

5. Opções de *Swing* nos Contratos de Gás Natural

A indústria de GN se desenvolveu a partir da combinação de contratos de longo prazo com cláusulas de *take-or-pay* ou *ship-or-pay* que garantem o pagamento de volumes mínimos pré-estabelecidos, independente se utilizarem ou não. Essas cláusulas surgiram para garantir os financiamentos dos investimentos através de receitas compatíveis com os altos custos de investimento. Nesse contexto são analisados os contratos de GN com opções de *swing* (Mathias, 2008).

5.1. O Mercado de Gás Natural

As transações comerciais que visam o fornecimento de GN implicam em um complexo conjunto de relações ao longo da cadeia de fornecimento. A produção de GN se inicia nos poços de petróleo e/ou de gás não associado, resultado de investimentos exploratórios de alto risco. Em seguida, o gás é transportado por gasodutos para as regiões consumidoras onde é distribuído aos consumidores finais. Basicamente o GN pode ser transportado de duas formas diferentes, através de dutos e de navios carregadores de gás natural liquefeito (GNL). Os dutos costumam conectar Estados de um determinado país ou até partes de um país próximo, como por exemplo, alguns dutos do *Henry Hub*¹ se conectam com o México. Para distâncias maiores a alternativa é o transporte marítimo.

Historicamente, o mercado de gás estruturou-se em bases regionais em função das características físicas do seu transporte. Isto é, diferente do petróleo, em que a elevada densidade energética em condições normais de temperatura e pressão permitiu o desenvolvimento de um mercado global composto por múltiplas fontes de abastecimento e inúmeros mercados, os elevados custos de transporte do GN contribuíram negativamente para o desenvolvimento de um mercado verdadeiramente global do combustível.

Nas décadas de 80 e 90, contudo, o desenvolvimento de novas tecnologias de liquefação e transporte de GNL permitiu o aumento da flexibilidade do mercado diversificando as rotas de comércio internacional do GN e aumentando o

¹ *Henry Hub* é o centro de comercialização de GN na Lousiana, nos Estados Unidos.

número de agentes no mercado (Mathias, 2008). Tornou-se viável economicamente levar esta *commodity* para vários destinos, principalmente para aqueles países que não possuem auto-suficiência na produção e para aqueles que estão mudando sua matriz energética para fontes mais limpas, comparada ao carvão e ao petróleo.

O desenvolvimento de técnicas para a extração de GN a partir do xisto (*shale gas*) que viabilizou economicamente este tipo de produção e aumentou consideravelmente as reservas norte-americanas de GN, mudou bruscamente as previsões e perspectivas para o mercado americano. A exploração de GN utilizando esta nova técnica vem crescendo e as previsões de redução de volumes de sua importação se tornam cada vez mais realistas, afetando completamente o mercado energético.

Entre 2000 e 2010, a produção de gás de xisto (*shale gas*) nos Estados Unidos aumentou de 30 milhões de m³/dia para 373 milhões de m³/dia, o que representou um aumento de aproximadamente 28% ao ano. A expansão da produção de gás de xisto vem contribuindo para reverter à tendência de integração do mercado internacional de GN trazida pelo GNL. O potencial impacto da produção de gás de xisto sobre a dinâmica do comércio internacional de GN está associado aos seus impactos na distribuição geográfica dos recursos. Isso se reflete no descolamento do preço no *Henry Hub* em relação ao preço do petróleo ocorrido a partir de 2009 quando o preço do petróleo reverteu sua tendência de queda.

5.1.1. Mercado de Gás Natural no Brasil

O mercado de GN nunca esteve em tanta ascensão como nos últimos anos. O desenvolvimento recente da indústria de GN no Brasil ocorreu num contexto de relativa escassez de gás nacional. As reservas e a produção brasileira eram modestas, e em sua maioria proveniente de campos de gás associado pertencentes à Petrobras. Por isso, a difusão do GN no país só se alavancou com o contrato de importação da Bolívia que viabilizou a construção do gasoduto Bolívia-Brasil (GASBOL). A construção do GASBOL teve início em 1997 e o duto entrou em operação em 1999 (ANP, 2001). A partir de 2000, nota-se um crescimento

significativo do mercado de GN graças à construção do GASBOL que permitiu complementar a produção nacional rapidamente e em grandes volumes.

As descobertas do Pré-sal apresentam um grande potencial para produção de gás. Em média, os campos de óleo descobertos na área do pré-sal da Bacia de Santos contêm 20% de GN. Além das descobertas no Pré-sal, a exploração nas Bacias de São Francisco (Minas Gerais), Solimões (Amazonas) e Parnaíba (Maranhão) vem apontando um grande potencial produtivo para o GN. No caso destas três bacias, o potencial produtivo é de gás não associado. Portanto, a produção somente se viabilizará caso haja mercado capaz de pagar um preço que possa cobrir os custos de produção e transporte. Na indústria de GN, os investimentos e transporte só se viabilizam se houver mercado garantido para este gás. Ou seja, os investidores primeiro buscam assinar contratos de venda da produção futura do gás para depois injetar recursos na produção e transporte. Isto é necessário porque o GN não é uma *commodity* que pode ser transportada e comercializada para qualquer mercado. Os investimentos em transporte já definem onde e quem irá comprar o GN.

Essas descobertas de GN representam um grande potencial econômico para o país. Além disso, destaca-se que em 2010 a demanda de GN passou por duas grandes recuperações, uma na geração de energia elétrica, como resultado da baixa geração hidráulica e outra na indústria, como resultado da recuperação de setores afetados em 2009 pela crise internacional, incentivando assim a expansão da oferta.

Com base na Resenha Energética (2011), a Oferta Interna de Energia – OIE, em 2010, se mostrou 9,6% superior à de 2009. E o GN se sobressaiu, entre as fontes não renováveis, com um crescimento de mais de 30% de 2009 para 2010. Em 2010 entraram em operação 1.599km de gasodutos, resultando numa extensão acumulada de 9.295km, ao final do ano. Houve a inauguração do terceiro trecho do Gasoduto Sudeste-Nordeste – GASENE, possibilitando a integração das malhas de transporte de GN das regiões Sudeste e Nordeste. Entre outros empreendimentos que trouxeram maior flexibilidade à malha de transporte e contribuíram para aumentar a garantia de abastecimento dos grandes centros de consumo.

Com base no Relatório de atividades de 2010 da Petrobras, entre empreendimentos relacionados à exploração e produção de GN, destaca-se a entrada em operação da Plataforma P-57 (ES), com capacidade de comprimir 3 milhões de m³/dia de GN e que será interligada à Unidade de tratamento de Gás – UTG Sul Capixaba. No final de 2010, a capacidade instalada de Plantas de Processamento de GN (UPGN) estava em 64,3 milhões m³/dia.

Segundo a Resenha Energética (2011), dos 287 campos com produção de GN, 10 respondem por 60% da produção, sendo 9 em mar e um em terra. Os campos marítimos foram responsáveis por 73,7% de toda a produção nacional de GN em 2010. Em relação a 2009 houve diminuição de 0,35% na produção de GN em terra enquanto na produção em mar houve acréscimo de 12%. O Estado do Rio de Janeiro foi o maior produtor nacional de GN, seguido do Amazonas.

Tendo em vista o atual contexto energético do país é de se esperar uma participação cada vez maior do GN na matriz energética nacional. Tudo indica que a ampliação do mercado é uma tendência. Essa consolidação do GN na realidade do país foi um incentivo para se estudar e buscar flexibilidades nos contratos de GN negociados no Brasil.

5.1.2. Contratos de Gás Natural no Mercado Brasileiro

Na comercialização da produção de GN prevalece contratos de longo prazo com baixa liquidez e que buscam garantir o retorno do investimento para os fornecedores, bem como viabilizar a obtenção de financiamento para a construção das infraestruturas necessárias ao GN.

Os contratos de produtos físicos (particularmente de *commodities*) para entrega futura podem também ser classificados de acordo com as suas flexibilidades. Contratos onde o comprador tem obrigação de pagar e retirar todo o volume contratado, ou seja, os direitos e obrigações são simétricos, nesse caso não existe flexibilidade. Por outro lado, contratos com opções incluem especificações de flexibilidade para uma das partes, como, por exemplo, o direito de comprar no futuro apenas quando for conveniente.

Neste contexto, um contrato de longo prazo de GN pode ser visto como um conjunto de contratos futuros, conforme a flexibilidade de cada um. Nos contratos de GN ocorrem cláusulas de pagamento por volume mínimo, mesmo que este não seja utilizado, conhecido como cláusulas *take-or-pay*, que podem ser consideradas como um mecanismo de repasse do custo dos investimentos específicos realizados ao longo da cadeia até o consumidor final. Esta cláusula funciona como uma penalidade a ser aplicada ao comprador pela quebra contratual ou diminuição do consumo.

No caso brasileiro, o comprador de GN tem o direito de não adquirir parte do volume contratado, isto é, o *take-or-pay* é inferior a 100%, mas tem garantia do fornecimento de toda a capacidade contratual. O contrato se assemelha a um conjunto de opções de compra. Existe uma opção de compra, para cada período de fornecimento dentro do prazo contratual por causa da flexibilidade entre a capacidade contratada e o volume referente ao *take-or-pay*.

De acordo com especialistas da área que trabalham na empresa Petrobras, esses contratos são muito específicos e confidenciais. O contrato é personalizado para cada cliente e são documentos extremamente restritos dentro da empresa. Por isso, o presente trabalho utilizou um contrato com as mesmas características de Jaillet *et al.* (2004), usado na literatura, para avaliar o impacto dessas flexibilidades contratuais na indústria brasileira de GN através da análise de opções de *swing*.

5.2. O Contrato de *Swing* Aplicado ao Gás Natural

Em um contrato de *swing* no mercado de GN, a cada direito, o titular do contrato de *swing* pode escolher um volume incremental que pode ser positivo ou negativo, ou simplesmente não exercer esse direito. Esse incremento tem limitações físicas que restringem o volume total a um mínimo (*Min*) e máximo (*Max*) a serem contratados. O volume total entregue no período $[T_1, T_2]$, também tem restrições especificadas no contrato, cuja violação pode ser permitida, mas há penalidades no vencimento. A penalidade pode ser generalizada pela função $\varphi(V)$, que depende somente do volume total demandado (V):

$$\varphi(V) = \begin{cases} C & \text{se } V < \text{Min} \\ 0 & \text{se } \text{Min} \leq V \leq \text{Max} \\ S_{T_2}(V - \text{Max}) & \text{se } V > \text{Max} \end{cases}$$

Onde C é uma multa fixa, caso o volume total demandado fique abaixo do mínimo contratual, e S_{T_2} é o preço à vista da mercadoria no instante T_2 , que será pago por cada unidade excedente de GN consumido.

É necessário especificar também um preço de exercício. Há algumas possibilidades:

- Um preço fixo K pré-determinado no início do contrato;
- Um preço de exercício observável nas datas futuras de exercício;
- Preços de exercício variáveis pré-determinados no início do contrato;
- Preços de exercício variáveis observáveis em datas futuras.

A opção de *swing* tem múltiplos direitos de exercício, com restrição no volume total a ser entregue. O procedimento de análise começa na data de expiração da opção e é feito de trás para frente no tempo, utilizando *backward induction*. Em cada data, a possibilidade de exercício é considerada, tendo o valor máximo entre não exercer um direito de *swing*, ou exercer e mudar para um novo processo igual, mas com um menor número de direitos de exercício. E assim sucessivamente de acordo com o número de exercícios possíveis para o contrato de *swing*. Assumindo tempo discreto, as opções de *swing* podem também ser analisadas através de uma árvore binomial ou trinomial, como é feito no presente trabalho.

Considerando um contrato simples de GN, com N direitos de exercícios, cada um com a opção de comprar uma unidade extra da *commodity* pelo preço de exercício fixo, K , Jaillet *et al.* (2004) observam que:

- Para $N = 1$ (um direito de exercício), o valor da opção de *swing* é igual a de uma opção de compra americana (mais precisamente uma opção bermuda por causa da restrição de datas distintas para o exercício).

- Um limite superior para o valor da opção de *swing* com N direitos de exercício é dada por N opções bermudas idênticas. Embora as opções bermudas possam ser exercidas simultaneamente, já a opção de *swing* permite o exercício de um único direito em cada data de exercício e impõe um período de refração também.
- Um limite inferior para o valor da opção de *swing* é dado pelo valor máximo de uma faixa de N opções europeias relativas ao mesmo período de tempo e quantidade, onde o máximo é tomado sobre todos os N possíveis conjuntos de datas de exercícios distintas.
- Para o caso onde $N = n$, ou seja, quando o número de direitos é igual ao número de datas de exercício, o valor da opção de *swing* é igual ao valor de uma faixa de opções europeias.

De acordo com Jaillet *et al.* (2004), as propriedades discutidas acima para um caso simples não podem ser generalizadas, quando, por exemplo, a função de penalidade é diferente de zero.

Outra característica importante das opções para um contrato de GN é a flexibilidade que a opção de *swing* embute ao contrato num ambiente de incerteza. A figura 3 mostra que flexibilidades gerenciais têm mais valor quanto maior for a incerteza e a capacidade de reação a mudanças. Quando há incertezas com relação ao futuro, a possibilidade de novas informações serem reveladas ao longo do tempo é maior. E quando há maior flexibilidade de reagir frente aos novos cenários, as opções passam a ter mais valor.

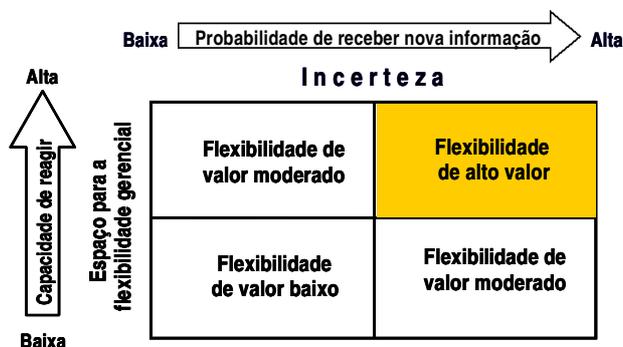


Figura 1 – Valor da flexibilidade gerencial

Fonte: Copeland e Antikarov (2001)

As variáveis incertas podem ter várias origens e tipos. Como por exemplo, preço de uma *commodity*, custo de insumos, taxa de juros, incerteza tecnológica, entre outras. No caso dos contratos de GN essa incerteza é observada nos preços do gás, na demanda e indicadores de mercado. Essas são chamadas de incertezas econômicas ou de mercado, pois estão relacionadas com movimentos gerais da economia. A incerteza econômica é correlacionada aos movimentos que são sujeitos a acontecimentos aleatórios, tais como recessão ou aquecimento da economia, guerras, perdas de safra por razões climáticas ou safra recorde, descoberta de novas tecnologias, entre outras. Quanto mais distante for o futuro que se tenta prever, mais incerta é a previsão.

Incertezas quanto ao preço do GN fazem com que os contratos de GN estejam num ambiente de muita incerteza e, portanto, embutir flexibilidades nesses contratos trás mais proteção e valor, beneficiando tanto compradores quanto vendedores.

5.3.Exemplo de Cálculo da Opção de *Swing*

Jaillet *et al.* (2004) usaram o processo de árvore trinomial do Hull e White (1994a) para avaliar contratos de GN com opção de *swing*. O procedimento para a construção de árvores trinomiais pode ser ajustado para aproximar o processo estocástico para o preço à vista dessazonalizado, D_t , a partir do processo estocástico para seu logaritmo, $X_t = \ln D_t$. Assumindo que o logaritmo do preço à vista dessazonalizado do GN, reverte para uma média de longo prazo, ξ , segundo um processo de MRM de Ornstein-Uhlenbeck:

$$dX_t = -\kappa(X_t - \xi)dt + \sigma_X dZ_t$$

A figura 4, através de um exemplo numérico, mostra a construção da árvore trinomial para o exemplo replicado de Jaillet *et al.* (2004), onde a estimação dos preços do GN é feita com base nos contratos futuros mensais de outubro, novembro, dezembro e janeiro. Assim, o tempo Δt entre os nós é de um mês. O preço à vista corresponde ao preço do contrato futuro com vencimento mais próximo. A estrutura dos preços futuros e os fatores de sazonalidade são apresentados na tabela 1.

	<i>F</i>	<i>f</i>
	P_Futuro	Sazonalidade
Outubro	2,36	0,96
Novembro	2,45	1,02
Dezembro	2,58	1,09
Janeiro	2,59	1,11

Tabela 1 – Preço futuro do GN e fatores de sazonalidade

De acordo com o exemplo, o nível de longo prazo para o processo de reversão à média é 0,8, a taxa de reversão à média é 3 ao ano, a volatilidade é de 60% ao ano e $\Delta t = 1/12 = 0,0833$. Assim,

$$dX_t = -3(X_t - 0,8)dt + 0,60dZ_t$$

$$\Delta X = \sigma_x \sqrt{3\Delta t} = 0,60\sqrt{3\left(\frac{1}{12}\right)} = 0,3$$

A árvore do preço à vista dessazonalizado do GN é mostrado na figura 4.

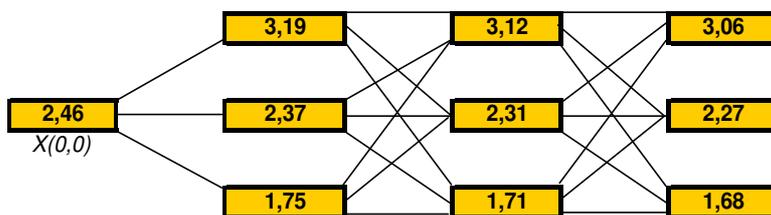


Figura 2 – Árvore Trinomial do preço à vista dessazonalizado do GN

Com base em uma representação através de uma árvore trinomial, os possíveis tipos de ramificações que podem decorrer de cada nó são visualizados na figura 5.

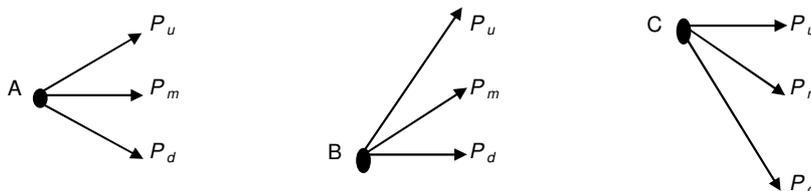


Figura 3 – Ramificações do tipo normal, crescente e decrescente

Onde p_u , p_m e p_d denotam as probabilidades ao longo dos ramos superior, médio e inferior, respectivamente. Para cada uma das formas de ramificações (A), (B) ou (C), estas probabilidades para a ramificação do tipo (A) podem ser calculadas da seguinte forma:

$$p_u = \frac{1}{6} + \frac{x(x-1)}{2}, \quad p_m = \frac{2}{3} - x^2, \quad p_d = \frac{1}{6} + \frac{x(x+1)}{2}$$

Se a ramificação é da tipo (B), as probabilidades são:

$$p_u = \frac{1}{6} + \frac{x(x+1)}{2}, \quad p_m = -\frac{1}{3} - x(x+2), \quad p_d = \frac{7}{6} + \frac{x(x+3)}{2}$$

Finalmente, para o tipo (C), as probabilidades são:

$$p_u = \frac{7}{6} + \frac{x(x-3)}{2}, \quad p_m = -\frac{1}{3} - x(x-2), \quad p_d = \frac{1}{6} + \frac{x(x-1)}{2}$$

Em qualquer um dos três casos, as probabilidades têm as seguintes condições $p_u > 0$, $p_m > 0$, $p_d > 0$, $\Delta t > 0$, $\kappa > 0$ e $p_u + p_m + p_d = 1$.

Replicando ainda o exemplo de Jaillet *et al.* (2004), considerando uma opção de *swing* simples com quatro datas de exercício, onde podem ser exercidos até dois direitos de *swing*. Cada exercício permite a aquisição de um ou dois MMBtus. O exercício pode ocorrer no último dia do mês em que o contrato do mês seguinte é negociado. Para o valor de tal opção, prevê três árvores trinomiais - não exercer os direitos, exercer um direito, e exercer dois direitos. A taxa de juros é de 5% ao ano e considera que o preço de exercício está fixado em \$2,40 por MMBtu.

A figura 6 mostra os valores da opção de *swing* cujo preço de exercício está fixado e onde:

- O nível superior mostra o valor da opção sem exercícios realizados.
- O nível médio mostra a árvore, quando um direito é exercido e dois MMBtus são comprados. Nesta árvore, o valor para o nó superior no segundo mês é calculado da seguinte forma,

$$\begin{aligned}
 1,72 &= \max[2(1,02 * 3,19 - 2,40) + 0; \\
 &\quad (0,83 * 2,00 + 0,10 * 0,49 + 0,07 * 0,17)e^{-0,05/12}] \\
 &= \max[2 * (3,26 - 2,40); 1,71] = \max[1,72; 1,71]
 \end{aligned}$$

Isso mostra que é ideal exercer a opção de *swing* nesse nó. O valor \$3,26 = (1,02*3,19) é obtido pela multiplicação do preço à vista dessazonalizado pelo fator de sazonalidade. E o valor \$1,71 é resultante do somatório dos valores da opção, no mês seguinte, ponderados pelas probabilidades na medida de martingale, trazido a valor presente.

- O nível mais baixo mostra os valores da opção de swing com dois direitos exercidos. Nesta árvore, o valor de \$3,42 sobre o nó superior para o segundo mês, é obtido por

$$\begin{aligned}
 3,42 &= \max[2(1,02 * 3,19 - 2,40) + \\
 &\quad + (0,83 * 2,00 + 0,10 * 0,49 + 0,07 * 0,17)e^{-0,05/12}; \\
 &\quad (0,83 * 3,67 + 0,10 * 0,73 + 0,07 * 0,17)e^{-0,05/12}] \\
 &= \max[3,42; 3,10]
 \end{aligned}$$

Trabalhando de trás para frente (*backwards*), o valor da opção de *swing* é de \$1,39. Expressa em percentagem do preço à vista do GN, o valor é de 59%.

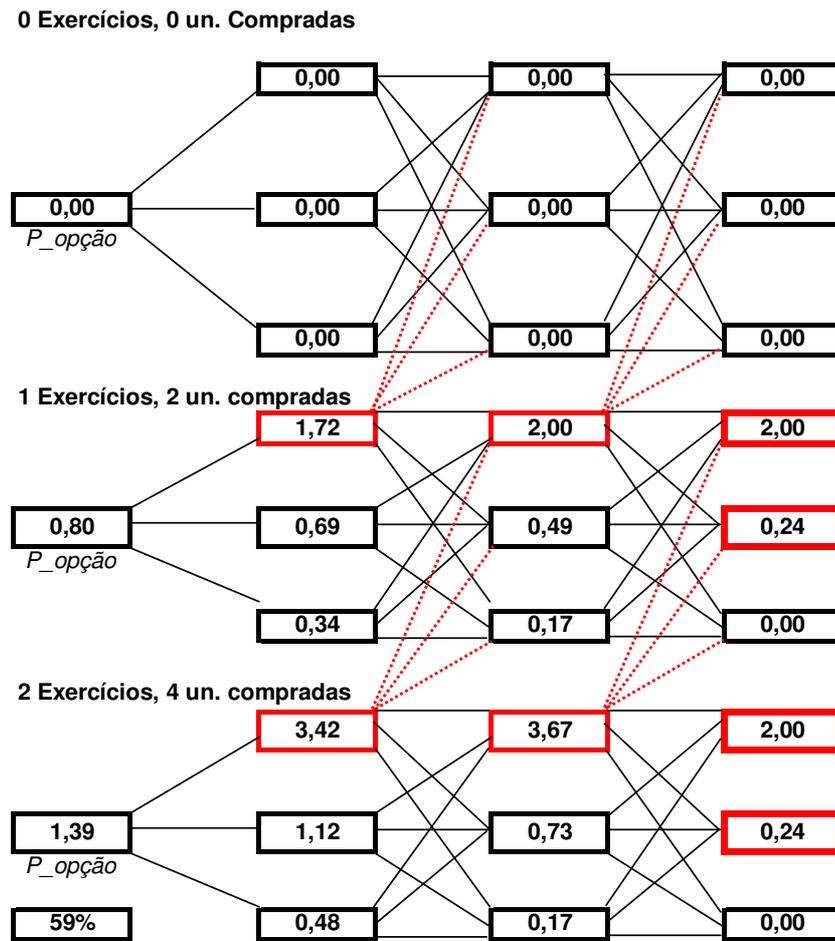


Figura 4 – Árvore Trinomial da opção de *swing* – Preço de Exercício Fixo