

Introdução

O desenvolvimento do mercado financeiro e de derivativos vem sendo acompanhado do desenvolvimento de novas técnicas de gerenciamento de riscos. Em algumas áreas, como a de seleção de *portfolios*, de gerenciamento de riscos em carteiras financeiras lineares e, mais recentemente, de gerenciamento em empresas não financeiras, já existem modelos de eficácia elevada, com validação teórica pela academia e uso prático difundido mundialmente.

No nicho dos derivativos, o mercado viu um grande salto de conhecimento nos anos 70, com destaque para a divulgação das pesquisas de Fisher Black, Myron Scholes e Robert Merton sobre o apreçamento de opções. Desde então, várias pesquisas têm sido realizadas no intuito de encontrar uma métrica de risco adequada para carteiras não lineares, compostas por opções e, por mais que muitas métricas e análises de sensibilidade estejam disponíveis no meio acadêmico, ainda não há um consenso de uma métrica de risco para estas carteiras à semelhança do que o VaR representa para as carteiras lineares.

Esta pesquisa tem como objetivo avaliar a eficiência das diversas métricas já desenvolvidas na mensuração e gestão de risco em carteiras de opções de *commodities* de energia, de forma a identificar a mais adequada para utilização na prática pelos gestores, levando em consideração o *trade-off* entre precisão e agilidade de resposta, devido à velocidade exigida na tomada de decisão.

Este trabalho pretende responder as seguintes perguntas:

- 1 – O VaR não é realmente uma boa métrica de risco para carteiras não lineares?
- 2 – Se não, qual dentre as métricas já desenvolvidas apresenta a melhor relação entre a precisão da estimação e o tempo de resposta?

1.1

Mercado de derivativos

1.1.1 Surgimento e desenvolvimento

O desenvolvimento do mercado financeiro ocorre diante da crescente demanda de empresas, governos e pessoas físicas por produtos complexos de financiamento, investimento e *hedge*. Cada ator neste mercado possui um objetivo diferente: pode estar tanto em busca de redução do risco de seus ativos, como de alavancagem de riscos. Esta decisão será tomada em virtude de seu apetite a risco e à expectativa de que o aumento no retorno seja coerente com o risco adicional.

Mas, independente do seu objetivo, é preciso que cada agente compreenda os riscos assumidos e domine as técnicas para seu gerenciamento. E, em um mercado em constante desenvolvimento, ainda não se pode afirmar que foram esgotadas as técnicas de gerenciamento de risco. Na verdade, o desenvolvimento acadêmico de arcabouços teóricos que visam a uma melhor mensuração e gestão dos riscos ocorre em paralelo à difusão de novos instrumentos financeiros e, porque não dizer, ao colapso do sistema derivado do uso dos mesmos e às regulações decorrentes destas crises.

Em diversos mercados, instrumentos ilíquidos foram (e continuam sendo) substituídos por títulos securitizados que facilitam as negociações, eliminam as intermediações, aumentam a disponibilidade de dados de transações e também a transparência. Com a expansão do mercado global de títulos, os derivativos se tornaram um dos principais componentes do mercado.

A primeira documentação sobre uso de opções ocorreu na Holanda em 1634. As tulipas eram símbolo de status entre a aristocracia holandesa no século XVII. Naquela época, era prática comum os mercadores venderem tulipas para entrega em data futura. Havia, no entanto, grande risco em aceitar vender por preço fixo no futuro sem saber ao certo qual seria o preço exato no momento da venda. Para limitar esse risco e assegurar margem de lucro, muitos mercadores compravam opções dos plantadores.

A intensificação no *trading* de derivativos, com a criação de bolsas especializadas e a existência de um mercado estruturado, permitiu às instituições financeiras criarem instrumentos novos e complexos negociados nos mercados de balcão.

As opções, por exemplo, começaram a ser negociadas da forma organizada tal como as conhecemos hoje em abril de 1973, na *Chicago Board Options Exchange*, com o lançamento dos contratos de opções sobre títulos do tesouro norte-americano. Desde então o mercado cresceu e difundiu-se por toda à parte, sendo indiscutível sua eficácia como instrumento de *hedge*.

Simultaneamente a este desenvolvimento, o mercado financeiro global experimentou momentos de crise. Um ano marcante para o mercado financeiro global foi 1929. O *crash* da bolsa de Nova Iorque e a crise econômica que se seguiu evidenciaram a necessidade de se conhecer os reais riscos existentes no mercado financeiro e, mais que isso, de se adotar práticas de gestão que evitassem novos colapsos no sistema.

Outro momento importante foi a Segunda Guerra Mundial. Com a assinatura do tratado de Bretton-Woods, as taxas de câmbio foram artificialmente congeladas e a estabilidade foi garantida por intervenções diretas dos bancos centrais. Este modelo de câmbio faliu nos anos 60 devido a forças econômicas mundiais, dentre elas a expansão do comércio internacional e a pressão inflacionária. A mudança para o modelo de câmbio flexível trouxe consigo a volatilidade, que por sua vez incentivou o lançamento de novas ferramentas para lidar com este novo fator de risco. Contratos a termo e futuros foram os primeiros, seguidos de opções.

Nos anos 90 e início do século XXI, mesmo diante de um mercado globalizado mais estruturado, momentos de grande tensão foram vivenciados: nos anos 90 com a bolha especulativa nas bolsas asiáticas e, mais recentemente, em 2007, com a crise do *subprime* norte-americana, que evidenciou uma política falha na gestão de risco de crédito e deflagrou um efeito em cadeia sobre todo o restante mercado financeiro internacional. Em 2008, o Brasil viu duas de suas grandes empresas, Sadia e Aracruz, sofrerem o impacto de um gerenciamento de riscos não bem sucedido.

Muitos dos desastres ocorrem porque, além da função de proteção, as opções servem também como um instrumento especulativo, onde o comprador de uma opção tem um limite de perda, porém uma possibilidade de um ganho bastante elevado. O vendedor, por sua vez, tem o resultado contrário e, portanto, risco de perda ilimitada.

Ao longo de todo este período, junto com a estruturação do mercado, houve incremento significativo da liquidez dos investimentos, gerando potencial de rolagens diárias e intradiárias de posição. Da mesma forma, a liquidez gerou uma necessidade de que as carteiras fossem avaliadas com frequências cada

vez menores, aproximando-se de uma avaliação em tempo real. E isto demanda metodologias mais precisas de apuração.

Assim, associado ao desenvolvimento de um mercado financeiro estruturado, ocorreu o desenvolvimento de novas teorias e metodologias para gerenciamento de risco no meio acadêmico, algumas delas já aceitas amplamente tanto no meio acadêmico como fora dele, ao redor do mundo.

Apresentando cronologicamente, pode-se citar o estudo sobre o princípio da seleção de *portfolios*, de Markowitz (1952), em que o autor demonstrou que o risco relacionado à volatilidade das taxas de retorno de um ativo específico poderia ser reduzido de forma fácil e sem custo pela diversificação dos ativos na carteira.

Sharpe (1964) e Lintner (1965) avançaram um pouco mais ao assumirem a existência de um ativo livre de risco e demonstrarem que o mercado financeiro está em equilíbrio quando todos os investidores detêm uma combinação de um ativo livre de risco e um *portfolio* com todos os demais ativos do mercado. Derivou-se deste estudo o Capital Asset Pricing Model (CAPM), amplamente utilizado na mensuração do risco de ativos.

Outro trabalho extremamente relevante foi divulgado nos anos 70, nas publicações de Fisher Black, Myron Scholes e Robert Merton sobre o apreçamento de opções. Este talvez seja o avanço acadêmico de maior importância para a pesquisa proposta para esta dissertação. Derivam deste modelo de apreçamento as principais ferramentas de análise de risco de carteiras de opções em uso no mercado.

Já nos anos 90, em resposta aos desastres financeiros ocorridos nesta década, uma nova revolução no gerenciamento de riscos surgiu: o VaR, sigla para *value-at-risk* ou, em português, valor em risco.

Em 1994, o JP Morgan lançou o *RiskMetrics Technical Document*, que contou com a colaboração de dezenas de profissionais do grupo, onde apresentou sua metodologia para o cálculo do VaR. Neste mesmo ano o VaR foi citado no relatório do G-30 sobre as melhores práticas para o uso de derivativos e teve também a aprovação dos órgãos reguladores.

Desde então, esta metodologia tem evoluído através da contribuição de diversos agentes do mercado e hoje é usada mundialmente como forma de controlar e gerenciar risco de carteiras financeiras. Apesar de suas limitações, o VaR se mostrou uma ferramenta poderosa para a avaliação do risco global de carteiras em horizontes pequenos sob condições normais de mercado. A grande

fação desta metodologia consiste na capacidade de capturar em um único número todas os componentes de risco da carteira.

Porém, apesar de ser também a metodologia mais utilizada no mercado de opções, não há ainda um consenso se esta é realmente a melhor alternativa para a análise de risco destes instrumentos, ou sobre como combinar as diversas métricas existentes de forma a agilizar as decisões de ajuste de *portfolio*.

A maior ferramenta em uso no momento é a análise de sensibilidade, que avalia a sensibilidade do prêmio das opções segundo um conjunto de fatores usualmente denominados gregas, por serem expressos por letras gregas. Estas sensibilidades derivam da fórmula de apreçamento de Black & Scholes ou Black, dependendo da opção, e expressam o impacto de pequenas variações no preço do ativo base (delta), de variações maiores no preço do ativo (gamma), de variação na volatilidade do ativo base (vega), de variação na taxa de juros (rho) e no tempo para o vencimento do derivativo (theta).

Enquanto o VaR consegue consolidar todos os riscos em uma única métrica, esta mesma facilidade não é proporcionada pela sensibilidade fornecida pelas gregas, uma vez que estas não podem ser somadas entre si e também não são aditivas entre mercados. Isto leva a uma dificuldade quando se fala em carteiras de opções, pois não há um valor que evidencie a perda aceitável da posição.

Muitas métricas derivadas do VaR têm sido utilizadas na gestão de carteiras não lineares, entre elas o delta-gamma VaR e o Vega VaR, mas nenhuma delas ainda representa para o mercado de opções o que o VaR significa para as carteiras lineares.

É neste ambiente, ainda sem uma metodologia consagrada e amplamente difundida, que se insere esta dissertação, com o objetivo de auxiliar na gestão de risco de carteiras não-lineares.

1.1.2 O mercado de petróleo no Brasil e o uso de derivativos

No Brasil, a participação brasileira no mercado de derivativos de *commodities* de energia, em especial o petróleo e seus derivados, tem se tornado mais importante nos últimos anos, podendo-se atribuir parte da responsabilidade por este incremento a três marcos para o setor de petróleo no Brasil.

O primeiro deles foi a sanção, em 1997, da Lei ordinária nº 9478, conhecida como Lei do Petróleo, pelo então presidente Fernando Henrique Cardoso, revogando a Lei nº 2004, de 1953, que garantia o direito de monopólio da União, exercido através da Petrobras. Esta lei, que tinha dentre seus objetivos promover a livre concorrência, atrair investimentos na produção de energia e ampliar a competitividade brasileira no mercado internacional, marcou o fim deste monopólio nas atividades relacionadas à exploração, produção, refino e transporte no Brasil, concedendo assim às empresas privadas, nacionais e estrangeiras, a possibilidade de atuar em todos os elos da cadeia (*upstream*¹ e *downstream*²), quando antes suas atuações estavam restritas às atividades de distribuição.

O segundo marco foi o ano de 2006, quando foi atingida a auto-suficiência em petróleo. Ao contrário do que o termo “auto-suficiência” possa indicar, o Brasil não se tornou uma ilha e isolou-se do mercado internacional, deixando de realizar a comercialização de óleo e derivados com o restante do mundo. O que ocorreu foi o oposto, houve o aumento da complexidade desta comercialização com o aumento do volume de negócios, o que se deu em virtude, principalmente, de razões técnicas relacionadas às características do petróleo nacional e seus rendimentos. O Brasil se tornou auto-suficiente em volume de petróleo, mas a qualidade do petróleo nacional combinada às características de seu parque de refino não permitia a obtenção dos derivados demandados pelo mercado brasileiro. De forma a produzir derivados em perfil compatível com o seu mercado, manteve-se a necessidade de se importar óleos mais leves e misturá-los aos óleos nacionais, em sua maioria pesados³.

Com isto, o Brasil, que era basicamente importador, começou a aumentar seu volume de exportações, assumindo um novo papel no mercado mundial.

O terceiro marco foi a descoberta do Pré-Sal. Em 2006 foi anunciado indício da existência de petróleo na camada pré-sal brasileiro. Em 2007, a existência foi confirmada pela Petrobras e, em 2008, iniciou-se a prospecção da

¹ Upstream – Envolve as atividades de exploração, desenvolvimento e produção de petróleo.

² Downstream – Engloba as atividades de refino e logística.

³ O petróleo é classificado de acordo com sua densidade, medida em graus API. Quanto mais alto o grau API de um óleo, menos denso, ou, nos termos utilizados na indústria de petróleo, mais leve. Quanto mais leve um petróleo, maior o seu rendimento em derivados leves (GLP, nafta, querosene, gasolina e diesel) e menor o rendimento de óleo combustível. Além da densidade, são também relevantes na classificação de um óleo o seu percentual de enxofre (acidez), nitrogênio e demais contaminantes.

A complexidade do parque de refino pode conceder certa flexibilidade aos rendimentos, através da conversão de frações mais pesadas em derivados mais leves, aumentando o rendimento destes últimos. Mas esta flexibilidade, além de limitada, pode exigir elevados investimentos.

camada pré-sal. Com a descoberta dos campos do pré-sal, as perspectivas de crescimento do setor de petróleo no Brasil e do aumento da participação do país no comércio mundial saltaram aos olhos do mercado.

O desenvolvimento deste mercado, associado à estrutura de livre concorrência implementada no país, incentivou as atividades de comercialização e a busca pela maior eficiência e pelo maior retorno das mesmas, aumentando a preocupação das empresas do setor com a equalização entre risco e retorno de suas operações. Além disso, as operações brasileiras se tornam cada dia mais dependentes e correlacionadas aos preços do mercado internacional. Este cenário gera estímulo para o uso dos derivativos como instrumentos de proteção ou, utilizando o termo mais usual no mercado, *hedge*.

Isto se torna mais importante com o aumento da volatilidade no preço das *commodities* de energia nos últimos anos, que resultou da combinação da relação de oferta e demanda do petróleo e derivados e da situação macroeconômica mundial.

O Gráfico 1 apresenta o histórico do preço do contrato futuro de WTI⁴ e, logo a seguir, há uma breve descrição dos eventos que motivaram as grandes alterações nos preços nos anos recentes.

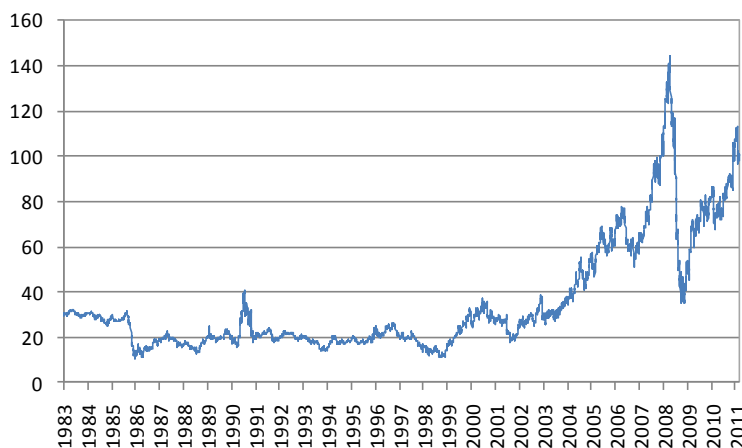


Gráfico 1 - Histórico de preços reais de WTI (Fonte: Reuters)

⁴ O contrato futuro de WTI (West Texas Intermediate) é um contrato futuro de Light Sweet Crude Oil (produto físico) estabelecido entre duas partes, que tem papel de benchmark internacional na apuração de preços de petróleo, oferece excelente liquidez e transparência, sendo o contrato futuro de *commodity* com maior volume de negociação no mundo.

Este contrato envolve a promessa de entrega de carga física em Cushing, Oklahoma, acessível ao mercado spot via dutos. O Light Sweet Crude Oil é um óleo de elevado valor para os refinadores por apresentar baixo teor de enxofre e elevados rendimentos em destilados médios e gasolina, produtos que usualmente apresentam os maiores valores no mercado de derivativos.

No ano de 1997 observa-se o início de um período de queda no preço do petróleo, que está diretamente associado à crise asiática iniciada neste ano. Os Tigres Asiáticos sofreram uma mudança drástica em suas trajetórias de crescimento e a economia altamente globalizada distribuiu o efeito desta crise por todo o mundo. O PIB das economias avançadas, que nas décadas anteriores tinha crescido acima de 3.5% a.a., cresceram somente 2.5% e 2.8% nos anos de 1998 e 1999 respectivamente. O Japão sofreu queda no seu PIB em 1998 e aumento insignificante de 0.3% em 1999.

Em 1999, os países membros da Organização dos Países Exportadores de Petróleo (OPEP) reduziram suas produções como uma forma de aumentar o preço do óleo. Com os preços já se recuperando, o Iraque anunciou em novembro do mesmo ano o corte da exportação como retaliação às economias ocidentais, ignorando o programa das Nações Unidas conhecido como “Petróleo em troca de alimentos”, um resquício da Guerra do Golfo.

A tendência de recuperação dos preços seguiu no ano de 2000, levantando dúvidas sobre o impacto dos preços elevados (para o patamar da época) na inflação e no crescimento econômico.

Em 2001, a economia voltou a sofrer um abalo com o estouro da bolha da Nasdaq. As ações de empresas de tecnologia, que estavam supervalorizadas, sofreram abrupta queda, o que resultou em muitas empresas quebradas e muitos investidores severamente afetados.

A partir de 2002, o petróleo apresentou uma tendência de alta como nunca dantes vista. Entre janeiro de 2002 e julho de 2008, o preço do Brent⁵ cresceu 584% em valores nominais, passando de US\$ 19,42/barril para US\$ 132,72/barril. Pode-se relacionar este grande movimento ao forte crescimento do consumo mundial de petróleo associado à fraca expansão da produção mundial de petróleo e à redução da capacidade ociosa, tornando o mercado mais sensível a tensões geopolíticas e eventos climáticos negativos.

Não há dúvidas de que o aumento na demanda internacional de petróleo neste período foi decorrência de um elevado crescimento econômico mundial, liderado por China e Índia. Entre 1998 e 2007 o PIB mundial cresceu a uma taxa de 4.0% a.a., tendo os países em desenvolvimento crescido a uma taxa de 6.0%. Além disso, a produção de petróleo não seguiu o mesmo ritmo da demanda, com declínio de algumas regiões maduras de produção, como o Mar

⁵ O Brent é um dos benchmarks mundiais de petróleo. Corresponde a um petróleo leve compost por quatro correntes produzidas no Mar do Norte, sendo estas Brent Blend, Forties Blend, Oseberg e Okofisk. O contrato future de Brent é negociado na Intercontinental Exchange (ICE) em Londres.

do Norte, Estados Unidos e México, lenta recuperação de áreas produtoras, como as do Iraque, afetadas pelas conflitos em seu território, e elevação dos custos em exploração e produção.

Outro fator, não relacionado diretamente à oferta e demanda do produto, mas que pode ter motivado este aumento nos preços, foi o forte incremento de posições em petróleo no *portfolio* de investimento de fundos financeiros. Especula-se que parte deste fluxo de investimentos em papéis de energia foi resultado da migração de investidores antes focados em outras áreas, como a de tecnologia, que sofreram intenso abalo nos anos anteriores, em busca de diversificação de *portfolios*.

O aumento da inelasticidade da demanda de petróleo, atrelado à estreita capacidade de substituição de derivados de petróleo, a adoção de equipamentos e veículos mais eficientes, que reduziram o impacto do preço do combustível no orçamento das famílias, a depreciação do dólar em relação às demais moedas e a renúncia fiscal ou subsídios em países em desenvolvimento pareciam garantir a manutenção dos preços em patamares elevados.

Em 2007 iniciou-se uma nova crise econômica mundial, desencadeada pelos títulos hipotecários sub-prime nos Estados Unidos. A crise não poupou o mercado de energia, com o WTI retornando a patamares próximos aos 40 USD/barril em 2008.

Após a abrupta queda de 2008, o preço do petróleo tem se recuperado em decorrência de conflitos no Oriente Médio e da retomada do crescimento da economia global, ainda liderada pelas economias emergentes.

O que é inegável é que a amplitude dos movimentos dos preços aumentou consideravelmente nos últimos anos, elevando o risco dos negócios atrelados aos mesmos.

1.2

Os derivativos no mercado de energia

O mercado de energia e, mais especificamente o de petróleo e seus derivados, trabalha basicamente com três tipos de contratos de derivativos, sendo eles: futuros, *swaps* e opções.

Os contratos futuros são acordos entre duas partes para comprar ou vender um ativo em uma determinada data futura, em que uma destas partes é a bolsa. Os contratos futuros são padronizados.

Os *swaps*, como o próprio termo em inglês indica, é um contrato que negocia a troca de dois índices, um fixo por um flutuante ou vice-versa. O *swap* mais conhecido é o de taxa de juros, em que se negocia a troca de um índice de correção por uma taxa fixa, mas para efeitos desta dissertação será mantido o foco nos *swaps* de energia. Neste mercado, os *swaps* são muito semelhantes aos contratos futuros, mas não são negociados em bolsas, e sim no mercado de balcão ou, utilizando o termo do mercado, *over-the-counter* (OTC).

O terceiro deles são as opções, as quais podem ser divididas em duas categorias: opções de compra (*calls*) e opções de venda (*puts*). As *calls* conferem ao seu titular o direito de comprar um ativo por um certo preço em uma data futura, enquanto as *puts* conferem ao titular o direito de vender um ativo por um preço pré-determinado em data futura. Diferente dos futuros, os detentores de opções têm o direito, mas não a obrigação, da compra ou venda na data futura. O exercício de seu direito dependerá das condições de mercado na data do exercício do derivativo.

Detalhes da apreçamento e do *trading* de opções serão apresentados capítulo 2, mas desde já é importante compreender que a flexibilidade proporcionada pelas opções é a principal característica que coloca as opções em vantagem comparativa em relação aos futuros e aos *swaps*.