

Solvência II e o backtesting dos modelos internos

PABLO DURÁN SANTOMIL

Faculdade de Administração e Direção de Empresas.
Universidade de Santiago de Compostela (USC)

LUÍS A. OTERO GONZÁLEZ

Faculdade de Ciências Econômicas e Empresariais.
Universidade de Santiago de Compostela (USC)



SOLVÊNCIA II: UM CAMINHO LONGO E AMBICIOSO

O Solvência II entrará em vigor em 1º de janeiro de 2016, após vários atrasos em sua data de aplicação, o que destaca o quanto é ambicioso o novo quadro regulatório. A Diretiva 2009/138/CE estabeleceu 31 de outubro de 2012 como a data de incorporação (ao ordenamento jurídico dos estados membros) e 1º de novembro de 2012 como a data de aplicação do projeto Solvência II, razão pela qual esta seria a data de derrogação das Diretivas de seguros e de resseguros em vigor (Solvência I). Os sucessivos atrasos na aplicação do Solvência II se deveram principalmente ao debate gerado em torno da Diretiva Ônibus II e aos produtos com garantias a longo prazo. A Diretiva Ônibus II, que modificava

certos aspectos da Diretiva do Solvência II, trouxe consigo a criação de uma Autoridade Europeia de Supervisão (EIOPA ou Autoridade Europeia de Seguros e Pensões de Aposentadoria). As divergências no setor sobre o tratamento de determinados riscos, especialmente os produtos com garantias a longo prazo, foram abordadas pela EIOPA no chamado estudo LTGA. Finalmente, a Diretiva 2013/58/UE de 11 de dezembro de 2013 estabeleceu definitivamente a data de aplicação da Diretiva do Solvência II: 1º de janeiro de 2016.

O novo marco regulatório do Solvência II é composto de diferentes níveis de normas:

Nível 1	Diretiva 2009/138
Nível 2	Medidas de implementação ou execução
Nível 2.5	Normas técnicas
Nível 3	Diretrizes da EIOPA
Nível 4	Aplicação rigorosa da legislação da União Europeia

Quadro. Diferentes níveis de normas no Solvência II

- A Diretiva do Solvência II estabelece os princípios gerais do novo marco, que é conhecido como norma de Nível 1 ou escalão normativo mais alto.
- O Nível 2 consiste das medidas de implementação ou de execução aprovadas pela Comissão com base nas propostas enviadas pela EIOPA e que completam ou modificam certos elementos não essenciais da Diretiva. A Diretiva do Solvência II indicava que a Comissão Europeia tinha poderes para adotar medidas de execução de temas específicos. A Diretiva Ônibus II modificava a forma jurídica, dado que o Nível 2 teria que seguir a estrutura normativa exigida pelo Tratado de Lisboa da UE. Desta forma o chamado Nível 2 assume legalmente a forma de regulamento delegado (Nível 2 propriamente dito), e de normas

técnicas regulatórias ou RTS (*Regulatory Technical Standards*) e de normas técnicas de execução ou ITS (*Implementing Technical Standards*) (Nível 2,5). A este respeito, o Regulamento Delegado (UE) 2015/35 da Comissão, de 10 de outubro de 2014, vem completar a Diretiva do Solvência II. O chamado “Nível 2,5” consiste das Normas Técnicas ou TS (*Technical Standards*) elaboradas e propostas pela EIOPA, que juridicamente serão disposições legislativas da Comissão Europeia com base no assessoramento recebido, onde se estabelecem as chamadas RTS e ITS.

Estas normas são puramente técnicas e não envolvem nenhuma decisão estratégica ou política. No caso dos modelos internos no final de 2014, e como parte do chamado “primeiro conjunto de ITS”, a EIOPA publicou o chamado “*Draft ITS on the approval of an internal model*” (ou “Minuta das ITS sobre a aprovação de um modelo interno”). Em março de 2015 a Comissão Europeia adotou o primeiro conjunto de Regulamentos de execução do Solvência II, e com isso o Regulamento de Execução (UE) 2015/460 da Comissão de 19 de março de 2015 estabeleceu as normas técnicas de execução do procedimento relativo à aprovação de um modelo interno.

- No Nível 3 estão as diretrizes que a EIOPA elabora e aprova para os supervisores nacionais e empresas. Elas não são juridicamente vinculantes, mas, em caso de descumprimento, será preciso explicar bem as razões. Nesse sentido destacam-se as “Diretrizes sobre a solicitação prévia de modelos internos”, elaboradas pela EIOPA no final de 2013 para a chamada “fase preparatória do Solvência II”, e a “Diretriz sobre o uso de modelos internos”, publicada em fevereiro de 2015. Estas diretrizes têm por objeto promover uma adaptação progressiva ao novo marco.
- Finalmente, o quarto e último nível versa sobre a aplicação rigorosa da legislação da União Europeia, aspecto que será supervisionado pela Comissão.

MODELOS INTERNOS:VALIDAÇÃO

No Solvência II, o cálculo das exigências de capital poderá ser feito utilizando-se uma fórmula padrão ou, alternativamente, seguindo modelos internos completos ou parciais aprovados pelo órgão regulador. A fim de oferecer um nível de proteção equivalente, a quantia obtida em ambos os casos deverá corresponder ao capital econômico que as

companhias seguradoras terão de possuir para limitar a probabilidade de falência a 0,5% no horizonte de um ano (1 falência a cada 200 anos), ou, em termos financeiros, uma quantia equivalente ao valor em risco (VaR) com nível de confiança de 99,5%.

As normas de cada nível estabelecem os critérios que os modelos internos devem satisfazer para o cálculo das exigências de capital. Queremos nos centrar nos aspectos relacionados à validação dos modelos, deixando de lado outros aspectos relevantes como: o teste de uso ou integração na atividade e tomada de decisões da companhia, documentação, etc.

O artigo 124 da Diretiva do Solvência II, *Normas de validação*, estabelece que as empresas “deverão prever um ciclo periódico de validação de seu modelo, visando à verificação do funcionamento do modelo interno, para que suas especificações continuem sendo adequadas e para comparar seus resultados com os obtidos na realidade”. Este processo de validação “incluirá um processo estatístico eficaz para a validação do modelo interno que permita demonstrar às autoridades reguladoras que as exigências de capital resultantes são adequadas”. Este processo estatístico é conhecido na literatura financeiro-atuarial como “backtesting” [1].

No entanto, as diferentes normas do Solvência II não decidiram estabelecer um procedimento específico e detalhado para fazê-lo porque, como afirma o Regulamento Delegado (UE) 2015/35, “uma vez que os modelos internos devem ser adaptados em cada empresa, eles podem variar significativamente no que diz respeito a outros processos de validação. Portanto, as normas de validação devem se basear em princípios e incluir somente requisitos mínimos específicos”. Ou seja, as normas querem deixar alguma liberdade às empresas no estabelecimento do processo, embora ele esteja atrelado a condições rigorosas: independência, documentação, etc.

Assim, no Artigo 2.m do Regulamento de Execução (UE) 2015/460 da Comissão, por exemplo, fica estabelecido que, entre as provas documentais que devem ser apresentadas juntamente com a solicitação

de uso de um modelo interno, a empresa deve entregar uma “descrição do processo de validação independente^[2] do modelo interno e um relatório dos resultados da última validação”.



Embora o backtesting seja uma das principais ferramentas para a validação de um modelo interno, ele não é a única, mas deve ser complementar a outras técnicas, tais como testes de estresse e testes de estresse reverso (*reverse stress testing*), análise de cenários, etc. Além disso, nas normas se estabelece que o backtesting dos modelos internos deve ser efetuado pelo menos uma vez por ano. Assim, o artigo 242 do Regulamento Delegado (UE) 2015/35, onde se estabelecem as chamadas “ferramentas de validação”, afirma que as companhias “testarão os resultados e as hipóteses fundamentais do modelo interno pelo menos uma vez por ano, comparando-os com a experiência anterior”. A Diretriz 40 sobre o uso de modelos internos, *Aplicação das ferramentas de validação*, estabelece que as companhias deveriam considerar “o uso de ferramentas de validação quantitativas ou qualitativas, além das mencionadas no artigo 242

das Medidas de execução”, de modo que deveriam “escolher o conjunto certo de ferramentas de validação para garantir um processo de validação eficaz”.

A seção a seguir descreve um elemento-chave quando se trata de validar um modelo: o backtesting. Quando uma empresa utiliza um modelo interno, ele deve ser avaliado usando-se backtesting, que, no Solvência II, pode ser definido como uma ferramenta para o processo de validação em termos quantitativos de um modelo interno para analisar se ele é apropriado, e que compara as estimativas de risco resultantes com a experiência histórica. Esta técnica deve ser complementar a outras para que se verifique a adequação correta do modelo interno na determinação das cargas de capital sob o novo marco.

O BACKTESTING DE UM MODELO INTERNO

O backtesting é um procedimento estatístico usado para validar um modelo com a comparação dos resultados reais (distribuição empírica de perdas e lucros) e as medidas de risco geradas pelos modelos. Os modelos internos calculam as cargas de capital para os diferentes riscos, tal qual o modelo padrão que usa a abordagem VaR (*value at risk*). Formalmente, o VaR é o nível de perdas tal que exista uma probabilidade de que as perdas sejam iguais ou maiores que Y^* :

$$VaR_p(Y) = Prob(Y \geq Y^*) = p$$

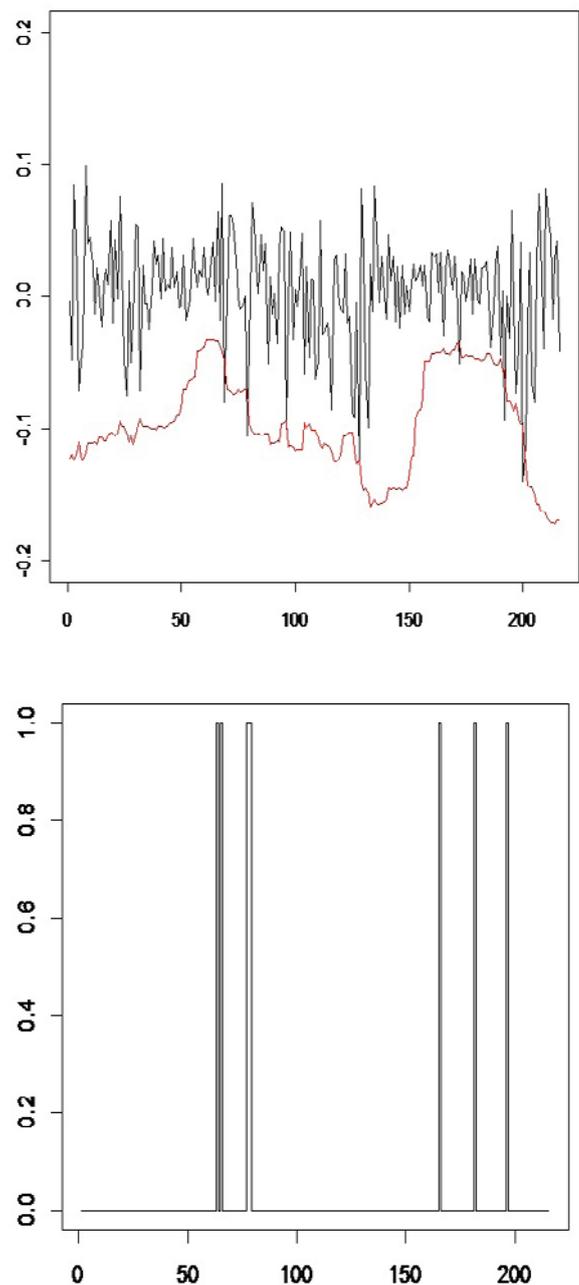
O procedimento de backtesting consiste em analisar as falhas que o modelo tem em relação ao nível de falhas que deveria ter. Portanto, um elemento básico do backtesting é o número de vezes em que as perdas reais excedem o VaR em um determinado período. Neste sentido, para fazer o backtesting, deve-se construir uma sequência que assume o valor de “1”, se a perda for superior ao VaR, e “0” em caso contrário [3]:

$$I_{t+1}(\alpha) = \begin{cases} 1 & \text{si } x_{t+1} > VaR_t \\ 0 & \text{si } x_{t+1} \leq VaR_t \end{cases}$$

Onde x_t é a perda estimada para o momento usando a informação disponível em t , x_{t+1} é a perda observada em $t+1$ e $I_{t+1}(\alpha)$ é o indicador do evento de uma exceção, excedido, falha ou fracassado em $t+1$. Desta forma, o resultado de aplicar a função de erros a uma determinada série será um vetor formado por uma série de “1” e “0” que indicará se as perdas havidas ultrapassaram o VaR ou não. A título de exemplo, no canto esquerdo inferior do gráfico mostra-se uma estimacão das perdas estimadas de um modelo interno (linha vermelha) e a distribuição de perdas e ganhos reais (linha

preta), de forma que, quando as perdas reais forem maiores que as estimadas, computa-se um excedido, razão pela qual o gráfico à direita recebe o valor “1” (“0” em caso contrário). Existem inúmeros testes de backtesting, que podem ser agrupados em famílias grandes, podem ser implementados para a validação do modelo e que discutiremos na seção a seguir.

Gráfico.- Estimacão de VaR e função dos fracassados



Fonte: Elaboracão própria

FAMÍLIAS DE TESTE DE BACKTESTING

Não existe um teste único que sirva para medir a validade de um modelo VaR, dado que no backtesting dos modelos podem ser medidas diversas propriedades desejadas. Por isso, podemos agrupar os diferentes testes propostos nas seguintes famílias de teste:

- *Testes de cobertura incondicional*

O foco exclusivo destes testes é verificar se o VaR estimado é superado numa percentagem superior à do nível de confiança com que foi estimado, ou seja, 99,5% no Solvência II. A probabilidade de que ocorra uma perda que excede o VaR tem, então, que ser de 0,5%. Se as perdas ocorrem em uma percentagem mais elevada, assumindo que dispomos de uma amostra suficientemente grande, o VaR calculado subestima o risco da carteira. No caso contrário, ou seja, quando o número de falhas é muito pequeno, o modelo poderia estar superestimando o risco.

- *Testes de independência*

Nos testes de incondicional só se considera o número de exceções, mas não a forma em que estas se distribuem ao longo do tempo. Os fracassados deveriam ocorrer independentemente uns dos outros, mas os modelos ruins tendem a produzir sequências consecutivas de excedidos. A análise da independência pode ser feita aplicando-se diferentes testes que se concentram em verificar se há alguma relação entre os fracassados.

- *Testes mistos de cobertura incondicional e independência*

Os testes mistos examinam as propriedades de cobertura incondicional e independência ao mesmo tempo, permitindo identificar modelos que são deficientes por não superar nenhuma das duas propriedades. Embora estes testes possam parecer mais apropriados, já que avaliam simultaneamente as duas propriedades, sua limitação é a menor capacidade para detectar medidas de VaR que só violem uma das

duas propriedades.

- *Testes baseados em vários níveis de VaR*

Os testes anteriores analisam exclusivamente a adequação do VaR para um determinado nível de confiança. No entanto, uma medida exata do VaR deveria ser válida para qualquer nível de confiança. Este tipo de teste significa que, se o cálculo do VaR for adequado, um VaR a 99,5% deveria ser excedido em 0,5% dos casos, um VaR a 97,5%, em 2,5%, e assim por diante. Além disso, as falhas que ocorrem em um determinado nível também deveriam ser independentes das que ocorrem em outros níveis de confiança.

- *Testes baseados na função de perdas*

Ao invés de focar-se unicamente no número de excedidos, como os testes anteriores, poderíamos levar em conta a magnitude dos mesmos. Neste sentido, se tivermos dois modelos com o mesmo número de fracassados independentes, a intuição nos diz que temos de escolher aquele em que a magnitude dos excessos seja menor, já que, se as perdas de um modelo já forem grandes demais, isso poderia ser o resultado de se estar usando um modelo errôneo. Existem vários testes estatísticos na literatura especializada que consideram a magnitude dos excessos na validação de um modelo.

- *Outros testes*

Além dos testes anteriores, baseados na contabilização do número de exceções a um nível de confiança ou vários, sua dependência e estudo do tamanho das mesmas, podem ser feitas análises complementares, como, por exemplo, a análise da relação entre o VaR estimado pelo modelo e a distribuição de perdas e ganhos reais, estudos para identificar as causas das exceções, etc. A seguir, vamos nos concentrar na análise da relação entre os rendimentos e os VaR estimados, aspecto relacionado com a eficiência da medida VaR.

Uma medida adequada do risco deve ser não só suficientemente conservadora, ou seja, que proporcione uma cobertura adequada, mas também deve estar intimamente ligada à exposição ao risco. Neste sentido, seria aconselhável que os grandes números de VaR sejam acompanhados de grandes rendimentos negativos, enquanto que os VaR pequenos sejam associados com pequenos rendimentos negativos ou positivos. Diversos testes podem ser aplicados para verificar se essa relação é ou não intensa.

APLICAÇÃO PRÁTICA

Nesta seção mostraremos uma aplicação simples de um dos principais testes de backtesting empregados na literatura especializada para validar um modelo, usando para isso o caso do risco de renda variável. Para tanto, analisamos a evolução dos rendimentos logarítmicos mensais do FTSE-100 durante um período amplo (216 observações), usando um modelo baseado na distribuição normal. O backtesting realizado neste exemplo será feito dentro da amostra, ou *in sample*, o que permite calcular a estimação do risco efetuada pelo modelo em cada momento com as perdas históricas. Uma vez calculado o VaR estimado pelo modelo normal para o nível de confiança $(1-p)$ estabelecido pelo Solvência II de 99,5%, analisaremos o chamado “teste de cobertura incondicional de Kupiec” (1995). Da análise da função de falhas do modelo obteríamos quatro exceções ($x=4$) para um VaR de 99,5% e o período analisado ($T=216$). A fórmula a seguir calcula o chamado “POF estatístico”:

$$POF = -2\ln\left(\frac{(1-p)^{T-x}p^x}{\left(1-\frac{x}{T}\right)^{T-x}\left(\frac{x}{T}\right)^x}\right) = -2\ln\left(\frac{(1-0,005)^{216-4}0,005^4}{\left(1-\frac{4}{216}\right)^{216-4}\left(\frac{4}{216}\right)^4}\right) = 4,675$$

Sob a hipótese nula, se o modelo estiver correto, o POF se distribui com um χ^2 com um grau de liberdade, de modo que, se o valor estatístico superar o valor crítico, a hipótese nula é rejeitada e o modelo é considerado inadequado. Para um nível de significância de 5%, rejeita-se a hipótese nula, já que o valor estatístico (4.675) excede o valor crítico (3.841), razão pela qual o modelo normal não é considerado adequado neste teste. ■

CONCLUSÕES

Os modelos internos podem ser usados pelas companhias seguradoras para calcular as exigências de capital do Solvência II. Para garantir que os modelos utilizados sejam adequados, as normas estabelecem a obrigatoriedade de um processo de validação dos mesmos. O backtesting é uma ferramenta quantitativa que permite verificar se as estimativas resultantes do modelo seguem ou não a experiência histórica. Existem outras ferramentas que devem completar esta análise, tais como a análise de cenários, os testes de estresse, os testes de estresse reversos, etc. O estudo das diferentes técnicas de backtesting mostra que não existe um único teste que sirva para medir diretamente a validade de um modelo VaR. Uma vez que os testes analisam diferentes propriedades que os fracassos de um modelo devem cumprir, foram estabelecidas grandes famílias deles que abordam aspectos complementares da série de fracassos de um modelo, a fim de garantir que uma companhia seguradora utilize um modelo adequado. Finalmente, mostramos um exemplo prático de como o modelo normal não é adequado para o cálculo da carga de capital no caso do risco de renda variável da série analisada, utilizando para tanto um teste de cobertura incondicional.

REFERÊNCIAS

CEIOPS (2009): *CEIOPS' Advice for Level 2 Implementing Measures on Solvency II: Articles 120 to 126 Tests and Standards for Internal Model Approval*, CEIOPS-DOC-48/09.

DIRECTIVA 2009/138/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO, de 25 de noviembre de 2009, sobre el seguro de vida, el acceso a la actividad de seguro y de reaseguro y su ejercicio (Solvencia II).

DIRECTIVA 2013/58/UE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 11 de diciembre de 2013 que modifica la Directiva 2009/138/CE (Solvencia II) por lo que se refiere a sus fechas de transposición y aplicación, así como a la fecha de derogación de determinadas Directivas (Solvencia I).

DIRECTIVA 2014/51/UE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 16 de abril de 2014 por la que se modifican las Directivas 2003/71/CE y 2009/138/CE y los Reglamentos (CE) no 1060/2009, (UE) no 1094/2010 y (UE) no 1095/2010 en lo que respecta a los poderes de la Autoridad Europea de Supervisión (Autoridad Europea de Seguros y Pensiones de Jubilación) y de la Autoridad Europea de Supervisión (Autoridad Europea de Valores y Mercados).

Durán, P. y Otero, L.A. (2014): *Generación de escenarios económicos para la medición de riesgos de mercado en Solvencia II a través de modelos de series temporales*, Cuadernos de la Fundación Mapfre, No. 203, Madrid.

EIOPA (2013): *Directrices sobre la solicitud previa de modelos internos*, EIOPA-CP-/13/011.

EIOPA (2014): *Directriz sobre el uso de modelos internos*, EIOPA-BoS-14/180.

EIOPA (2014): *Draft ITS on the approval of an internal model*, disponible en https://eiopa.europa.eu/Publications/Technical%20Standards/IM_ITS_Clean_LegisWrite.docx [consultado 14/06/2015].

Kupiec, P. (1995): "Techniques for Verifying the Accuracy of Risk Management Models", *Journal of Derivatives*, Vol. 3, pp. 73-84.

REGLAMENTO DE EJECUCIÓN (UE) 2015/460 DE LA COMISIÓN de 19 de marzo de 2015 por el que se establecen normas técnicas de ejecución en relación con el procedimiento relativo a la aprobación de un modelo interno de conformidad con la Directiva 2009/138/CE del Parlamento Europeo y del Consejo.

REGLAMENTO DELEGADO (UE) 2015/35 DE LA COMISIÓN de 10 de octubre de 2014 por el que se completa la Directiva 2009/138/CE del Parlamento Europeo y del Consejo sobre el acceso a la actividad de seguro y de reaseguro y su ejercicio (Solvencia II).

- [1] O nome “backtesting” foi usado pelo CEIOPS (2009) ao falar de diversas ferramentas para fazer a validação, mas depois não foi usado nas normas comentadas.
- [2] A validação independente quer dizer que as pessoas ou a unidade organizacional que realize o processo de validação do modelo devem estar livres da influência dos responsáveis pelo desenvolvimento e funcionamento do modelo interno.
- [3] A anotação utiliza significa, a título de exemplo, que um VaR de 25% corresponde a uma queda do mercado de -25%.