de 99% e três horizontes temporais distintos (1, 10 e 30 dias) utilizando o método paramétrico. Como expectável, também segundo o método paramétrico o horizonte temporal mais dilatado está associado a perdas esperadas mais elevadas. Para o cálculo do VaR foi utilizada a volatilidade diária anualizada a 30 dias.

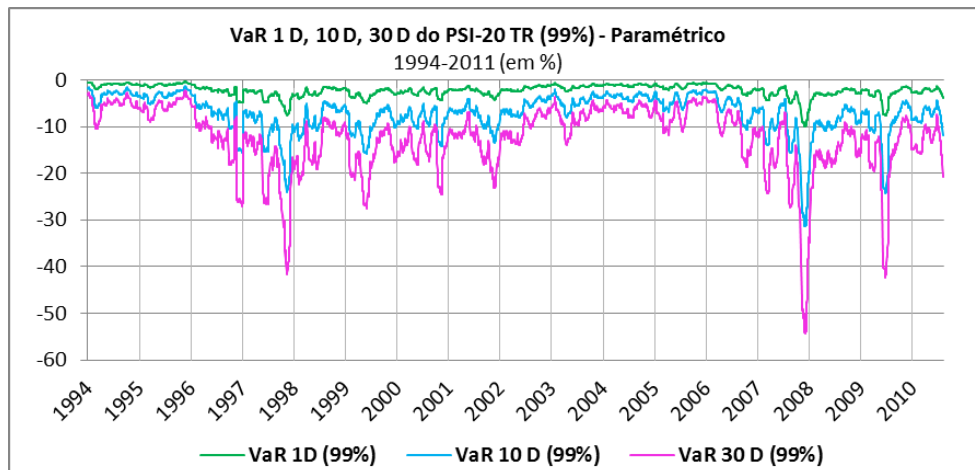
⁹ O retorno diário é dado pela expressão $r_i = \left(\frac{u_i}{u_{i-1}}\right) - 1$, em que u_i é o valor do índice no dia i e u_{i-1} o valor do índice no dia anterior ao dia i . O retorno também poderia ser obtido em termos contínuos (logarítmico), sendo a respectiva fórmula de cálculo dada pela expressão $r_i = \log\left(\frac{u_i}{u_{i-1}}\right)$.

¹⁰ Os dados relativos à volatilidade do PSI20TR podem ser extraídos directamente da *Bloomberg*.

¹¹ $\text{Desvio - Padrão} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (u_i - \bar{u})^2}{n}}$,

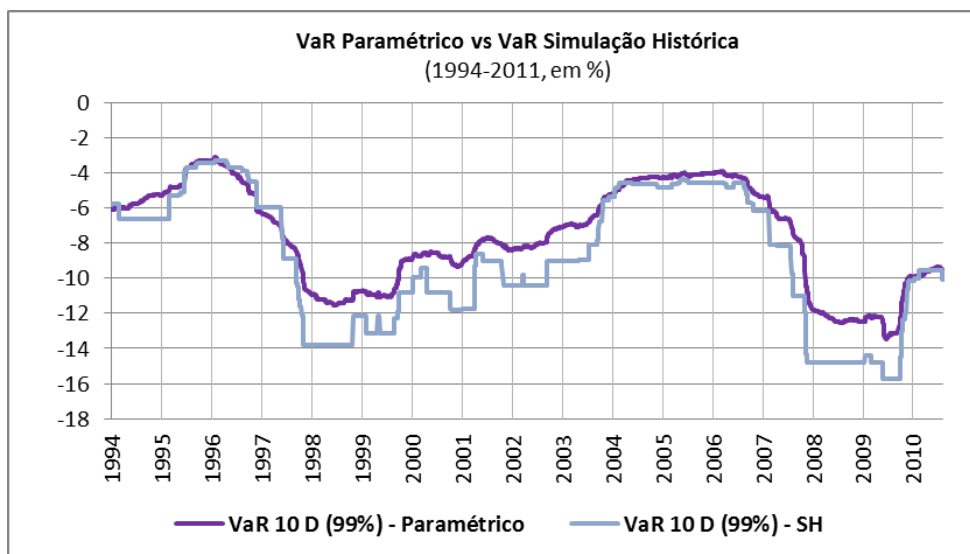
em que n é o número de observações da série de dados (retornos diários); u_i é o retorno diário do dia i ; \bar{u} é a média aritmética dos retornos diários. O desvio padrão pode também ser obtido através da função do Excel STDEV. Para se obter a volatilidade anualizada, o valor obtido deverá ser multiplicado por $\sqrt{260}$.

¹² Os coeficientes multiplicadores correspondentes aos níveis de confiança de 98% e 95% são 2,055 e 1,645, respectivamente.

GRÁFICO 4 – VaR do PSI20TR a 1D, 10D e 30D (Paramétrico)

Fonte: Bloomberg, cálculos CMVM.

Para efeito de comparação dos resultados obtidos no cálculo do VaR segundo as duas abordagens apresenta-se o Gráfico 5 que contém o VaR a 10 dias do PSI20TR (99%) determinado pelos dois métodos.

GRÁFICO 5 – VaR Paramétrico vs. VaR Simulação Histórica

Fonte: Bloomberg, cálculos CMVM.

Os valores diários do VaR obtidos pelo método paramétrico apresentam-se mais variados (ou menos constantes) do que os valores obtidos pelo método da simulação histórica. Os valores de VaR diários obtidos pelo método paramétrico variam todos os dias pois são função da volatilidade diária do PSI20TR, que (usualmente) varia de dia para dia.¹³ Os valores diários do VaR resultantes da aplicação

¹³ Para a determinação do VaR paramétrico foi utilizada a volatilidade histórica diária anualizada tendo por referência os últimos 500 dias de observações (diferentemente do período de referência de 30 dias utilizado no gráfico anterior), em consonância com o período adoptado para o cálculo do VaR pelo método da simulação histórica.

do método da simulação histórica apresentam-se mais estáveis ao longo do período da análise, ou seja, com menos oscilações de valor de dia para dia. Isto sucede porque o VaR diário é determinado com base no primeiro percentil de cada conjunto das 500 observações anteriores ao dia em que é calculado. Nesta última fórmula de cálculo, mesmo que o índice registre perdas em vários dias consecutivos originando perdas acumuladas relevantes no índice, isso não significa necessariamente que a linha representativa do VaR tenha que acompanhar o movimento de descida do índice pois o percentil contendo as 1% maiores quedas pode manter-se inalterado pelo facto de as perdas diárias daquele conjunto de dias não serem tão acentuadas quanto outras perdas diárias dos demais dias do período de 500 observações que servem de base ao cálculo do VaR. Tal facto explica porque se mantém constante durante mais dias um valor de VaR diário (maior perda possível esperada) calculado pelo método da simulação histórica do que aquele que é determinado pelo método paramétrico.

A análise efectuada permite ainda concluir que em 89% dos casos o VaR paramétrico do PSI20TR é inferior ao VaR segundo a simulação histórica (nível de confiança de 99%). Ou seja, o VaR determinado segundo o método da simulação histórica apresenta-se como mais “conservador”.

5. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Se for tomado o VaR a 99% de confiança, nota-se que o período 2008-2010 foi em termos históricos aquele em que o risco de mercado, medido por este indicador, foi maior. Entre fins de Abril de 2010, quando a crise da dívida soberana grega atingiu o auge, e princípios de Setembro, período marcado pelas incertezas relativas ao sistema bancário irlandês e consequente *bailout* do mesmo, o VaR a 10 dias de um investimento que replicasse o PSI20TR atingiu o máximo histórico de 15,7% do investimento (v. Gráfico 2). Em 2008-2009, durante o período da crise do *sub-prime*, o VaR foi também extremamente elevado, passando de uma média de 8,2% em Junho de 2008, para se situar sempre acima dos 14% desde meados de Outubro de 2008, na sequência da queda do banco *Lehman Brothers*, até Abril de 2010, altura em que voltou novamente a subir.

Numa perspectiva de longo-prazo, a situação de risco de mercado que se viveu recentemente, em especial durante o ano de 2010, parece apenas ter sido comparável a dois momentos desde 1995. O primeiro entre Outubro de 1998 e Setembro de 1999 em que o VaR a 10 dias do PSI20TR se situou em 13,8%, por ocasião da crise financeira russa e do colapso do *hedge fund* LTCM (*Long-Term Capital Management*). O segundo vivido em 2000 por ocasião da crise das empresas tecnológicas, ou TMT,¹⁴ com níveis de VaR pouco inferiores àquele. Durante o primeiro semestre de 2010 o VaR do PSI20TR situou-se sempre acima dos 14,8%. Todavia, mesmo tomando por referência cenários extremos ocorridos no passado, a turbulência dos mercados associada às economias ditas periféricas da zona euro consubstanciou uma fase de risco ainda maior.

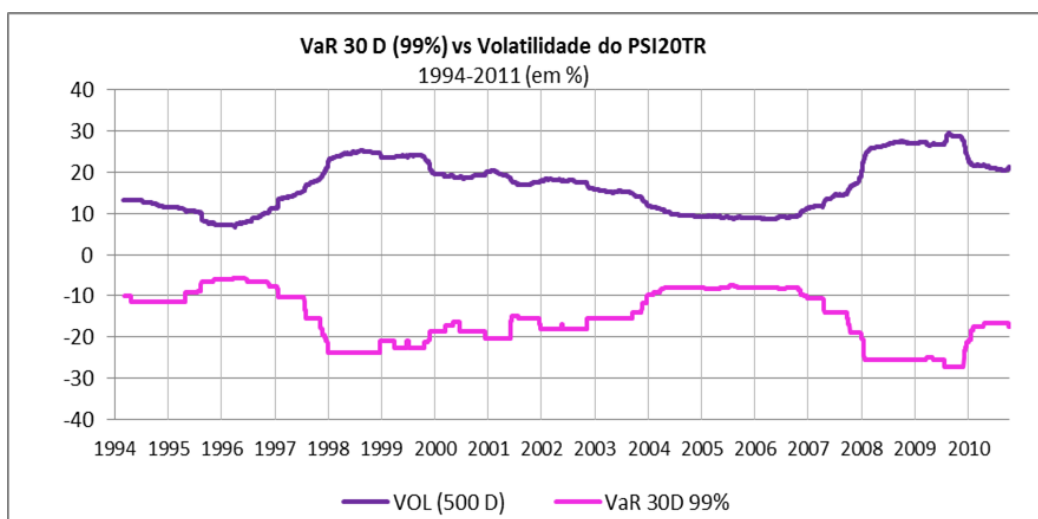
¹⁴ *Technology, Media, Telecom.*

A turbulência que se verificou no mercado português durante a maior parte de 2010 deu lugar, no terceiro trimestre desse ano, a uma sólida e progressiva diminuição do risco, que viria a registar na última quinzena de Dezembro o valor mais baixo do ano (10,0%).

A perspectiva histórica do VaR permite ainda verificar a forte correlação positiva existente entre o VaR e a volatilidade do PSI20TR ao longo do tempo. Os períodos de maior volatilidade observada no PSI20TR foram precisamente aqueles em que as perdas potenciais medidas pelo VaR foram mais elevadas, existindo uma forte correlação entre as duas variáveis ao longo do período analisado (0,98). O Gráfico 6 ilustra a relação entre o VaR a 30 dias (99%) do PSI20TR e a volatilidade histórica diária anualizada do índice.¹⁵

Em 2011 os níveis de risco do mercado português medidos pelo VaR parecem ter estabilizado em torno de valores próximos dos valores registados no final de 2010, com o VaR do PSI20TR a 10 dias com o nível de confiança de 99% a manter-se dentro do intervalo 9,56% - 10,06%.

GRÁFICO 6 – VaR 30D (99%) (Simulação Histórica) vs. Volatilidade do PSI20TR



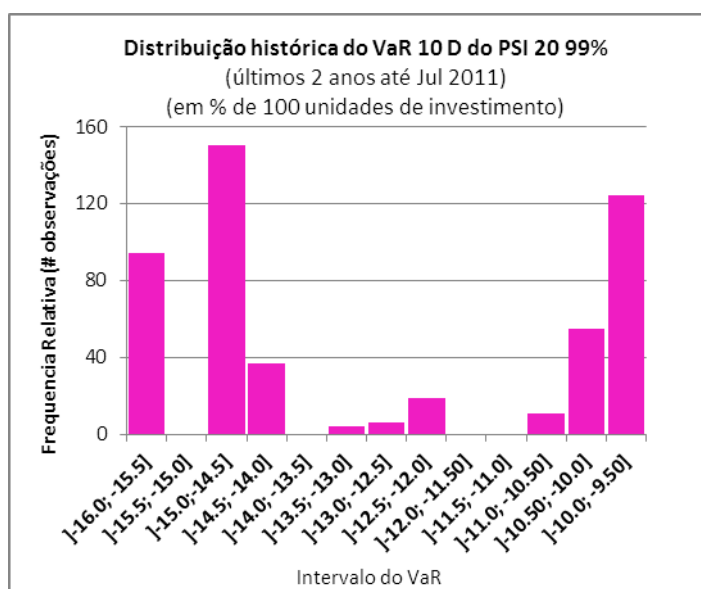
Fonte: Bloomberg, cálculos CMVM.

Nota: A volatilidade corresponde à volatilidade histórica diária anualizada calculada com base nas últimas 500 observações.

¹⁵ Trata-se da volatilidade histórica diária anualizada a 500 dias, i.e., calculada com base na média móvel das 500 observações mais recentes (o mesmo período utilizado no cálculo do VaR diário). Embora se utilize o VaR a 10 dias como referência de análise ao longo do trabalho, foi agora utilizado o VaR a 30 dias apenas para se obter uma melhor visualização gráfica da correlação entre as variáveis visto que a escala de ambas revela alguma simetria. Se fosse tomado o VaR a 10 dias os valores encontrados para a correlação entre o VaR e a volatilidade seriam idênticos.

Estes dados revelam que actualmente se verificam menores níveis de risco comparando com o período que decorreu entre as crises grega e irlandesa: nessa altura o VaR do PSI20TR chegou a estar perto dos 16%. Desde o início de 2011 até ao momento actual os preços das acções do mercado português registaram uma redução da volatilidade e a pressão sobre o mercado de crédito abrandou face ao ano anterior. De facto, o ano de 2010 foi marcado por condições macroeconómicas e orçamentais desfavoráveis e por um clima de incerteza quanto à evolução do risco de crédito da República Portuguesa. A diminuição do risco de mercado que se observou desde Setembro de 2010 até ao final de 2010, mantida depois em 2011, poderá ser explicada por um período de maior acalmia dos mercados internacionais, sustentado pelas medidas políticas tomadas no sentido de combater a crise financeira e defender a estabilidade financeira da zona euro. Não obstante os níveis de risco relativamente mais baixos de 2011 face ao triénio 2008-2010, numa perspectiva mais alargada no tempo esta situação consubstancia ainda um nível de risco superior à média.

GRÁFICO 7 – Distribuição Histórica do VaR 10D do PSI20TR (Simulação Histórica)



Fonte: Bloomberg, cálculos CMVM.

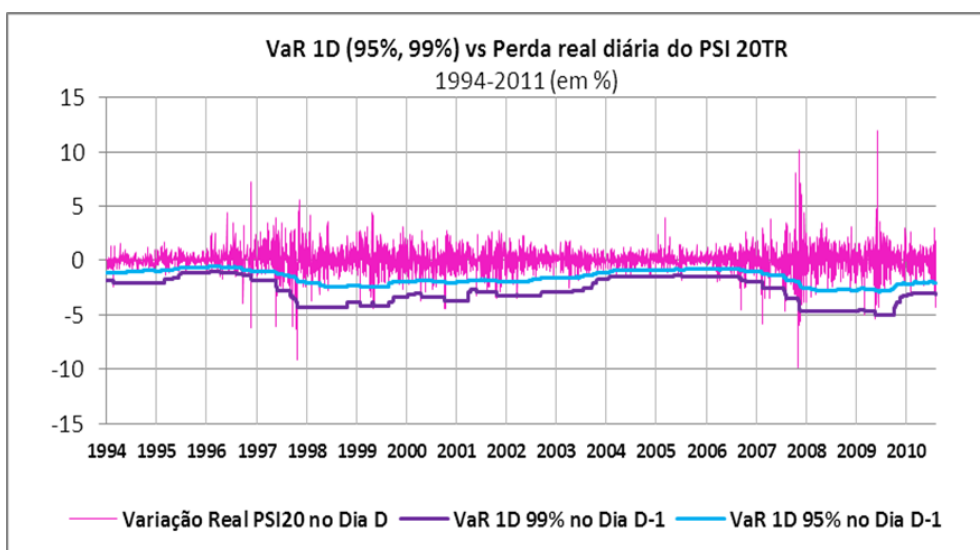
O Gráfico 7 mostra a distribuição histórica do VaR 10 D do PSI20TR a 99% relativa aos dois últimos anos até 13 de Julho de 2011. O VaR do dia 13 de Julho de 2011 é de 10,06% (ou -10,06%). Comparando esta situação com as ocorrências dos últimos dois anos verifica-se que a mesma se situa no segundo intervalo de perdas mais reduzidas. O VaR actual pode considerar-se baixo em termos relativos visto que apenas dois intervalos de maiores perdas (os intervalos]-16,0; -15,5] e]-15,0; -14,5]) registaram sensivelmente metade dos valores de VaR diários a 10 dias nos últimos dois anos, e que em apenas um quarto dos casos se registou um VaR diário inferior ao do intervalo]-10,5; -10,0]. Porém, relativamente aos últimos 16 anos, a situação inverte-se, isto é, o VaR de 10,06% é 13% superior ao valor médio dos VaR diários dos últimos 16 anos (que foi de 8,9%).

6. AVALIAÇÃO COMPARATIVA DOS MÉTODOS

O confronto entre as variações diárias do PSI20TR (designadamente as perdas efectivas) e o VaR (perdas estimadas) permite aferir a robustez dos métodos utilizados. Apresenta-se a comparação dos métodos da simulação histórica e paramétrico com base em três vertentes. Primeiramente verifica-se em que medida o VaR foi excedido pela perda efectiva. Em segundo lugar identificam-se os momentos em que tal aconteceu, explorando-se brevemente as razões subjacentes às diferenças encontradas. Em terceiro lugar estabelece-se uma comparação entre os resultados obtidos por cada um dos métodos em situações em que o VaR se revelou desajustado face ao comportamento real do índice, designadamente pela análise dos desvios médios entre o VaR e as perdas efectivas (em particular as perdas que excederam o VaR). Esta última vertente da análise permite responder à questão de saber se o desvio é maior ou menor com o VaR resultante da simulação histórica ou com o VaR baseado numa distribuição paramétrica. O confronto entre as variações diárias do PSI20TR (designadamente as perdas efectivas) e o VaR (perdas estimadas) permite aferir a robustez dos métodos utilizados. Apresenta-se a comparação dos métodos da simulação histórica e paramétrico com base em três vertentes. Primeiramente verifica-se em que medida o VaR foi excedido pela perda efectiva. Em segundo lugar identificam-se os momentos em que tal aconteceu, explorando-se brevemente as razões subjacentes às diferenças encontradas. Em terceiro lugar estabelece-se uma comparação entre os resultados obtidos por cada um dos métodos em situações em que o VaR se revelou desajustado face ao comportamento real do índice, designadamente pela análise dos desvios médios entre o VaR e as perdas efectivas (em particular as perdas que excederam o VaR). Esta última vertente da análise permite responder à questão de saber se o desvio é maior ou menor com o VaR resultante da simulação histórica ou com o VaR baseado numa distribuição paramétrica.

6.1 Método da Simulação Histórica

O Gráfico 8 ilustra a relação entre as variações diárias do PSI20TR (designadamente as perdas efectivas) e o VaR a 1 dia, estimado no dia anterior ao da variação efectivamente registada, para os níveis de confiança de 95% e 99%. É relativamente limitado o número de observações em que a perda efectiva foi superior à perda máxima estimada pelo VaR, diminuindo este número no caso do nível de confiança mais elevado.

GRÁFICO 8 – VaR 1D vs. Variação Real Diária do PSI20TR (Simulação Histórica)

Fonte: Bloomberg, cálculos CMVM.

Para o período de observações analisado (1994-2011) verificou-se que apenas em 1,57% dos dias as perdas efectivamente registadas pelo índice PSI20TR foram superiores às perdas estimadas pelo VaR a 1 dia para o nível de confiança de 99% (ver também Quadro 1). A percentagem equivalente para o nível de confiança de 95% foi de 5,68%. O VaR a 99% de confiança admite que em 1% dos casos a perda possa ser mais elevada que a verificada. Por sua vez, a utilização de um nível de confiança de 95% implica que se admita que em 5% dos casos a perda possa ser mais elevada que o VaR. Assim, tal significa que os desvios observados no caso do VaR determinado por simulação histórica sejam de apenas +0,57% no caso do VaR a 99% e de +0,68% no caso do VaR a 95%. Quer num caso quer noutro o desvio é muito reduzido, pelo que pode concluir-se que o VaR calculado pelo método da simulação histórica apresenta elevado nível de fiabilidade.

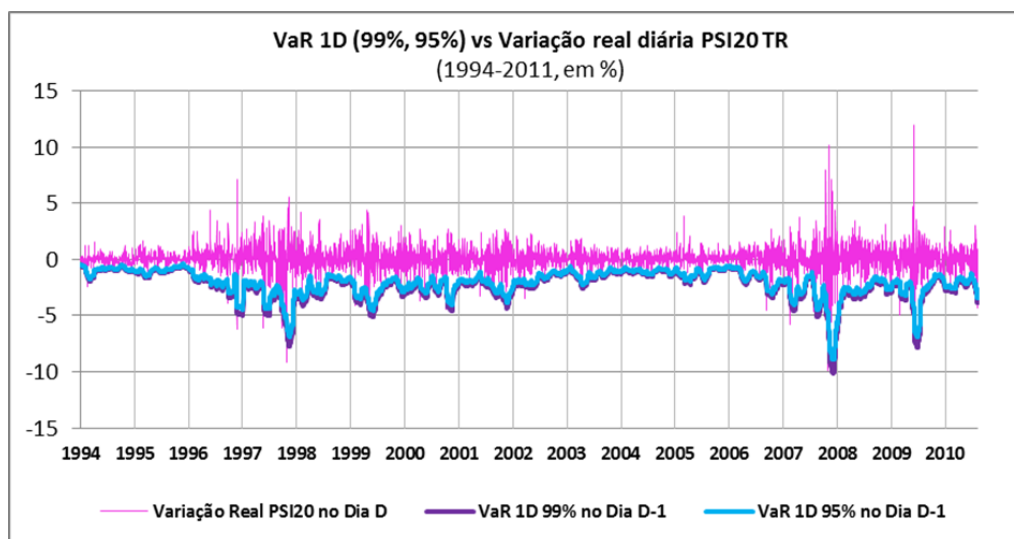
Os períodos em que se verificou uma maior discrepância entre a perda efectiva registada no dia D e o VaR a 1 dia com o nível de confiança de 99% foram os períodos de risco mais elevado (valores mais elevados da volatilidade do PSI20TR). Assim 82,4% das observações de VaR superior à perda efectivamente registada concentraram-se: i) no período 1997-1998 durante a crise financeira russa/colapso do LTCM (35,3% das discrepâncias); ii) em 2000-2002 durante e após a crise das TMT (13,2% das discrepâncias), e iii) em 2007-2008 durante a crise financeira mundial originada pelo mercado norte-americano do crédito *sub-prime* (33,8% das discrepâncias). Os resultados obtidos com o nível de confiança de 95% são similares (76,0% das observações discrepantes concentradas nos períodos de risco mais elevado), embora distribuídas de modo mais homogêneo nos três períodos referidos (28,0%, 17,5% e 30,5%, respectivamente). Deste modo, parece ser de concluir que o VaR (simulação histórica) apresenta relativamente pior desempenho quando os mercados são sujeitos a níveis de *stress* mais elevados.

No caso das perdas efectivas superiores ao VaR calculado, o desvio médio entre as perdas efectivas e o VaR é de 1,00 p.p. para o nível de confiança de 99% e de 0,90 p.p. para o nível de confiança de 95%. Em termos relativos, o desvio de 1,00 p.p. representa 29,2% da média da totalidade das perdas reais que excederam o VaR respectivo.

6.2 Método Paramétrico

O Gráfico 9 ilustra a relação entre as perdas diárias do PSI20TR e o VaR a 1 dia para os mesmos níveis de confiança.

GRÁFICO 9 – VaR 1D vs. Variação Real Diária do PSI20TR (Paramétrico)



Fonte: Bloomberg, cálculos CMVM.

Entre 1994 e 2011 verificou-se que em apenas 2,47% dos dias as perdas efectivamente registadas pelo índice PSI20TR foram superiores às perdas estimadas pelo VaR a 1 dia utilizando o nível de confiança de 99%. A percentagem equivalente para o nível de confiança de 95% foi de 3,44%. Face ao que seria expectável teoricamente, isto é, perdas superiores ao VaR em 1% e 5% dos casos consoante, respectivamente, os níveis de confiança sejam 99% ou 95%, verifica-se que os desvios são de +1,47% e de -1,56%. Em qualquer dos casos, em termos absolutos, os desvios são mais elevados quando se utiliza o VaR paramétrico do que quando se utiliza o VaR calculado segundo a simulação histórica.

Contrariamente aos resultados obtidos com o método da simulação histórica, o número de situações em que a perda efectiva registada no dia D superou o VaR a 1 dia não se concentrou em torno dos períodos de maior risco de mercado pois as situações de erro encontram-se dispersas de modo mais regular e uniforme ao longo dos anos da análise. Em cada ano completo de análise, o número de erros desse ano oscilou entre 2% e 11% do total das observações da série, enquanto no método da simulação histórica os valores correspondentes foram 0% e 21%, respectivamente (nível de confiança de 99%). As observações de VaR inferior à perda efectivamente registada que se concentraram nos períodos de maior risco cingiram-se a 46,7% (82,4% no método da simulação histórica, nível de confiança de 99%).

O desvio médio entre as perdas efectivas superiores ao VaR a 1 dia e o próprio VaR é de 0,70 p.p. para ambos os níveis de confiança, desvios inferiores aos obtidos no método da simulação histórica.

6.3 Síntese dos Resultados

A avaliação comparativa dos métodos de determinação do VaR mostra que nenhum dos métodos se revela mais certo em todos os parâmetros utilizados para aferir a fiabilidade das respectivas previsões. Uma interpretação possível dos resultados obtidos na previsão do risco do mercado accionista português é a de que o método da simulação histórica apresenta um melhor desempenho porque, objectivamente, falha com menos frequência. É um método que responde adequadamente às expectativas, pois a quantidade de falhas de previsão que ocasiona é consentânea com a quantidade de falhas expectáveis associadas aos níveis de confiança utilizados. Lembra-se que, com o método da simulação histórica, a percentagem de situações em que a perda efectiva excedeu o VaR (falhas de previsão) foi de 1,57% no caso do VaR a 99% e 5,68% no caso do VaR a 95%, o que corresponde, respectivamente, a desvios de +0,57 p.p. e +0,68 p.p. face aos valores de erro esperados. No caso do VaR paramétrico os desvios foram superiores, respectivamente, de +1,47 p.p. e de -1,56 p.p.. Assim, nesta perspectiva, os resultados do método da simulação histórica são melhores do que os resultados alcançados através do método paramétrico.

Uma outra vertente da análise que poderá ter interesse para o utilizador é a de saber qual o comportamento de cada metodologia nos casos de ocorrência de erros. A análise efectuada permite determinar *a posteriori* a magnitude do erro de previsão associado a cada método, nos casos em que se deu a falha. No método da simulação histórica as falhas de previsão tiveram associadas perdas médias de 3,43 p.p. e 2,34 p.p., respectivamente para o VaR a 99% e para o VaR a 95%, enquanto que no método paramétrico a perda média foi de 2,69 p.p. e 2,01 p.p.. Estes resultados fornecem informação complementar na utilização do método do VaR para estimar o risco de mercado. Com esta informação fica respondida a questão – se o VaR falhar na previsão do risco, qual a dimensão expectável da perda, e, conseqüentemente, qual o erro cometido pelo método. A análise para o VaR a 10 dias permite obter conclusões muito semelhantes.

QUADRO 1 – Síntese de Resultados - Métodos da Simulação Histórica e Paramétrico

1994-2011	Simulação Histórica		Paramétrico	
Nível de Confiança	99%	95%	99%	95%
Total Observações (em número)	4.331	4.331	4.331	4.331
Perda Real Diária > VaR 1D				
Número de ocorrências	68	246	107	149
% do Total	1,57%	5,68%	2,47%	3,44%
Desvio médio [Perda Real - VaR] (em p.p.) (1)	1,00	0,90	0,70	0,70
Média das Perdas que Excedem o VaR (em p.p.) (2)	3,43	2,34	2,69	2,01
Desvio Relativo (1)/(2)	29,2%	38,5%	26,0%	34,9%
Perda Real 10 Dias > VaR 10D				
Número de ocorrências	164	304	171	228
% do Total	3,79%	7,02%	3,95%	5,26%
Desvio médio [Perda Real - VaR] (em p.p.) (1)	2,85	2,99	2,28	2,33
Média das Perdas que Excedem o VaR (em p.p.) (2)	9,17	7,53	8,38	7,71
Desvio Relativo (1)/(2)	31,1%	39,8%	27,2%	30,3%

Fonte: Bloomberg, cálculos CMVM.

Equacionando este conjunto de resultados, bem como considerações de outra natureza (como por exemplo os recursos disponíveis), cabe ao utilizador estabelecer o *trade-off* apropriado a cada situação.

7. OBSERVAÇÕES FINAIS

Através de um exemplo de aplicação do método VaR ao índice PSI20TR, que se pretendeu simples, foi possível conhecer a evolução do risco do mercado de ações português durante o período 1994-2011. Para calcular o VaR foi utilizado o método da simulação histórica, e como termo de comparação utilizou-se também o método paramétrico. O primeiro recorre a dados históricos da evolução das cotações de mercado do índice PSI20TR durante os últimos 18 anos e meio, e tem como principais vantagens assumir a distribuição real dos retornos do mercado e não exigir recursos computacionais e educacionais fora do alcance da maioria dos investidores de retalho. O segundo é de fácil aplicação, exigindo o conhecimento dos parâmetros da distribuição normal e os valores da volatilidade histórica do índice.

A análise dos resultados obtidos pelo método da simulação histórica permitem concluir que o período 2008-2010 foi em termos históricos o período em que o risco de mercado de ações português, medido pelo VaR, foi maior. Os períodos de maior volatilidade observada no PSI20TR foram igualmente aqueles em que as perdas potenciais medidas pelo VaR foram mais elevadas.

Tomando como referência o VaR a 10 dias do PSI20TR para o nível de confiança de 99%, o VaR do PSI20TR obtido para o dia 13 de Julho de 2011 é de 10,06% (valor mais recente da série analisada). Este valor compara com um VaR médio dos últimos dois anos de 8,9% e com um VaR médio dos últimos 16 anos e meio de 12,9%. Assim, o VaR mais recente corresponde a um valor superior ao verificado nos últimos dois anos, mas é inferior ao valor médio histórico.

A análise dos resultados *a posteriori* revela que, no caso da previsão do risco do mercado accionista português, o método da simulação histórica apresenta uma melhor desempenho porque falha com menos frequência. Este método responde adequadamente às expectativas, pois apresenta uma quantidade de falhas de previsão consentânea com os níveis de confiança utilizados e, em todo o caso, inferior à quantidade de falhas que o método paramétrico apresenta.

As conclusões que se retiram deste trabalho aplicam-se ao PSI20TR e apenas a este índice de mercado, não devendo ser extrapoladas para outros índices pois o comportamento destes difere forçosamente do PSI20TR, o que conduz, designadamente, a uma curva de frequências históricas diferente.

A dificuldade em prever os chamados *tail events* (ocorrências extremas) é uma das limitações do VaR enquanto método de avaliação do risco de mercado documentada na literatura.¹⁶ Não obstante a procura por parte da comunidade de supervisão internacional de métodos/indicadores de determinação do risco de mercado susceptíveis de melhorar a gestão/antecipação de riscos, as vantagens do VaR sobrepõem-se às suas limitações, justificando a sua difusão e ampla utilização no mercado de capitais e na actividade de supervisão financeira.

¹⁶ E.g. Basak, Suleyman and Shapiro, Alex, *Value-at-Risk Based Risk Management: Optimal Policies and Asset Prices* (February 2001).

Este estudo foi elaborado no Gabinete de Estudos da CMVM. Carlos Alves, Victor Mendes e Catarina Dantas Machado trabalharam na concepção, definição metodológica ou execução do estudo. O estudo beneficiou ainda do contributo de Paulo Silva.



ESTUDOS CMVM

N.º 1 2011

COMISSÃO DO MERCADO DE VALORES MOBILIÁRIOS

Av. Liberdade n.º 252
1056-801 LISBOA
E-mail: cmvm@cmvm.pt
Telefone: (+351) 213 177 000
Fax: (+351) 213 537 077