

## 5

### Estudo de caso

Para o estudo de caso em questão, algumas premissas foram estabelecidas sobre as variáveis envolvidas de forma a simplificar o problema e permitir uma análise mais detalhada da precificação correta dos contratos interruptíveis, que é o foco do trabalho.

Nota: a partir deste ponto, todos os volumes (quantidades) serão representados em MMm<sup>3</sup>/dia (milhões de metros cúbicos por dia) e os preços em US\$/MMBtu (dólar por milhão de BTU – *British Thermal Units* – uma medida de energia). Além disso, o lucro ou qualquer outro fluxo monetário será representado em MMUS\$ (milhões de dólares).

#### 5.1

##### Premissas de Receitas e Custos

###### 5.1.1

###### Preços Firme e Termoelétrico

$P^F$ ,  $P^{TM}$  : Os contratos firmes tiveram seu valor estabelecido conforme as regras atuais de precificação da indústria, que conta tanto com contratos bolivianos quanto nacionais. Tais contratos guardam uma relação com os preços de óleo combustível, o energético substituto, que faz com que acompanhem parcialmente as oscilações dos preços de óleo combustível (e, conseqüentemente, do Brent, dada a correlação entre as duas variáveis), mas não buscam paridade.

Entretanto, os contratos possuem uma parcela fixa não atrelada ao óleo, que além de ter o objetivo de remunerar os custos fixos de transporte, acaba servindo como um redutor da variabilidade dos preços de gás natural frente ao óleo.

Os contratos firmes costumam ser de longo prazo com reajuste apenas quando há alteração nos preços de óleo e para acompanhar os índices de preço.

Sendo assim, aqui eles serão considerados constantes no período de 4 anos analisado (assumindo um fluxo de moeda constante).

Os contratos termoeletricos são normalmente de prazo mais longo que os firmes, em geral de 20 anos. Assim, os preços atuais se dividem em contratos antigos, firmados sobre condições não mais existentes (contratos PPT<sup>29</sup>, por exemplo), e contratos de leilões recentes, que já consideram uma indexação ao GNL e uma parcela fixa para remuneração da infra-estrutura disponibilizada. Aqui, utilizou-se preços médios, procurando refletir ambos os tipos de contrato e seu peso no total desse mercado. Como consequência, os preços médios termoeletricos são inferiores aos preços dos contratos firmes, já que os últimos foram renegociados recentemente sob novas condições.

Tal simplificação é realizada com a intenção de não desviar o foco do estudo de caso, que poderia facilmente contemplar separadamente a ponderação entre os preços e quantidades praticados de forma detalhada. Contudo, o objetivo deste trabalho se restringe a evidenciar e estudar o posicionamento estratégico da empresa monopolista no “mercado interruptível” frente a incerteza do uso do gás termoeletrico.

### 5.1.2

#### Preços de GNL

$P_{t,s}^{GNL}$ : Conforme mencionado, os preços de GNL são formados no mercado internacional, determinados conforme condições das variáveis que afetam esse preço a cada momento de tempo, por exemplo: preço do Brent, custos de geração a carvão nos Estados Unidos (porque afeta a demanda por gás natural que por sua vez afeta os preços de GNL), unidades de liquefação novas entrando em operação, etc.. Além disso, o prêmio a ser pago pela Petrobras por cada carga a ser adquirida é influenciado pela demanda total por GNL. Quanto maior o volume, maior o prêmio a ser pago sobre o preço internacional do combustível.

Quando as condições no mercado internacional estão desfavoráveis ao comprador, como por exemplo em 2007, quando houve um problema com uma

---

<sup>29</sup> Da época do Programa Prioritário de Termoeletricas, os contratos PPT têm preços muito baixos quando comparados aos atuais preços de gás natural, já que foram estabelecidos em uma época de superávit de gás no Brasil, e seu reajuste apenas acompanha o crescimento inflacionário.

planta de geração nuclear no Japão, forçando o país a aumentar significativamente sua importação de GNL, os preços de GNL podem subir muito. E vice-versa para mercados favoráveis aos compradores.

A modelagem correta dessa variável implica no desenvolvimento de um modelo estocástico, mas neste estudo de caso os preços de GNL foram considerados determinísticos e constantes ao longo dos períodos. Desta maneira, a modelagem das incertezas foca nas incertezas oriundas do despacho termelétrico que lastreia os contratos interruptíveis.

Uma interessante extensão deste trabalho seria a incorporação de uma modelagem estocástica do preço de GNL, já que picos de altos preços de GNL agregam valor aos contratos interruptíveis, que como visto antes, mitigam a exposição ao risco de compra de GNL.

Algumas restrições sobre os parâmetros do modelo podem ser derivadas de uma análise da equação de lucro, com destaque para as duas seguintes, que relacionam o preço  $P^{\text{GNL}}$  (assumido determinístico e constante ao longo do horizonte de estudo) com o preço termelétrico e custo de aquisição de oferta firme pelo comercializador:

- $P^{\text{TM}} \leq P^{\text{GNL}}$  – Se o custo de aquisição de GNL puder ser repassado diretamente para o consumidor final, sem risco de o preço de GNL superar o preço termelétrico (esse “risco” só existe quando o preço do GNL é modelado de forma determinística), não há incentivo nenhum para a criação de um mercado interruptível, desaparece a vantagem que ele apresenta ao reduzir o risco de exposição ao GNL. Desta forma, o preço do GNL deve ser superior ao preço de venda termelétrico para sinalizar o fato de que o mercado de GNL será utilizado apenas em cenários de déficit de oferta, caso esta hipótese não seja atendida, o modelo não encontrará nenhuma vantagem na venda de contratos interruptíveis. O equivalente no caso estocástico seria baseado no conceito de não arbitragem, onde com alguma probabilidade maior que zero o preço do GNL deve superar o preço de venda termelétrico, ou seja, para algum  $t \in T^{\text{TM}} \neq \{\emptyset\}$  e  $s \in \Omega^{\text{TM}} \neq \{\emptyset\}$ ,  $P^{\text{TM}} \leq P^{\text{GNL}}_{t,s}$ .
- $C^{\text{F}} \leq P^{\text{GNL}}$  – O preço do gás no mercado firme deve ser menor ou igual ao preço do GNL, caso contrário não haveria mercado para o gás firme, todo

o mercado seria atendido pelo GNL, que apresenta uma vantagem de flexibilidade, e portanto deve ter preço maior.

Outras restrições envolvendo o preço do firme e os demais parâmetros poderiam ser enumeradas seguindo a mesma lógica anterior. Contudo, em função da hipótese considerada para fins deste estudo de caso, de que o preço do GNL seja constante e determinístico, torna-se importante que os efeitos desta estejam bem explicitados. Na ausência de um modelo para caracterizar a influência da estocasticidade dos preços de GNL nas decisões, uma análise de sensibilidade com relação a este parâmetro será realizada para capturar o impacto na decisão ótima para diversas hipóteses deste preço.

### 5.1.3

#### **Custo do Gás Firme**

No modelo aqui desenvolvido, analisa-se o caso sob o ponto de vista do comercializador, e não do produtor. Sendo assim, o custo do gás produzido pela própria Petrobras será comprado pelo “comercializador”, que é a área de Gás e Energia da Petrobras, por um preço interno de transferência acordado entre as partes.

Entretanto a modelagem perderia todo o sentido se a solução de precificação encontrada atendesse ao problema de maximização da área de gás e Energia mas não representasse a melhor solução para a companhia com um todo.

Uma forma de resolver essa questão é fazer com que esses preços de transferência reflitam o custo de oportunidade envolvido na decisão de uma compra intra-companhia. O custo de oportunidade considerado aqui foi o de GNL, já que cada molécula não produzida internamente teria que ser comprada no mercado internacional no formato liquefeito.

O termo  $C^F$ , entretanto, faz uma ponderação entre os custos de GNL (Custo de Oportunidade estabelecido para o gás firme nacional) e o custo do gás boliviano contratado, de modo que seu valor final (média ponderada) é inferior àquele do custo de GNL nos cenários em que o custo de aquisição do gás boliviano está inferior ao do GNL, e superior nos cenários em que o Boliviano está mais caro. Uma vez que a análise aqui desenvolvida foca em cenários de

GNL de custos altos, os preços internos de transferência são inferiores aos de aquisição de GNL.

#### 5.1.4

##### Quantidades Contratadas

$Q^F$  e  $Q^{TM}$ : A quantidade de contratos firmes disponíveis, obtida diretamente através da diferença entre a demanda total e os contratos interruptíveis, foi determinada considerando as projeções da indústria para os anos em questão. Foram consideradas variações apenas de um ano para o outro, e não foram considerados os possíveis efeitos da crise, que podem reduzir as projeções de demanda. Da mesma forma, a quantidade termelétrica contratada também seguiu as projeções da indústria, com variações anuais.

$Q^I(P^I)$ : é uma curva de demanda em função do preço, adaptada a partir do artigo de Street. et al. [1] e da dissertação de Mendes, A.[1], atualizada com as premissas deste trabalho. Essa premissa, devido à sua importância para o desenvolvimento deste estudo de caso, está explicada e desenvolvida no anexo A.

A tabela a seguir resume as premissas de preço e quantidade:

Tabela 5.1 – Premissas de Volume

(MMm <sup>3</sup> /dia)	2013	2014	2015	2016
Demanda Industrial Total	85	88	89	89
Demanda Termelétrica Total	44	45	51	62
Oferta Firme (BoL+E&P)	97	97	97	100

Tabela 5.2 – Premissas de Preço

(US\$/MMBtu)	2013	2014	2015	2016
Preço dos Contratos Firmes	7,5	7,5	7,5	7,5
Preço dos Contratos Termelétricos	7,0	7,0	7,0	7,0
Preço do GNL	11	11	11	11
Custo da Oferta Firme	7	7	7	7

## 5.2

### Premissas de Despacho

Para a projeção do despacho termelétrico foram utilizados 200 cenários de despacho gerados pelo *software* SDDP<sup>30</sup> da Consultoria PSR. A modelagem do software está descrita no capítulo 3 deste trabalho.

As premissas para esta simulação foram obtidas a través de dados do sistema elétrico brasileiro existente e futuro, e são compatíveis com o cenário de março/2008 disponibilizado pelo ONS. Alguns dados referentes à performance das termoeletricas foram substituídos por dados da Petrobras, como por exemplo, *heat rates*<sup>31</sup>.

## 5.3

### Penalidades

Não foram consideradas penalidades de não-atendimento ao mercado para efeito deste estudo de caso. O modelo é montado de forma que todos os déficits de oferta podem ser adquiridos no mercado spot GNL e o objetivo incorpora a minimização da probabilidade do desabastecimento do mercado e conseqüente pagamento de penalidades através do desenvolvimento de um mercado interruptível de gás.

Além disso, a necessidade máxima de GNL possível (representada pela demanda termelétrica flexível) chega a apenas 50% do mercado de GNL *Spot* atual, de modo que ainda não está perto o limite superior de quantidade disponível neste mercado.

Pode ser, entretanto, que seja pontualmente interessante pagar uma penalidade de não-atendimento ao invés de prêmios tão altos no mercado de GNL, mas essa hipótese não foi considerada aqui.

---

<sup>30</sup> [www.psr-inc.com.br](http://www.psr-inc.com.br)

<sup>31</sup> Medida de eficiência de uma térmica que determina quanto de gás natural será necessário àquela térmica para gerar um megawatt ou outra medida de energia.

## 5.4

### Horizonte Temporal

A operação do sistema é simulada para os anos de 2013 a 2016. A escolha desse horizonte temporal se deve ao fim dos contratos firmes recém-celebrados pela Petrobras. Recentemente a estatal renovou seus contratos de fornecimento para as modalidades não-termoelétricas, com horizonte temporal de 5 anos na maioria dos casos.

Pode ser que a empresa opte por não negociá-los todos no vencimento (que seria em final de 2012), e que já haja abertura para ir renegociando aos poucos, mas de qualquer forma há uma probabilidade de um espaço para renegociação de preços no final de 2012, início de 2013.

As mudanças recentes no cenário econômico internacional também penalizam uma análise de curto prazo. Em apenas 6 meses, o Brent caiu 66%, passando de 133 dólares o barril<sup>32</sup> para 44 dólares<sup>33</sup>. Como consequência, o gás natural perdeu competitividade frente ao seu maior competidor, o óleo combustível. Em janeiro deste ano, o consumo da indústria caiu 27,73% em relação ao mesmo mês do ano passado, os primeiros números que apontavam o efeito da crise sobre o consumo. Mas a maior queda foi mesmo da geração termoelétrica, que caiu 65,12% em relação à janeiro de 2008 [37].

Com a redução da demanda oriunda da crise e a migração de consumidores para outros energéticos por conta da perda de competitividade do gás natural, adicionado a um período de alto índice pluviométrico, e, portanto baixo despacho termoelétrico, o país se viu em uma situação de sobra de gás natural.

Impressiona que em tão pouco tempo a situação tenha se modificado tão intensamente, o que nos leva a crer que essa situação pode ser conjuntural. Assim sendo a desvantagem de olharmos para o curto prazo é que qualquer projeção pode estar excessivamente contaminada pela conjuntura, que pode ou não ser passageira.

Uma motivação adicional para a escolha deste horizonte temporal é que, segundo o Plano de Negócios 2009-2013 divulgado pela companhia, 2013 é o ano em que, após incorporação de demandas por gás natural oriundas das

---

<sup>32</sup> Valores médios de julho no Índice Platts [38].

<sup>33</sup> Valores médios de janeiro no Índice Platts [38].

termoelétricas vencedoras do leilão A-3 de 2008 e A-5 de 2008, há um salto na demanda termoelétrica total (aumento na necessidade de lastro), e portanto, é o momento onde a flexibilidade oriunda dos contratos interruptíveis a princípio se torna mais valiosa.

## 5.5

### Outras Premissas Relevantes

Para o cálculo do valor presente líquido na métrica esperada utilizou-se a taxa de desconto de 10% a.a., considerando que a atividade de comercialização não é tão arriscada quanto a exploração, mas tampouco, conforme demonstrado, possui uma taxa livre de risco.

A escolha de 10% levou em conta que a taxa deveria ser algo entre uma taxa de desconto de baixo risco<sup>34</sup>, e uma de risco alto, como aquela utilizada largamente no setor de petróleo, já que o setor de Gás e Energia (comercialização) não é tão arriscado quanto o de exploração e produção de petróleo e gás.

A escolha do  $\lambda$  para o estudo de caso se deu em  $\lambda = 95\%$ , considerando que sua condição de empresa de capital aberto com o Governo como acionista controlador coloca a empresa em uma posição de aversão ao risco. Para o CVaR foi escolhido um  $\alpha$  de 95%.

## 5.6

### Resultados

Para as premissas estabelecidas acima, obtém-se como métrica os resultados da Figura 5.1, onde no eixo horizontal temos o preço do interruptível discretizado, e no eixo vertical a métrica de preferência baseada no CVaR a ser maximizada.

---

<sup>34</sup> Como, por exemplo, a TJLP – Taxa de Juros de Longo Prazo que é a taxa que órgãos de fomento como o BNDES utilizam em seus empréstimos.

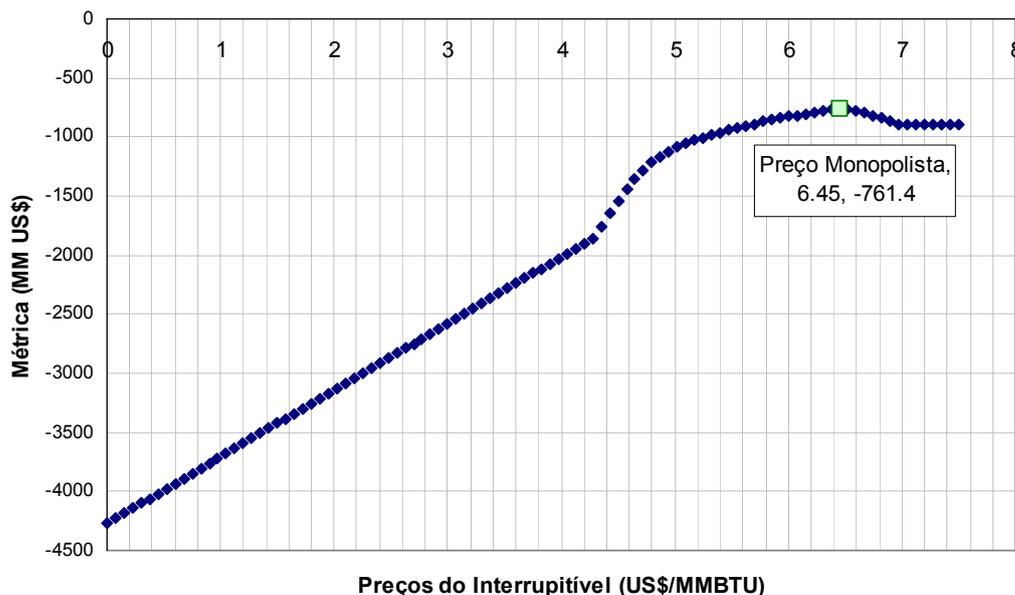


Figura 5.1 – Métrica para  $\lambda = 95\%$

Nota-se que, para preços firmes em torno de 7,5 (premissa deste estudo de caso), a métrica assume um comportamento crescente na medida em que  $P^I$  se aproxima de  $P^F$ , “por baixo” e irá atingir o máximo no ponto em que  $P^I = 6,45$  US\$/MMBTU. Este seria, portanto, o preço ótimo monopolista que deveria ser praticado para maximizar a métrica de preferência do comercializador. Esse valor corresponde a um desconto de 14% sobre o preço do firme. Além disso, o “valor” que este posicionamento estratégico proporciona ao comercializador pode ser calculado pela diferença entre a métrica da empresa no ponto ótimo e a métrica no ponto onde não há consumo de contratos interruptíveis ( $P^I = P^F$ ). Este valor pode ser diretamente inferido do gráfico anterior, sendo da ordem de US\$ 115 MM. Isso significa que o potencial benefício do mercado interruptível é de 13%.

Note que, dada a premissa de que a decisão será tomada sob o ponto de vista de um monopolista, o preço monopolista desloca a demanda/oferta deste contrato de maneira a atender o interesse do produtor/comercializador. Desta maneira, pode-se medir o desvio que este comportamento proporciona se comparado ao caso hipotético “competitivo”<sup>35</sup>, onde a quantidade total deste

<sup>35</sup> O termo competitivo aparece entre aspas em função do uso desta terminologia para um caso hipotético onde seria imposta uma competição através de um leilão, assumindo-se que o produtor não teria a informação da demanda dos consumidores.

contrato poderia ser dada através de um leilão em que o comercializador para cada preço ofereceria uma quantidade que está disposto a vender (sem a informação da demanda dos consumidores, ou seja, para cada preço  $P^l$  encontraria a quantidade  $Q^l$  que maximizaria a métrica de preferência) e os consumidores as quantidades que estariam dispostos a comprar. Desta maneira, através de um leilão iterativo onde o preço e quantidades negociadas são tais que a oferta e a demanda total se igualam, o desvio monopolista poderia ser medido como a variação percentual do preço e quantidade negociados no caso monopolista para o caso “competitivo”.

## 5.7

### Desvio Monopolista: Equilíbrio Competitivo versus Monopólio

Conforme argumentado anteriormente, o cálculo do desvio monopolista preconiza quantificar o impacto das decisões monopolistas. Para tanto, uma situação hipotética é criada em que é assumido o desconhecimento total da curva de demanda dos compradores por parte do vendedor. Neste contexto, o vendedor (comercializador) e os compradores (consumidores) participariam de um leilão de preços iterativos que definiria o preço de cada rodada. Para cada preço definido pelo leiloeiro, o vendedor e os compradores ofertariam os totais que estariam dispostos a vender e a comprar e assim, o preço final do leilão seria tal que igualasse as quantidades de oferta e demanda.

Esta situação é uma situação hipotética dada toda a informação que o produtor tem sobre os consumidores e pelo fato de ser o único fornecedor de tais contratos. Contudo, matematicamente, o “equilíbrio competitivo” ou solução competitiva, pode ser acessada através da interseção entre a curva de demanda dos consumidores e a curva de oferta do vendedor, sob a hipótese do desconhecimento da curva de demanda. Neste sentido, o objetivo do vendedor seria maximizar a mesma métrica de preferência (função objetivo) definida em (4-5), porém otimizando a quantidade  $Q^{l\text{venda}36}$  de interruptível que este estaria disposto a vender para cada preço  $P^l$ . Este raciocínio é formalizado em (5-1), onde em todas

---

<sup>36</sup> O montante  $Q^{l(P^l)}$  anteriormente definido como a demanda dos consumidores e oferta fornecida pelo comercializador, neste ponto do trabalho, simbolizará apenas a demanda dos consumidores. A oferta do vendedor para cada preço  $P^l$  do leilão passará a ser chamada então de  $Q^{l\text{venda}(P^l)}$ .

as expressões apresentadas neste trabalho em que a função de demanda  $Q^I(P^I)$  aparecem seriam substituídas por uma variável de decisão do modelo ( $q^I$ : quantidade a ofertar no leilão). Assim, para cada preço  $P^I$  o comercializador otimizaria esta quantidade, tomado como dado o preço  $P^I$ , resultando em uma curva definida por  $Q^{Ivenda}(P^I) = q^{I*}$  para cada  $P^I$ .

$$Q^{Ivenda}(P^I) = \underset{(q^I \geq 0)}{\operatorname{argmax}} \lambda \cdot \operatorname{CVaR}_\alpha \{ \operatorname{VPL}_{K,T}[L(q^I, P^I)] \} + (1-\lambda) \cdot E[\operatorname{VPL}[L(q^I, P^I)]] \quad (5-1)$$

Sob essas hipóteses, o preço competitivo pode ser definido como  $P^{Icomp}$  tal que  $Q^{Ivenda}(P^{Icomp}) = Q^I(P^{Icomp})$ , ou seja, oferta igual a demanda. Este ponto, dado pelo par preço e quantidade ( $P^{Icomp}$ ,  $Q^I(P^{Icomp})$ ) pode ser então comparado com o ponto monopolista ( $P^{I*}$ ,  $Q^I(P^{I*})$ ) e calculado, o aqui denominado, desvio monopolista:

- em termos de preço  $(P^{I*} - P^{Icomp})/P^{Icomp}$ ,
- quantidade  $[Q^I(P^{I*}) - Q^I(P^{Icomp})]/Q^I(P^{Icomp})$  e
- e benefício  $[f^{obj(4-5)}(P^{I*}) - f^{obj(5-1)}(q^{I*}, P^{Icomp})]/f^{obj(5-1)}(q^{I*}, P^{Icomp})$ , onde  $f^{obj(4-5)}$  é a função objetivo do problema definido em (4-5) e  $f^{obj(5-1)}$  respectivamente.

A curva de oferta e demanda definidos para o caso competitivo pode ser ilustrada na figura 5-2 onde o ponto competitivo é dado na interseção das curvas e o ponto monopolista, obtido anteriormente, é conjuntamente apresentado.

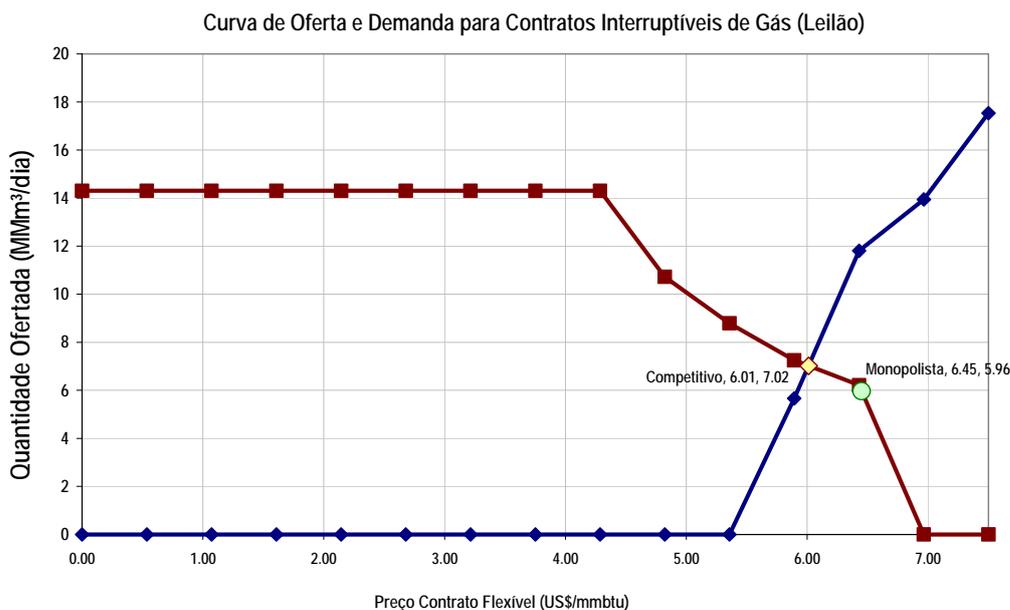


Figura 5.2 – Equilíbrio Competitivo vs Monopolista

A figura 5-2 acima representa as curvas de oferta e demanda formadas sob a hipótese competitiva. O equilíbrio, representado pelo ponto de interseção entre as curvas (losango) aponta para um ponto de equilíbrio a um preço inferior ao monopolista. No quadro abaixo os resultados monopolista e competitivo e o respectivos desvios são contrastados. Nesta, fica evidente que o conhecimento da curva de demanda faz com que o comercializador determine um preço 7% mais caro do que o que seria obtido em uma situação competitiva, para se beneficiar de um aumento de 14% em sua métrica de preferência. A diferença de 15% da quantidade negociada representa então, uma possível medida de distorção causada pelo posicionamento estratégico do vendedor monopolista.

Tabela 5.3 – Comparação entre hipótese competitiva e modelo monopolista (desvio monopolista).

	Competitivo	Monopolista	Desvio Abs	Desvio %
Preço US\$/MMBTU	6.01	6.45	0.44	7%
Quantidade (MMm³/dia)	7.02	5.96	-1.06	-15%
Métrica MMUS\$	-887.03	-761.4	125.65	14%

Entretanto, como pode ser observado, o preço de equilíbrio competitivo não está muito distante do preço de monopólio. Esse resultado não ocorre sempre, mas ele é verdadeiro para as premissas aqui consideradas e indica que a elasticidade-preço da demanda por contratos interruptíveis é muito alta, o que está relacionado ao preço do combustível substituto, no caso o óleo combustível.

Note que na verdade existem dois efeitos opostos de uma variação no preço do substituto. O primeiro é que, na medida em que este aumenta, aumenta a perda dos consumidores em caso de despacho, portanto para um mesmo nível de despacho, aumenta a perda esperada, o que reduz a demanda por interruptíveis. Por outro lado, como os dois combustíveis são substitutos, um aumento do custo do substituto aumenta a demanda por interruptíveis. O maior efeito parece ser o segundo, já que um aumento de apenas 1% nos preços interruptíveis acarretou uma queda de demanda de 24%, mas para se ter certeza seria necessária uma análise quantitativa mais completa.

## 5.8

### Sensibilidades

#### 5.8.1

##### Sensibilidades em relação à $\lambda$ :

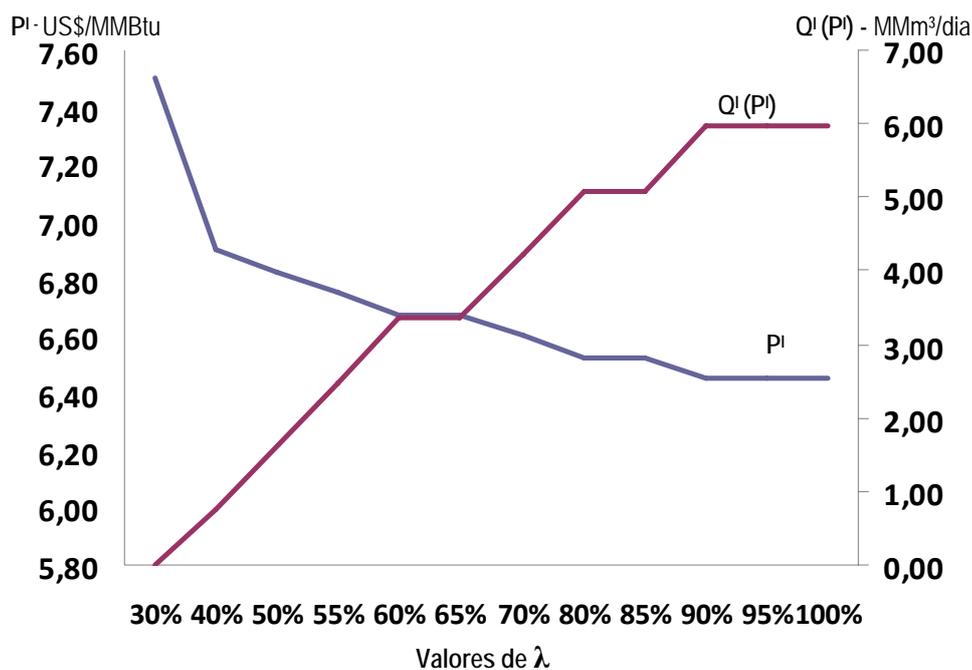
Os valores de  $\lambda$  foram discretizados de 0,3 até 1 (100% de aversão ao risco). Observou-se para todos os valores de  $\lambda$  inferiores a 0,33 (33%), o comercializador não avalia como interessante a criação de contratos interruptíveis, de modo que o desconto que ele dá é nulo, e a esse desconto, não há mercado interruptível.

O resultado faz sentido uma vez que os contratos interruptíveis são em essência mitigadores de risco, que como contrapartida apresentam uma redução do retorno na medida em que reduzem a contratação firme. Conforme o valor que o decisor atribui à essa mitigação se reduz, é natural que ele esteja disposto a abrir mão de cada vez menos retorno para uma redução no risco. Sendo assim, conforme a aversão ao risco aumenta, aumenta o desconto sobre o preço do firme para contratos interruptíveis.

Essa relação pode ser observada na tabela e na figura a seguir:

Tabela 5.4 – Sensibilidades para  $\lambda$ 

$\lambda$ (De 0 a 1)	$P^{I^*}$ (Em US\$/MMBTU)	$Q^I(P^{I^*})$ (Em MMm <sup>3</sup> /dia)
30%	7,50	0,00
40%	6,90	0,75
50%	6,83	1,62
55%	6,75	2,48
60%	6,68	3,35
65%	6,68	3,35
70%	6,60	4,22
80%	6,53	5,09
85%	6,53	5,09
90%	6,45	5,96
95%	6,45	5,96

Figura 5.3 – Sensibilidades para  $\lambda$ 

Na figura acima, a curva azul ( $P^{I^*}$ ), representa o preço ótimo de contratos interruptíveis que seria escolhido pelo comercializador para cada cenário de  $\lambda$ , de modo que  $P^{I^*}$  cai na medida em que a aversão ao risco cresce, como era de se esperar.

A curva vermelha  $Q^I(P^I)$ , por sua vez, representa a quantidade de equilíbrio desse mercado, a ser determinada pela curva de demanda em função de cada cenário de  $\lambda$  e  $P^{I*}$ , e cresce na medida em que  $\lambda$  cresce, fazendo o caminho inverso ao preço, que é o natural de uma curva de demanda.

## 5.8.2

### Sensibilidades para Preço de GNL

Também foram feitas análises de sensibilidades para os preços de GNL, sabendo que o preço das cargas pode oscilar bastante num curto espaço de tempo. Qual seria o impacto de uma oscilação nessa variável? Se se espera patamares de preço maiores no futuro, isso afetaria significativamente a contratação?

O gráfico a seguir ilustra os resultados obtidos:

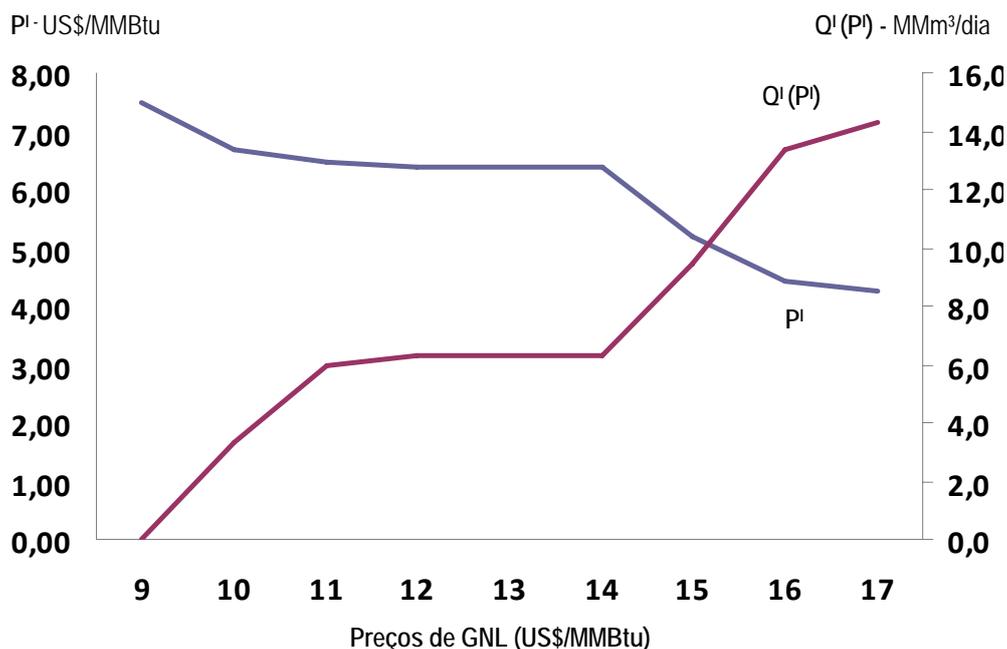


Figura 5.4 – Sensibilidades para Preços de GNL

Na sensibilidade realizada os preços de GNL partem de um patamar de 7,00 US\$/MMBTU, que é justamente o preço para termoeletricas neste estudo de caso. Conforme mencionado antes, o mercado de interruptíveis só existe quando  $P^{TM} \leq P^{GNL}$ , pois caso contrário do ponto de vista do comercializador não há

perigo de perda com os despachos termoelétricos, já que as térmicas remuneram qualquer compra feita nesse patamar de preços. Sendo assim, o preço escolhido é o preço do firme, e conseqüentemente a quantidade é zero nesse ponto<sup>37</sup>.

Do ponto entre  $P^{\text{GNL}}=7$  até  $P^{\text{GNL}}=10$ , o ofertante até tem interesse em algum desconto, mas não há demanda para esse pequeno desconto, de modo que não há mercado interruptível.

A partir daí, na medida em que os preços de GNL aumentam, o preço do interruptível de equilíbrio vai caindo, pois preços de GNL mais altos aumentam a exposição ao risco do comercializador, tornando os contratos mais valiosos, e o comercializador aceita oferecer descontos maiores nesses contratos de modo a evitar esses riscos.

A partir de determinado ponto, por volta de  $P^1 = 4,27$  MMBtu, o comercializador não consegue mais atrair consumidores, pois o potencial do mercado interruptíveis está esgotado, todos os consumidores potencialmente bi-combustíveis já migraram para um contrato desse tipo.

Observa-se, entretanto, que a elasticidade dessa curva de oferta vai aumentando conforme se avança para patamares de custo de GNL maiores. Isso ocorre porque preços mais altos de GNL aumentam muito a exposição da renda desse comercializador a uma perda por conta de compra de GNL para atender despachos.

### 5.8.3

#### Outras Sensibilidades de Interesse

Outros fatores que afetam o preço ótimo dos contratos interruptíveis também são interessantes, como por exemplo a “sobra” ou “falta” de oferta firme em relação à demanda firme.

Foi feita uma sensibilidade com uma redução de 20% na oferta firme total. Essa alteração reduziu o preço interruptível ótimo para 6,37 US\$/MMBTU (no estudo de caso o valor era de 6,45), e a quantidade ótima (função do preço) aumentou de 5,96 para 6,31 MMm<sup>3</sup>/dia.

---

<sup>37</sup> Para esse estudo de caso, porque quando o GNL for considerado estocástico, o mercado existe independente dos patamares de preços considerados, mas apenas por conta de uma possível oscilação.

Para uma variação no preço do GNL de mesmo tamanho (por exemplo, de 10 para 12) o preço interruptível ótimo sofreu uma variação que 5%, indicando que, ao menos para os patamares considerados, a variável “excedente firme” pode ter um peso decisório tão grande quanto os patamares de preço de GNL. Entretanto, como se mostrou nas 2 figuras anteriores, os patamares considerados das variáveis de interesse podem ser determinantes quando se olha para os seus efeitos sobre o preço ótimo.

Outro item que certamente afeta bastante a decisão de contratação do ofertante é o despacho considerado. A projeção considerada aqui neste estudo de caso apresenta valores médios de 24% (2013-2016), e se esses valores fossem maiores certamente aumentaria a atratividade dos contratos interruptíveis para o comercializador, embora diminuíssem a demanda por esses contratos por parte dos consumidores potencialmente bi-combustíveis.