

LEILÕES DE CURTO PRAZO NA INDÚSTRIA BRASILEIRA DE GÁS NATURAL¹

Miguel Vazquez²

Michelle Hallack³

Os leilões são mecanismos bem-sucedidos em diversas situações, contudo, os desenhos desses mecanismos dependem fortemente das necessidades específicas do contexto em que são inseridos (local, momento e características dos bens leiloados). O objetivo tradicional do uso de leilões na indústria brasileira de gás natural foi a maximização da renda, extraída da alocação de blocos para exploração e produção de hidrocarbonetos. Este artigo propõe o uso de leilões para incrementar a eficiência da coordenação dos agentes da indústria, na comercialização e no transporte. Em diferentes países, a indústria de gás desenvolve-se baseada nas relações de longo prazo entre seus agentes, no entanto, ajustes de curto prazo são necessários. Os leilões que agora sugerimos objetivam facilitar os ajustes de curto prazo entre a oferta e a demanda de gás natural no Brasil. Assim, eles serão, também, um apoio na formação de preços de curto prazo e na alocação eficiente dos serviços de transporte. Para tanto, apoiando-se na experiência internacional, proporemos o uso de leilões combinatórios que permitam a representação da interdependência entre o gás “molécula” e os serviços de transporte necessários.

Palavras-chave: gás natural; mercado secundário; leilões combinatórios; comercialização de último recurso.

SHORT-TERM AUCTIONS IN THE BRAZILIAN NATURAL GAS INDUSTRY

Auction mechanisms have been successfully applied in a variety of situations. However, the specific needs of each design are heavily dependent on the context in which the auction mechanism is applied. In this sense, the traditional goal of auction design in the Brazilian natural gas industry was rent extraction in exploration and production activities. This paper, on the other hand, proposes the use of auctions to increase the efficiency of the coordination of gas trading and transport activities. This paper aims to design auctions that facilitate the short-term gas pricing and the efficient allocation of transport services. To that end, relying on international experience, we propose the use of combinatorial auctions that allow representing the relationship between gas “molecule” and the transport services required for gas trading.

JEL: D47; D44; L43; L51; L95.

1. Os autores agradecem ao revisor e ao editor pelos comentários e sugestões, e a Madga Dutra pela preciosa ajuda na revisão do manuscrito.

2. Professor adjunto da Faculdade de Economia, Universidade Federal Fluminense (UFF), Rio de Janeiro. Conselheiro da Florence School of Regulation, RSCAS, EUI, Florença. Pesquisador do IEFE, Universidade Bocconi, Milão. Pesquisador do Centro de Estudos em Regulação e Infraestrutura (CERI), FGV, Rio de Janeiro. *E-mail:* <miguel.vazquez.martinez@gmail.com>.

3. Professor adjunto da Faculdade de Economia, Universidade Federal Fluminense (UFF), Rio de Janeiro. Conselheiro da Florence School of Regulation, RSCAS, EUI. Pesquisador associado ao Grupo de Economia da Energia, IE-UFRJ, Rio de Janeiro. *E-mail:* <michellecmhallack@gmail.com>.

1 INTRODUÇÃO

O processo de construção dos mecanismos de mercado, em uma grande parte das indústrias, previamente organizadas em torno de monopólios verticalmente integrados, apoia-se, significativamente, no uso de leilões. No caso da indústria de gás natural brasileira, os leilões são utilizados, primordialmente, para a maximização da renda governamental associada à exploração e à produção de hidrocarboneto (recurso natural não renovável). Esse mecanismo é amplamente discutido na literatura, ver, por exemplo, Robinson (1984) e Cramton (2007). Entretanto, existe um grande número de aplicações cujo foco principal não é a extração da renda relacionada à escassez do recurso natural, mas, sim, a eficiência na alocação das infraestruturas. O potencial do uso de leilões na formação dos preços de curto prazo do gás natural e a alocação eficiente dos serviços de transporte serão aqui analisados.

Muitas das principais características da indústria de gás natural justificam-se pela complexidade na operação do sistema de transporte. O gás natural é caracterizado por um valor calorífico relativamente baixo, por metro cúbico, o que torna mais barato o transporte sob pressão, por meio de gasodutos. Por conseguinte, a arquitetura física das redes de transporte define as especificidades dos ativos dessa indústria, que, por sua vez, define os tipos de organizações econômicas encontradas (Hallack e Glachant 2010).

Como consequência das especificidades dos ativos de transporte, os contratos de longo prazo foram, historicamente, um mecanismo-chave na coordenação dos agentes na indústria de gás natural. Esses contratos envolvem tanto o suprimento de gás, quanto o transporte. A especificidade de ativos em indústrias de gás, a necessidade de dividir os riscos entre seus agentes e o consequente uso dos contratos de longo prazo foram amplamente discutidos na literatura. Os diferentes casos de estudos mostram que os contratos de longo prazo foram, historicamente, uma peça fundamental no desenvolvimento dessa indústria, nos diferentes países e mercados.⁴

O grau de desenvolvimento das infraestruturas e a localização das reservas de gás natural afetam o grau de especificidade dos ativos; e por consequência, também influenciam as possíveis opções dos arranjos institucionais e promoção de mercados. Por exemplo, na União Europeia, antes do processo de liberalização,⁵ grande parte dos transportadores e distribuidores estavam integrados verticalmente e mantinham contratos de longo prazo com produtores internacionais⁶ (Chevalier, 2004).

4. Para literatura sobre os contratos de longo prazo no contexto norte-americano ver, por exemplo, (Makholm, 2012), (Mulherin, 1986), (Hubbard e Weiner, 1992) e (Masten e Crocker, 1985), em relação no contexto europeu, ver (Chevalier, 2004) e (Correljé, Groenleer, e Veldman, 2013), para a América do Sul e contratos de gás em outras regiões, ver (Victor, Jaffe, e Hayes, 2006), (Glachant e Hallack, 2009) e (Pereira *et al.*, 2010).

5. Pode-se assumir que o processo de liberalização da indústria de gás natural na Europa teve como marco inicial a Primeira Diretiva (European Parliament, 1998).

6. Os contratos de longo prazo também eram os principais mecanismos para o transporte de gás internacional de trânsito por outros países.

Por sua vez, nos Estados Unidos, os gasodutos estavam frequentemente integrados com os produtores (habitualmente nacionais) e assinavam contratos com os distribuidores. Mesmo com marcadas diferenças na indústria de gás de ambas as regiões, os contratos de longo prazo foram peças fundamentais para coordenar os investimentos.⁷ Ademais, como consequência desses contratos de longo prazo, ambas as regiões mostraram necessidade de mecanismos de ajustes no curto prazo.

As especificidades dos ativos e os riscos envolvidos geram necessidade de compromissos de fluxos no longo prazo, mas os padrões de demanda são variáveis. Pelo lado da oferta, o grau de flexibilidade e de volatilidade dos fluxos dependem das características geológicas da reserva. Como consequência das características técnicas e econômicas dos fluxos de gás, é corrente a necessidade de ajustes no curto prazo. Esses ajustes são parte central no arranjo dessa indústria, uma vez que coordenam as disponibilidades, as necessidades de gás e o conjunto de infraestruturas disponíveis. Note que as infraestruturas, que aumentam a flexibilidade do sistema, podem ser inseridas ao longo do desenvolvimento da indústria (como os diversos tipos de estocagem) (Vazquez, Hallack e Glachant, 2012b).

Na presença de empresas verticalmente integradas, o serviço de flexibilidade e os ajustes dos fluxos de curto prazo são gerenciados por infraestruturas e por realocações de recursos dentro das firmas. Muitas vezes são invisíveis para os agentes do mercado, mas custosos e centrais para o funcionamento dessa indústria. No processo de liberalização, tanto europeu, quanto norte-americano, a desverticalização e a coordenação de diferentes agentes, por meio de contratos comerciais, geraram a necessidade de criar mecanismos que gerenciariam a flexibilidade necessária para o funcionamento do sistema.

Nesse novo contexto, os carregadores que enfrentam desequilíbrios frequentes no curto prazo são obrigados a se ajustarem por meio de combinações, em acordos comerciais e de alterações necessárias nos direitos de transmissão. Tais ajustes podem gerar custos de transação elevados e, por conseguinte, ineficiências alocativas relevantes. Então, a criação de mecanismos que facilitem a coordenação dos carregadores pode aumentar a eficiência alocativa dos sistemas, principalmente, em indústrias em que o mercado é incipiente (Vazquez, Hallack, e Glachant, 2012a).

A indústria de gás natural no Brasil não possui um mercado propriamente dito. Apesar dos esforços de liberalização, ela é, na prática, verticalmente integrada. A flexibilidade, necessária para o sistema, é fornecida e gerenciada pela empresa monopolista de fato (Petrobras). Os esforços de criação de um mercado e de desverticalização da Petrobras geram preocupações sobre a criação de um mecanismo

7. Nessa perspectiva, apesar de não ser o centro deste artigo, o uso de leilões também pode ser inserido na coordenação de investimentos em transporte de gás, em um contexto de liberalização dos mercados e acesso às redes por um grande número de usuários.

de coordenação e gerenciamento de curto prazo, externo à empresa. Este artigo pretende contribuir analisando o potencial do uso de leilões combinatórios que permitirão a representação da interdependência entre o gás “molécula” e os serviços de transportes necessários. Simplificando a problemática abordada, focaremos na rede de transporte (regulada no âmbito Federal) e não consideraremos a distribuição de gás local, que deve ser abordada, com cuidado, considerando-se as especificidades técnicas e regulatórias dos diferentes estados do Brasil.

Além desta seção introdutória, apresentaremos na segunda seção elementos centrais dos mecanismos utilizados internacionalmente que facilitam a coordenação de curto prazo. Na terceira seção, contextualizaremos o caso brasileiro e a necessidade dos ajustes de curto prazo. Proporemos, na quarta e na quinta seção, um leilão combinatório que contribua na coordenação dos ajustes de curto prazo. Por fim, traçaremos algumas conclusões e desdobramentos dos resultados encontrados.

2 MECANISMOS FACILITADORES NA COORDENAÇÃO DOS AJUSTES DE CURTO PRAZO: EXPERIÊNCIAS INTERNACIONAIS

Vistas as especificidades da rede de transporte de gás natural, a localização da troca é um elemento essencial para o uso do mercado, nos ajustes de curto prazo. A capacidade de acesso de um grande número de agentes ao local onde a troca ocorre é um elemento central. Nesse contexto, um dos elementos centrais na coordenação é a definição ou a criação de locais de troca em que os agentes tenham amplo acesso.

Um *hub* é um lugar onde o comércio atacadista de gás é facilitado pela conjunção de vários serviços de infraestrutura (transmissão e estocagem). Neles, uma quantidade significativa de vendas e compras de gás ocorrem; e vendedores ou compradores também podem obter serviços de flexibilidade.⁸ Essas transações aparecem, em grande parte, para adaptar os portfólios dos carregadores no curto prazo. Elas podem ser consideradas como operações secundárias, pois grande parte das transações de gás é feita em longo prazo. Mas essas operações secundárias, no entanto, são centrais no funcionamento dos mercados de gás.

O local desse comércio atacadista pode ser fisicamente determinado (*hub* físico). Esses locais estabelecem-se na junção dos dutos, onde os carregadores realizam suas transações. Vistas as conexões das infraestruturas, tais locais são acessíveis a um grande número de carregadores. Esse é o mecanismo de coordenação desenvolvido no mercado de gás nos Estados Unidos, que é caracterizado pela presença de uma grande malha de transporte, um grande número de interconexões e uma confiança considerável nos mecanismos de trocas bilaterais (Costello, 2006). Isso implica

8. Esses centros têm sido muitas vezes vistos como um pré-requisito para formar os preços do gás por meio da concorrência gás-gás, considerando, assim, serem eles os elementos-chave na facilitação da coordenação dos sistemas de gás no curto prazo.

em uma dependência considerável da capacidade dos carregadores ao renegociar seus contratos a curto prazo. Nessa conjuntura, as especificidades dos ativos são percebidas como moderadas e o custo das transações de curto prazo não é sentido como fonte de ineficiência relevante para o sistema (Makholm, 2012) e (Ruff, 2012).

Por outro lado, em muitos mercados de gás natural a especificidade dos ativos envolvidos é percebida como fonte importante no custo de transação. Vistas as características das infraestruturas e da estrutura de mercado, é possível que a falta de contraparte, que atenda as mesmas especificidades (volume, tempo e local) seja um problema relevante para que as transações ajustem eficientemente os fluxos de gás no curto prazo. Esse é o caso dos países da União Europeia (UE), onde o desenho dos mecanismos inspirou-se no sistema da Grã-Bretanha. Para facilitar as negociações de curto prazo, implementou-se o *hub* virtual. Sua principal característica é o uso, pelos agentes, de uma representação simplificada da rede de transporte em suas trocas de gás. Em outras palavras, os agentes substituem a junção de dutos física por um conjunto de pontos de entrega, com uma representação muito simplificada das características físicas da rede. Em concreto, nos sistemas de gás da UE, usa-se o esquema de entrada/saída, ver, por exemplo, (Hallack e Vazquez, 2013) ou (Miriello e Polo, 2014).

Com a adoção do *hub* virtual, a troca pode ser realizada de forma equivalente em qualquer local da rede. Os agentes compram o direito de entrar (colocar gás) ou sair (retirar gás) do sistema. Ao entrar no sistema, o agente possui direito de vender para qualquer outro agente, localizado em qualquer parte do sistema. Para comprar, ele precisa ter comprado o direito de sair (de retirada de gás), com esse direito, então, pode comprar gás de qualquer ponto do sistema. O uso desse processo pode ser feito por meio de contratos bilaterais (facilitados pela simplificação da rede) ou por meio de um mercado centralizado, que é especialmente importante no curto prazo. Na Inglaterra há um leilão contínuo, em que os agentes fazem ofertas e demandas, gerando preços de equilíbrio. Do ponto de vista dos fluxos físicos, o operador do sistema (*National Grid*) é o responsável por operar os fluxos de gás, fazendo com que os contratos, negociados no *hub* virtual, sejam cobertos fisicamente. A partir do momento em que os agentes possuem capacidade de entrada (ou saída), esse sistema permite maior liquidez e facilidade nas trocas entre os agentes. Os contratos nessas circunstâncias não possuem os sinais das restrições e operações físicas da rede. Isto é, toda a informação observada pelos agentes usuários do sistema localiza-se nos pontos de entrada e saída.

Um desenho alternativo, que busca aumentar a liquidez do sistema, sem retirar do mercado as informações de restrições dos fluxos físicos, são os leilões implícitos. Nessa prática, o direito de utilizar o sistema de transporte não depende de contrato específico de transporte (como no caso norte-americano ou europeu),

mas, sim, da diferença de preços entre a demanda e a oferta. Isso é especialmente interessante no caso de pequena malha e vem sendo utilizado na região de Victoria, na Austrália, (Ruff, 2012). O procedimento favorece a eficiência na alocação de recursos no curto prazo. O leilão alocará os serviços de rede de acordo com os preços da *commodity* e os usuários precisam apenas tomar decisões relativas ao comércio de gás, o que simplifica significativamente o processo de renegociação.

Para fins de ilustração, considere dois jogadores A e B, que querem levar gás a C usando um gasoduto com capacidade para transportar apenas o valor equivalente ao volume de demanda de um dos dois jogadores. No modelo de leilão implantado em Victoria, o gás transportado será aquele ofertado com o menor preço.

Comparando com o modelo norte-americano, a alocação de capacidade de transporte dependerá de quem comprou, *ex ante*, o direito de transporte. Se esse é propriedade do jogador com a oferta mais cara, os jogadores podem negociar bilateralmente sobre o próprio gás (antes de entrar no gasoduto) ou negociar para trocar o direito de usar o gasoduto. Se a renegociação for feita em um grande *hub*, essa renegociação, *ex-post*, dos direitos de acesso, será normalmente eficiente, desde que o *hub* tenha a liquidez suficiente. Caso ela seja limitada, o que acontece frequentemente em sistemas pouco malhados, essa renegociação pode não alocar os recursos para os agentes que mais os valorizam, gerando a ineficiência alocativa de curto prazo.

No modelo europeu, a alocação da capacidade dependerá de que ambos agentes (A e B) possuam a capacidade de entrada. E se estiverem negociando no mercado organizado, o resultado será equivalente ao do leilão implícito. No entanto, se o agente que oferece o valor mais baixo não possui entrada no sistema (e não consegue negociar no curto prazo essa capacidade) ou se os agentes preferem negociar no mercado bilateral, o resultado pode gerar ineficiência alocativa de curto prazo (os recursos não são alocados para os agentes que mais os valorizam).

As alocações implícitas, por meio dos leilões de gás natural, podem ser um mecanismo relevante para garantir a eficiência alocativa das infraestruturas no curto prazo, principalmente no caso em que os sistemas são relativamente pouco malhados e com pouca capacidade ociosa. Na alocação implícita, os direitos de transmissão são dados de acordo com a ordem de mérito estabelecida no mercado atacadista, de modo que os serviços de transmissão estão implicitamente incluídos no mercado comercial. Mecanismos implícitos já são bem estabelecidos no setor da electricidade (Bohn, Caramanis, e Schweppe, 1984). Na sequência, as necessidades da indústria brasileira de gás natural e as possíveis soluções para o desenho dos leilões de curto prazo, serão analisadas.

3 AS NECESSIDADES DE MERCADOS DE AJUSTE NO BRASIL

Historicamente a construção de gasodutos foi baseada em contratos de longo prazo, em que a própria construção, a ampliação e a operação dos trechos foram outorgados por regime de autorização; e cuja iniciativa dependia da manifestação de interesse do mercado. Na prática, esses contratos possuíam empresas da Petrobras nas duas pontas do acordo: a principal (na prática única) carregadora e, também, a primordial acionista das empresas transportadoras. Os contratos possuíam um caráter legal, mas a operação e as mudanças de fluxos de curto prazo necessárias, e as mudanças de demanda, eram decididas, de maneira interna, nas empresas da Petrobras. A flexibilidade é necessária, mas ao ser gerenciada internamente, não depende de renegociação contratual.

A Lei do Gás (2009) introduziu um novo quadro institucional, ver, por exemplo, Ferraro (2010). No novo contexto, o transporte de gás natural passou do regime de autorização para concessão.⁹ No novo regime, definiu-se que caberia ao Ministério de Minas e Energia a realização de estudos para a expansão da malha duto viária, a proposição de novos trechos de gasoduto (ou ampliação dos já existentes) e a definição de diretrizes no processo de contratação das empresas de transporte. No momento, cabe à agência reguladora (Agência Nacional do Petróleo – ANP) a condução dos processos de licitação das atividades sob o regime de concessão, a definição de tarifas máxima de transporte, a condução de chamadas públicas para alocação de capacidade inicial, a aprovação de contratos de transportes e a fixação de tarifas a serem cobradas pelas empresas concessionárias, bem como a fiscalização do cumprimento dos contratos. Nessa nova diretriz, em que se aprofunda a separação entre gasoduto e carregador de gás, isto é, que se avança na desverticalização da indústria de gás, a necessidade de mecanismos de ajuste de curto prazo, acessível aos diferentes agentes do mercado, ganha importância.

3.1 Necessidade de mecanismos de leilão

O quadro institucional atual, não estabelece ser o contrato de longo prazo a única forma de contratação (hipoteticamente o governo poderia construir capacidade ociosa para ser alocada ao longo do tempo). No entanto, no único gasoduto em que as regras de concessão estão sendo estabelecidas, o tamanho do gasoduto e os investimentos foram definidos em um processo de licitação e com contratos de longo prazo. Podemos entender que as decisões de investimento ainda são coordenadas ao redor de contratos de transporte de longo prazo, contudo, segundo a nova regra, a empresa transportadora (proprietária dos novos gasodutos) não poderá carregar seu próprio gás. O objetivo é basear o comércio do gás em contratos que incluam

9. Continuam sob regime de autorização (i) os dutos já em operação, (ii) com autorização de construção já outorgadas e (iii) com processo de licenciamento ambiental iniciado na data da publicação da lei.

diferentes agentes e nos quais os mecanismos de ajustes no curto prazo, acessível aos diferentes agentes da indústria, são necessários.

Leilões para adaptação das condições de curto prazo já foram realizadas pela própria Petrobras entre 2009 e 2014, com características distintas ao longo desses anos. Foram realizados através de plataformas eletrônicas, com periodicidades distintas e com contratos de durações distintas. Em 2009, foram realizados nove leilões com contratos de duração de dois meses, em 2010, foram realizados dois com contratos de seis meses; e, em 2011, foram três leilões, com contratos de três meses. Na segunda metade de 2012, houve uma mudança no modelo dos leilões e dos respectivos contratos objetivando uma maior padronização das periodicidades e dos tipos disponíveis de contratos de curto prazo. Nesse novo paradigma, os contratos foram feitos para um, dois ou três meses. No entanto, em 2013, a disponibilidade de gás diminuiu e os leilões passaram a ocorrer apenas em alguns meses. Por sua vez, em 2014, não houve venda na modalidade de curto prazo.¹⁰

Apesar de muitos dos detalhes desses contratos não serem públicos e os editais dos leilões de curto prazo terem características distintas, esses mecanismos mostram o esforço da Petrobras em ajustar, no curto prazo, com outros agentes do mercado. A empresa, devido a sua posição no mercado, ajusta internamente, entre os diversos clientes e contratos, os fluxos de gás. Em muitos momentos, a empresa mostrou a importância de ir ao mercado (de criar um mercado) de curto prazo para o ajuste dos fluxos. Essa necessidade, em 2009, é ilustrada por Pereira *et al.* (2010). Nesse período houve uma queda importante na demanda de gás, tanto para o consumo termoeletrico, quanto para os demais consumidores.

Assim, como explicado pela Petrobras, nos relatórios administrativos anuais, e por Pereira *et al.* (2010), o objetivo desses leilões foi a realocação de curto prazo do excesso de gás natural da empresa. A lógica, portanto, é que, se não existir excesso de gás, o leilão não é realizado. Em outras palavras, por meio desse mecanismo centralizado pela Petrobras, em caso de excesso de gás, ela (a Petrobras) é a revendedora e não o agente que contratou o gás inicialmente (isto é, demandante de contrato de longo prazo, que não está usando o gás no curto prazo). Em relação ao transporte, a Petrobras internamente, junto com as suas subsidiárias, gerenciam e ajustam os fluxos de gás.

No contexto de maior desverticalização almejado pelas novas regras, espera-se que haja diferentes carregadores e, também, que os mecanismos internos da Petrobras (ou promovidos por ela) não sejam os únicos instrumentos de adaptação de curto prazo. Caso contrário, isso será mais uma barreira à entrada e fonte de ineficiência para o sistema. A flexibilidade e a capacidade de ajuste dos agentes

10. Ver (Petrobras 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014).

econômicos é central para a capacidade desses agentes em atenderem ao mercado. Nos ajustes promovidos pela Petrobras, várias decisões foram, implicitamente, tomadas pela empresa. Entre elas, foi relevante a separação dos diferentes tipos de consumidores em diferentes mercados, tanto por tipo como por região geográfica. Por exemplo, houve leilões com separação por submercados (dependendo da região e da disponibilidade da infraestrutura de transporte). Os leilões, ademais, estavam reservados aos consumidores não termoelétricos. Criou-se contratos de curto prazo em que apenas industriais com capacidade de utilização de outros combustíveis podiam contratar gás. Os leilões só aconteciam no caso de haver gás em excesso, regra que pode ser reinterpretada, em linhas gerais, como a decisão do gás ser alocado primeiro para geração de eletricidade, isto é, para o agente que primeiro o contratou, independentemente do custo de oportunidade do recurso. Mecanismos gerenciais internos à Petrobras são incapazes de garantir que os custos de oportunidade de todos os agentes do mercado sejam efetivamente considerados e que os recursos serão alocados de forma eficiente (ou seja, para os agentes que mais valorizam esses recursos).

O desafio de considerar os custos e benefícios dos agentes envolvidos, na ausência de preço e mercado, aumenta com a adição no número de agentes e heterogeneidade destes, e pela diversidade dessa indústria. Isso vem aumentando recentemente, uma vez que há um aumento da complexidade e heterogeneidade da demanda de gás, com uma maior participação das empresas de geração térmica. Do ponto de vista da oferta, o uso do Gás Natural Liquefeito (GNL) aumenta o número de potenciais atores e soma dificuldade ao sistema, pois o GNL permite a interconexão do mercado brasileiro com o mercado internacional. Vale ressaltar o aumento potencial de produtores independentes e de novos agentes participando na construção e operação de infraestruturas. Como consequência desses fatores, espera-se que os mecanismos de ajustes de curto prazo, até então gerenciados pela Petrobras, tornem-se cada vez menos capazes de garantir uma alocação eficiente dos recursos.

3.2 A troca operacional e o mecanismo de leilão

O sistema de gás natural brasileiro ainda caracteriza-se por uma rede de gasodutos relativamente pouco malhada. Segundo a Resolução da ANP nº 11/2016, a necessidade de ajuste da capacidade de transporte poderá coordenar-se por meio da troca operacional, a ser solicitada aos transportadores pelos carregadores interessados nos termos da regulação estabelecida pela ANP (ANP, 2016). Esse mecanismo é um avanço, pois diminuiria o número de transações dos agentes e permitiria a troca dentro do sistema de transporte, isto é, permite a diferenciação dos fluxos físicos e contratuais, contribuindo para a operação eficiente do sistema de transporte (ANP, 2015). Contudo, os mecanismos que se apoiam em renegociações entre

os agentes (usuários e operador da rede) são custosos e estão mais sujeitos a ações oportunistas por parte dos incumbentes.¹¹

Desse modo, este artigo propõe-se a analisar o uso de leilões de curto prazo para coordenar as operações de ajuste dos portfólios dos agentes. No leilão estudado, os carregadores farão ofertas em cada ponto da rede, tanto de compra como de venda e a capacidade de transporte alocar-se-á de acordo com os preços do gás em cada ponto da rede. Assim, o leilão será combinatório, de envelope selado.

As principais vantagens são:

- formação de preço eficiente. Esse ponto é de crescente importância no Brasil, onde as características da demanda de gás fazem com que a precificação da flexibilidade seja cada vez mais relevante;
- redução das barreiras ao acesso de terceiros à capacidade de transporte. A alocação implícita da capacidade evita aos agentes a necessidade de contratar no curto prazo;
- transparência e neutralidade. As ofertas podem ser compradas, e as regras do leilão fazem com que todos os agentes sejam tratados de igual forma;
- liquidez. Facilita o encontro entre possíveis compradores e vendedores, permitindo, assim, uma melhor gestão dos riscos dos agentes envolvidos.

Como mostrado em (Vazquez e Hallack, 2013), o mecanismo de leilão objetiva alocar a flexibilidade do sistema de acordo com as preferências dos agentes da indústria. Essa flexibilidade está associada tanto aos gasodutos, quanto ao resto das instalações do sistema, por exemplo, a estocagem do gás. A ideia é representar cada fonte de flexibilidade como possível injeção ou retirada de gás do sistema.

4 DESENHO DO LEILÃO

A prática internacional mais frequente para alocar gás “molécula” baseia-se no uso de leilões sem representação dos serviços de transporte. Um raciocínio frequente usado para justificar essa escolha é de que os serviços de transporte podem ser adquiridos no longo prazo, separadamente e, portanto, não é preciso incluí-los no leilão de curto prazo. Contudo, supondo um leilão sem a alocação do transporte, os compradores deveriam escolher entre duas opções: *i*) adquirir capacidade de transporte primeiro e depois comprar o gás; ou *ii*) adquirir o gás primeiro e depois assegurar a capacidade de transporte. Em ambos os casos, aparece o problema de “ovo-galinha” para o comprador, (Cramton, 2008). Em muitas das experiências internacionais, esse problema é significativamente aliviado pela existência de um

11. Note que a partir da resolução ANP (2016), a troca operacional se torna obrigatória por parte do transportador diminuindo as margens legais para ações estratégicas dos mesmos.

mercado secundário líquido (tanto de transporte, quanto de gás “molécula”). No Brasil, devido às características da rede do sistema de transmissão (pouco malhada) e à forte presença da Petrobras no mercado, a aparição de um negócio secundário líquido é pouco provável. Logo, a alocação implícita da rede permitirá aumentar a eficiência e controlar o potencial exercício de poder do mercado, no acesso ao transporte.

A nossa proposta apoia-se na alocação conjunta dos serviços de rede e do gás molécula. Na seguinte subsecção, discutiremos os possíveis desenhos disponíveis para esse tipo de leilão.

4.1 Desenho do leilão

Uma primeira possibilidade seria implantar o modelo de *hub* virtual (seguindo a lógica dos modelos aplicado na União Europeia). A ideia básica, por meio desse modelo, é a alocação explícita do direito de entrada e saída e, também, uma alocação implícita de parte dos serviços de transporte. Toda vez que os agentes possuem o direito de usar o sistema (isto é, que previamente adquiriram uma capacidade de entrada e saída) receberiam um conjunto de serviços de transporte implícitos. Embora caracterizado pelo foco na criação de liquidez para a troca de gás “molécula”, esse modelo apresenta dificuldades na alocação dos serviços de transporte, ver, por exemplo, Hallack e Vazquez (2013). Tal aplicação para o sistema brasileiro requereria um estudo detalhado, pois existem potenciais vantagens, mas possíveis ineficiências na alocação dos serviços de rede.

Uma alternativa seria incluir produtos que representem a capacidade de transporte em um leilão otimizado para gás “molécula”. Esse tipo de leilão, a maior parte das vezes, usa um desenho iterativo, sendo o tipo relógio (*clock auction*),¹² a alternativa mais popular nos últimos anos (Cramton, 2008). Exemplos desse leilão, em mercados de energia, encontram-se na maioria dos programas de *Gas Release* da Europa (programas de venda obrigatória de gás por parte dos incumbentes) e, também, em leilões de venda a longo prazo de eletricidade (incluindo os leilões de eletricidade no Brasil). Todas essas experiências envolvem trocas de longo prazo e a hipótese de a capacidade de transporte ser alocada mediante um outro mecanismo, externo ao leilão. A inclusão de serviços de transporte nesse tipo de leilão tornaria o mecanismo excessivamente complexo, pouco transparente, e potencialmente ineficiente.

Garantir a utilização eficiente da rede no curto prazo é nossa proposta. Assim, os agentes só precisariam preocupar-se com o mercado de *commodities*, e o leilão alocaria a capacidade de transporte de forma ótima. Essa proposição relaciona-se

12. Nesses mecanismos anunciam-se os preços em ordem monotônica (crescente ou decrescente) como se fosse um “relógio de preços”, enquanto os participantes fazem seus lances da quantidade desejada.

com a do modelo de mercado de gás de Victoria (Ruff, 2012) descreve o mecanismo de determinação dos resultados do leilão como um modelo de otimização dos fluxos de gás, em períodos de 24 horas, levando em conta a capacidade do sistema de transmissão e determinando os resultados do fluxo ótimo de gás. Assim, os preços do gás de curto prazo seriam os associados aos fluxos otimizados. Na sequência, teremos mais detalhes para a proposta à indústria brasileira.

4.2 Definição dos produtos alocados no leilão

A alocação implícita de serviços de rede, em relação aos preços do gás, permite evitar cálculos dos valores possíveis dos serviços de rede. Os participantes fazem lances para injeções e retiradas de gás do sistema, especificando o período no tempo e a sua localização na rede. O leilão baseia-se, assim, em um algoritmo que representa, de forma aproximada, a operação da rede e decide a alocação dos serviços de acordo com as ofertas e demandas dos diferentes agentes. O algoritmo será uma otimização multiperíodo do fluxo de gás, pela rede de transporte, levando em consideração as injeções e as retiradas, a transmissão e a capacidade de armazenamento dos gasodutos (*line-pack*).¹³

A granularidade (por exemplo, se a injeção de gás realiza-se diariamente, mensalmente, hora a hora etc.) do leilão deverá ser definida. No geral, quanto menor a granularidade, maiores serão as possibilidades de representação da variabilidade temporal dos fluxos de gás. Quanto menor a granularidade, maior a complexidade associada ao mecanismo. Por exemplo, um leilão, que considere injeções horárias de gás, deverá ser diário (como acontece no sistema de gás de Victoria). A decisão final, no entanto, precisará de uma análise detalhada dos custos e benefícios, associados a cada solução. Essa análise custo-benefício incluirá os efeitos do despacho termoeletrico na operação do sistema. Nos casos de uma participação termoeletrica mais importante e com maior volatilidade curtíssimo prazo¹⁴ que a do Brasil (como Victoria ou a UE), pode ser interessante aumentar a granularidade. É importante sublinhar: o algoritmo do leilão não representa a operação real do sistema. A lógica do *hub* virtual, como mostrado na seção 2, supõe que o operador da rede assegure que os fluxos físicos reais são compatíveis com os resultantes dos contratos assinados no leilão, utilizando o algoritmo de otimização. Portanto, a variabilidade do despacho termoeletrico faz parte dos custos associados a um leilão de baixa granularidade e, por isso, relativamente simples. Em qualquer caso, não se pode definir qual a granularidade ótima sem fazermos antes uma análise dos custos e benefícios.

13. Outro tipo de estocagem, e.g. GNL ou armazenamento subterrâneo, podem ser incluídos no modelo se estão presentes no sistema.

14. Curtíssimo prazo aqui se refere às variações horárias.

Nossa proposta é para os carregadores apenas realizarem lances com o preço do gás que será injetado e retirado de todos os pontos durante um determinado período, nesse caso, para fins ilustrativos, propomos um mês.¹⁵ Com as ofertas, o algoritmo determinará os fluxos por meio da rede e o *line-pack*, minimizando as diferenças de preços entre os pontos, em diferentes tempos. Os leilões deveriam acontecer várias vezes no ano (sugestão de, por exemplo, quatro por ano, ou seja, uma vez por trimestre).

Em qualquer caso, os leilões de curto prazo precisariam ser inseridos em um conjunto mais amplo de mecanismos. Após o leilão, os agentes poderão ainda renegociar os seus contratos. Em qualquer caso, os contratos provenientes do leilão serão firmes para garantir que os partícipes tenham incentivos para não mentir estrategicamente durante o processo. Esse mecanismo não alocará todos os serviços de rede e alguns deles deverão ser geridos pelos transportadores. A lógica é que haja um papel essencial desempenhado pelos transportadores e algumas ferramentas devem ser deixadas sob suas responsabilidades, garantindo a segurança do sistema.

Nessas circunstâncias, o leilão alocará dois produtos básicos. Em primeiro, um contrato comprometendo a injeção de gás em um ponto do sistema, com duração de um mês. E, em segundo, tal contrato compromete-se à retirada de gás em um ponto do sistema, com duração de um mês. Especifica-se:

- o ponto da injeção (por exemplo, Rio de Janeiro) ou o ponto de retirada (por exemplo, São Paulo);
- o mês de validade do contrato;
- quantidades de entrega ou retirada;
- possíveis cláusulas de flexibilidade (por exemplo, *take-or-pay*);
- garantias e penalidades.

Enfim, cada jogador no leilão define uma curva, seja de oferta, seja de demanda. Os agentes que oferecem o gás formam uma curva especificando os preços mínimos pelos quais eles estão dispostos a vender uma determinada quantidade de gás. Os demandantes especificam o máximo preço que estão dispostos a pagar. Por tanto, depois do processo de oferta, o leiloeiro tem uma curva agregada de oferta e uma de demanda, em cada nó do sistema. Trata-se, então, de decidir sobre as combinações vencedoras (leilão combinatório). Uma proposta para o algoritmo de determinação do resultado do leilão descreve-se na seqüência.

15. Uma granularidade mensal pode ser suficiente para o contexto atual brasileiro, visto que um dos principais agentes que provoca grandes necessidade de ajuste de curto prazo é o sistema elétrico e, no caso brasileiro, este possui uma previsibilidade considerável em um mês, vista a capacidade dos reservatórios hidrelétricos de fazerem ajustes de curtíssimo prazo. Nota-se que esse não é o caso de países, como Espanha e Inglaterra, cujos ajustes intradiários dos sistemas elétricos baseiam-se nas termoeletricas.

5 DEFINIÇÃO DO MECANISMO DO LEILÃO

Exponhamos um mecanismo que poderia ser utilizado para determinar os resultados de um leilão quando uma rede tem vários pontos (ligados por gasodutos), injeções e retiradas em diferentes locais no tempo e são interdependentes (por exemplo armazenamento no interior do gasoduto, *line-pack storage*). O leiloeiro precisará, então, combinar um complexo conjunto de lances, sendo a principal dificuldade a determinação de propostas vencedoras.

Considere, por exemplo, que o leiloeiro deva decidir uma forma em que efetiva-se a retirada de um megawatt no ponto i . As opções do leiloeiro são: *i*) utilizar uma injeção de um megawatt no mesmo ponto; *ii*) utilizar uma injeção de um megawatt de outro ponto da rede (e utilizar a capacidade de transmissão); e *iii*) usar um megawatt já armazenado no interior da rede. Para decidir entre essas três opções, o leiloeiro precisará de um algoritmo capaz de comparar os lances.

Formalmente, o leilão será composto por ofertas de injeção e retiradas ao longo de um determinado período, que é indexado por $t = 1, \dots, T$. Os carregadores serão relacionados por $k = 1, \dots, K$, e o sistema será formado por $i = 1, \dots, N$ pontos de entrada/saída. $I_t^{i,k}$ representando a quantidade de gás que o carregador k estará disposto a injetar no nó i no período t . Os carregadores definiriam o preço pelo qual injetarão o gás na rede, $b_t^{i,k}$. Ou seja, no momento t , se o preço para injeções fosse $b_t^{i,k}$, o carregador k estaria disposto a injetar a quantidade $I_t^{i,k}$ no nó i . Equivalentemente, $W_t^{i,k}$ representaria a quantidade de gás que o carregador k estaria disposto a retirar no nó i e no momento t . Transportadoras definiriam o preço pelo qual estariam dispostos a retirar o gás da rede, $c_t^{i,k}$.

A principal dificuldade associada com esse tipo de leilão será para o leiloeiro, pois não poderia criar facilmente as curvas agregadas de injeção e retirada do gás, precisaria de um algoritmo para comparar os lances em diferentes nós e períodos. O principal critério, para ele, seria maximizar o bem-estar social. Para tanto, uma vez recebidos os lances, ele construiria uma "curva de custo de injeção" $B_t^i(I_t^i)$ e uma "curva de valor de retirada de gás" $C_t^i(W_t^i)$, para cada nó e ponto no tempo. Essas curvas serão simplesmente a integral dos pares quantidade e de preços acima definidos. Assim, o preço da oferta para uma quantidade \bar{I}_t^i será a derivada da curva do custo de injeção em tal quantidade, $\left. \frac{\partial B_t^i(I_t^i)}{\partial I_t^i} \right|_{\bar{I}_t^i}$. A ideia será encontrar quantidades ótimas $I_t^{i,*}$ e $W_t^{i,*}$, e assim, definir o preço π_t^i como o preço de compra para a última unidade utilizada na obtenção das quantidades ótimas, $\left. \frac{\partial B_t^i(I_t^i)}{\partial I_t^i} \right|_{I_t^{i,*}}$.

O algoritmo utilizado para determinar os resultados do leilão será definido por um modelo simplificado da operação do sistema de gás. A função objetiva

da otimização da alocação dos serviços de rede será maximizar o bem-estar social, como já foi dito. Consideraremos, então, um sistema formado por $i = 1, \dots, N$ nós e $j = 1, \dots, N$ gasodutos. Definiremos, conforme listados seguir.

- Lances por injeções estarão caracterizados por um vetor de quantidades $I_t = \begin{bmatrix} I_t^1 \\ \vdots \\ I_t^N \end{bmatrix}$ e os correspondentes preços de oferta $B_t(I_t) = \begin{bmatrix} B_t^1(I_t^1) \\ \vdots \\ B_t^N(I_t^N) \end{bmatrix}$.
- Lances por retirada de gás estarão caracterizados por um vetor $W_t = \begin{bmatrix} W_t^1 \\ \vdots \\ W_t^N \end{bmatrix}$ e os preços de oferta correspondentes $C_t(W_t) = \begin{bmatrix} C_t^1(W_t^1) \\ \vdots \\ C_t^N(W_t^N) \end{bmatrix}$.
- $f_t = \begin{bmatrix} f_t^1 \\ \vdots \\ f_t^M \end{bmatrix}$ será o vetor de fluxo através de cada gasoduto no período t .
- $l_t = \begin{bmatrix} l_t^1 \\ \vdots \\ l_t^M \end{bmatrix}$ será o vetor de armazenamento no interior de cada gasoduto no período t .
- M será a matriz de incidência: o elemento M_{ij} é 1 se o gasoduto j está saindo do nó i , -1 se o gasoduto está chegando no ponto, e zero em caso contrário.
- F_f será a matriz relacionando os fluxos pelos gasodutos e o diferencial de pressão.
- F_l será a matriz relacionando o armazenamento no interior de cada gasoduto e o diferencial de pressão.
- $p_t = \begin{bmatrix} p_t^1 \\ \vdots \\ p_t^N \end{bmatrix}$ será o vetor de pressões em cada ponto da rede no período t .

A fim de determinar o resultado do leilão, o leiloeiro deverá levar em conta as limitações do sistema. Contudo, as redes de gás são caracterizadas por equações não lineares. Se tais características físicas estão plenamente representadas, não haverá preço linear que represente um equilíbrio no leilão. Consideraremos, assim, uma linearização do problema, de modo que tanto a capacidade de transporte, quanto a de armazenagem no interior dos dutos, estará relacionada com as pressões, por meio de funções lineares. As restrições que utilizaremos são:

O balanço de energia em cada nó.

$$l_t = I_t - W_t + Mf_t + l_{t-1}. \quad (1)$$

A definição de fluxo e armazenamento no interior dos dutos, considerando as pressões nos nós.

$$f_t = F_f p_t. \quad (2)$$

$$l_t = F_l p_t. \quad (3)$$

Os limites de pressão nos dutos:

$$p_t^{\min} \leq p_t \leq p_t^{\max}. \quad (4)$$

Com a notação anterior, o bem-estar poderá ser representado como $\sum_t (B_t(I_t) - C_t(W_t))$. Portanto, o algoritmo de determinação de resultados do leilão será:

$$\begin{aligned} \max_{I_t, W_t, f_t, l_t, p_t} \quad & \sum_t (B_t(I_t) - C_t(W_t)) \\ \text{s. t.} \quad & l_t = I_t - W_t + \mathcal{M}f_t + l_{t-1} \quad : \mu_t^{\text{price}} \\ & f_t = F_f p_t \quad : \mu_t^f \\ & l_t = F_l p_t \quad : \mu_t^l \\ & p_t^{\min} \leq p_t \leq p_t^{\max} \quad : \mu_t^{\min}, \mu_t^{\max} \end{aligned} \quad (5)$$

Note-se que a formulação simplificará as leis que governam os fluxos através dos gasodutos, ver Mokhatab *et al.* (2006), para representações mais detalhadas. Esse mecanismo de leilão não pretenderá representar, em todos os detalhes, os fluxos físicos e, sim, separar os serviços de rede, necessários para o ajuste dos portfólios dos agentes, das características técnicas complexas dessas redes. Tais serviços serão controlados pelos operadores dos gasodutos.

Será importante analisar as condições de cassação do leilão para entender os seus resultados. As condições serão dadas pelas condições de otimalidade do algoritmo, que determinará a cassação. Portanto:

$$\text{Otimalidade } I_t : \quad \frac{\partial B_t(I_t)}{\partial I_t} = \mu_t^{\text{price}}. \quad (6)$$

$$\text{Otimalidade } W_t : \quad \frac{\partial C_t(W_t)}{\partial W_t} = \mu_t^{\text{price}}. \quad (7)$$

O preço do leilão π_t estará definido pelo multiplicador de Lagrange μ_t^{price} , $\pi_t = \mu_t^{\text{price}}$. As duas equações anteriores simplesmente dizem que o preço será aquele

que faz com que a utilidade marginal das injeções de gás no sistema seja igual à utilidade marginal das retiradas.

Ademais,

$$\text{Otimidade } l_t : \quad \mu_{t+1}^{price} - \mu_t^{price} + \mu_t^L = 0, \quad (8)$$

$$\text{Otimidade } f_t : \quad \mathcal{M}^T \mu_t^{price} - \mu_t^F = 0, \quad (9)$$

Essas duas equações definirão o valor da transmissão e do armazenamento no interior dos dutos, ao longo de toda a rede. O primeiro valor será expresso por meio das diferenças de preços entre os nós, em um certo período, e o segundo, pela diferença de preço entre dois períodos consecutivos em cada nó da rede.

O algoritmo de cassação objetiva decidir a determinação da correspondência entre os lances, em diferentes nós da rede e nos diferentes períodos. As duas equações descrevem o procedimento para definir os valores para a transmissão e o armazenamento no interior dos dutos e, assim, poder comparar os lances.

A última condição de otimalidade em relação às variáveis primais será dada por:

$$\text{Otimidade } p_t : \quad \mathcal{F}_f^T \mu_t^F + \mathcal{F}_l^T \mu_t^L + (\mu_t^{max} - \mu_t^{min}) = 0. \quad (10)$$

Essa última condição definirá a relação entre a transmissão e o armazenamento no interior dos dutos. Ambos os serviços estarão relacionados por meio do diferencial de pressão do gasoduto. Em outras palavras, a última condição de otimalidade representa o *trade-off* entre os serviços de transporte e de *line-pack*. A fim de resolver o programa matemático, serão necessárias as seguintes equações adicionais:

$$\begin{aligned} l_t &= I_t - W_t + \mathcal{M}f_t + l_{t-1} \\ f_t &= \mathcal{F}_f p_t \\ l_t &= \mathcal{F}_l p_t \end{aligned} \quad (11)$$

e

$$\begin{aligned} p_t^{min} - p_t &\perp \mu_t^{min} \\ p_t - p_t^{max} &\perp \mu_t^{max} \end{aligned} \quad (12)$$

em que $A \perp B$ representa que A é complementar a B .

6 CONCLUSÃO

Nosso artigo chama atenção para a necessidade de se desenvolver mecanismos que facilitem a coordenação, de curto prazo, nos ajustes eficientes dos fluxos de gás natural no Brasil. A coordenação das indústrias de gás apoia-se fortemente na contratação de longo prazo, fato que está motivado pela elevada especificidade dos ativos e a necessidade de garantia para os grandes montantes de investimentos. Os contratos de longo prazo, no entanto, podem sofrer de má adaptação às mudanças nos fluxos de oferta e (principalmente) de demanda. Esse problema acentua-se quando se considera a demanda associada ao uso de plantas térmicas a gás na geração de eletricidade, apresentando uma forte volatilidade no consumo e, portanto, demandando a flexibilidade do mercado de gás.

Nos últimos anos, a Petrobras criou mecanismos para gerenciar esses ajustes internamente à empresa (por meio do portfólio de gás, de contratos de venda e de operações de infraestruturas) ou promoveu mecanismos de venda de curto prazo. Essa gestão da flexibilidade, por uma empresa do mercado, é uma barreira à entrada de outros competidores potenciais, que não teriam acesso a tais serviços. Em um contexto de liberalização, em que se objetiva promover a entrada de novos agentes à indústria, esses mecanismos de gerenciamento integrado verticalmente é fortemente contestável. Com o aumento da complexidade da indústria, a capacidade na apreciação dos custos e dos benefícios da alocação de recursos entre agentes heterógenos por um agente centralizado torna-se mais difícil. A ausência de preços de mercado impede que informações relevantes (sobre disposição a ofertar e a consumir dos agentes) sejam reveladas.

Os processos para a adaptação dos contratos de longo prazo por meio de negociações secundárias bilaterais, principalmente em mercados incipientes, tendem a ser pouco eficientes, pois uma negociação secundária tende a ser pouco líquida e muito custosa. Na prática, há uma dificuldade em se encontrar contrapartes para essa negociação, tanto no que diz respeito ao gás molécula, quanto ao serviço de transporte. Atualmente, para diminuir os custos com o mercado secundário, há uma regra (regulamentada recentemente pela ANP) de troca operacional, que tem por objetivo diminuir os custos de renegociação com os gasodutos. Contudo, baseada na renegociação, tal regra não será capaz de resolver o problema de liquidez do mercado de gás de curto prazo.

A fim de lidar com esse problema, este artigo propõe o uso de mecanismos de leilão para aprimorar a coordenação de curto prazo na indústria brasileira de gás natural, aproveitando-se da experiência internacional para propor as linhas gerais de um mecanismo aplicável ao sistema brasileiro. O leilão, então, casaria a demanda e a oferta de gás de acordo com os preços dos agentes, nos diferentes pontos do sistema, levando em consideração as restrições da rede. Em qualquer caso,

para a aplicação prática de um mecanismo com essas características, será necessário aprofundar a análise, visando detalhar os elementos de sua aplicação como uma frequência ótima, método de lance etc. As vantagens e desvantagens de cada um desses elementos deverão ser estudadas e discutidas de acordo com as necessidades da indústria no Brasil.

REFERÊNCIAS

ANP – AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO. Resolução ANP Nº 11 de 16 de Março de 2016. Dispõe sobre a Oferta de Serviços, de Cessão de Capacidade Contratada, Troca Operacional de Gás Natural, Aprovação e Registro de Contratos de Serviço de Transporte de Gás Natural – promoção de Processo de Chamada Pública para Contratação de Capacidade de Transporte de Gás Natural e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 18 mar. 2016.

ANP – AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO. 2015. Revisão das Resoluções da ANP números 27/2005 e 28/2005 e Regulamentação da troca operacional de gás natural: regulamentação do acesso de terceiros a gasodutos de transporte. Nota técnica nº 6/SCM/2015: Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Superintendência de Comercialização e Movimentação de Petróleo, seus Derivados e Gás Natural.

BOHN, R. E., CARAMANIS, M. C.; SCHWEPPE, F. C. 1984. Optimal Pricing in Electrical Networks over Space and Time. **The Rand Journal of Economics**, 360-76, 1984.

CHEVALIER, J-M. 2004. **Les Grandes batailles de l'énergie**: petit traite d'une économie violente. Paris, Coll. Folio. éd Gallimard, 2004, p. 365-413.

CORRELJÉ, A.; GROENLEER, M.; VELDMAN, J. 2013. Understanding institutional change: the development of institutions for the regulation of natural gas transportation systems in the US and the EU. **EUI Working Paper**, n. 7 RSCAS 2013/07. Acessado dia 10/11/2015 em <<https://goo.gl/TZBgXz>>.

COSTELLO, K. Efforts to Harmonize Gas Pipeline Operations with the Demands of the Electricity Sector. **The Electricity Journal**, v. 19, n. 10, p. 7-26, 2006.

CRAMTON, P. How Best to Auction Oil Rights. *In*: HUMPHREYS, M.; SACHS, J. D.; STIGLITZ, J. E. (Eds.). **Escaping the Resource Curse**. Chapter 5, p. 114-151. New York: Columbia University Press, 2007.

_____. 2008. **Auctioning long-term gas contracts in Colombia**. Working Paper, University of Maryland, 2008.

EUROPEAN PARLIAMENT. Directive of the European Parliament and of the Council concerning common rules for the internal market in natural gas. Directive 1998/30/EC. **Legislative acts and other instruments**. Brussels, 22 June, 1998.

FERRARO, M. C. **Estruturas de incentivo ao investimento em novos gasodutos: uma análise neo-institucional do novo arcabouço regulatório brasileiro**. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2010.

Glachant, J-M.; HALLACK, M. Take-or-pay contract robustness: a three step story told by the Brazil–Bolivia gas case? **Energy Policy**, v. 37, n. 2, p. 651-57, 2009.

HALLACK, M.; GLACHANT, J-M. **The gas transportation network as a “Lego” game: how to play with it?** European University Institute (EUI), Robert Schuman Centre of Advanced Studies (RSCAS), 2010.

HALLACK, M.; VAZQUEZ, M. **European union regulation of gas transmission services: challenges in the allocation of network resources through entry/exit schemes**. *Utilities Policy*, v. 25, p. 23-32, June, 2013.

_____. Who Decides the Rules for Network Use? A ‘common Pool’ analysis of Gas Network Regulation. **Journal of Institutional Economics**, v. 10, n. 3, p. 1-20, 2014.

HUBBARD, R. G; WEINER, R. J. Long-Term Contracting and Multiple-Price Systems. **Journal of Business**, v. 65, n. 2, p. 177-198, April 1992.

MAKHOLM, J. D. 2012. **The political economy of pipelines: a century of comparative institutional development**. University of Chicago Press, 2012.

MOKHATAB, S.; POE, W. A.; SPEIGHT, J. G. **Handbook of Natural Gas Transmission and Processing**. Oxford: Gulf Professional Publishing, Elsevier. p. 323-361.

MASTEN, S. E.; CROCKER, K. J. Efficient adaptation in long-term contracts: take-or-pay provisions for natural gas. **The American Economic Review**, v. 75, n. 5, (Dec., 1985), p. 1.083-1.093.

MILLA, J. L.; RUBIA, A. Liquidez del mercado a plazo y volatilidad de precios al contado en el mercado de electricidad en España. **Estudios de Economía Aplicada**, v. 29, n. 2, p. 8-21, 2011.

MIRIELLO, C.; POLO, M. 2014. The development of gas hubs in Europe. **Working Paper**, n. 76 IEFE/Bocconi. Disponível em: <goo.gl/H986Yo> Acesso em: 22 dez. 2015.

MULHERIN, J. H. 1986. Complexity in long-term contracts: an analysis of natural gas contractual provisions. **Journal of Law, Economics, & Organization**, v. 2, n. 1. p. 105-117, 1986.

PETROBRAS. **Relatório de Anual de Atividades 2009**. Disponível em: <goo.gl/ZdnIjc>. Acesso em: 22 dez. 2015.

_____. 2010. **Relatório de Anual de Atividades 2010**. Disponível em: <goo.gl/ZdnIjc>. Acesso em: 22 dez. 2015.

_____. 2011. **Relatório de Anual de Atividades 2011**. Disponível em: <goo.gl/ZdnIjc>. Acesso em: 22 dez. 2015.

_____. 2012. **Relatório de Anual de Atividades 2012**. Disponível em: <goo.gl/ZdnIjc>. Acesso em: 22 dez. 2015.

_____. 2013. **Relatório da Administração 2013**. Disponível em: <goo.gl/ZdnIjc>. Acesso em: 22 dez. 2015.

_____. 2014. **Relatório da Administração 2014**. Disponível em: <goo.gl/ZdnIjc>. Acesso em: 22 dez. 2015.

PEREIRA, C. A. A. *et al.* Introduction of natural gas short-term contracts in Brazil using internet auction: a mature markets practice helping overcome crisis. **33rd IAEE International Conference**. Rio de Janeiro, 2010.

ROBINSON, S. M. **Oil lease auctions**: reconciling economic theory with practice. University of California at Los Angeles, 1984. (Mimeografado).

RUFF, L. E. 2012. Rethinking gas markets and capacity. **Economics of Energy and Environmental Policy**, v. 1, n. 3, 2012.

VAZQUEZ, M.; HALLACK, M. Need and design of short-term auctions in the EU gas markets. **Energy Policy**, v. 63, p. 484-93, 2013.

VAZQUEZ, M.; HALLACK, M.; GLACHANT, J-M. 2012a. Building gas markets: US *versus* EU, market *versus* market model. **European Energy Journal**, v. 2, n. 2, 2012a.

_____. Designing the European Gas Market: More Liquid and Less Natural. **Economics of Energy and Environmental Policy**, v. 1, n. 3, 2012b.

VICTOR, D. G.; JAFFE, A. M. HAYES, M. H. **Natural gas and geopolitics**: from 1970 to 2040. Cambridge University Press, 2006. 508p.