UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS
FACULDADE DE ECONOMIA

LUIZ ZUÑEDA

A REVOLUÇÃO ENERGÉTICA E ECONÔMICA DO GÁS DE XISTO (*SHALE GAS*): influências na indústria petroquímica brasileira

Porto Alegre
2014

LUIZ ZUÑEDA

A REVOLUÇÃO ENERGÉTICA E ECONÔMICA DO GÁS DE XISTO (*SHALE GAS*): influências na indústria petroquímica brasileira

Trabalho de conclusão submetido ao Curso de Graduação de Economia da Faculdade de Ciências Econômicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) como quesito parcial para obtenção do título de Bacharel em Ciências Econômicas.

Orientador: Prof. Dr. Stéfano Florissi

Porto Alegre
2014

LUIZ ZUÑEDA

A REVOLUÇÃO ENERGÉTICA E ECONÔMICA DO GÁS DE XISTO (*SHALE GAS*): influências na indústria petroquímica brasileira

Trabalho de conclusão submetido ao Curso de Graduação de Economia da Faculdade de Ciências Econômicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) como quesito parcial para obtenção do título de Bacharel em Ciências Econômicas.

Orientador: Prof. Dr. Stéfano Florissi

Aprovado em: Porto Alegre, 1 de julho de 2014

_____
Prof. Dr. Stéfano Florissi
UFRGS (orientador)

_____
Prof. Dr. Eugenio Langemann
UFRGS (membro da banca)

_____
Prof. Dr. Carlos Alberto Lanzarini
UFRGS (membro da banca)

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente à minha mãe, Sinara e, meu padrasto, Leônidas, por terem me proporcionado todas condições para que eu pudesse alcançar este objetivo na minha vida.

A meu irmão, namorada e amigos por me proporcionarem momentos de felicidade e de lazer para que tivesse melhores condições para seguir em frente.

Ao meu pai João Luiz por ter me auxiliado em minhas experiências profissionais.

Ao meu orientador pela oportunidade e apoio na elaboração deste trabalho.

RESUMO

Nos últimos anos o mundo vem passando por uma significativa revolução no âmbito energético. O principal motivo para a ocorrência desta situação é a introdução de uma nova tecnologia, fraturamento hidráulico, e que vem possibilitando a extração de significativas quantidades de gás natural presos em formações rochosas de xisto, *shale gas*, principalmente na América do Norte. Este fato vem causando mudanças estruturais nos mercados de energia e petroquímico mundial. Deste modo, este trabalho buscou analisar os rumos tomados pelos setores de gás e industrial, mais especificadamente o setor químico através das resinas de polietilenos, a partir da introdução de uma maior oferta de gás natural, inicialmente em território norte-americano e posteriormente mundial. A partir disso, o trabalho buscou fazer uma análise com a situação brasileira no setor petroquímico e a relação que este mercado apresenta com a introdução desta nova tecnologia em outro país. O foco desta pesquisa consiste na investigação através de uma comparação do *boom* econômico ocasionado nos EUA e as consequências geradas no Brasil, assim como possíveis entraves que impossibilitam um maior desenvolvimento dos setores industriais apresentados. Ao analisar os dois países em separado, é possível perceber uma migração de investimentos para os Estados Unidos, aumentando a exportação de produtos químicos produzidos a partir do aumento da oferta de gás natural, implicando paralisação nos investimentos brasileiros, além de tornar menos atrativos os produtos nacionais devido ao menor custo de produção alcançado nos EUA.

ABSTRACT

In recent years the world has been undergoing a significant revolution in the energy field. The main reason for the occurrence of this situation is the introduction of a new technology, hydraulic fracturing, and that has enabled the extraction of significant amounts of natural gas trapped in shale rock formations, shale gas, primarily in North America. This fact is causing structural changes in the energy and global petrochemical market. Thus, this study sought to analyze the direction taken by the gas and industrial sectors, more specifically the chemical industry through the polyethylene resins, from the introduction of a greater supply of natural gas initially in the U.S. and later the world's territory. From this, the study sought to analyze the situation with the Brazilian petrochemical sectors and the relationship that these markets present with the introduction of this new technology in another country. The focus of this research is to investigate through a comparison of the economic boom caused in the U.S. and the consequences generated in Brazil, as well as possible barriers which prevent the further development of industrial sectors presented. By analyzing the two countries separately is possible to see a migration of investment to the United States, increasing the export of chemicals produced from increased supply of natural gas. Therefore thus entails stoppage in Brazilian investments besides making domestic products less attractive due to the lower cost of production in the U.S. reached.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Consumo de energia por tipo 1990-2040 (mil bilhões BTU) 13
Figura 2: Consumo de gás natural no mundo por setor (trilhões de pés cúbicos) 14
Figura 3 Estrutura da indústria de petróleo e gás 15
Figura 4 Cadeia petroquímica 16
Figura 5 Fraturamento hidráulico 18
Figura 6 Reservas de gás de xisto 19
Figura 7: Top 10 países com fontes tecnicamente recuperáveis de *shale gás* *20*
Figura 8 Desenvolvimento de gás de xisto nos EUA 23
Figura 9 Mapa de gasodutos nos Estados Unidos 27
Figura 10 Produção de gás natural nos Estados Unidos 29
Figura 11 Preço óleo e gás natural nos Estados Unidos 30
Figura 12 Comércio internacional de polietilenos 33
Figura 13 Balanço de gás natural no Brasil 37
Figura 14: Geração de energia elétrica por fonte. 38
Figura 15: Matriz energética industrial 39
Figura 16 Preço gás natural 40
Figura 17 Infraestrutura de escoamento de gás no Brasil 42

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO **08**
1 OS IMPACTOS ECONÔMICOS DO *SHALE GAS*: UMA DISCUSSÃO PRELIMINAR **10**
1.1 ECONOMIA DA ENERGIA 10
1.2 ENERGIA NO MUNDO 13
1.3 INDÚSTRIA QUÍMICA CONTEXTUALIZADA AO POLIETILENO 14
1.4 O GÁS NATURAL COMO MATÉRIA-PRIMA E O GÁS DE XISTO 17
1.4.1 Contextualização e Reservas Mundiais **19**
2 ESTUDO DE CASO AMERICANO **21**
2.1 HISTÓRICO 21
2.2 A REVOLUÇÃO ENERGÉTICA AMERICANA E O RENASCIMENTO DA INDÚSTRIA PETROQUÍMICA 23
2.3 FATORES DESENCADEANTES DA REVOLUÇÃO ENERGÉTICA AMERICANA 25
2.4 OFERTA, DEMANDA E PREÇO DO GÁS 28
2.5 SETOR INDUSTRIAL: PETROQUÍMICA E POLIETILENOS 31
3 BRASIL: GÁS NATURAL, PETROQUÍMICA E ALTERNATIVAS AO *SHALE GAS* ***34***
3.1 FONTES DE GÁS NATURAL NO BRASIL 34
3.2 OFERTA, DEMANDA E PREÇOS DO GÁS NATURAL NO BRASIL 36
3.3 O PAPEL DA PETROBRAS E OS ENTRAVES DO SETOR DE GÁS NATURAL 40
3.4 VISÃO GERAL DA PETROQUÍMICA BRASILEIRA 43
3.4.1 Alternativas à petroquímica nacional **45**
CONSIDERAÇÕES FINAIS **48**
REFERÊNCIAS **50**

INTRODUÇÃO

O presente trabalho teve como motivação o estudo da indústria química brasileira e a tentativa de discutir alguns pontos que fazem com que o setor, que recebeu tantos investimentos no passado, esteja apresentando déficits em sua balança comercial nos últimos anos.

A ideia central é o estudo do mercado de gás natural, dando ênfase ao estudo do *shale gas* americano, que fez ressurgir a indústria química do país e que aumentou a oferta mundial deste insumo. A introdução de novas técnicas de extração trouxe novos valores para o preço deste gás, desvincunlado-o dos preços praticados em outras partes do mundo. A partir disso, discute-se os gargalos do setor no Brasil e o porquê de continuarem ocorrendo ao longo dos anos, tentando identificar políticas que possam organizar o mercado.

A partir da discussão do mercado de óleo e gás, chega-se aos meios pelos quais pode ser usado, seja como energia, seja como insumo industrial seja até mesmo como consumo residencial. Dá-se destaque para o setor industrial, abordando como é utilizado no setor americano e tentando fazer uma comparação com o que ocorre no Brasil. Sabe-se que a indústria é a maior consumidora de gás no Brasil, sendo de fundamental importância para a indústria petroquímica nacional procurar as melhores formas de maximizar a sua utilização. Dar-se-á foco para a abordagem das resinas termoplásticas, mais especificamente os polietilenos, que são produzidos de duas formas: base nafta e base gás natural.

Desta forma, o trabalho dá destaque para o gás de xisto e sua perspectiva de mudança de rumo na oferta e no preço de gás natural e de que maneira pode impactar no Brasil. Ao longo do estudo, integrar-se-á a abordagem do setor energético com o setor industrial para um melhor entendimento.

O trabalho pode ser considerado oportuno, porque se trata de acontecimentos recentes e que vêm mudando tanto a estrutura geopolítica dos setores de óleo e gás quanto econômico através da alocação de novos recursos em um país que estava inicialmente sem perspectivas futuras de incrementar a sua produção nacional de gás e consequentemente de produtos relacionados a este. Com isto, é feita certa comparação do ocorrido nos EUA com a revolução do xisto e o que pode ocorrer se o Brasil explorar da forma correta as reservas de gás existentes na camada pré-sal e

que podem vir a ser o futuro da indústria nacional, na medida em que pode influenciar diretamente na queda dos preços desta matéria-prima.

No segundo capítulo do trabalho é apresentada uma revisão teórica sobre economia da energia, abordando os principais assuntos de como a energia pode impactar na vida da sociedade e das empresas e que terá fundamental importância para o entendimento do restante do trabalho. Serão expostos também os conceitos de gás natural e apresentado o gás de xisto, abordando as principais regiões do mundo que apresentam este recurso. Far-se-á uma abordagem sobre a indústria química relacionada aos polietilenos, demonstrando a cadeia industrial até a produção desta resina.

No terceiro capítulo faz-se um estudo de caso americano apresentando um histórico da exploração do *shale gas* americano. A partir disso, no transcorrer do capítulo, serão abordadas as causas e efeitos do renascimento das indústrias de gás e química devido ao incremento na exploração. A partir de então, será feita uma análise parcial sobre os impactos ocasionados desta revolução energética para os outros países e como eles podem ser afetados.

Por fim, no quarto e último capítulo, é apresentada a maneira como se estruturam os setores de gás e químico, dando ênfase para a forma como são produzidas as resinas de polietileno, no Brasil. É realizada uma análise dos setores para então sugerir algumas ideias de possíveis soluções para os entraves que ocorrem em ambos os setores e que impossibilitam um maior desenvolvimento e, ao contrário, vem ocasionando grandes déficits na balança comercial da indústria química nacional.

1 OS IMPACTOS ECONÔMICOS DO *SHALE GAS*: UMA DISCUSSÃO PRELIMINAR

Neste capítulo serão estudados os impactos da descoberta de uma nova tecnologia para a extração de gás natural, bem como a sua influência para a economia de um país e do mundo. A partir dessa ideia, será apresentado o gás natural como matéria-prima, assim como o conceito de *shale gás* e seu histórico desde sua descoberta até se tornar uma realidade economicamente viável.

Nesta linha, será apresentado o mercado mundial de energia e uma breve perspectiva para os próximos anos. Finalizando, será introduzido o funcionamento da indústria petroquímica em geral com uma análise específica de uma resina produzida por esse setor, os polietilenos.

1.1 ECONOMIA DA ENERGIA

“Energia é um fator de produção que afeta o destino econômico de todos os setores globais de uma economia e isto impacta diretamente na vida tanto de ricos como de pobres” Ed Redd [Fueling prosperoty]. O que influencia o preço da energia em nossa sociedade? Esta é uma questão importante para os tomadores de decisão. Para isso, torna-se necessário entender os conceitos de demanda e oferta para se ter um ganho de conhecimento na hora de serem tomadas decisões.

A oferta de petróleo e gás natural vem crescendo no mundo muito rapidamente e, em alguns anos, pode ultrapassar o consumo. As previsões dão conta de que com o aumento da demanda global por energia até 2035, mesmo com um modesto crescimento da economia mundial, serão necessários grandes investimentos no setor, principalmente de óleo e gás [EIA OUTLOOK, 2014].

Desta forma, é importante entender como o efeito de uma perturbação no fornecimento de petróleo e gás em um único país pode influenciar outras nações e como o futuro da energia mundial é tão suscetível de ser determinado pela interação de nações como pelas flutuações da oferta mundial e da procura de energia. É interessante entender, também, a influência do aumento da oferta de energia gerada em outros setores industriais e o impacto provocado na economia de um país.

O preço da energia sempre esteve sujeito a choques ocorridos em países distintos. Existem vários tipos de fontes de energia, e que estão alocadas em diversas partes do mundo. Um dos recentes choques que ocorreu no mercado de energia foi a descoberta de grande quantidade de gás natural encontrado preso nas rochas de xisto. O *shale gas* promete aumentar a oferta de gás a um nível que pode ser maior do que a demanda, podendo afetar não só os preços como a geopolítica mundial e o mercado de outras energias.

De acordo com Joan Robinson [1933], ao compararmos um mundo de setores monopolizados com um de concorrência imperfeita, concluímos que pode haver consideráveis aperfeiçoamentos na técnica de produção quando a unidade de controle em um setor tem uma maior dimensão. Mas concluímos que um aumento na dimensão da unidade de controle conduzirá a um aumento da desigualdade da distribuição da riqueza.

Seguindo esta ideia, “verifica-se concorrência imperfeita em um setor de atividade sempre que existam vendedores individuais que detém alguma parcela de controle sobre o preço da produção desse setor” [SAMUELSON & NORDHAUS, 1993]. Neste contexto, podemos enquadrar a organização dos países exportadores de petróleo (OPEP) como uma forma de oligopólio, onde um reduzido número de vendedores produz um único produto.

Como a criação da OPEP tem demonstrado ao longo dos anos, o poder de mercado dos produtores de petróleo tem aumentado. E, de acordo com suas próprias estimativas, o cartel avalia que um terço da oferta mundial é suprida por eles e assim se manterá pelos próximos 20 anos [WORLD OIL OUTLOOK, 2010]. Entretanto, com o advento do *shale gas*, há a perspectiva de enfraquecimento da importância da OPEP.

Se o mercado do gás de xisto desenvolver, como vem demonstrando, tecnologias para transporte e exportação de gás, pode inibir o poderio do cartel. Estimativas da *British Petroleum* [BP OUTLOOK] mostram que o gás natural pode fornecer a mesma quantidade de energia no mundo que o petróleo, já que ele é encontrado espalhado em diversos países, diferente do petróleo que é concentrado em algumas regiões. Com as novas tecnologias de extração de gás, a perspectiva de aumento da oferta mundial já é realidade, principalmente na América do Norte, e vem afetando o preço mundial desta *commodity*.

Este entendimento geopolítico é de fundamental importância para a economia da energia. Os efeitos da oferta de óleo e gás que afetam um país são gigantescos em outras nações, visto que a existe uma interação da oferta de energia entre as nações. O futuro da energia mundial é determinado pela flutuação da oferta e demanda e qualquer nova inovação tecnológica ou descoberta de novos poços para extração determinam o rumo de eventuais oscilações dos preços.

Trevor Houser [Fueling Up] traz a ideia de Solow, em sua teoria do crescimento econômico, que diz que nem sempre mais pessoas trabalhando significa maior crescimento. O aumento da produção econômica de cada trabalhador adicional ou cada moeda investida diminui ao longo do tempo, a menos que existam mudanças tecnológicas capazes de tornar estes mais eficientes.

O aumento da produtividade é crucial para o crescimento da economia no longo prazo. Mas, somado a isso, podemos incorporar a energia e alguns outros recursos naturais como fatores adicionais de produção, a fim de demonstrar a importância do setor no desempenho econômico. O aumento da oferta energética a preços menores é um grande aliado do aumento da produtividade, visto que a energia pode substituir outros fatores na produção.

Como mencionado, mudanças nos preços de energia também afetam o crescimento econômico. Preços mais baixos significam menores custos de produção para as empresas, menores preços em bens e serviços e custos menores para o consumo doméstico, ou seja, permitem um aumento do consumo. Preços elevados da energia implicam maiores custos econômicos tanto para as empresas quanto para os consumidores.

Com isso, podemos entender melhor a recente revolução no mercado de gás natural ocorrida nos EUA e que vem afetando o mundo. O aumento da atividade exploratória do gás de xisto elevou a produção econômica e o emprego, além de criar uma maior demanda por uma ampla gama de bens e serviços. A diminuição dos preços do gás e da energia possibilita um aumento da renda familiar e despesas comerciais mais baixas.

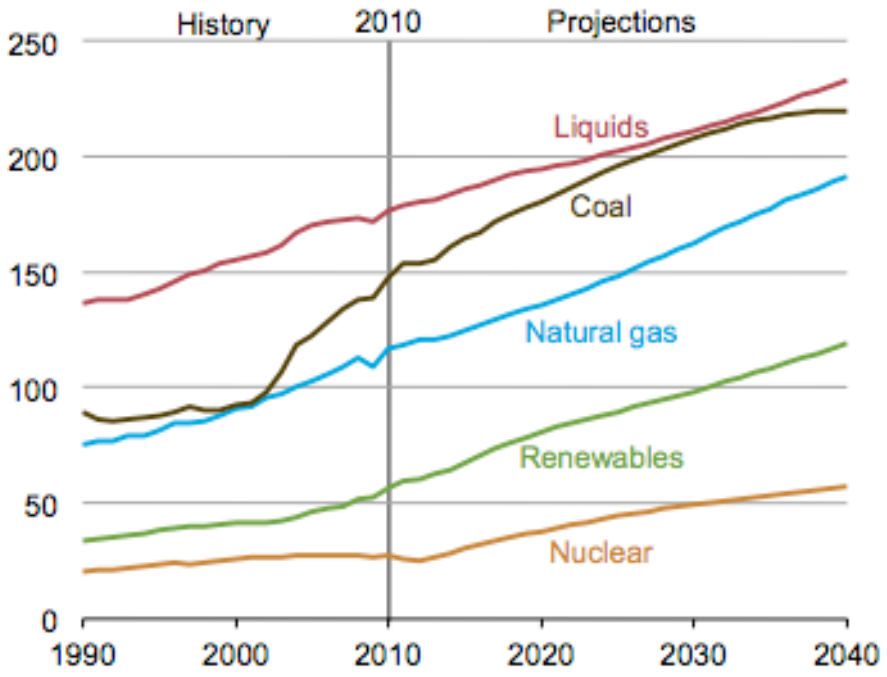
Enfim, economicamente falando, o aumento da produção requer novos investimentos, o que acaba criando maior demanda por trabalho e por tecnologia, o que gera menores preços e redução dos custos para empresas e para a população. Em se tratando de nação, pode implicar uma melhora da balança comercial através da diminuição das importações e um aumento do crescimento econômico.

1.2 ENERGIA NO MUNDO

As projeções, de acordo com a EIA [EIA OUTLOOK, 2014], dão conta de que o uso de todas as fontes energética irá aumentar ao longo do tempo, figura 1. A expectativa é de que os preços mundiais do petróleo permaneçam altos. Este combustível tem o menor crescimento projetado, aparecendo a energia nuclear e as renováveis com maior percentual de crescimento.

De acordo com a organização, a demanda mundial de energia aumentará 1,% ao ano até 2040, figura 1 [EIA OUTLOOK, 2014]. Os combustíveis fósseis permanecerão fornecendo a maior parte de energia, mas tenderão a uma participação menor do que representam hoje. Já o consumo de gás natural irá aumentar em torno de 1,7% ao ano, muito em função do aumento da oferta de gás natural proveniente das formações de xisto, já exploradas na América do Norte e a possível exploração em outras regiões do mundo. O impacto deste aumento da oferta fará com que os preços do gás natural continuem abaixo dos preços do petróleo e sustentarão este crescimento projetado do consumo mundial de gás.

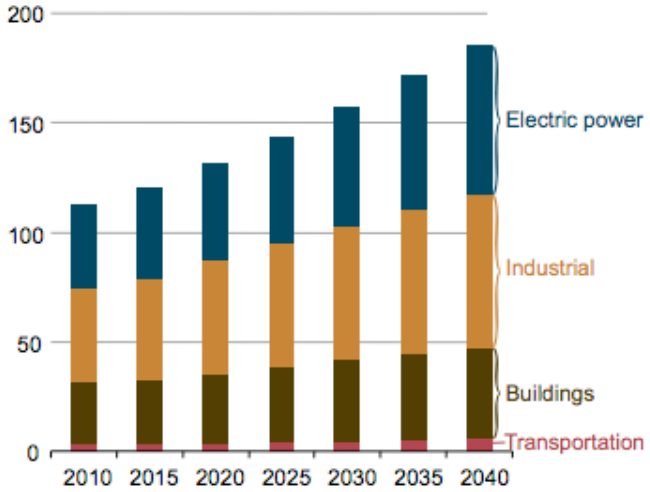
Figura 1: Consumo de energia por tipo 1990-2040 (mil bilhões BTU)



Fonte: EIA

Sobre este aumento da demanda de gás, estima-se que terá um aumento para o período 2012-2040, de 80% de uso na geração de energia elétrica e 58% na utilização industrial, correspondendo a 77% do aumento do uso do gás natural mundial, figura 2 [EIA OUTLOOK, 2014].

Figura 2: Consumo de gás natural no mundo por setor (trilhões de pés cúbicos)



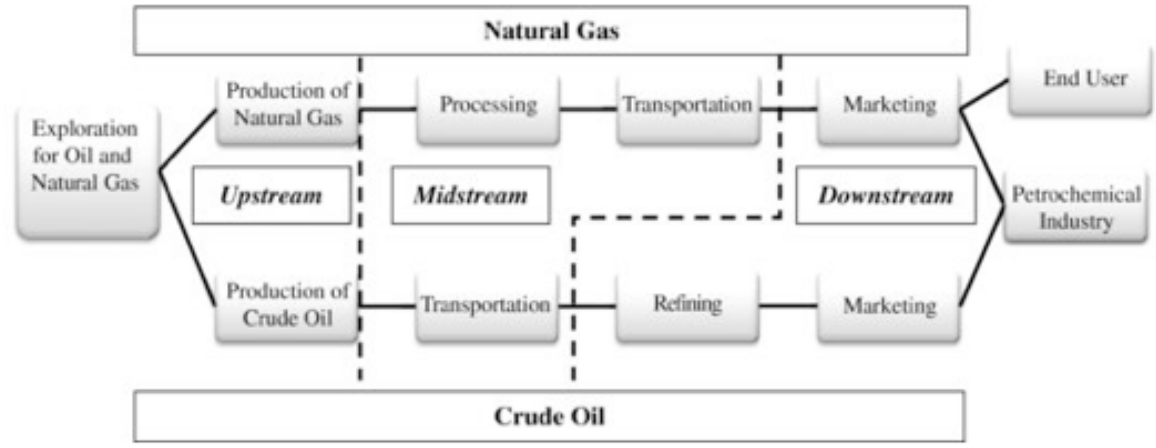
Fonte: EIA

1.3 INDÚSTRIA QUÍMICA CONTEXTUALIZADA AO POLIETILENO

A indústria é dinâmica e está sempre respondendo a demandas do mercado [BETTY; RUSSELL SIMKINS]. Como uma mesma matéria-prima pode ser transformada em diferentes produtos ou em diferentes quantidades dos mesmos produtos, os mercados estão sempre em competição. Mercados para produtos relacionados com a energia competem entre si, bem como com os produtos não relacionados à energia feita a partir de matéria-prima.

Para entender a economia da energia é crucial não só compreender a dinâmica da indústria de energia, mas também todos os setores da indústria de petróleo e gás.

Figura 3: Estrutura da indústria de petróleo e gás

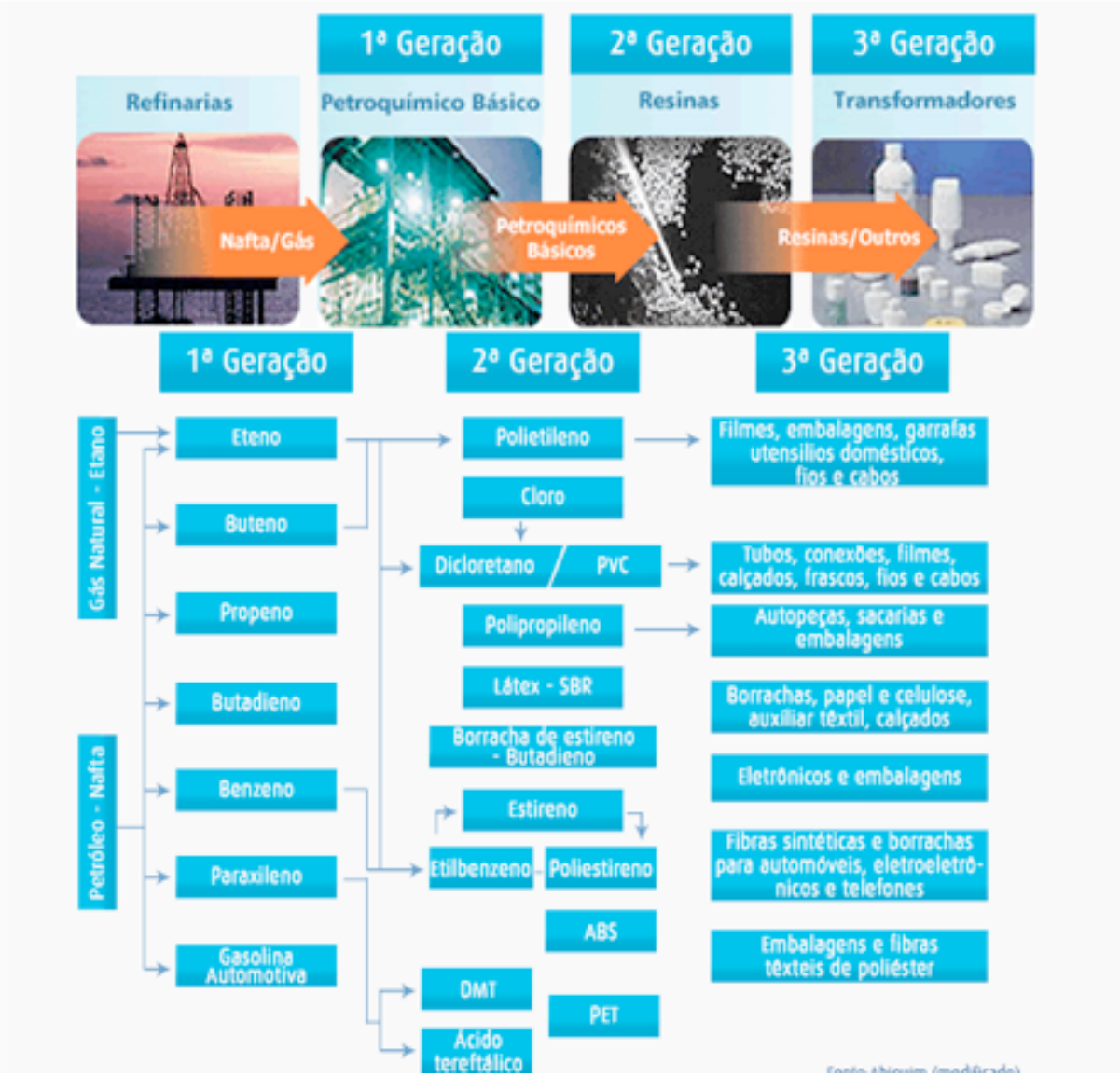


Fonte: Energy Finance and Economics

Em relação aos polietilenos, este é uma resina plástica constituída basicamente de carbono e hidrogênio e, por isso, merece uma análise integrada à exploração do gás de xisto que nada mais é que gás natural e que apresenta em sua composição metano e etano, formados, justamente, por carbono e hidrogênio, matéria-prima para a produção de resinas de polietileno.

Durante os últimos anos, o uso de etano como matéria-prima para a produção de eteno tem aumentado, em resposta à diferença do seu custo mais barato em relação ao nafta (base da indústria brasileira), especialmente na América do Norte. Na figura 4 podemos observar o funcionamento da cadeia petroquímica e os produtos fabricados tanto à base nafta, quanto a base gás natural.

Figura 4: Cadeia petroquímica



Fonte: BRASKEM

Polietileno é o plástico mais comum disponível na terra. O polietileno é também o mais comum polímero que é utilizado, e são sintetizados quimicamente a partir de etileno. Como polietileno, pode ser derretido para um estado líquido e facilmente remoldado. Ele é utilizado em uma variedade de produtos tais como sacos de plástico, películas de plástico, recipientes de plástico, etc.

O mercado mundial de polietileno está experimentando um crescimento constante ao longo dos últimos anos, principalmente devido ao aumento da população global. Um dos principais fatores que está impulsionando o crescimento de polietileno é que é prontamente disponível e pode ser facilmente reformado de acordo com a exigência.

O mercado mundial de polietileno tem mostrado grande potencial de crescimento, especialmente nos países em desenvolvimento como China, Índia, Brasil e Rússia. Uma vez que o polietileno é utilizado em uma variedade de produtos, a procura deve crescer a uma taxa rápida. Outras grandes regiões como a América do Norte e a Europa devem ter uma demanda constante nos próximos anos.

O cenário recente da petroquímica é caracterizado por mudanças estruturais, em virtude do aumento da oferta de gás natural resultante da exploração das reservas de xisto, principalmente nos EUA, e que vão desde a criação de novos complexos petroquímicos até a formação de novos grupos, formados através de alianças estratégicas, aquisições, fusões e ou incorporações.

A busca por matéria-prima competitiva e a presença em grandes mercados consumidores de *commodities* tem impulsionado a reestruturação do setor a nível mundial. Algumas das principais empresas fornecedoras de polietileno no mercado global são: Dow Polietileno, Lone Star Química, a Global Polymer Industries Inc., Arábia Diário KSA, BRASKEM.

1.4 O GÁS NATURAL COMO MATÉRIA-PRIMA E O GÁS DE XISTO

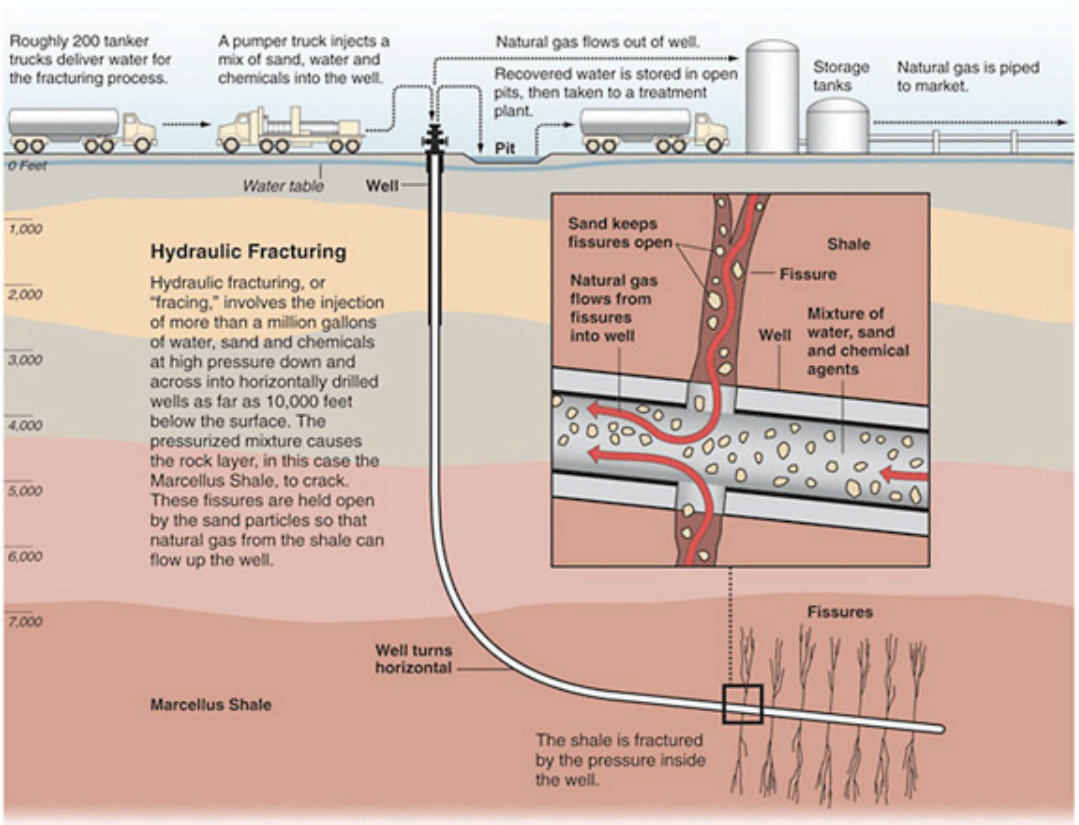
O gás natural é um combustível fóssil formado principalmente por metano e etano e é matéria-prima para quatro processos principais: a energia, a siderurgia, a produção de combustíveis sintéticos e a produção de gasoquímicos. No primeiro processo é utilizado como um combustível para atendimento térmico residencial, comercial ou industrial. O segundo processo é a aplicação siderúrgica, onde o gás natural é usado como redutor siderúrgico no processamento de minérios. A terceira utilização agrega mais valor ao insumo: utiliza-se o gás natural como matéria-prima básica para processos de produção de combustíveis como gasolina, nafta, querosene, parafina e outros. A quarta, e onde o trabalho dará um enfoque maior, seria a utilização do gás natural para a produção de petroquímicos, que são a base da indústria moderna.

A partir do gás podem ser produzidos produtos como eteno, propeno, buteno, polímeros (polietileno e polipropileno) que são matérias-primas para a fabricação de diversos produtos que rodeiam o nosso dia a dia como fibras sintéticas, borrachas sintéticas, plásticos, revestimentos, química automotiva e outros.

Shale gas (gás de xisto) nada mais é do que o gás natural, principalmente metano e etano, encontrado em formações de xisto, algumas das quais, de 300 milhões a 400 milhões de anos atrás. O gás de xisto refere-se ao gás natural, que está preso dentro de formações de xisto, rochas sedimentares de granulação fina que podem ser ricas fontes de petróleo e gás natural. Ao longo da última década, a combinação de perfuração horizontal e fratura hidráulica têm permitido o acesso a grandes volumes de gás que antes eram economicamente inviáveis de produzir.

O gás de xisto é extraído através do fraturamento hidráulico, que basicamente envolve a injeção de fluidos pressurizados para estimular e fraturar as formações de xisto e liberar o gás natural. Utiliza-se areia bombeada com os fluidos (frequentemente água) para manter as fraturas expostas. O tipo, a composição e o volume de fluidos utilizados dependem em grande parte da estrutura geológica. Essa água pode ser tratada e reutilizada, o que pode reduzir significativamente o volume de esgoto gerado pelo fraturamento hidráulico.

Figura 5: Fraturamento hidráulico



Fonte: Propublica

1.4.1 Contextualização e Reservas Mundiais

O gás de xisto pode ser encontrado em diversas regiões ao redor do mundo, entretanto muitas regiões ainda não foram mapeadas, o que não nos permite uma análise completa de todas as regiões. Porém, muitas dessas reservas já foram mapeadas e algumas delas estimadas, é o que mostra o levantamento feito pela EIA, e representado pela figura 6.

Figura 6: Reservas de gás de xisto

Fonte: EIA

Na América do Sul, o país com maiores reservas estimadas e tecnicamente recuperáveis é a Argentina [EIA Países: Argentina], principalmente na região de *Vaca Muerta*. O governo do país já vem incentivando as indústrias a explorarem este tipo de gás. Recentemente o governo argentino anunciou que as empresas podem exportar 20% da sua produção sem pagar os impostos de exportação e tem isenção de dividendos ao investir em um projeto por cinco anos. Em 2012 a Argentina foi a maior produtora de gás natural da América do Sul.

Esses recursos de gás não convencional são melhor quantificados e mapeados na América do Norte, região que apresenta maior produção desta

material-prima e que é a referência tecnológica neste processo. Todavia, podemos ter uma relação baseada no mapeamento feito pela EIA dos países que apresentam as maiores reservas de xisto, como apresentado na figura 7.

Figura 7: Top 10 países com fontes tecnicamente recuperáveis de *shale gás*

Rank	Country	Shale gas (trillion cubic feet)	
1	China	1,115	
2	Argentina	802	
3	Algeria	707	
4	U.S.[1]	665	(1,161)
5	Canada	573	
6	Mexico	545	
7	Australia	437	
8	South Africa	390	
9	Russia	285	
10	Brazil	245	
	World Total	**7,299**	**(7,795)**

[1] EIA estimates used for ranking order. ARI estimates in parentheses.

Fonte: EIA

Muitos países são contra a exploração deste gás não convencional porque ele não é livre de preocupações ambientais. Por ser uma mistura de água e derivados químicos, a fraturação hidráulica, processo pelo qual é extraído o gás, pode contaminar possíveis aquíferos próximos destas rochas. Por isso muitos países ainda não começaram a explorar esta fonte que apresenta grandes potenciais para auxiliar no desenvolvimento destas nações.

2 ESTUDO DE CASO AMERICANO

A partir do entendimento do mercado de gás e do que seria o gás de xisto, neste capítulo será feita uma análise do setor de gás americano e de como o *shale gas* vem influenciando no renascimento da petroquímica do país. Inicialmente será apresentado um breve histórico dos acontecimentos até a exploração tornar-se economicamente viável. Em seguida, far-se-á uma análise do porquê de esse evento ter ocorrido nos EUA e os benefícios que a descoberta de uma nova tecnologia de extração de gás vem trazendo para o país a partir de uma análise econômica do aumento de oferta gerado pela mesma.

2.1 HISTÓRICO

George Mitchel, um veterano da indústria de gás natural do Texas, é conhecido como o “pai do fraturamento hidráulico”, meio pelo qual é extraído o gás de xisto. Sua empresa tem sido a líder dentre as empresas produtoras independentes de óleo e gás desde os anos cinquenta.

A maioria dos primeiros avanços em P&D no que tange à extração de gás de xisto foi feita nas formações rochosas conhecidas como Devoniano e Marcellus, grandes formações de xisto que fazem parte da Pensilvânia, Ohio, Kentucky, e Oeste Virginia. Entretanto, os maiores avanços ocorreram no Texas, nas formações de Xisto de Barnett, justamente com George Mitchell.

Ele e outros representantes da indústria passaram grande parte da década de 1980 defendendo as pesquisas feitas pelo *U.S. Departament of Energy (DOE)* enquanto o congresso americano tentava zerar os investimentos em P&D, já que a nação apreciava baixos preços de óleo no período. Nesse meio tempo, os engenheiros e geólogos da *Mitchell Energy* realizavam consideráveis pesquisas para se chegar a uma solução para a exploração e para a produção em escala comercial de gás de xisto.

Em 1986, fora demonstrado um primeiro estágio para a fratura horizontal. No entanto, uma escala comercial de recuperação de fratura hidráulica não viria a ocorrer antes que a equipe da *Mitchell Energy* tivesse acabado o trabalho de

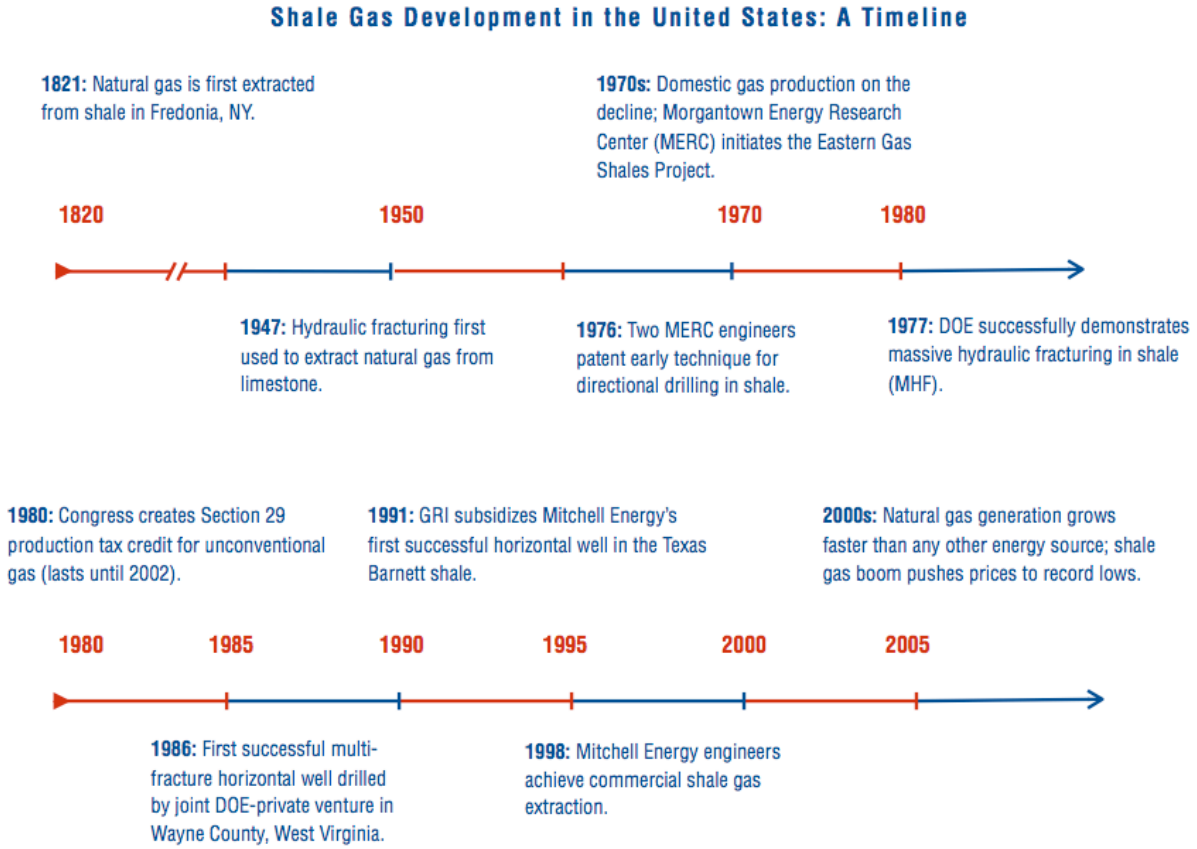
aperfeiçoamento dos processos de perfuração. Aqui, mais uma vez, o governo federal interveio para ajudar o setor privado.

Além de inovar em cima de tecnologias de plataforma como perfuração direcional que foram originalmente desenvolvidas por outras agências federais, a *Mitchell Energy* beneficiou-se de uma parceria direta e constante com o governo federal. Na década de 1980, Mitchell contou com o fornecimento pelo DOE de técnicas de mapeamento e pesquisa para compreender a geologia complexa das formações de xisto. Em 1991, Mitchell em parceria com DOE desenvolveu ferramentas que finalmente fraturaram formações no xisto de Barnett, e que atualmente produzem mais de 6% de todo gás natural americano.

Embora a produção de gás não convencional tenha apresentado melhorias desde o início de 1980, a tecnologia de fraturamento hidráulico não tinha sido aperfeiçoada a ponto de apresentar uma implantação comercial plena e competitiva sem subsídio. A produção de gás de xisto contou com crédito fiscal para produção e incentivos fornecidos para *Mitchell Energy.* A empresa também investiu receitas próprias para P&D ao longo dos anos 1980 e 1990. Obtendo sucesso com as técnicas de fratura horizontal, inicialmente na formação de Barnett, seus engenheiros começaram a desenvolver a melhor combinação de insumos (água, areia, agentes químicos, lubrificantes) para conseguir a recuperação máxima de gás com o menor custo possível.

Em 1998, aplicou-se uma técnica de perfuração inovadora chamada *slick water fracturin* que baixou os custos inicialmente projetados, o que foi considerado o marco para o gás de xisto ter se tornado competitivo comercialmente. Em 2002, a Mitchell Energy foi comprada pela Devon Energy por US $ 3,5 bilhões.

Figura 8: Desenvolvimento de gás de xisto nos EUA



Fonte: Breaktrhough Institute & Climate Program

2.2 A REVOLUÇÃO ENERGÉTICA AMERICANA E O RENASCIMENTO DA INDÚSTRIA PETROQUÍMICA

A produção de gás natural a partir de formações de xisto tem rejuvenescido a indústria de gás nos Estados Unidos. Com o avanço da tecnologia de extração, a produção de gás de xisto tem levado a uma nova abundância de oferta de gás natural nos Estados Unidos na última década, e deve continuar a fazê-lo no futuro. De acordo com a Administração de Informação de Energia (EIA), o recurso de gás[1] tecnicamente recuperável nos EUA é estimado em 308.44 trilhões de pés cúbicos.

Em termos gerais, o aumento da produção interna desse recurso energético resulta em fontes maiores, preços mais baixos, menor necessidade de importações e aumento da segurança energética do país. Além desses benefícios, o desenvolvimento de recursos domésticos de gás de xisto significa novos postos de

[1] 1 trillion (1,000,000,000,000) cubic feet (1Tcf) = 1.027 quadrillion Btu

trabalho. A produção de gás de xisto também traz consigo aumento das receitas de impostos e *royalties* para os governos estaduais e federais, e de *royalties* e bônus de pagamentos a proprietários de terras.

Desde o desenvolvimento tecnológico para exploração de gás, viabilizou-se uma imensa oferta de matéria-prima e recolocou os EUA no foco dos investimentos da indústria petroquímica global. O gás natural pode ser empregado para fazer um grande número de produtos, e seu preço em queda está atraindo indústrias importantes para os Estados Unidos, como a química.

Anteriormente, o preço do gás natural encontrava-se em patamares mais elevados e fez com que alguns fabricantes de produtos químicos encerrassem as operações no país. Isto porque com uma matéria-prima cara os custos são transferidos para o produto final e para as empresas, então acaba sendo mais rentável importar o produto do que produzir no país.

Agora, a capacidade de acesso ao gás natural preso em formações de xisto tem gerado um aumento da oferta de gás natural, o que reduziu os preços do gás norte-americano e vem permitindo a construção de novas fábricas e o retorno de fábricas de produtos químicos para a produção de, por exemplo, polietilenos, o qual se dará um enfoque especial.

A descoberta dessas novas fontes não tradicionais de gás proporcionou mudanças drásticas no mercado de energia. Com o advento da descoberta de novas tecnologias de extração, países que tradicionalmente eram importadores de gás estão começando a criar expectativas de, ou se tornarem autossuficientes nessa materia-prima ou, ao menos, de substituírem parte das importações por produção interna.

Com o aumento da oferta de gás a preços competitivos, a possibilidade de troca de matrizes energéticas também virou realidade, visto que essa fonte de energia é menos poluente do que o uso de outros combustíveis, como é o caso do carvão. Entretanto, a exploração desse gás preso em formações rochosas de xisto não é de fácil acesso e depende de país para país em função de suas condições geológicas, tecnológicas, ambientais e de infraestrutura.

Até hoje, existem poucos países no qual a exploração do *shale gas* vem ocorrendo. A nação referência neste processo são os Estados Unidos, onde acontecem os maiores avanços em extração e produção destas reservas não convencionais. O Mercado Norte-Americano é o grande responsável pelo aumento

da oferta mundial de gás, sendo que com o gás de xisto produzido em grande escala o preço acabou despencando. Este preço mais baixo acaba gerando vantagens para o país em sua matriz energética, barateando o custo da energia e criando maiores vantagens competitivas para as indústrias, seja com o custo da energia mais barata, seja para as indústrias que utilizam o gás como matéria-prima.

Um fato importante a se destacar em relação à produção americana de gás de xisto é a rápida expansão de sua extração. Apesar de ter começado há algumas décadas, foi a partir dos anos 2000 que ela acelerou, atingindo uma marca de 141 bilhões de m^3 entre 2005 e 2010. Este fato ganha maior relevância quando analisados os dados de consumo interno de gás. Só em 2011 cerca de 95% foi produzido internamente [BP OUTLOOK], uma mudança significante para um país que era importador massivo de gás natural.

Hoje existem estimativas de que a grande disponibilidade de gás de xisto seja capaz de suprir os EUA por pelo menos 20 anos, além de permitir que se produza mais gás natural do que será consumido, podendo então passar a ser um exportador líquido do mesmo.

De acordo com a EIA [EIA OUTLOOK, 2014], existem nos EUA projetos de produção de gás natural que iriam aumentar a produção de 24 trilhões de pés cúbicos em 2012 para 45,1 trilhões de pés cúbico por ano em 2040, ou seja, uma elevação de 44%, sendo que grande parte desse aumento da produção de gás será ocasionado pelo crescimento da produção de gás de xisto. Atualmente, quase 30% da produção de gás natural americana já é proveniente do gás de xisto e estima-se que daqui a 20 anos 50% da produção de gás natural americana será de *shale gas*.

2.3 FATORES DESENCADEANTES DA REVOLUÇÃO ENERGÉTICA AMERICANA

Diversos fatores foram importantes para que esta revolução ocorresse em solo americano. Dentre eles, podemos destacar aspectos políticos, econômicos, geográficos e tecnológicos. O país que passava por uma crise econômica via-se na eminência de garantir uma segurança energética à nação e com os preços altos e a grande quantidade de importações de gás natural isso não seria possível. O incentivo do governo para a exploração e produção dessa fonte não convencional foi de fundamental importância. Atrelado a isso, contou com a sorte e competência de ter suas reservas próximas à infraestrutura de escoamento, que já existia.

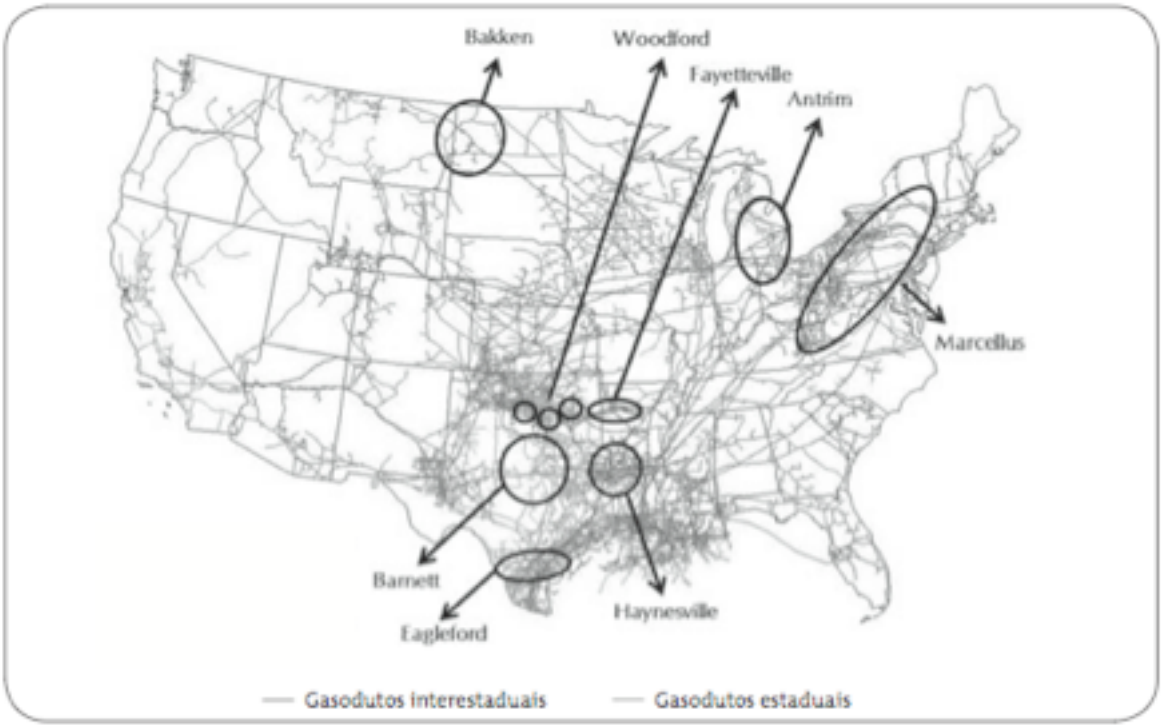
Outra questão favorável para exploração das terras as quais continham as principais reservas foi a facilidade para se conversar com os donos das mesmas, já que se atribui a propriedade do hidrocarboneto ao proprietário da terra sob a qual a reserva está localizada e cabe ao explorador e explorado chegarem a comum acordo sobre eventuais *royalties*. A meta de redução de emissão de gases estufas e avanços tecnológicos em um ambiente atrativo para investimentos também contribuíram.

Os incentivos para a exploração do gás não convencional ocorrem a mais de 40 anos. O país sempre esteve envolvido com o desenvolvimento de novas tecnologias para extração, seja através de P&D, através de incentivos fiscais, seja até mesmo atuando diretamente com a iniciativa privada para ajudar nos custos de eventuais projetos. Este apoio a iniciativas de exploração de gás natural proveniente de fontes não convencionais ganhou grande atenção em função do país ter necessidade de redução das importações, para diminuir a dependência de países como a Rússia e irã ou até mesmo para ter maior poder de negociação.

Um fato importante foi a regulamentação, em 1954, de uma lei que autorizava os produtores a deduzirem seus gastos com a exploração e o desenvolvimento do imposto de renda em cada ano e não mais capitalizá-los e reconhecê-los ao longo do ano.

Além de o governo estar por trás dessa revolução, o país contou com outro aspecto importantíssimo. Como as reservas não estavam localizadas em uma região apenas do território, ficava mais fácil de escoar a produção. Entretanto, para isso seria necessária uma infraestrutura de transporte deste gás a fim de escoar a produção com maior rapidez. Infraestrutura, esta, que os EUA já contavam e que favoreceu o escoamento da produção para os mercados consumidores sem que necessitassem de grandes investimentos. Na figura 9 podemos ver a malha de gasodutos americanos, bem como as principais áreas de exploração no território americano. Destaque para a grande quantidade de gasodutos próximos às maiores regiões exploradoras de *shale gas.*

Figura 9: Mapa de gasodutos nos Estados Unidos



Fonte: BNDES

Porém, existiu uma situação de fundamental importância para que a exploração de gás de xisto tomasse tamanhas proporções nos EUA. Nos Estados Unidos, o mercado de gás natural apresenta livre concorrência, ou seja, há competição entre os agentes e um livre acesso aos gasodutos para o transporte, que pertencem à propriedade privada. Somado a isso, toda fonte de hidrocarboneto pertence ao proprietário de cada terra onde deseja se explorar.

O dono da terra pode ser o governo federal, governo estadual ou uma pessoa privada que passa para a empresa exploradora o direito de extração via *lease*. Para cada um dos detentores existe uma regulamentação; no caso de serem federais americanas, a extração é regida de acordo com o *Mineral Leaseing Act*, o qual tem como avaliador o *Department of Interior* (DOI) e é o responsável pelos leilões de concessão. O vencedor é o que propuser o maior valor para as áreas, pagando um aluguel anual e *Royalties* por um período de 10 anos com renovação automática enquanto houver o que ser explorado.

Em se tratando de terras estaduais, cada estado apresenta uma maneira de regulamentar o *leasing*, mas costumam ser semelhantes ao processo de cessão de

terras federais. Já quando acordado com pessoa física, podem variar de diversas formas, pois são definidas entre as duas partes. Basicamente a empresa contratante faz uma oferta inicial e, a partir disso, começam as discussões contratuais. Existe, entretanto, uma associação dos proprietários de terras que auxiliam através de experiências próprias para evitar casos em que o proprietário não seja devidamente ressarcido.

O *Shale gas* acabou trazendo mudanças geográficas na exploração do gás natural, pois antes elas tinham sua maioria ocorrendo no oeste americano e, principalmente, em solo federal. Com o advento da fratura hidráulica e a descoberta de grandes bacias de gás de xisto no leste americano, as empresas acabaram migrando para o outro lado do país, onde a concentração de propriedades privadas é maior.

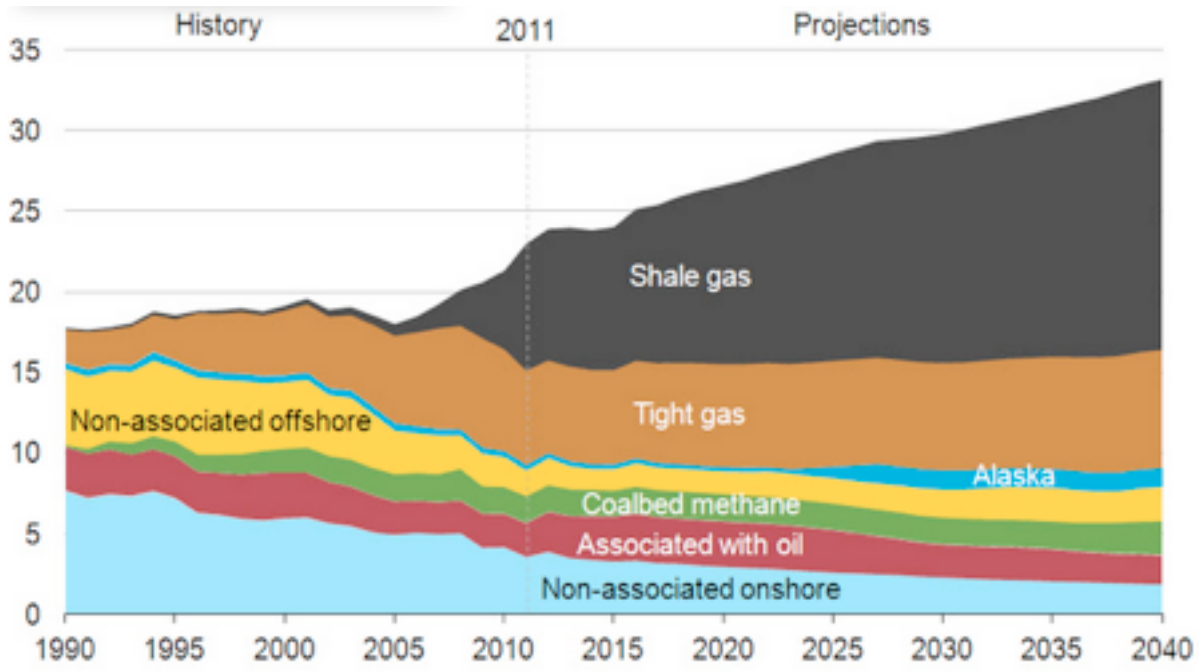
Atualmente, a maioria dos contratos é estabelecida em terras privadas por apresentarem maiores facilidades para as empresas em relação aos governos. Vale destacar que a organização da indústria para exploração e produção de gás americana é muito diferente da maioria dos países, pois é caracterizada por um conjunto de pequenas, médias e grandes empresas privadas, enquanto em outros países é predominantemente estatal.

2.4 OFERTA, DEMANDA E PREÇO DO GÁS

Em 2008 era projetado um aumento das importações de gás natural liquefeito (GNL) para suprir a crescente demanda por gás. Com o advento das novas tecnologias, as novas projeções para oferta, demanda e preço mudaram as perspectivas de comércio de gás natural do país. Nas próximas décadas, os Estados Unidos poderão estar entre os maiores exportadores de gás, alterando a geopolítica mundial que tem a Rússia como principal fornecedor.

Antigos terminais que foram construídos para regaseificação, já que o produto importado encontra-se em forma líquida e armazenamento estão sendo transformados em unidades de liquefação, tamanha oferta existente. Oferta esta que é fornecida em grande maioria pelo aumento da produção acarretado pelo gás de xisto, como podemos verificar na figura 10.

Figura 10: Produção de gás natural nos Estados Unidos



Fonte: EIA

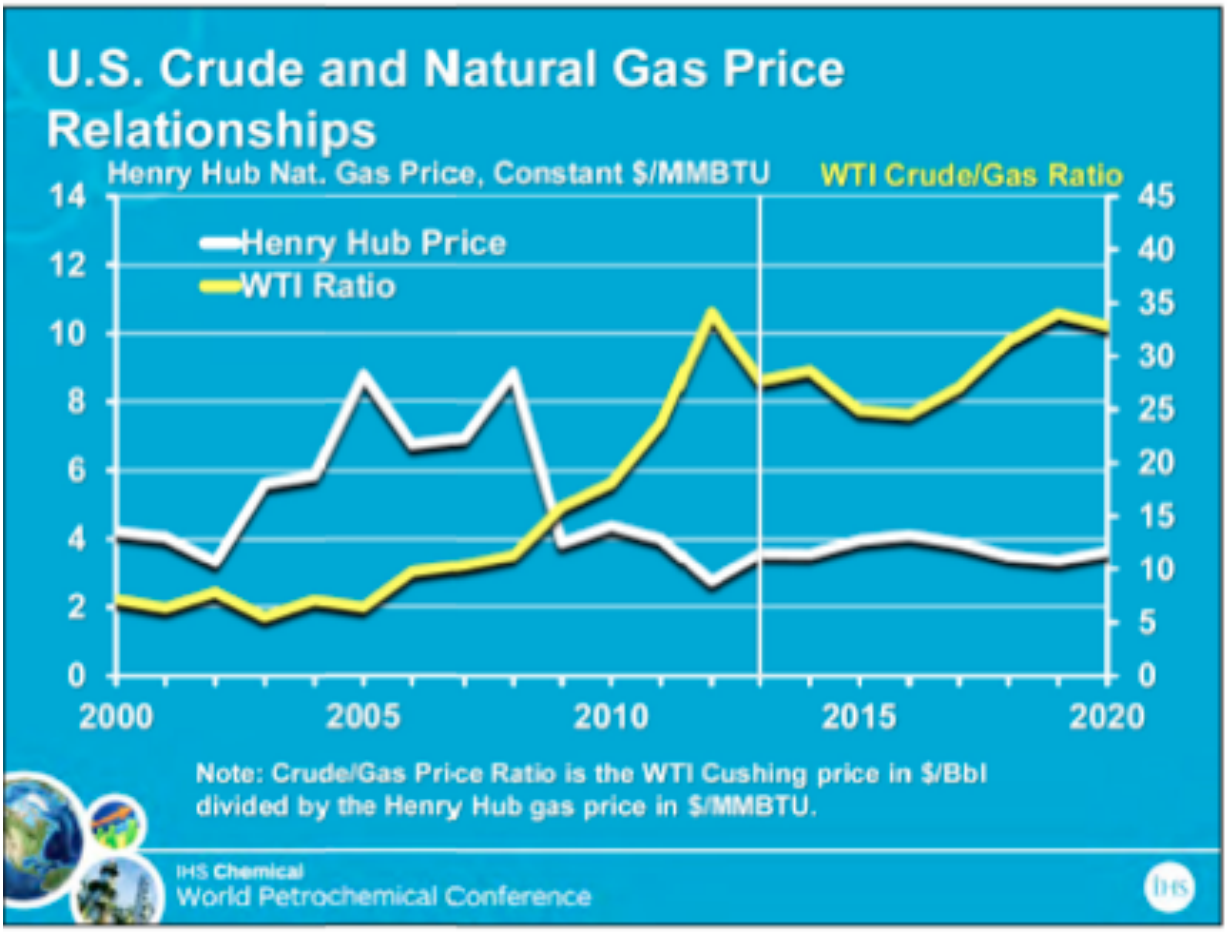
Com relação às projeções de demanda, verifica-se que a maior parte terá como destino a energia, em função, principalmente, das novas regulações ambientais relacionadas à emissão de gases do efeito estufa na geração de energia somadas à perspectiva de preços baixos do gás natural. Para a indústria consumidora de gás como matéria-prima também gerará um aumento na oferta. Com preços mais atrativos, a indústria poderá produzir mais e com um valor menor, abrindo possibilidades para a exportação de produtos.

Já os preços médios anuais de gás natural dos Estados Unidos mantiveram-se relativamente baixos ao longo dos últimos anos, como resultado da disponibilidade de abundantes recursos internos e da aplicação de tecnologias de produção melhoradas para fornecer os suprimentos necessários para atender ao crescimento do consumo de gás natural e a um aumento das exportações.

Como podemos constatar na figura 11, o preço do gás natural Americano, Henry Hub, teve uma queda significativa em relação ao preço do gás internacional. A principal queda ocorreu em 2008 e desde lá os preços mantiveram-se baixos, isso

graças ao incremento da exploração de gás de xisto. Já os preços internacionais acabaram se elevando.

Figura 11: Preço óleo e gás natural nos Estados Unidos



Fonte: IHS Chemical

Com a produção crescendo mais rápido do que o consumo e os preços menores que os preços praticados em outros países exportadores, os EUA tornaram-se exportadores líquidos de gás natural. De acordo com o EIA [EIA OUTLOOK, 2014], a produção de gás natural cresceu a uma taxa média de 1,6% por ano desde 2012 e deverá continuar assim até 2040, o dobro da taxa de crescimento anual de 0,8 % do consumo total dos EUA para o período. O crescimento da produção atende ao aumento demanda e vem influenciando diretamente na queda das importações de gás natural.

2.5 SETOR INDUSTRIAL: PETROQUÍMICA E POLIETILENOS

Como constatado anteriormente, a grande abundância de gás natural com preços reduzidos acabou favorecendo o setor industrial e contribuiu para a revitalização de diversos setores de gás intensivo. Dentre estes benefícios gerados estão a redução do preço da energia elétrica e do gás como materia-prima. Um dos setores da indústria que foi beneficiado é o da petroquímica.

A partir do gás de xisto torna-se possível a produção dos principais produtos petroquímicos, caso do polietileno. A revolução energética ocasionada pela extração do *Shale Gas* viabilizou a extração de enormes quantidades de gás natural, desestabilizando os preços correntes do mercado em até 5 vezes menos na América do Norte. Igualmente, está presente na composição química do gás, o etano, que é utilizado para a produção de eteno e, consequentemente, de polietileno e que também sofreu queda em seu preço em função da grande quantidade disponível no mercado.

Com esse enorme volume de etano disponível a preços muito competitivos, a petroquímica americana renasceu, diminuíram as importações e possibilitaram-se investimentos em parques industriais existentes. Outro consequência foi a atração de investimentos externos para a construção de novas plantas para a produção de polietilenos e que devem superar os US$ 90 bilhões de acordo com a *American Fuel & Petrochemical Manufacturers [AFPL]*.

O mais grave é que empresas do mundo todo estão movendo suas operações para os EUA e até mesmo empresas brasileiras têm projetos para expansão de sua indústria em território americano. Este mesmo atrativo de matéria-prima barata que sustentou um ciclo de expansão anos atrás no Oriente Médio está ocorrendo agora em solo americano. A Dow, por exemplo, maior produtora global de eteno irá investir na construção e reativação de unidades de eteno e propeno na região do Golfo do México. Já a Shell irá erguer um complexo integrado de eteno e polietileno na Pensilvânia, onde está localizada a maior reserva de gás de xisto. Esta questão ganha maior importância na medida em que desde 2001 os EUA não tinham uma petroquímica sendo construída em seu território.

Com o aumento na exploração de gás e o avanço da oferta a preços menores, a indústria química passa por uma fase inimaginável anteriormente em relação à competitividade. A perspectiva anterior era de se tornar um grande

importador de gás natural e de etileno, e via a demanda por polietilenos diminuindo. Nos últimos dois anos, a indústria petroquímica anunciou planos para reforçar a capacidade de produção de etileno dos EUA em 10 milhões de toneladas até 2019, o que representa um aumento de 10% da fabricação do produto em nível mundial.

Segundo pesquisa da PwC, nos Estados Unidos, a produção de 1 tonelada de etileno custa atualmente US$300, muito inferior aos US$1000 de alguns anos atrás. Na Ásia esta tonelada custa US$1717, onde a indústria está associada ao alto custo do petróleo, e US$445 na Arábia Saudita através de uma combinação de etano e butano.

O etileno é o composto químico mais produzido em nível mundial em termos de volume e é a base para muitas outras indústrias, como é o caso dos polietilenos. E o fato de ser difícil de transportar faz com que as novas fábricas estejam integradas com unidades que o convertem em polietileno.

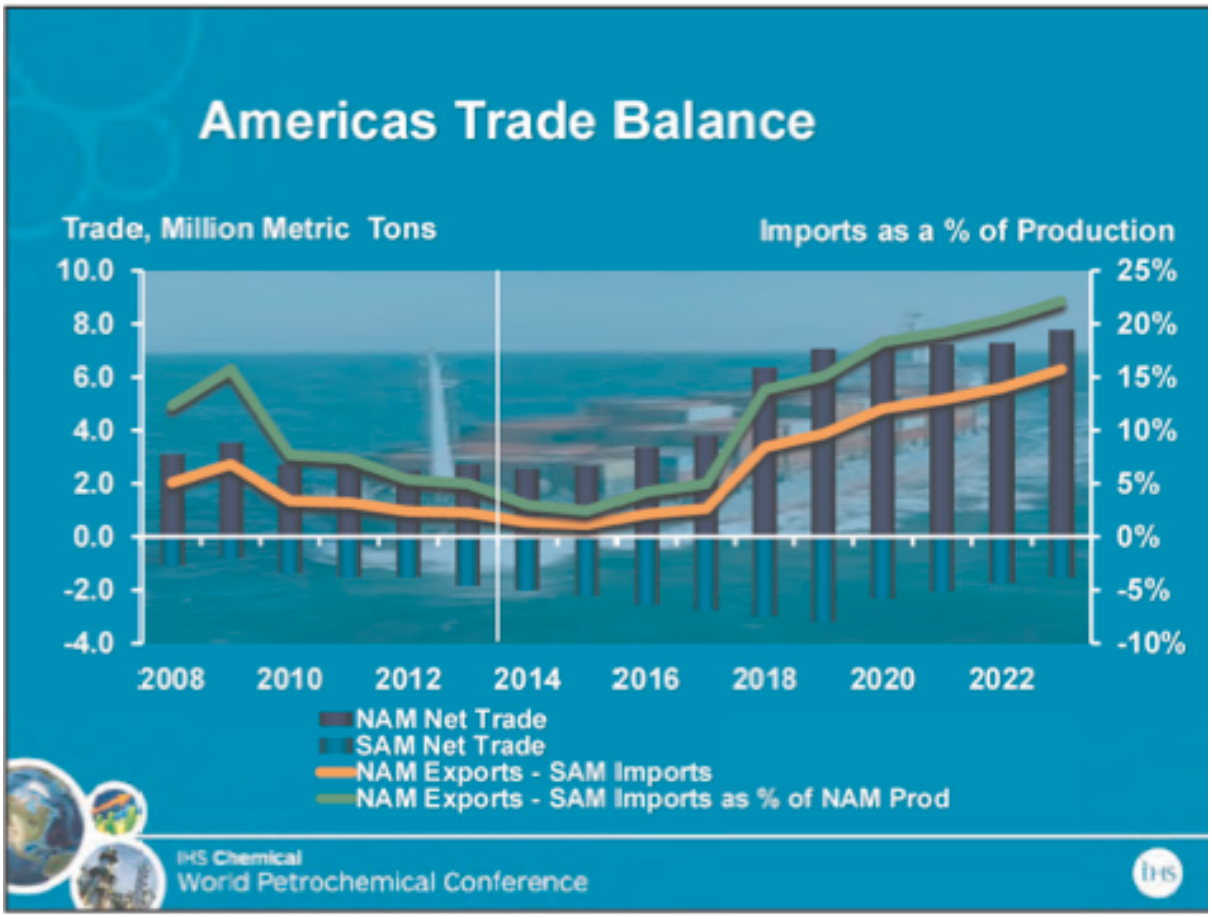
A abundância de matérias-primas permitirá aumentar a produção visando atender à forte demanda global de PE. Até 2016, segundo estimativas da consultoria IHS, o consumo global de polietilenos deverá crescer em média 4,3% ao ano saindo dos atuais 79,8 milhões de toneladas para 97,1 milhões de toneladas por ano; já a oferta crescerá de 94,7 milhões de toneladas para 112,8 milhões de toneladas por ano. O que não significa necessariamente um decréscimo de preço no mercado interno americano.

Abre-se espaço, portanto, para um aumento das exportações, com o produto americano extremamente competitivo. Atualmente, os EUA exportam 20% do que fabricam do produto, e podem passar a vender para o exterior de 30% a 35%. O aumento da produção de petroquímicos básicos vai gerar um superávit que precisará ser exportado e uma das regiões que tem uma demanda muito alta por polietilenos é a América do Sul, e que será parte da solução para absorver essa maior oferta.

O impacto dessa oferta mais elevada chegará ao Brasil através de produtos mais baratos. Além disso, alguns investimentos que poderiam ser feitos no Brasil podem ser atraídos para os Estados Unidos devido ao custo da matéria-prima. Na figura 12, podemos ter uma noção do aumento das exportações norte-americanas em relação às importações sul-americanas de polietilenos. Pode-se notar um aumento

de quase 15% do produto oriundo da América do Norte, em função do preço mais competitivo do produto importado.

Figura 12 Comércio internacional de polietilenos



Fonte: IHS

3 BRASIL: GÁS NATURAL, PETROQUÍMICA E ALTERNATIVAS AO *SHALE GAS*

A partir do estudo de caso americano do setor gasoquímico, neste último capítulo será apresentada uma análise para o caso brasileiro. Tendo entendido o funcionamento do mercado de gás nacional, a abordagem tomará rumo para dois segmentos: o energético e o industrial. Por fim, serão feitas algumas constatações de possíveis soluções para que os setores, tanto de gás quanto químico, possam apresentar melhoras a fim de proporcionar um maior desenvolvimento.

3.1 FONTES DE GÁS NATURAL NO BRASIL

Historicamente, o gás natural começou a ser explorado nacionalmente na Bacia de Campos em virtude dos choques do petróleo quando ocorreu uma forte elevação do valor do produto e que o país passou a sentir mais acentuadamente na década de 80. Entretanto, para muitos estudiosos, foi a partir da construção do gasoduto Bolívia-Brasil que o mercado brasileiro começou a existir, já que a entrada de um produto importado impulsionou o desenvolvimento do transporte de gás natural em solo brasileiro. Esse fez parte do programa de política energética na década de 1990.

O Brasil está entre os países com maiores reservas recuperáveis do mundo, estando em décimo de acordo com a EIA. E, inicialmente, conta com cinco bacias onde podem ser retirados gases não convencionais, como o gás de xisto. Porém, o *shale gas* no Brasil, apesar de trazer boas perspectivas para a indústria gás intensiva nacional, está muito longe de se tornar realidade. Entretanto, o país pode tomar como base o ocorrido com a revolução energética americana para concretizar as expectativas referentes ao Pré-Sal brasileiro e outras reservas de gás natural localizadas em território nacional.

Para que isso ocorra, algumas providências devem ser tomadas. Sendo assim, precisamos entender um pouco do funcionamento do mercado de gás brasileiro, para assim atuar nos entraves do setor a fim de realmente desenvolver uma indústria forte e sólida de gás natural no Brasil.

As reservas provadas totais de gás natural do país alcançam 459,2 bilhões de m^3 em 2012, de acordo com o Ministério de Minas e Energia (MME), e são encontradas em sua maioria no mar. Os estados que têm a maior concentração de reservas provadas são Rio de Janeiro, Espírito Santo e São Paulo, sendo que juntos representam aproximadamente 77% das reservas.

Além de ter sua maior parte localizada *offshore,* está intimamente ligada à produção de petróleo. Em relação à produção, no ano de 2012 atingiu o valor de 77,2 milhões de m^3 por dia. E seguindo a linha das reservas provadas teve os estados do RJ e do ES como maiores produtores.

Ainda de acordo com o MME, em dezembro de 2012, 75% desta produção foi realizada na exploração de poços marítimos e, do total da produção, 73% decorreu da associação do gás ao óleo. O fato deste gás ser majoritariamente produzido em mar traz alguns problemas para o escoamento, pois exige uma grande infraestrutura por trás, mesmo tendo a concentração da produção na região Sudeste, onde localizam-se os principais mercados consumidores. A construção de uma malha de gasodutos para transportar o gás para outras regiões faz-se, portanto, necessária.

Como este gás pode ser usado tanto como matéria-prima para as indústrias quanto para energia elétrica, já que a segurança energética do país está baseada em usinas termoelétricas, a exigência para que existam malhas de transporte capazes de atender a demanda é maior. Mesmo com algumas falhas, análises do Balanço Energético Nacional (BEN2013) sugerem que a produção de gás natural está crescendo a uma taxa média de 5% ao ano, de acordo com os últimos 10 anos, se tomado o período de 2003 a 2012 como base, e está associado à maior produção *offshore*.

Hoje o Brasil apresenta significativas fontes de gás natural, caso do Pré-Sal, e que, se não forem exploradas logo, podem deixar a indústria nacional ociosa em muitos segmentos, nas quais se insere a indústria petroquímica. Como visto, já está em curso uma revolução energética nos EUA e que vem baixando o preço desta matéria-prima, tornando o gás brasileiro pouco competitivo, fazendo com que se elevem os preços de produtos provenientes do mesmo, como vem ocorrendo com as resinas de polietileno. Ademais, acaba por retirar potenciais investimentos do nosso país, caso da Braskem que está construindo uma planta no México, em função do baixo custo do gás americano, e anunciado pela mesma.

O desenvolvimento do setor de gás natural no Brasil ganha cada vez mais importância em detrimento do contexto atual, com o desenvolvimento da exploração do gás de xisto. Principalmente a busca por competitividade está cada vez mais em pauta, já que o advento dessa revolução ocorrida nos EUA faz com que exista a possibilidade de haver uma grande importação de produtos feitos a partir desta matéria-prima com preços muito inferiores aos praticados no Brasil.

Com a descoberta do Pré-Sal em 2007, abriram-se muitas possibilidades para o segmento de óleo e gás no Brasil. Somente em reservas provadas, chega-se ao valor de 175 bilhões de m^3 de gás natural (PETROBRAS). Pré-sal é por definição um conjunto de rochas localizadas em águas ultraprofundas ao redor do litoral brasileiro e que apresentam significante importância em função da grande quantidade de petróleo e gás que oferece. A descoberta e a exploração dessas reservas exigiram o desenvolvimento de tecnologia própria pela Petrobrás.

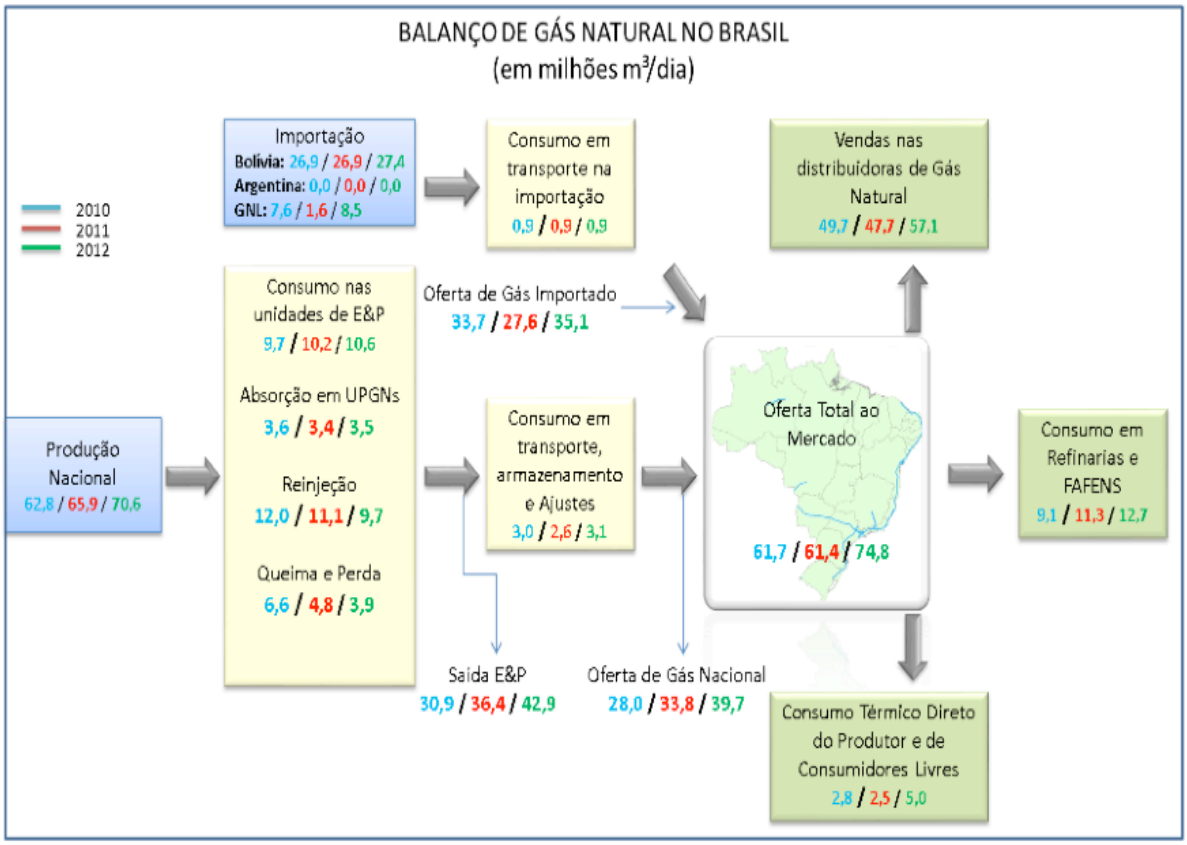
Para que estes investimentos não ocorram em vão, são necessárias uma série de outras iniciativas para que se tenha um preço do insumo gás natural a um nível competitivo em termos mundiais. Para que haja um incremento do uso do gás em todo o Brasil, uma menor dependência do gás boliviano e um aumento do fluxo de investimentos, semelhante aos que ocorreram nos EUA com a exploração do gás natural vindo das rochas de xisto, serão necessárias algumas providências. Dentres essas podemos citar: incentivos tributários, construção de uma infraestrutura de escoamento, regulamentação e precificação para que essa matéria-prima seja competitiva entre outras situações, mas que serão analisadas posteriormente.

3.2 OFERTA, DEMANDA E PREÇOS DO GÁS NATURAL NO BRASIL

Nos últimos anos, o gás natural vem aumentando a sua participação na matriz energética brasileira, tendo alcançado em 2012 o valor de 11,5% da oferta interna de energia, de acordo com o *BEN*2013. As perspectivas para os próximos anos indicam que essa participação será ainda maior. A entrada de novas áreas produtoras e de mais um terminal de regaseificação de gás, na Bahia, e a necessidade de atender ao aumento das demandas, tanto das não termelétricas quanto das termelétricas, resultará em maiores volumes de gás natural produzidos, importados, transportados e comercializados.

Como podemos observar na figura 13, a oferta de gás natural no Brasil deriva de três fontes: a produção nacional, a importação boliviana via Gasoduto Bolívia-Brasil (Gasbol) e a importação de GNL de outros países.

Figura 13: Balanço de gás natural no Brasil



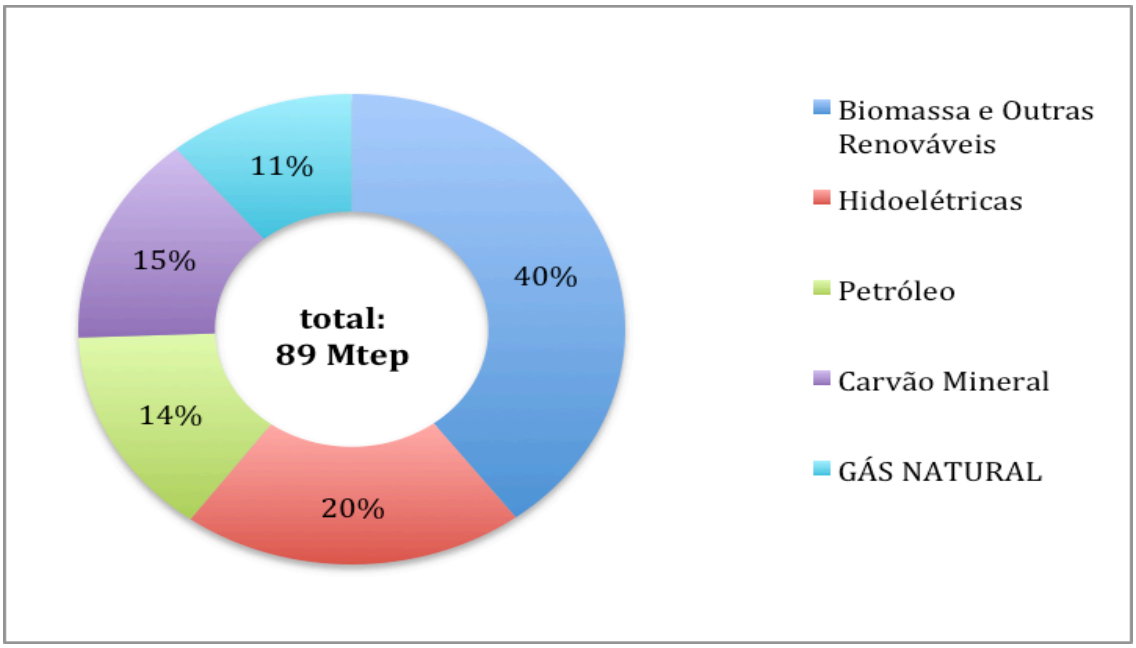
Fonte: Ministério de Minas e Energia

A indústria de gás está passando por uma fase de expansão, porém ainda é complementada pelas importações da Bolívia e da Argentina. Em relação à Bolívia, foram iniciadas em 1999, sob contrato entre os governos com duração de 20 anos com opção de renovação, ocorrendo através do gasoduto GasBol, com extensão de 3.150km, custo de US$2 bilhões e que em 2013 exportou em média 31,8 milhões de m^3 por dia.

Já a produção nacional alcançou em 2013 o valor de 77,2 milhões de m^3 por dia. As importações da Argentina dão-se pelo gasoduto Uruguaiana-Porto Alegre e é um ponto de escape para atender ao mercado de termelétricas do Rio Grande do Sul, complementando as operações do GasBol.

Em 2012 o consumo total de gás natural foi de 33,6 bilhões de m^3, dos quais 13,2 bilhões de m^3 referentes a gás importado, 25,8 bilhões de m^3 a gás nacional e 5,4 bilhões de m^3 a variações de estoque, perdas e ajustes. Apesar de não ser o mais utilizado, tem parcela significativa na geração energética, já que é mais utilizado em casos de emergências pelas térmicas, quando há excesso de demanda ou quando o nível das hidrelétricas está baixo.

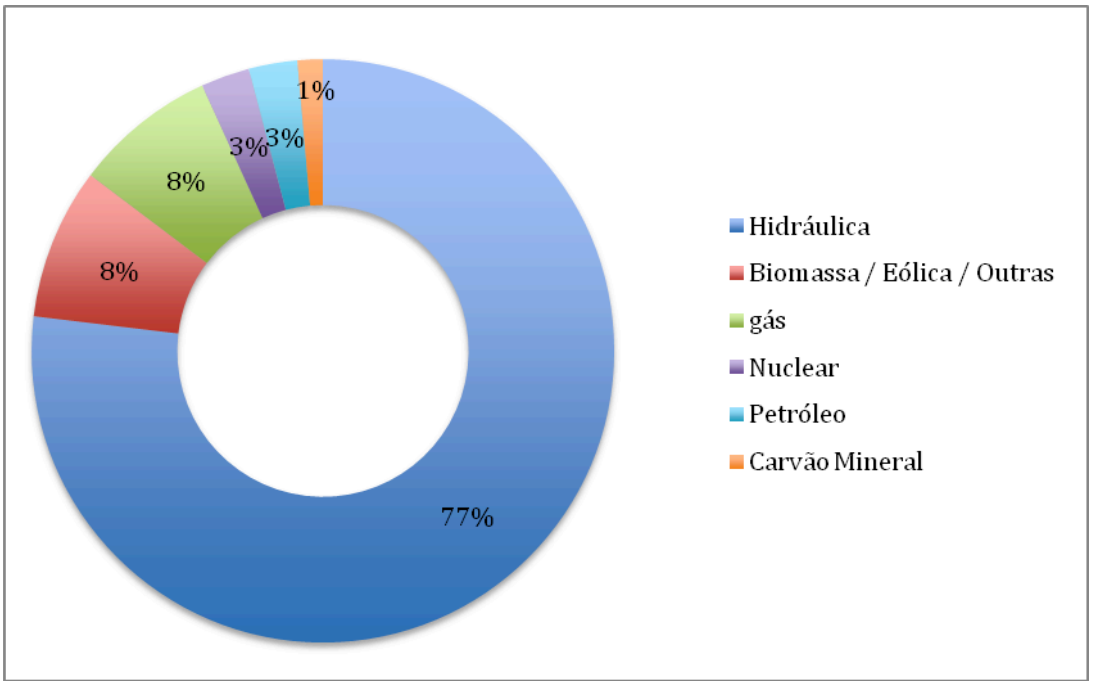
Figura 14: Geração de energia elétrica por fonte.



Fonte: Elaboração própria com dados do Ministério de Minas e Energia

Nesse mesmo ano, o setor industrial consumiu 12,19 bilhões de m^3 de gás, e como pode-se observar na figura 15, o segmento teve participação de 8% no consumo. O gás é utilizado como matéria-prima da indústria química, por exemplo, em diversos processos. Para o caso de resinas termoplásticas, onde entram os polietilenos, o principal insumo utilizado é a nafta. Porém, pode-se utilizar gás natural para incrementar sua competitividade, quando de uma baixa nos preços, como visto no caso americano e que vem fazendo com que os preços destas resinas baixem.

Figura 15: Matriz energética industrial



Fonte: Elaboração própria com dados do Ministério de Minas e Energia

Em relação ao preço final do gás, este deriva do somatório dos custos da produção, da distribuição e do transporte, incluindo impostos, devendo remunerar todos os agentes participantes do processo até a chegada ao consumidor final. De acordo comum com trabalho realizado pela Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro (Firjan), o percentual do preço decomposto do gás pode ser detalhado da seguinte forma: o preço da *commodity* representa cerca de 44% do preço total, enquanto a margem de transporte 16%, a margem de distribuição 18% e os impostos 22%.

Conforme observamos na figura 16, o preço do gás varia entre as regiões do Brasil, refletindo a diferença dos custos entre a distribuição, *commodity* e tributos. Vale ressaltar também a grande diferença de preço entre os valores praticados no Brasil e nos EUA. Neste último, o gás chega a ser quatro vezes mais barato em algumas situações.

Figura 16: Preço gás natural

Brasil*		Preço (US$/MMBTU
Nordeste	Gás nacional	12,1036
Sudeste	Gás nacional	11,7845
Centro-Oeste	Gás importado	10,0039
Sudeste	Gás importado	10,005
Sul	Gás importado	11,265
Estados Unidos	Henry Hub	3,44

* Preços Petrobras para distribuidora sem desconto (isento de tributos e encargos).

Fonte: Ministério de Minas e Energia

Via de regra, as distribuidoras compram o gás nacional da Petrobras. Sobre o preço do gás boliviano incide, ainda, a variação cambial. Assim, o preço do gás natural no Brasil acompanha, mesmo que com certa defasagem, a evolução da cotação do petróleo. Além disso, o gás boliviano e o nacional sofrem com reajuste pela inflação americana e brasileira, respectivamente.

3.3 O PAPEL DA PETROBRAS E OS ENTRAVES DO SETOR DE GÁS NATURAL

Até o ano de 1995, a Petrobrás detinha o monopólio para a realização de pesquisas, exploração, refino, importação e transporte de petróleo e produtos derivados do mesmo, com exceção de produtos químicos. Além disso, cabia somente à Petrobrás fornecer subprodutos do refino, como a nafta, que é a principal matéria-prima para produção de petroquímicos, caso do eteno, que é utilizado para a produção de polietilenos.

Com a alteração da Constituição Federal em 1995, ficava permitida a entrada de empresas privadas, desde que autorizado pelo governo, a fim de liberalizar o setor petroquímico nacional. Para fiscalizar e regulamentar o setor petrolífero, em 1997, fora criado a Agência Nacional de Petróleo (ANP), mais uma medida para se diminuir o monopólio da Petrobrás. Entretanto, a Petrobrás é a fornecedora quase que exclusiva de gás no Brasil e possui os meios para transportar esse gás.

Sendo a Petrobrás a principal detentora sobre a produção, exploração e transporte de óleo e gás no Brasil, algumas providências deveriam ser tomadas pela empresa para o desenvolvimento do setor, ou até mesmo deixar com que o setor

privado atue de forma direta, e não fique tudo nas mãos da estatal, tomando como exemplo o caso americano, no qual as empresas privadas atuam livremente e proporcionam um ambiente para se ter um gás natural mais barato.

Sendo assim, existem alguns aspectos necessários para que o setor se desenvolva e que serão analisados a seguir como: melhora da infraestrutura de transporte; diversificação das fontes de suprimento, sejam convencionais ou não; estruturação de polos industriais demandantes de gás; incentivos governamentais.

Infraestrutura de escoamento e transporte

A infraestrutura atual conta com 11.757 km de dutos e estão localizados em sua maioria no leste do país. Faz-se necessário um plano para aumentar a malha de gasodutos, principalmente para interiorizar o fornecimento do gás e poder abastecer todos os estados para eliminar déficits e tornar o mesmo acessível aos mercados do país.

Hoje a Petrobrás está focando todos seus esforços na produção e exploração, mas não está investindo em infraestrutura, sendo que, com o aumento da demanda por gás, seria importante uma melhoria da infraestrutura de escoamento. E, caso necessário, conceder à iniciativa privada a possibilidade de construir os gasodutos.

Com a aprovação da Lei do Gás (Lei 11.909/09) tem-se como objetivos central do Ministério de Minas e Energia a construção ou a ampliação de gasodutos de transporte, tornar mais competitivo o mercado de transporte e aumentar os investimentos em infraestrutura. Na figura 17 podemos notar a precariedade do sistema de transporte de gás brasileiro. Percebe-se uma falta de gasodutos que possam levar o gás para todas as regiões e a falta de integração dentre as malhas já existentes.

Figura 17: Infraestrutura de escoamento de gás no Brasil

Fonte: BNDES

Diversificação das fontes de suprimento

Atualmente, o *shale gas* não é uma realidade no Brasil; entretanto, pode ser uma alternativa para o futuro. Porém, para que isso ocorra, é necessário tecnologia e custo de capital competitivo através de regulamentação do mercado. Hoje a tecnologia encontra-se com as empresas norte-americanas e para que o Brasil disponha dessa, seria necessário uma abertura do mercado para ingresso de empresas estrangeras, com a tecnologia necessária para a extração do gás de xisto. Isto seria de suma importância para alavancar a extração no país. Outra questão seria quantificar o tamanho das reservas nacionais. Hoje não se sabe ao certo quanto existe de gás natural no Pré-Sal, nem mesmo em outras bacias tanto *offshore*, quanto *onshore*.

Estruturação de polos industriais

A construção de polos industriais para utilização do gás como insumo para a indústria e não somente como energia. Hoje o principal investimento da Petrobrás, o Complexo Petroquímico do Rio de Janeiro (COMPERJ), e que era programado para entrar em funcionamento em 2012, deve ficar pronto somente em 2016. Empreendimento que tem como principais atividades o refino do petróleo e unidades de produção de petroquímicos básicos derivados de eteno, como os polietilenos, e que é obtido através do nafta ou do etano, que é encontrado no gás natural.

Incentivos governamentais

Um dos problemas enfrentados pelo país e, consequentemente, pela Petrobrás, é o elevado custo da gasolina. Isso acaba refletindo no preço do gás natural, pois, como a estatal não consegue se remunerar com ela, acaba cobrando preços mais caros para fazer frente ao combustível, já que o governo não deixa aumentar os preços.

A empresa deveria ser alvo de maior debate entre os poderes do estado, já que a empresa está ligada a setores de suma importância no país, como a geração de energia elétrica e a produção de petroquímicos. O governo não está dando incentivos e competitividade para a Petrobrás, como vem dando para outros setores, como o automotivo, por exemplo.

3.4 VISÃO GERAL DA PETROQUÍMICA BRASILEIRA

Como visto anteriormente, a cadeia petroquímica está estruturada em três fases: primeira, segunda e terceira geração; e tem como base subprodutos do petróleo (nafta e gás natural). Esses subprodutos são utilizados na produção de matérias-primas e insumos para a indústria petroquímica e apresentam diversas finalidades.

No Brasil, a nafta ainda é utilizada em maiores volumes que o gás natural, tendo a Petrobrás como a principal produtora de ambos. Desde 2002, com a quebra do monopólio da Petrobrás, as petroquímicas começaram a importar para complementar suas demandas.

O processo baseia-se no craqueamento do gás e da nafta para fracionamento de seus principais insumos (primeira geração), chamados de petroquímicos básicos, dentre eles: eteno e propeno. A principal e única empresa brasileira atuando no mercado de primeira geração é a Braskem, que faz parte do grupo Petrobrás.

Após craqueados, os petroquímicos são vendidos para os produtores de segunda geração que processam os mesmos para produção de resinas termoplásticas, onde se inserem os polietilenos, poliestirenos, polipropilenos, entre outros. A Braskem é a única empresa brasileira que apresenta integração entre os produtos de primeira e segunda geração.

Após transformados, os produtos intermediários encontram-se em forma sólida (*pallete*) ou em pó e são levados aos produtores de terceira geração, ou transformadores, que irão produzir produtos finais e que são encontrados no nosso dia a dia, como plásticos, nylon, embalagens descartáveis, e que são utilizados em diversas finalidades na indústria para produção de, por exemplo, sacos, filmes, garrafas, tintas, brinquedos, peças automotivas.

Em se tratando apenas das resinas termoplásticas, o Brasil é o principal produtor na América Latina e o consumo brasileiro vem aumentando significativamente durante os anos em consequência do crescimento da economia brasileira e do maior poder de consumo das pessoas. Entretanto, se comparado com os EUA, ainda é, aproximadamente, três vezes menor. De acordo com a Braskem o consumo por habitante de resinas no Brasil é de cerca de 25kg e nos EUA de 68kg, em 2013.

Como visto, o etano é a base da indústria petroquímica para a produção de eteno até a transformação para polietilenos. No Brasil, a base da indústria utiliza nafta complementando eventuais demandas com gás natural, assim como ocorre em grande parte do mundo, e não gera nenhum diferencial competitivo entre os países produtores. Porém, com o advento do *shale gas* e a grande quantidade de gás natural presente no mercado americano, o preço deste insumo acabou despencando e chega a ser até 3 vezes mais barato que o etano produzido com base nafta.

A partir desta revolução energética americana, proporcionando massivas quantidades de etano provenientes da nova tecnologia de extração de gás natural das rochas de xisto, a petroquímica americana renasceu. Com ela foram eliminadas as importações e possibilitou a construção e a reestruturação de novos e antigos parques industriais com investimentos tanto nacionais quanto estrangeiros.

Estas enormes reservas de gás natural acabaram desestabilizando os mercados mundiais e atraindo grandes quantidades de investimentos para o país. Isto acabou afetando diretamente o Brasil. A empresa Odebrecht, em parceria com a Braskem, planeja a construção de um polo petroquímico na West Virginia (EUA) para aproveitar as grandes quantidades de gás natural existentes no país para a produção de polietilenos através do etano proveniente deste gás.

Enquanto isso, as obras que estavam sendo feitas no Brasil ficaram em segundo plano, caso do COMPERJ, que utilizaria a nafta e até mesmo o gás proveniente do Pré-Sal para a produção de produtos de primeira e segunda geração. Entretanto, com a dificuldade de se alcançar os preços praticados em solo americano referente ao gás, a construção não só anda em ritmo lento, como o Brasil, em um curto prazo, terá uma concorrência muito forte dos plásticos americanos.

Este *shale gas* acaba gerando um duplo impacto para a petroquímica brasileira, pois, ao mesmo tempo em que significa uma fonte de energia mais barata, também representa matéria-prima com custo menor, tendo as duas acessíveis: a tendência de aumento da produção e diminuição dos preços; é inevitável, assim como a chegada de produtos mais baratos ao Brasil, além de, como visto, retirar ou travar investimentos no país.

3.4.1 Alternativas à petroquímica nacional

Em busca de um maior desenvolvimento e de uma maior competitividade, a indústria química nacional precisaria tomar algumas providências. Uma grande parte do aumento da demanda interna por produtos químicos no Brasil passou a ser atendida por importações. De acordo com a Abiquim, o Brasil apresentou um déficit comercial de cerca de US$31,2 bilhões em produtos químicos nos últimos 12 meses (maio de 2013 a abril de 2014).

Em busca de melhorias, o setor petroquímico necessita, de acordo com a Abiquim, atenções em alguns pontos cruciais. Para isso ocorrer, torna-se necessária a intervenção do estado. Destacam-se para os principais pontos a serem melhorados a fim de desenvolver o setor:

Matérias primas competitivas

A redução do preço do gás natural e o fornecimento de incentivos para novos investimentos são medidas que poderiam auxiliar num setor que tem se tornado cada vez menos competitivo nos últimos anos. Atingir o nível de preço praticado nos EUA não é algo viável para o Brasil atualmente, mas reduzir o preço do gás natural no Brasil a níveis próximos aos praticados nos EUA, de $3,5/MBTU, já que a matéria-prima, é fundamental para a indústria petroquímica crescer no Brasil.

Seria uma política industrial interessante e que visaria um aumento da competitividade do país perante os mercados internacionais. O país tem uma grande oportunidade de ser competitivo com o seu gás *onshore* e *offshore*, mas precisa de políticas do governo para com o preço do insumo.

Tributação

Assim como acontece em outros fatores, os tributos praticados no Brasil acabam afetando o custo final do produto e, para a indústria química, isto não é diferente. Uma maneira de auxiliar a indústria seria através de desonerações para o setor, assim como ocorreu com outros segmentos. O país adota medidas *antidumping* para tentar diminuir as importações, acrescentando impostos sobre as resinas de polietileno produzidas no exterior, ao invés de apoiar o setor com políticas que estimulem as empresas e a produção local diretamente.

Infraestrutura

Como visto anteriormente, o custo do transporte do gás natural ainda é muito elevado no Brasil devido a pequena malha de gasodutos existentes. A integração entre as diversas etapas para a fabricação de resinas pode facilitar e diminuir os custos de produção, mas para isso é fundamental a construção de novos gasodutos para se chegar a todas as regiões do Brasil. Inclui-se em infraestrutura, também, a melhoria dos portos e das estradas, para melhor escoamento do produto final, ou até mesmo do gás liquefeito, a fim de diminuir o custo do produto e a velocidade de escoamento.

Inovação e Tecnologia

O investimento em Pesquisas e Desenvolvimento no setor químico existe no Brasil, porém a passos mais curtos. O governo precisa apoiar as pequenas e médias empresas, assim como ocorreu nos EUA, desenvolver e gerar recursos para que essas inovações sejam viáveis e, até mesmo, dividir o papel com as empresas para que os riscos não sejam tomados apenas por elas.

Acesso ao crédito

Por fim, crédito mais barato, com uma possível redução da taxa de juros para obtenção de financiamentos. O setor químico apresenta concorrência mundial e, agora, com o acesso à matéria-prima mais barata em outras regiões do mundo, uma obtenção mais facilitada ao crédito poderia auxiliar na busca por competitividade internacional. A busca por dinheiro fora do país pode levar a déficits na balança de pagamento, por isso torna-se necessário o apoio governamental para obtenção de financiamentos.

Enfim, estas são algumas sugestões que visam ao desenvolvimento de um setor importante para a nação brasileira e que nos últimos anos não vem ganhando a atenção que deveria por parte do Governo. O país já investiu muito capital no setor no passado; porém, nos últimos anos, vem perdendo em competitividade justamente devido à falta de incentivos que impossibilitam um maior crescimento.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho teve como objetivo analisar os novos rumos que o mercado de gás natural vem seguindo e que vem traçando novos horizontes para a matriz energética mundial e para a indústria em geral. Com as novas formas de extração e as grandes fontes de gás proporcionadas pelo *shale gas*, principalmente na América do Norte, os preços deste insumo ficaram mais atrativos, possibilitando a mudança de rumo de uma economia baseada no petróleo para uma baseada em energia gás intensiva. No Brasil, a falta de recursos para a exploração do gás de xisto faz do Pré-Sal a esperança para uma revolução energética no país.

A partir do estudo de caso americano e das proporções geradas pela revolução energética vindas da produção do *shale gas* tanto no país quanto no mundo, fez-se uma análise do segmento no Brasil. Apesar de ainda ser inviável a exploração deste gás proveniente do xisto no Brasil, existem alguns gargalos que podem ser melhores trabalhados a fim de aumentar a competição deste insumo no mercado local antes de iniciar a exploração de gases não convencionais.

Com base na exploração de gás natural, foram feitas considerações a fim de entender a utilização do mesmo tanto na matriz energética dos países, quanto no setor industrial. Constatou-se um incremento da utilização do gás como energia, assim como um aumento da utilização deste insumo para a fabricação de produtos relacionados à indústria petroquímica.

Com o advento desta revolução, os EUA tornaram-se grande atrativo para o setor químico, e viu-se que muitos investimentos foram feitos no país e que acabaram por tirar recursos de muitos países, como o caso brasileiro e a construção de um polo petroquímico de uma empresa brasileira nos EUA, a fim de explorar esta abundância de gás refletida em baixos preços.

Com isso, foi feita uma análise dos impactos dos menores preços do gás natural nos EUA em comparação com o Brasil e os impactos que isso vem gerando no país. Com o preço baixo, há um aumento da demanda e consequentemente uma elevação da utilização deste insumo na produção de produtos gasoquímicos, mais especificadamente as resinas de polietileno.

Tendo um incremento na produção de produtos químicos, e a demanda pelos mesmos permanecendo constante nos Estados Unidos, em função de ser um país já

desenvolvido, a produção tende a ser escoada para outras regiões do mundo, dentre elas o Brasil, impactando economicamente a balança comercial do setor químico nacional.

Ao analisar o mercado americano, pode-se constatar a importância do gás natural tanto na matriz energética quanto nos setores industriais. Percebe-se que, com a evolução da exploração e produção, ambos os setores ganharam em produtividade e possibilitaram minimizar os custos da sociedade e das empresas.

Ao analisar os acontecimentos, nestes mesmos setores no Brasil, percebemos que o país ainda necessita de grandes investimentos e incentivos governamentais para que os setores tornem-se competitivos, primeiro nacional e segundo internacionalmente, ou então sofrerá com uma enxurrada de produtos internacionais que apresentam preços menores que os praticados pela produção nacional.

Enfim, a partir da análise do contexto americano, o trabalho tentou apresentar comparações com o mercado brasileiro, tanto de gás quanto petroquímico. A partir dos acontecimentos em solo norte-americano foram introduzidas algumas ideias que podem ser tomadas como referência no desenvolvimento dos setores no Brasil, bem como fez-se uma análise sobre políticas que devem ser tomadas para o progresso do mesmo.

Sem uma maior oferta de gás e uma reestruturação, principalmente do escoamento deste, seja com investimentos feitos pela Petrobrás, seja com abertura para o capital privado explorar esta área, o país dificilmente terá um aumento de competitividade perante o mercado internacional nestes setores.

REFERÊNCIAS

ABIQUIM - Déficit em produtos químicos atinge US$ 8,8 bilhões entre janeiro e abril. Disponível em:http://www.abiquim.org.br/comunicacao/noticia/detalhe/1430/rece-deficit-em-produtos-quimicos-atinge-us%24-8-8-bilhoes-entre-janeiro-e-abril . Acesso em: 31/05/2014

ABIQUIM – Pacto Nacional da Indústria Química. Disponível em:http://canais.abiquim.org.br/pacto/Pacto_Nacional_Abiquim.pdf . Acesso em 30/05/2014

ANP – Agencia Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis– Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo e Gás Natural 2013 Disponível em: http://www.cogen.com.br/paper/2013/Anuario_Estatistico_Brasileiro_Petroleo_Gas_Biocombustiveis_ANP_2013.pdf . Acesso em 30/05/2014

BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL – BEN2013. Disponível em: https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2013.pdf . Acesso em:

BNDES - Gás não convencional: experiência americana e perspectivas para o mercado brasileiro. Disponível em:http://www.bndes.gov.br/Si teBNDES/export/sites/default/ bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/bnset/set3702.pdf .

BP – British Petroleum - BP Energy Outlook 2035. Disponível em: http://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/Energy-economics/Energy-Outlook/Energy_Outlook_2035_booklet.pdf . Acesso em: 31/05/2014

BRASKEM – O setor Petroquímico. Disponível em:http://www.braskem-ri.com.br/show.aspx?idCanal=YlvXlS7BgoLxL7WvVwvP5A== Acesso em: 31/05/2014

BREAKTHROUGH INSTITUTE. Where the shale gas revolution came from government's role in the development of hydraulic fracturing in shale. Disponível em:http://thebreakthrough.org/blog/Where_the_Shale_Gas_Revolution_Came_From.pdf . Acesso em: 05/04/2014

CEcD. Fueling Prosperity: The Role Of Fossil Fuels, Renewebles and Energy Efficiency in Economic Development.

EIA - U.S. Energy Information Administration - Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: An Assessment of 137 Shale Formations in 41 Countries Outside the United States. Disponível em:http://www.eia.gov/analysis/studies/worldshalegas/ . Acesso em: 10/04/2014

EIA - U.S. Energy Information Administration - Analysis & projections - Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: An Assessment of 137 Shale Formations in 41 Countries Outside the United States. Disponível em:http://www.eia.gov/analysis/studies/worldshalegas/ . Acesso em: 10/04/2014

EIA - U.S. Energy Information Administration - Annual Energy Outlook 2014. Disponível em:http://www.eia.gov/forecasts/aeo/pdf/0383%282014%29.pdf. Acesso em: 10/04/2014

EIA - U.S. Energy Information Administration – Countrries: Argentina. Disponível em:http://www.eia.gov/countries/country-data.cfm?fips=ar . Acesso em: 10/04/2014

EIA - U.S. Energy Information Administration - ENERGY IN BRIEF. Disponível em: http://www.eia.gov/energy_in_brief/article/about_shale_gas.cfm . Acesso em: 10/04/2014

EIA - U.S. Energy Information Administration - Shale Gas and the Outlook for U.S. Natural Gas Markets and Global Gas Resources. Disponível em:http://www.eia.gov/pressroom/presentations/newell_06212011.pdf . Acesso em: 10/04/2014

Empresa de Pesquisa Energética e Ministério de Minas e Energia - Plano decenal de expansão de energia 2022. Disponível em:http://www.epe.gov.br/PDEE/20140124_1.pdf . Acesso em: 17/04/2014

GRAVES, John. **Fracking**: American's Alternative Energy revolution.

HOUSE, Trevor; MOHAN, Shahank. Fueling Up: The Economic Implications of America's Oil and Gas Boom. 2014

LENTINI, Vincent J. **The Shale Gas Revolution**.

MANKIW, N Gregory. **Introdução à Economia**. 3.ed.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. Secretaria de Petróleo, Gás Natural e Combustíveis Renováveis Departamento de Gás Natural. **Boletim mensal de acompanhamento da indústria de gás natural** n. 82, jan. 2014. Disponível em:http://www.mme.gov.br/spg/galerias/arquivos/publicacoes/boletim_mensal_acompanhamento_industria_gas_natural/Boletim_Gas_Natural_nr_82_jan_14.pdf . Acesso em: 31/05/2014

PROPUBLICA - Hydraulic Fracturing - What is Hydraulic Fracturing? Disponivel em: http://www.propublica.org/special/hydraulic-fracturing . Acesso em: 05/04/2014

PETROBRÁS - Fato Relevante - Reservas Provadas da Petrobras em 2012. Disponível em:http://www.investidorpetrobras.com.br/pt/destaques/fato-relevante-reservas-provadas-da-petrobras-em-2012.htm#topo . Acesso em: 17/04/2014

PWC - Price waterhouse Coopers - Shale Gas: Reshaping the US Chemicals Industry. Disponível em: http://www.pwc.com/en_US/us/industrial-products/publications/assets/pwc-shale-gas-chemicals-industry-potential.pdf .

RESENHA ENERGÉTICA Brasileira Maio 2013- Ministério de Minas e Energia. Disponível em: http://www.mme.gov.br/mme/galerias/arquivos/publicacoes/BEN/3_-_Resenha_Energetica/1_-_Resenha_Energetica.pdf . Acesso em: 17/04/2014

SAMUELSON, Paul A.; NORDHAUS, William D. **Economia**. 14.ed.

SIMKINS, Betty; SIMKINS, Russell. Energy Finance and Economics: Analyis and Valuation, Risk Management and the Future of Energy.

U.S Departament Of Energy – How is Shale Gas Produced? Disponível em: http://energy.gov/sites/prod/files/2013/04/f0/how_is_shale_gas_produced.pdf Acesso em: 05/04/2014

U.S Departament Of Energy – Shale Gas R&D. Disponível em:http://energy.gov/fe/science-innovation/oil-gas/shale-gas-rd . Acesso em: 05/04/2014

U.S Departament Of Energy – Where is Shale Gas Found in the United States? Disponível em: http://energy.gov/sit es/prod/files/2013/04/f 0/where_is_sh ale_gas_foun d.pdf . Acesso em: 05/04/2014

U.S Departament Of Energy – Why is Shale Gas Important? Disponível em:http://energy.gov/sites/prod/files/2013/04/f0/why_is_shale_gas_important.pdf . Acesso em: 05/04/2014

WANG, Zhongmin; KRUPNICK, Alan. **A Retrospective Review of Shale Gas Development in the United States**: What Led to the Boom? Disponível em:http://www.rff.org/RFF/documents/RFF-DP-13-12.pdf Acesso em: 05/04/2014