

GRUPO DE ESTUDO DE COMERCIALIZAÇÃO, ECONOMIA E REGULAÇÃO DO MERCADO DE ENERGIA ELÉTRICA - GCR

INTRODUÇÃO AOS DERIVATIVOS DE ENERGIA ELÉTRICA

EDUARDO DE AGUIAR SODRÉ (1); MARCELO LEITÃO (2); THIAGO FELÍCIO DE SOUZA (3)
ELETROBRAS CHESF e POLI-UPE (1)
XP COMERCIALIZADORA (2)
ELETROBRAS FURNAS (3)

RESUMO

O objetivo deste artigo é trazer ao público especializado do mercado brasileiro de energia elétrica os principais conceitos do Mercado de Derivativos. Todos os tipos de derivativos basicamente são construídos a partir de alguns instrumentos financeiros simples, tais como, Forwards, Futures, Swaps e Options. Uma explicação básica das CALL OPTION e PUT OPTION também será apresentada, em conjunto com um exemplo para o setor e alguns exemplos de derivativos exóticos. Este artigo também pretende explicar através de um exemplo prático a estratégia "Dynamic Hedging" para um portfólio de contratos de energia elétrica.

PALAVRAS-CHAVE

Derivativos; Options; Energia Elétrica; Dynamic Hedging

1.0 INTRODUÇÃO

Os mercados financeiros são onde indivíduos e instituições vão para negociar ações, títulos e derivativos. As ações, os títulos do governo e os títulos de empresas são ativos financeiros emitidos por participantes do mercado de capitais. Esses títulos são essencialmente contratos que documentam a transferência de dinheiro para o emissor e especificam os direitos do detentor de receber fluxos de caixa no futuro. Os derivativos também são emitidos por participantes do mercado de capitais; no entanto, enquanto ações e títulos são geralmente usados para facilitar a transferência de capital, os derivativos são usados principalmente para transferir riscos entre os participantes.

Os derivativos são importantes instrumentos de gerenciamento de risco e quando empregados da forma correta trazem substanciais benefícios para as empresas. Todos os tipos de derivativos são basicamente construídos a partir de alguns instrumentos financeiros simples, tais como, Forwards, Futures, Swaps e Opções.

Um derivativo é um título financeiro com um valor que depende ou é derivado de um ativo subjacente, onde duas partes (writer/holder) realizam um contrato. Por exemplo, num Contrato Forward, o "holder" é obrigado a comprar o ativo subjacente, numa data futura, por um preço acordado pelo contrato no momento presente, e o "writer" é obrigado a vender. Os ativos subjacentes mais comumente utilizados são: ações; commodities; moedas; e taxas de juros.

Os instrumentos financeiros chamados Opções são os mais instigantes e atualmente são negociados não apenas em produtos tradicionais, tais como, ações e commodities; mas também com ativos subjacentes bastante incomuns, tais como, imóveis, poluição, clima, inflação. Muitas negociações de balcão (over-the-counter) também são realizadas utilizando-se das denominadas Opções exóticas [1].

Vale ressaltar que o uso dos derivativos está sendo aceito como parte dos deveres fiduciários do Conselho de Administração para com os acionistas das empresas. Um caso judicial frequentemente citado, para exemplificar esse fato, é o caso "*Brane versus Roth*", acontecido nos Estados Unidos. Neste caso, o Conselho de Administração de uma cooperativa de produtores de grãos foi processado pelos acionistas por não utilizar de forma adequada os instrumentos derivativos disponíveis para se proteger da volatilidade do preço dos grãos [2].

O objetivo deste artigo é trazer ao público especializado do mercado brasileiro de energia elétrica os principais conceitos do Mercado de derivativos. Também pretendemos explicar através de um exemplo prático simplificado a estratégia "Dynamic Hedging" para um portfólio de contratos de energia elétrica [6]. Para explicar a estratégia

“Dynamic Hedging” é importante primeiro entender o que é comumente conhecido como "Gregas". Cada letra grega mede uma dimensão diferente do risco e o objetivo de um trader é gerenciar todas essas dimensões de riscos de forma a atender os critérios que constam da Política e do Manual de Risco da empresa [7, 8].

2. DERIVATIVOS NO MERCADO FINANCEIRO

Existem muitos tipos diferentes de derivativos no mercado financeiro. A boa notícia é que as estruturas mais complexas são construídas a partir de alguns blocos de construção simples – Forwards, Futures, Swaps e Options. Estas estruturas simples são definidas da seguinte forma:

1. Forwards: Os contratos a termo (Forwards) representam um acordo para comprar ou vender um ativo a um preço predeterminado em uma data futura específica. No entanto, os contratos a termo são acordos privados entre duas partes e não são negociados em bolsa (exchange) ou seja, as contrapartes assumem risco de contraparte (risco de crédito). Os Forwards, por serem contratos bilaterais podem ser personalizados para atender a requisitos específicos, mas isso também apresenta risco de contraparte, que é o risco de que uma das partes não cumpra sua obrigação.
2. Futures: Um contrato de futuros (Futures) é um acordo para comprar ou vender uma determinada mercadoria ou instrumento financeiro a um preço predeterminado em um momento específico no futuro, assim como os Contratos Forward. Os Futures obrigam o comprador a comprar o ativo (e o vendedor a vender o ativo) na data especificada. Os Futures são padronizados para qualidade e quantidade para facilitar a negociação em uma bolsa (exchange) de forma a que não haja risco de contraparte.
3. Swaps: Swap é um derivativo no qual duas partes trocam fluxos de caixa ou passivos de dois instrumentos financeiros diferentes. A maioria dos Swaps são derivativos nos quais pelo menos uma das séries de fluxo de caixa é determinada por uma variável aleatória ou incerta, como taxa de juros, taxa de câmbio, preço de ações ou preço de commodities. Por exemplo, em um Swap de taxa de juros, uma parte pode concordar em pagar à outra uma taxa de juros fixa sobre um valor nominal em troca de receber pagamentos vinculados a uma taxa de juros flutuante sobre o mesmo valor nominal.
4. Options: Um contrato de Opção dá ao comprador o direito, mas não a obrigação, de comprar (no caso de uma opção de compra ou “CALL OPTION”) ou vender (no caso de uma opção de venda ou “PUT OPTION”) uma quantia especificada de um ativo subjacente a um preço específico numa data futura determinada no contrato. O ativo subjacente muda de mãos entre o comprador e o vendedor do contrato de Opção somente numa data futura específica (Opção Europeia). O comprador paga um prêmio ao vendedor por esse direito. As opções são frequentemente usadas para cobertura de risco ou para fins especulativos.

Os mercados de derivativos são mercados realmente bem-sucedidos e são uma parte crítica do sistema financeiro global. Os derivativos são usados em todo o mundo por uma ampla gama de participantes, incluindo investidores individuais, traders profissionais e instituições como fundos de hedge, fundos mútuos e tesourarias corporativas. Pode-se listar algumas das principais razões pelas quais os mercados de derivativos são importantíssimos:

1. Gestão de riscos: Os derivativos permitem que empresas e investidores administrem seus riscos com mais eficiência. Por exemplo, uma empresa pode usar derivativos para se proteger contra mudanças nos preços de commodities ou taxas de câmbio, reduzindo o risco de perdas financeiras;
2. Descoberta de preço: Os mercados de derivativos podem fornecer informações importantes sobre as expectativas futuras dos ativos subjacentes. Eles podem sinalizar como os mercados antecipam que os preços se moverão no futuro, contribuindo para uma precificação de ativos mais eficiente e transparente;
3. Alavancagem: Os derivativos fornecem alavancagem, ou seja, oferecem a possibilidade de controlar grandes quantidades de um ativo por um custo inicial relativamente pequeno. Isso pode aumentar os retornos de negociações bem-sucedidas, embora também possa aumentar as perdas se a negociação der errado;
4. Acesso a mercados de outra forma inacessíveis: Os derivativos podem fornecer acesso a classes de ativos ou perfis de retorno de risco que podem ser difíceis ou caros de acessar diretamente; e
5. Eficiência de Mercado: Ao permitir a proteção de riscos e especulações sobre mudanças de preços, os derivativos podem contribuir para o aumento da liquidez e eficiência nos mercados financeiros. Quando uma parte quer ficar com um lado de um contrato, geralmente não há problema em encontrar alguém que esteja preparado para ficar com o outro lado.

Três grandes categorias de traders que negociam com derivativos podem ser identificadas: **hedgers, especuladores e arbitradores**. Os hedgers usam derivativos para reduzir o risco que enfrentam de possíveis movimentos futuros

em uma variável de mercado. Os especuladores os usam para apostar na direção futura de uma variável de mercado. Os arbitadores assumem posições de compensação em dois ou mais instrumentos para obter lucro. Indiscutivelmente os fundos de hedge tornaram-se grandes usuários de derivativos para todos os três propósitos.

No entanto, embora os mercados de derivativos sejam mercados bem-sucedidos, eles também apresentam riscos, desempenhando um papel significativo na crise financeira de 2008, por exemplo. O uso indevido ou mal-entendido de derivativos pode levar a grandes perdas e podem também contribuir para o risco sistêmico no sistema financeiro se não forem devidamente geridos e regulamentados. Por esses motivos, os participantes desses mercados precisam entender os instrumentos com os quais estão lidando e os riscos associados a eles. A maior reforma da história dos mercados financeiros americanos se deu exatamente por causa da crise de 2008 e foi materializada na Lei Dodd-Frank, cujo objetivo é impedir a tomada excessiva de riscos pelas instituições do mercado.

2.1. CALL OPTION E PUT OPTION

Uma **CALL OPTION** é um contrato lhe dá o **direito** (mas não a obrigação) **de comprar** uma ação (ou qualquer ativo subjacente) **a um determinado preço** (o preço de exercício) **numa data futura específica**. Digamos que você tenha comprado um contrato de CALL OPTION da ação da empresa XYZ com um preço de exercício de \$ 50 para daqui a 1 mês (27 de dezembro de 2023), e o preço de mercado atual da ação é de \$ 40. Se você exercer sua CALL OPTION no dia 27 de dezembro, poderá comprar ações da XYZ por \$ 50, mesmo que estejam sendo negociadas a \$ 60 no mercado no dia 27 de dezembro. Isso é um lucro de \$ 10 por ação (excluindo o prêmio pago pela compra da CALL OPTION). Pergunta: mas e se o preço de mercado de XYZ estiver abaixo de \$ 50 no dia 27 de dezembro? Nesse caso, não faria sentido exercer sua CALL OPTION, pois você poderia comprar a ação mais barata no mercado. Por isso que as Options são um direito, mas não uma obrigação. Então, se você não exercer o seu direito, o máximo que você pode perder é o custo inicial (prêmio) que você pagou pela CALL OPTION.

Uma **PUT OPTION** é um contrato exatamente oposto a uma CALL OPTION, ela lhe dá o **direito** (mas não a obrigação) **de vender** uma ação (ou qualquer ativo subjacente) **a um determinado preço** (o preço de exercício) **numa data futura específica**. Digamos que você tenha comprado um contrato de PUT OPTION da ação da empresa XYZ com um preço de exercício de \$ 30 para daqui a 1 mês (27 de dezembro de 2023), e o preço de mercado atual da ação é de \$ 30. Se você exercer sua PUT OPTION no dia 27 de dezembro, poderá vender ações da XYZ por \$ 30, mesmo que estejam sendo negociadas a \$ 20 no mercado no dia 27 de dezembro. Isso é um lucro de \$ 10 por ação (excluindo o prêmio pago pela compra da PUT OPTION). Mas e se o preço de mercado de XYZ estiver acima de \$ 30 no dia 27 de dezembro? Nesse caso, não faria sentido exercer sua PUT OPTION, pois você poderia vender a ação que você possui por um preço maior no mercado. Por isso que as Options são um direito, mas não uma obrigação. Então, se você não exercer o seu direito o máximo que você pode perder é o custo inicial (prêmio) que você pagou pela PUT OPTION.

Vale ressaltar que nos exemplos acima o comprador das Opções só pode exercer o seu direito numa data específica no futuro. Se a Opção que você comprou tem este tipo específico de limitação, essa Opção é do tipo Europeia. As Opções de Estilo Europeu só podem ser exercidas exatamente no dia do vencimento. Existem também as Opções Americanas que podem ser exercidas a qualquer momento antes do vencimento. As Opções de estilo europeu e americano não são Opções regionais. Na verdade, são termos usados para descrever dois tipos diferentes de exercício de opção. Como os investidores têm a liberdade de exercer suas opções a qualquer momento durante a vigência do contrato, as opções de estilo americano são mais valiosas do que as opções europeias limitadas, por isso essa capacidade de exercer antecipadamente a Opção acarreta um prêmio ou custo adicional.

Em ambos os casos, o prêmio que você paga pela opção é como uma apólice de seguro. É o custo que você paga pelo potencial de lucrar com um grande movimento de preço do ativo subjacente, sem o risco de perdas significativas se o preço se mover na direção oposta.

Esse custo que você paga para ter o direito em uma Opção, mas não a obrigação, é chamado de prêmio das Opções. A forma de calcular o valor do prêmio, ou seja, a precificação de uma Opção é um pouco mais complexo, porque é necessário levar em consideração alguns aspectos como decaimento do tempo, volatilidade e outros fatores que influenciam o prêmio de uma Opção. Vale ressaltar que o princípio básico das Opções é relativamente simples e direto: você está pagando pelo direito de comprar (no caso de uma CALL OPTION) ou vender (no caso de uma PUT OPTION) uma ação a um determinado preço em um determinado período de tempo (Opção americana) ou numa data específica (Opção europeia).

2.2. MERCADOS DE BOLSA (EXCHANGE) E DE BALCÃO (OVER-THE-COUNTER)

O comércio de commodities energéticas Forwards, assim como o comércio de produtos financeiros, pode ocorrer em mercados negociados em bolsa ou em mercados OTC (Over-The-Counter). Uma das diferenças importante entre os mercados negociados em bolsa (por exemplo, contratos Futuros) e OTC (por exemplo, Forwards) é que o primeiro

requer um órgão competente para conceder autoridade administrativa às bolsas, bem como aprovar seus regulamentos.

O mercado de balcão (OTC) é um mercado bilateral, autorregulado na medida em que os agentes pactuam os termos da transação, incluindo a natureza dos produtos que são trocados e os termos genéricos dos contratos. Esses termos incluem os modos de liquidação; garantias de crédito exigidas das contrapartes; eventos que possam causar a rescisão do contrato entre as contrapartes; quantidade e qualidade do ativo subjacente.

Para que os agentes possam participar do mercado de balcão, o primeiro passo é abrir linhas de crédito entre as partes negociadoras. Portanto, quanto maior o número de firmas com as quais os agentes possuem acordos operacionais, melhor preço obterão no mercado de balcão (já que o número de contrapartes será maior). Em todos os casos, embora a gestão do risco de crédito de contraparte nos mercados de balcão seja bilateral, as operações de balcão também podem ser registradas para compensação e liquidação por meio das “Central Counterparty Clearing House” (CCP).

Em relação aos mercados de instrumentos derivativos chamados Futuros estes sempre são negociados em Bolsas (Exchanges) que: 1) permite que seus membros enviem ordens para contratos de compra e venda em plataformas eletrônicas; e 2) fazem o papel da “Clearing House” que assume o risco de crédito de contraparte. A correspondência das ordens de compra e venda é anônima, devido ao fato de que o CCP intervém em todas as transações de Futuros entre um comprador e um vendedor. A CCP assume o risco de contraparte: torna-se o vendedor de todos os compradores e o comprador de todos os vendedores e, se uma das partes ficar inadimplente, a CCP honra o contrato. Além disso, uma das vantagens de padronizar os contratos negociados na Bolsa é que os participantes do mercado podem facilmente desfazer suas posições. Por fim, vale ressaltar que o CCP também pode registrar transações OTC para liquidação.

Para ter capital suficiente para arcar com o risco de crédito dos participantes do mercado, a CCP estabelece um conjunto de requisitos mínimos de crédito para adesão e participação no mercado. Depois que uma transação ocorre, a CCP também exige uma quantidade mínima de dinheiro (margem) na conta de um comprador e de um vendedor. Posteriormente, e diariamente, a CCP calcula o valor de mercado da posição aberta do participante naquele dia (**marcação a mercado**). Se a posição gerar uma perda maior que a margem, a CCP pode exigir garantias adicionais (**chamada de margem**). Se a chamada de margem não for coberta pelo membro, a CCP pode fechar a posição do agente. Por fim, no caso de inadimplência de um participante, a CCP pode fazer chamadas de margem extraordinárias aos demais participantes do mercado para garantir que a CCP tenha fundos suficientes.

2.3. PROFIT DIAGRAMS

Os “Profit Diagrams” são frequentemente usados no mundo das finanças para ilustrar o lucro ou perda potencial de uma estratégia a valores de preços diferentes do ativo subjacente no vencimento. Eles são normalmente usados para estratégias de Opções, mas também podem ser usados para outros instrumentos derivativos.

Pode-se pensar num “Profit Diagram” da seguinte forma: Suponha que você compre uma CALL OPTION da ação XYZ com um preço de exercício de \$ 50 e pague um prêmio de \$ 5 por essa Opção. Os “Profit Diagram” ficariam assim: não há pagamento se o preço da ação for inferior a US\$ 50 (a opção não seria exercida, portanto o dinheiro perdido é o prêmio da CALL OPTION de \$ 5). Se o preço da ação estiver acima de \$ 50, o retorno começa a aumentar linearmente (profit = preço da ação - \$ 50 - prêmio), conforme Figura 1.

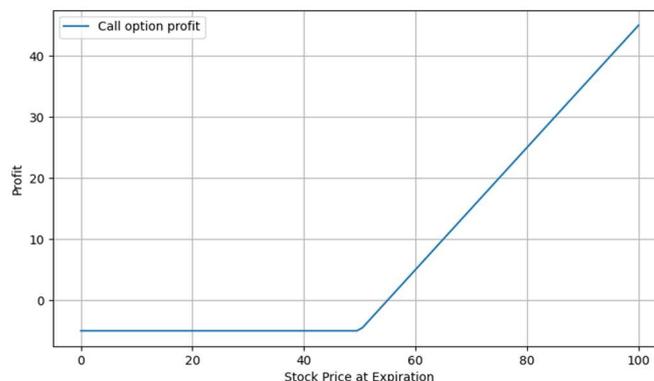


Figura 1. – Profit Diagram para uma CALL OPTION.

Esses diagramas podem ajudar os traders a visualizar os possíveis resultados de suas estratégias e entender o perfil de risco e recompensa de seus investimentos. Eles são particularmente úteis ao lidar com estratégias de Opções complexas que envolvem várias Opções, tais como, Spreads, Straddles, Strangles, etc.

Na Figura 2. está exemplificada uma estratégia de Opções muito interessante, a Straddle. Uma Straddle é usada quando um investidor acha que o preço de uma ação vai se mover significativamente, mas não tem certeza em qual direção irá - para cima ou para baixo. O investidor compra uma CALL OPTION e uma PUT OPTION ao mesmo tempo. Ambas as opções são para a mesma ação (ativo subjacente) e têm a mesma data de vencimento. A CALL OPTION dá ao investidor o direito de comprar a ação pelo preço de exercício. Isso seria lucrativo se o preço da ação subisse acima do preço de exercício. A PUT OPTION dá ao investidor o direito de vender a ação pelo preço de exercício. Isso seria lucrativo se o preço da ação caísse abaixo do preço de exercício.

Se o preço da ação oscilar muito, seja para cima ou para baixo, o investidor pode obter lucro. Se o preço da ação subir, o investidor pode usar a CALL OPTION para comprar a ação ao preço de exercício mais baixo e depois vendê-la ao preço de mercado mais alto. Se o preço da ação cair, o investidor pode usar a PUT OPTION para vender a ação pelo preço de exercício mais alto e depois comprá-la pelo preço de mercado mais baixo. No entanto, se o preço da ação não se mover muito e permanecer próximo ao preço de exercício, ambas as opções podem acabar sem valor. O investidor perderia então o dinheiro que pagou para comprar as Opções.

Em resumo, uma estratégia de Straddle é uma forma de um investidor apostar na alta variação do preço de uma ação, sem ter que adivinhar para que lado ela se moverá. Pode ser lucrativo se o preço da ação mudar significativamente, mas pode levar a perdas dos prêmios de ambas as Opções se o preço da ação permanecer o mesmo.

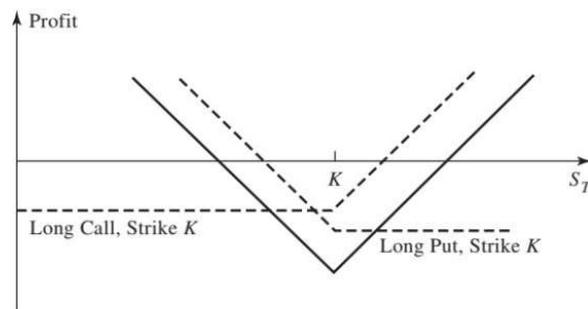


Figura 2. – Estratégia Straddle [1]

Para que um Straddle seja uma estratégia eficaz, você deve acreditar que provavelmente haverá grandes movimentos no preço das ações e essas crenças devem ser diferentes das da maioria dos outros investidores. Os preços de mercado incorporam as crenças dos participantes do mercado. Para ganhar dinheiro com qualquer estratégia de investimento, você deve ter uma visão diferente da maioria do restante do mercado - e deve estar certo! [1]

Vale ressaltar que "Profit Diagrams" ignoram duas importantes lições da Matemática Financeira. Os "Profit Diagrams" somam quantidades de dinheiro em instantes diferentes de tempo e não indicam qual é o Risco, ou seja, com que taxa mínima de atratividade você quer ser compensado por causa do risco que você está tomando.

2.4 – PRECIFICAÇÃO DE DERIVATIVOS

O preço de um ativo financeiro é frequentemente determinado usando uma abordagem de valor presente dos fluxos de caixa futuros. O valor do ativo financeiro no presente é o preço futuro **esperado** acrescido de quaisquer pagamentos intermediários, como dividendos ou juros de cupom, descontados a uma taxa adequada ao risco assumido. Tal definição pressupõe um período de tempo durante no qual um investidor quer saber como o preço do ativo vai se comportar. O investidor deve investir muita energia e esforço para fazer uma boa "**previsão**" do preço que deverá prevalecer no final desse período, ou seja, o preço futuro esperado. Com isso, o investidor chega a um valor presente para o ativo e vai comparar esse valor com o seu preço atual de mercado. Com base em qualquer diferencial relativo ao custo de negociação e sua confiança em seu modelo de avaliação, ele tomará uma decisão sobre negociar ou não.

Todo investidor sabe que essa "**previsão**" é imperfeita, portanto, há risco — daí o motivo de construir essa "**previsão**" através de distribuições de probabilidade com ferramentas estatísticas adequadas. Ou seja, no tempo 0,

o investidor faz sua melhor previsão do preço do ativo no tempo T , que se torna a base para determinar o que ele percebe ser o valor do ativo [10].

A precificação de Opções envolve uma matemática bastante complexa, mas a ideia básica pode ser entendida em termos mais simples. É basicamente descobrir quanto vale a Opção agora, dado um conjunto de suposições sobre o futuro. Alguns fatores-chave que influenciam o preço de uma opção são: o preço do ativo subjacente; o preço de exercício da Opção; o intervalo de tempo até a data de exercício; a volatilidade do preço do ativo subjacente; e a taxa livre de risco da economia. Esses são alguns dos principais fatores que influenciam na precificação das Opções. Na realidade, a precificação é feita por meio de modelos matemáticos complexos, como o modelo de Black-Scholes, que levam em conta todos esses fatores [1]. A simulação de Monte Carlo também é um método amplamente utilizado para precificar opções, especialmente para instrumentos derivativos complexos que são difíceis ou impossíveis de precificar com modelos mais diretos, como o modelo Black-Scholes. A simulação de Monte Carlo é realizada gerando um grande número de cenários de preços futuros possíveis para o ativo subjacente, depois calcula o retorno da Opção para cada caminho e, finalmente, pode-se obter a Distribuição de Probabilidade dos pagamentos da Opção.

2.5. DERIVATIVOS EXÓTICOS

Nos mercados de capitais, geralmente ouvimos derivativos descritos como sendo “plain vanilla” (ou simplesmente vanilla) e “exóticos”. Os derivativos “plain vanilla” tendem a ser mais simples, sem características especiais ou exclusivas e geralmente são baseados no desempenho de um ativo subjacente. Os derivativos exóticos, por outro lado, tendem a ter estruturas de pagamento mais complexas e podem combinar várias opções ou podem ser baseadas no desempenho de dois ou mais ativos subjacentes.

O foco deste trabalho são explicar as CALL OPTIONS e PUT OPTIONS plain vanilla. Uma compreensão dessas Opções e como elas são avaliadas permite lidar com a maioria dos problemas. No entanto, pode-se ocasionalmente encontrar algumas Opções com regras mais elaboradas. Segue na Tabela 1. uma breve explicação sobre alguns dos principais derivativos exóticos.

Tabela 1. Derivativos Exóticos [9].

Nome	Característica
Asian (or average) Option	O preço de exercício é igual à média do preço do ativo durante a vida da opção.
Barrier Option	Opção em que o payoff depende de o preço do ativo atingir um nível especificado. Uma “knock-in option” (“up-and-in call” ou “down-and-in put”) passa a existir apenas quando o ativo subjacente atinge a barreira. As “knock-out options” (“down-and-out call” ou “up-and-out put”) deixam de existir se o preço do ativo atingir a barreira.
Chooser (as-you-like-it) Option	O comprador da opção deve decidir antes da data de maturidade se a opção é uma “call option” ou uma “put option”.
Lookback Option	O comprador da opção escolhe como preço de exercício qualquer um dos preços do ativo subjacente ocorridos antes da data de maturidade.

3. DERIVATIVOS EM ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL E NO MUNDO

O Mercado de Derivativos de Energia Elétrica já é bastante consolidado no mundo [3]. Em março de 1996 a NYMEX (New York Mercantile Exchange) começou a operar os primeiros contratos de opções e de futuro em eletricidade [4].

Em relação ao Brasil, em janeiro de 2021, a BBCE lançou a Plataforma de Derivativos de Energia Elétrica, inicialmente operando como um balcão organizado oferecendo Contratos “Non-Deliverable Forward” (NDF) e com perspectivas futuras de oferecer Swaps e Opções. Os contratos NDF são de liquidação semanal, mensal ou por períodos (bimestrais, trimestrais, semestrais ou anuais). São contratos de energia convencional apenas (dado que o preço do ativo subjacente é o PLD, e o PLD é somente para energia convencional) para todas as regiões, ainda que o sudeste seja o mais negociado. A BBCE não atua como contraparte central com chamada de margem [5]. Nos contratos NDF não há transferência física do ativo subjacente, mas sim há somente um pagamento pela diferença entre o preço de exercício e o preço do mercado na data de vencimento. Vale ressaltar que o Contrato NDF da BBCE é um Contrato Forward, ou seja, não é uma Opção. A BBCE está trabalhando para que outros derivativos como o Swap, Opções e até estruturas exóticas aconteçam a medida em que o setor elétrico amadureça.

Em 28 de julho de 2022 foi noticiado que a XP Comercializadora fechou a 1ª operação de uma CALL OPTION de energia no mercado brasileiro, através de uma negociação bilateral. Em setembro de 2022 a Urca Energia e a XP firmaram o que é, até o momento, a maior operação de derivativos para a área de energia elétrica, no valor de quase R\$ 50 milhões, para contratar a proteção de 40 megawatts (MW) médios contra variação de preços da eletricidade. Conforme noticiado o negócio foi registrado na B3, dispensando a necessidade de fazer o mesmo na Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE). Também neste caso houve somente um pagamento pela diferença entre o preço de exercício e o preço do mercado na data de vencimento. Um dos principais ganhos da operação é que ela dispensa registro na CCEE. Hoje, para negociar energia elétrica no mercado físico, os agentes precisam ter uma comercializadora de energia, o que exige aprovações de várias instituições. Realizando operações de

derivativos de energia elétrica abre-se a possibilidade de várias novas contrapartes, praticamente todas as instituições do mercado financeiro, e no futuro também será possível as pessoas físicas negociarem esses produtos de energia.

Uma Opção para o mercado de energia elétrica pode ser exemplificada da seguinte forma:

O Agente A compra do agente B uma CALL OPTION de 1 MWmed de energia Convencional no Submercado SE/CO para o Ano 2024, com preço de exercício (strike price) de \$ 390.00 / MWh e data de exercício em 01/dez/2023. O Agente B cobra um prêmio de \$ 20.00 / MWh do Agente A.

Conforme as cláusulas desse contrato, em 01/dez/2023 o Agente A pode exercer três opções: 1) Transformar a CALL OPTION em uma compra de energia física; 2) Transformar a CALL OPTION num contrato Forward; 3) Liquidar a operação a preço de mercado; ou 4) Abrir mão do seu direito caso lhe seja desfavorável.

Imagine então que em 01/dez/2023 o preço do produto Convencional SE/CO Ano 2024 no mercado (usando a curva Forward BBCE ou a curva Forward Dcide) está sendo negociado a \$ 420.00 / MWh. Ou seja, R\$ 30.00 / MWh acima do preço de exercício. Então imaginando que o Agente A, em 01/dez/2023, queira liquidar a operação a preço de mercado o resultado seria o seguinte: $(\$ 420.00 - \$ 390.00 - \$ 20.00) * (1 \text{ MWmed}) * (366 \text{ dias} * 24 \text{ horas}) = \$ 87,840.00$

4. A ESTRATÉGIA DYNAMIC HEDGING

O "Dynamic Hedging" é uma técnica de gerenciamento de risco amplamente utilizada na negociação de Opções e outros derivativos. Em sua essência, o "Dynamic Hedging" envolve o ajuste da posição de hedge à medida que as condições de mercado e os fatores subjacentes mudam. O objetivo é manter um hedge que compense o risco de uma posição [6, 11].

A razão pela qual é chamado de "dinâmico" é que o número de derivativos usados para cobertura muda, ou precisa ser ajustado, conforme o preço do ativo subjacente flutua. É essencialmente uma estratégia que requer constante reequilíbrio do hedge para permanecer "delta neutro". A cobertura dinâmica pode ser uma estratégia complexa e requer compreensão sofisticada de Opções, derivativos e gerenciamento de risco financeiro.

No mercado de derivativos, especialmente na negociação de Opções, as "gregas" são valores estatísticos que fornecem aos traders uma forma de medir a sensibilidade do preço de uma Opção a vários fatores. Cada uma das gregas mede o risco de um aspecto diferente da exposição do derivativo.

As gregas mais usadas são:

1. Delta: mede o quanto se espera que o preço de uma Opção varie a cada US\$ 1 de alteração no preço do ativo subjacente. Por exemplo, um Delta de 0,6 sugere que o preço da Opção mudaria US\$ 0,60 para cada movimento de US\$ 1 no preço do ativo subjacente.

2. Gamma: Mede a taxa de variação na Delta para cada variação de US\$ 1 no preço do ativo subjacente. Em outras palavras, é a aceleração da sensibilidade do preço da Opção ao preço do ativo subjacente. Uma Gama alta significa que a Delta da Opção pode começar a mudar rapidamente mesmo com pequenos movimentos no preço do ativo subjacente.

3. Theta: mede a taxa de declínio no valor de uma Opção devido à passagem do tempo, também conhecido como decaimento do tempo. A Theta dá a quantia pela qual o valor de uma Opção diminuirá todos os dias, tudo o mais sendo igual (all else being equal). As Opções perdem valor à medida que se aproximam de suas datas de vencimento, representadas por Theta.

4. Vega: mede a sensibilidade do preço de uma Opção a mudanças na volatilidade (desvio padrão do retorno do ativo subjacente). Uma Vega alta significa que o preço da Opção é relativamente sensível a mudanças na volatilidade implícita do ativo subjacente.

Entender as gregas pode ajudar os traders a prever as mudanças no preço das opções em resposta aos movimentos do mercado, e eles são fundamentais para o gerenciamento de risco na negociação de opções. Os valores das gregas são normalmente calculadas usando procedimentos matemáticos sofisticados, tais como, o Modelo Black-Scholes, o Modelo de Precificação de Opções Binomiais ou a Simulação de Monte Carlo.

A principal vantagem da simulação de Monte Carlo é que ela pode ser usada quando o payoff depende do caminho seguido pelo preço S do ativo subjacente, bem como quando depende apenas do valor final de S. Lembrar das Opções tipo americana ou europeia e os derivados exóticos. Qualquer processo estocástico para o preço S pode ser

inserido numa simulação de Monte Carlo. A simulação de Monte Carlo tende a ser numericamente mais eficiente do que outros procedimentos quando existem três ou mais variáveis estocásticas a serem consideradas. Isso ocorre porque o tempo necessário para realizar uma simulação de Monte Carlo aumenta linearmente com o número de variáveis, isso de forma aproximada, enquanto o tempo necessário para a maioria dos outros procedimentos aumenta exponencialmente com o número de variáveis [1].

Partindo para um exemplo de “Dynamic Hedging” para energia elétrica, suponha que você é um trader trabalhando para uma comercializadora. Imagine que o preço de fechamento do produto Convencional Trimestre para o submercado SE/CO (CTS) hoje foi de \$130.00/MWh. A Tabela 2. mostra o seu portfólio (aka book) valorado ao preço de fechamento (ou seja, uma marcação a mercado). Então a pergunta é: como você pode implementar a gestão dos seus riscos?

Tabela 2 – Portfólio com marcação a mercado.

Posição	Valor(\$)
Venda a descoberto	1,000,000.00
Options	-1,110,000.00
Exotics	-150,000.00
	-260,000.00

O valor do seu portfólio é atualmente **-\$ 260,000.00** (isso pode ser em parte porque você foi um vendedor líquido de opções e em parte porque o mercado se moveu contra você). Uma maneira de investigar os riscos que você enfrenta é reavaliar o portfólio supondo que haja um pequeno aumento no preço do CTS de \$ 130.00/MWh para \$ 130.10/MWh. Suponha que esse aumento de \$ 0.10 no preço do CTS diminua o valor de sua carteira em \$ 100, de **-\$ 260,000.00** para **-\$ 260,100.00**. Isso significa que a sensibilidade da carteira ao preço do CTS é de:

$$\frac{-100.00}{0.1} = -1,000.00$$

Isso é chamado de Delta da carteira. A carteira perde valor a uma taxa de cerca de \$ 1,000 por \$ 1.0 de aumento no preço do ativo subjacente (CTS). Da mesma forma, ela ganha valor a uma taxa de cerca de \$ 1,000 por \$ 1.0 de redução no preço do CTS.

Em geral, o Delta de uma carteira em relação a uma variável de mercado é

$$\frac{\Delta P}{\Delta S} = -1,000.00$$

Onde ΔS é um pequeno aumento no valor da variável e ΔP é a mudança resultante no valor da carteira. Usando a terminologia de cálculo diferencial, o Delta é a derivada parcial do valor da carteira em relação ao valor do preço S do ativo subjacente:

$$\text{Delta} = \frac{\partial P}{\partial S}$$

Em nosso exemplo, o trader pode eliminar a exposição ao Delta comprando uma certa quantidade do produto CTS. Isso ocorre porque o Delta de uma posição comprada em 1,000 MWh do CTS é \$ 1,000 para cada \$ 1.00 de aumento no preço do CTS (\$/MWh). A posição comprada ganha valor à taxa de \$ 1,000 por \$ 1.00 de aumento no preço do CTS. Isso é conhecido como “Delta Hedging”. Quando o “Delta Hedging” é combinado com a carteira existente, a carteira resultante tem um Delta de zero. Tal carteira é referida como “Delta Neutro”.

Opções e outros derivativos mais complexos, dependentes do preço de um ativo subjacente, são produtos não lineares. A relação entre o valor do produto e o preço do ativo subjacente em um determinado momento é não linear. Essa não linearidade os torna mais difíceis de proteger por dois motivos. Em primeiro lugar, tornar um portfólio não linear “Delta Neutro” apenas protege contra pequenos movimentos no preço do ativo subjacente. Em segundo lugar, a cobertura precisa ser trocada com frequência. Isso é conhecido como “Dynamic Hedging”.

Ou seja, em resumo, o “Dynamic Hedging” é você ficar fazendo operações o tempo todo, ou numa base diária ou semanal, de forma a manter o seu book dentro das métricas de risco da companhia. Que tipo de operações o trader deve fazer, vai depender do portfólio completo do trader.

Vale ressaltar que o trader pode querer proteger também o seu portfólio de mudanças abruptas no preço do ativo subjacente. Para isso é necessário olhar também a grega chamada Gamma. A Gamma, Γ , de um portfólio mede até que ponto grandes mudanças causam problemas. Gama é a taxa de variação do Delta da carteira em relação ao preço do ativo subjacente. É a segunda derivada parcial da carteira em relação ao preço do ativo. Se a Gamma (Γ)

for pequena, a Delta muda lentamente e os ajustes para manter um portfólio dentro das métricas de risco não precisam ser feitos com relativa frequência. No entanto, se a Gamma for grande em termos absolutos, a grega Delta é altamente sensível ao preço do ativo subjacente, ou seja, é altamente arriscado deixar uma carteira inalterada por muitos períodos de tempo, sejam diários, semanais ou mensais [12].

5. CONCLUSÃO

Em conclusão, o trabalho apresentado demonstra claramente o papel fundamental que os derivativos desempenham na gestão de risco nos mercados de eletricidade. Como esses mercados são caracterizados por um alto grau de volatilidade de preços devido a condições climáticas imprevisíveis, preços flutuantes de combustível e restrições de capacidade, a necessidade de ferramentas eficazes de gerenciamento de risco é inegável.

A explicação dos instrumentos derivativos Futuros, Forwards, Opções e Swaps no contexto dos mercados de eletricidade esclareceu como esses instrumentos financeiros podem fornecer aos participantes do mercado as proteções necessárias contra as flutuações de preço. No entanto, é importante observar que, embora esses instrumentos ofereçam uma infinidade de benefícios, eles não são isentos de riscos. Compreender e gerenciar esses riscos é tão crucial quanto usar as próprias ferramentas. O potencial de perda financeira decorrente do uso indevido desses derivativos deve ser considerado na implementação de qualquer estratégia de gerenciamento de risco.

Pesquisas futuras nesta área podem investigar a aplicação desses instrumentos em contextos específicos, como geração de energia renovável, comercialização varejista, ou grandes consumidores industriais. À medida que o setor de energia continua a evoluir, o mesmo acontece com as complexidades de gerenciamento de riscos dentro dele e a exploração e a compreensão contínuas desses instrumentos financeiros derivativos serão, sem dúvida, a chave para navegar pelas incertezas desse dinâmico setor.

6. REFERÊNCIAS



[1] - John C Hull, “**Options, Futures, and Other Derivatives**”, 10th Edition, Pearson Education, 2018.

[2] - Zvi Bodie, Alex Kane and Alan Marcus, “**Investments**”, 11th Edition, McGraw-Hill, 2017.

[3] - René Aïd, “**Electricity Derivatives**”, Springer, 2015.

[4] - Peter C. Fusaro (Editor), “**The Professional Risk Managers’ Guide to The Energy Market**”, McGraw-Hill; 1st edition, 2007.

[5] - ABRACEEL e BBCE, “**Cartilha Derivativos de Energia**”, 2021.

[6] - Nassim Taleb, “**Dynamic Hedging: Managing Vanilla and Exotic Options**”, Wiley, 1996.

[7] - Iris Marie Mack, “**Energy Trading and Risk Management: A Practical Approach to Hedging, Trading and Portfolio Diversification**”, Wiley Finance, 2014.

[8] - Abdullah Karasan, “**Machine Learning for Financial Risk Management with Python: Algorithms for Modeling Risk**”, 1st Edition, O’Reilly Media, December 28, 2021.

[9] - Brealey, Myers and Allen, “**Principles of Corporate Finance**”, McGraw-Hill Higher Education, 13th edition, 2020.

[10] - Jerald E. Pinto and Wendy L. Pirie, “**Derivatives (CFA Institute Investment Series)**”, 1st Edition, Publisher: Wiley; 2021.

[11] - Sheldon Natenberg, “**Option Volatility and Pricing: Advanced Trading Strategies and Techniques**”, 2nd Edition, McGraw Hill, 2014.

[12] - John C. Hull, “**Risk Management and Financial Institutions**”, 5th Edition, Wiley Finance Series, 2018. (“Chapter 8. - How Traders Manage Their Risks”).

DADOS BIOGRÁFICOS



(1) EDUARDO DE AGUIAR SODRÉ - Possui Doutorado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Campina Grande em 2006 (CAPES 7) e Mestrado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Santa Catarina em 1996 (CAPES 6). Tem experiência na área de Transmissão e Distribuição de Energia Elétrica. Trabalha atualmente na Eletrobras Chesf, desde 2002 atualmente atuando na área de regulação da geração. É professor da POLI - UPE desde 2008. Site pessoal: eduardo-sodre.eng.br e Site profissional: arnepy.com

(2) MARCELO LEITÃO - Graduado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal Fluminense (2018). Possui MBA em Administração de Projetos no Setor Elétrico pela Fundação Getúlio Vargas (2020). Trabalhou de 2018 a 2020 no Banco Genial como Coordenador de originação de negócios (mercado livre de energia). Trabalhou de fevereiro de 2020 a agosto de 2021 na Energisa como Especialista em Comercialização de Energia. Desde agosto de 2021 está trabalhando na XP Comercializadora como Especialista em Comercialização e Derivativos de Energia.

(3) THIAGO FELÍCIO DE SOUZA - Engenheiro de Eletrobras Furnas, desde 2012 atuando na área de comercialização de energia. Mestrando em Economia e Finanças pela FGV. Engenheiro Eletricista com ênfase em Sistemas de Apoio a Decisão pela PUC-Rio.