

FLÁVIA RIBEIRO DA ROSA

**A REVOLUÇÃO DO XISTO NOS ESTADOS UNIDOS E OS IMPACTOS
NA GEOPOLÍTICA MUNDIAL**

São Paulo

2019

FLÁVIA RIBEIRO DA ROSA

**A REVOLUÇÃO DO XISTO NOS ESTADOS UNIDOS E OS
IMPACTOS NA GEOPOLÍTICA MUNDIAL**

Trabalho de Conclusão de Curso em
Engenharia de Minas do Curso de Graduação
do Departamento de Engenharia de Minas e de
Petróleo da Escola Politécnica da Universidade
de São Paulo.

Orientador: Prof. Dr. Manoel Rodrigues Neves

São Paulo

2019

0991546

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

TF-2019
R712

H2019j



Escola Politécnica - EPMI



31700002871

Catálogo-na-publicação

ROSA, FLÁVIA

A revolução do xisto nos Estados Unidos e os impactos na geopolítica mundial / F. ROSA -- São Paulo, 2019.
39 p.

Trabalho de Formatura - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Minas e Petróleo.

1.XISTO (ESTADOS UNIDOS) 2.GEOPOLÍTICA (IMPACTOS ECONÔMICOS; IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS) I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Minas e Petróleo II.t.

9348112

Não é o crítico que importa; nem aquele que aponta onde foi que o homem tropeçou ou como o autor das façanhas poderia ter feito melhor. O crédito pertence ao homem que está por inteiro na arena da vida, cujo rosto está manchado de poeira, suor e sangue; que luta bravamente, que erra, que decepciona, porque não há esforço sem erros e decepções; mas que, na verdade, se empenha em seus feitos; que conhece o entusiasmo, as grandes paixões; que se entrega a uma causa digna; que, na melhor das hipóteses, conhece no final o triunfo da grande conquista e que, na pior, se fracassar, ao menos fracassa ousando grandemente.

Theodore Roosevelt, 23 de abril de 1910.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ser meu constante refúgio.

Agradeço aos meus pais por tudo que me proporcionam. Ao meu pai, Valter, que sempre foi meu exemplo e sempre soube me incentivar e me apoiar, ajudando em todas as minhas decisões e desafios. A minha mãe, Kássia, por todo amor e preocupação. Sei que não foi fácil me aguentar em casa em momentos de sobrecarga, em que eu precisava de dedicação para este trabalho e para todas as outras tarefas necessárias para a conclusão do curso. Amo vocês!

Agradeço ao meu irmão e aos meus avós por estarem ao meu lado e confiarem em mim. Agradeço ao meu cachorro por existir, por ser a alegria da casa e o mais bonito símbolo de amor puro.

Agradeço ao Professor Manoel por toda a orientação durante este trabalho. Agradeço aos Professores Sanchez, Sansone e Maurício por se colocarem à disposição para me auxiliar nessa reta final.

Agradeço aos meus amigos próximos que acompanharam o que vivi na universidade, principalmente no último semestre e estiveram ao meu lado. Agradeço às minhas amigas que moram comigo por aguentarem meus momentos de estresse e por proporcionarem muitas risadas e histórias.

Agradeço ao meu gestor por ser compreensivo em todos os momentos que precisei me ausentar do estágio para realizar tarefas da universidade. Agradeço as amizades sinceras que conquistei na Raízen. Vocês tornaram os dias mais leves.

Agradeço a mim mesma, por todo o foco e determinação para enfrentar os desafios da vida. Estudar na Escola Politécnica sempre foi um sonho para mim e, agora, poder concluir esse ciclo me deixa muito orgulhosa e motivada para próximos passos.

Por fim, agradeço a todos que estão fazendo a leitura do trabalho. Desejo muito sucesso e foco na vida de vocês.

RESUMO

O presente trabalho aborda um estudo sobre o que foi a Revolução do Xisto ocorrida nos Estados Unidos da América através de uma perspectiva geopolítica, buscando entender os fatores que garantiram o sucesso americano e os impactos que essa revolução trouxe para o país e para o mercado. Se entenderão os conceitos de *shale gas* e de *tight oil* e como o aumento substancial da produção desses produtos por meio da exploração das reservas de xisto impactou na produção da OPEP e nos preços do barril de petróleo. O conceito de fraturamento hidráulico se fará presente no trabalho para explorar um dos fatores que garantiram a alavancagem da produção americana. Somado a isso, será exposto, através de projeções energéticas de longo prazo, como será o comportamento americano ao longo dos próximos anos em relação à exploração e comercialização dos produtos e fatores que podem incrementar a produção e garantir o sucesso da revolução.

Palavras-chave: revolução, xisto, geopolítica, Estados Unidos da América.

ABSTRACT

This project deals with a study of what was the shale revolution occurred in the United States of America, through a geopolitical perspective, seeking to understand the factors that ensured the American success and the impacts this revolution brought to the country and the market. It will be understood how the substantial increase in US shale gas and tight oil production through shale impacted OPEC production and oil barrel prices. The concept of hydraulic fracturing will be present in the work to explore one of the factors that guaranteed the leverage of American production. In addition to this, it will be exposed how American behavior will be over the next years about the exploration and commercialization of the product and factors that can increase the production and guarantee the success of the revolution.

Keywords: revolution, shale, geopolitical, United States of America.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Área de ocorrência de acumulação de gás de forma convencional e de forma não convencional em folhelho.....	12
Figura 2: Extração de <i>Shale Gas</i>	14
Figura 3: Tensões que atuam nas rochas das formações	15
Figura 4: Produção de óleo mundial	19
Figura 5: Consumo e produção mundial de gás natural.....	20
Figura 6: Fontes de geração de energia em 2018.....	21
Figura 7: Médias americanas para os principais parâmetros de projeto	22
Figura 8: Aplicação da técnica de <i>machine learning</i>	23
Figura 9: Projeto Bongo 76-43	26
Figura 10: Projeção do consumo de energia americano.....	28
Figura 11: Projeção da produção de energia americana	28
Figura 12: Relação de importação e exportação americana.....	29
Figura 13: Influência do xisto na produção de gás natural.....	30
Figura 14: Quatro fatores de sucesso para aumentar a rentabilidade da produção de <i>shale gas</i> e <i>tight oil</i>	31
Figura 15: Tendência dos preços dos barris de petróleo no período de 2011 a 2015.	34

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Maiores Consumidores de petróleo 2015-2018 em mibpd18

Quadro 2: Maiores produtores de petróleo 2015-2018 em mibpd.....19

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
1.1 OBJETIVO.....	9
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	10
2.1 ORGANIZAÇÃO DOS PAÍSES EXPORTADORES DE PETRÓLEO (OPEP).....	10
2.2 SHALE GAS.....	11
2.3 TIGHT OIL.....	12
2.4 FRATURAMENTO HIDRÁULICO (<i>FRACKING PROCESS</i>)	13
3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	16
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	18
4.1 ANÁLISE DA PRODUÇÃO E DO CONSUMO MUNDIAL DE PETRÓLEO	18
4.2 ANÁLISE DA PRODUÇÃO E DO CONSUMO MUNDIAL DE GÁS NATURAL....	20
4.3 REVOLUÇÃO DO XISTO NOS EUA.....	21
4.4 FATORES DO SUCESSO AMERICANO.....	22
4.5 PROJEÇÕES ENERGÉTICAS PARA OS EUA.....	27
4.6 O FUTURO DA PRODUÇÃO DE SHALE GAS E TIGHT OIL.....	30
4.7 DISCUSSÕES	33
4.7.1 Discussões econômicas	33
4.7.2 Discussões geopolíticas	35
4.7.3 Discussões ambientais	36
4.8 CONCLUSÕES.....	33
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38

1 INTRODUÇÃO

A geopolítica é uma área de conhecimento multidisciplinar que estuda as influências do espaço geográfico nas relações de poder em política internacional. Entre as características geográficas que contribuem para determinar a política nacional e aspectos importantes das relações internacionais destacam-se, por exemplo, as fronteiras naturais, o acesso e o controle de rotas marítimas e áreas territoriais estratégicas e aos recursos naturais disponíveis, como o petróleo, que tem sido a principal matriz energética há mais de um século, gerando disputas pelo controle de suas reservas e locais de produção (VIEIRA, 2013).

O acesso às fontes de petróleo internacionais constitui uma questão fundamentalmente geopolítica, uma vez que depende necessariamente da localização geográfica do recurso natural e envolve ao menos dois atores internacionais: o Estado que detém o petróleo em seu território e o Estado carente de energia que precisa do produto para assegurar a competitividade de sua economia. Assim, a geopolítica do petróleo trouxe nova configuração à geopolítica internacional (VIEIRA, 2013).

Uma nova forma de produção de petróleo vem se destacando desde o início da década. É o caso da produção não convencional a partir do xisto, influenciada por avanços tecnológicos que permitiram a extração de reservas até então inalcançáveis (DCI, 2018).

1.1 OBJETIVO

Diante desse cenário, o objetivo deste trabalho é estudar como a Revolução do Xisto americano gerou impactos para a geopolítica mundial, influenciando na dinâmica global de preços e reduzindo a dependência do mercado em relação à produção da OPEP, limitando o poder de controle do cartel sobre o preço do barril, além de trazer segurança energética aos EUA e fazer com que o país esteja menos dependente de fornecimentos externos. Se entenderá também os motivos que garantiram o protagonismo americano na revolução.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 ORGANIZAÇÃO DOS PAÍSES EXPORTADORES DE PETRÓLEO (OPEP)

A Organização dos Países Exportadores de Petróleo foi fundada em setembro de 1960 por cinco países (Arábia Saudita, Irã, Iraque, Kuwait e Venezuela), em uma tentativa de fortalecer os produtores emergentes no momento em que muitos deles estavam ainda deixando de ser colônias e que o mercado mundial de combustível era comandado por companhias europeias e norte-americanas, como Esso, Chevron, Shell e BP (FGV ENERGIA, 2019).

A ideia era assegurar "uma renda estável para os países produtores" e "o fornecimento eficiente, econômico e regular de petróleo a países consumidores", segundo o estatuto do grupo, instituído em 1961 (FGV ENERGIA, 2019).

Hoje, a OPEP é integrada pelos seguintes países: Angola, Arábia Saudita, Argélia, Congo, Emirados Árabes Unidos, Equador, Guiné Equatorial, Gabão, Irã, Iraque, Kuwait, Líbia, Nigéria, Qatar e Venezuela. Cerca de um terço de toda a produção de petróleo cru (não refinado) mundial vem de seus membros. Em volume de reservas, seus integrantes possuem petróleo suficiente para encher 1,2 trilhão de barris, 82% de todas as reservas mapeadas hoje no planeta. São todos grandes exportadores de petróleo, embora sejam também nações pequenas (FGV ENERGIA, 2019).

Esses países experimentaram nas duas últimas décadas momentos de mudanças e crises, cujos desequilíbrios dinâmicos negativos assumem efeitos de realimentação e instabilidade crescentes, tornando-se a área do mundo mais sensível e aguda de conflito mundial focalizado (FGV ENERGIA, 2019).

Desde que a OPEP fez ao mundo as primeiras demonstrações de seu poder, com os choques do petróleo da década de 1970, mais especificamente em 1973 e 1979 quando a organização embargou parte de sua produção, fazendo o preço do óleo disparar, acabou com uma era de combustível fóssil farto e barato e alastrou uma sucessão de crises energéticas e econômicas por todo o globo, incluindo o Brasil,

estimulando a criação do programa Proálcool e a exploração de petróleo na plataforma continental (FGV ENERGIA, 2019).

O preço do petróleo é livre. Dois de seus principais tipos, o Brent e o WTI, são comercializados nas Bolsas de Valores de Londres e Nova York, respectivamente, o que significa que variam conforme a procura: quando há produto sobrando, o valor cai; quando falta, sobe. Assim, cada pequena variação que um produtor do tamanho de um membro da Opep faz na extração de seus poços terá impacto no preço global (FGV ENERGIA, 2019).

2.2 SHALE GAS

O folhelho, no inglês conhecido como *shale*, mas erroneamente traduzido como xisto para o português, é uma rocha sedimentar com estrutura laminada e considerável teor de sílica, que pode conter querogênio em sua composição. O termo xisto é comumente utilizado para designar rochas metamórficas que são facilmente identificáveis por serem fortemente laminadas e por este motivo, neste trabalho, será usado o termo exposto (WANG et al., 2013).

Os principais ambientes de deposição do folhelho são grandes lagos, mares de águas rasas, lagoas e pântanos. É hoje a maior fonte em potencial de hidrocarbonetos conhecida no mundo (WANG et al., 2013).

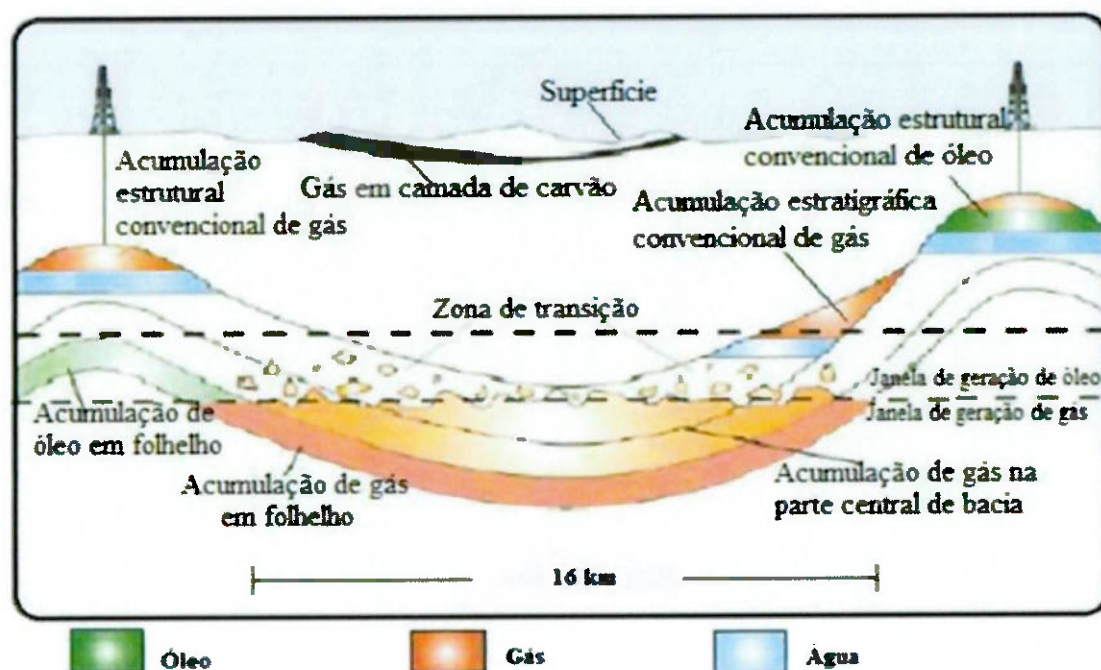
Para viabilizar a exploração e produção comercial do gás contido no folhelho, torna-se necessário aumentar a permeabilidade da rocha. Nesse sentido, dois avanços tecnológicos, utilizados simultaneamente, foram fundamentais: a estimulação pelo fraturamento hidráulico e a perfuração de poços direcionais (WANG et al., 2013).

Essa produção apresenta um ciclo de vida mais curto, por isso pode-se afirmar que apresenta um retorno rápido do investimento. Uma diferença entre o *shale gas* e as fontes convencionais de gás natural é que a produtividade do *shale* é significativamente maior no primeiro ano de produção. Isso ocorre porque a maneira como o gás está estocado dentro da rocha define o formato de sua curva de produção.

Nesse sentido, verifica-se que o gás que se encontra livre na rocha é produzido rapidamente em altas taxas, enquanto que o gás que está aprisionado na rocha é produzido lentamente a baixas taxas (WANG et al., 2013).

Os reservatórios de *shale gas* são classificados quanto a sua acumulação como plays “contínuos” de gás natural, ou seja, acumulações que são difundidas em grandes áreas geográficas. As acumulações contínuas diferem das convencionais de hidrocarbonetos em dois aspectos importantes. Primeiro, elas não ocorrem acima de uma base de água, e segundo, elas geralmente não são estratificadas por densidade dentro do reservatório, conforme mostrado na Figura 1 (WANG et al., 2013).

Figura 1: Área de ocorrência de acumulação de gás de forma convencional e de forma não convencional em folhelho.



Fonte: WANG et al., (2013)

2.3 TIGHT OIL

Refere-se ao óleo acumulado em arenitos e reservatórios de carbonatos, com permeabilidade in situ da matriz menor ou igual a $0.1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$. Esse tipo de reservatório é adjacente às rochas ricas em fontes orgânicas, mas os poços têm capacidade de produção natural abaixo dos limites comerciais. Contudo, podem obter

produção comercial de petróleo sob certas condições e estímulos técnicos (SUYUN et al., 2018).

Nos EUA, a exploração e o desenvolvimento de *tight oil* estão concentrados em quase 20 bacias, como Williston, Golfo Ocidental e Permiano e os pontos de exploração incluem Bakken, Eagle Ford, WolfCamp, Niobrara e Bone Spring (SUYUN et al., 2018).

Afetados pelo baixo preço do petróleo de 2014 a 2017, o número de poços recém perfurados nas quatro principais províncias de petróleo dos EUA caiu drasticamente. No entanto, o país implementou grandes medidas de redução de custos e aumento da eficiência, resultando em aumento considerável da produção de *tight oil* através do *shale* (SUYUN et al., 2018).

2.4 FRATURAMENTO HIDRÁULICO (*FRACKING PROCESS*)

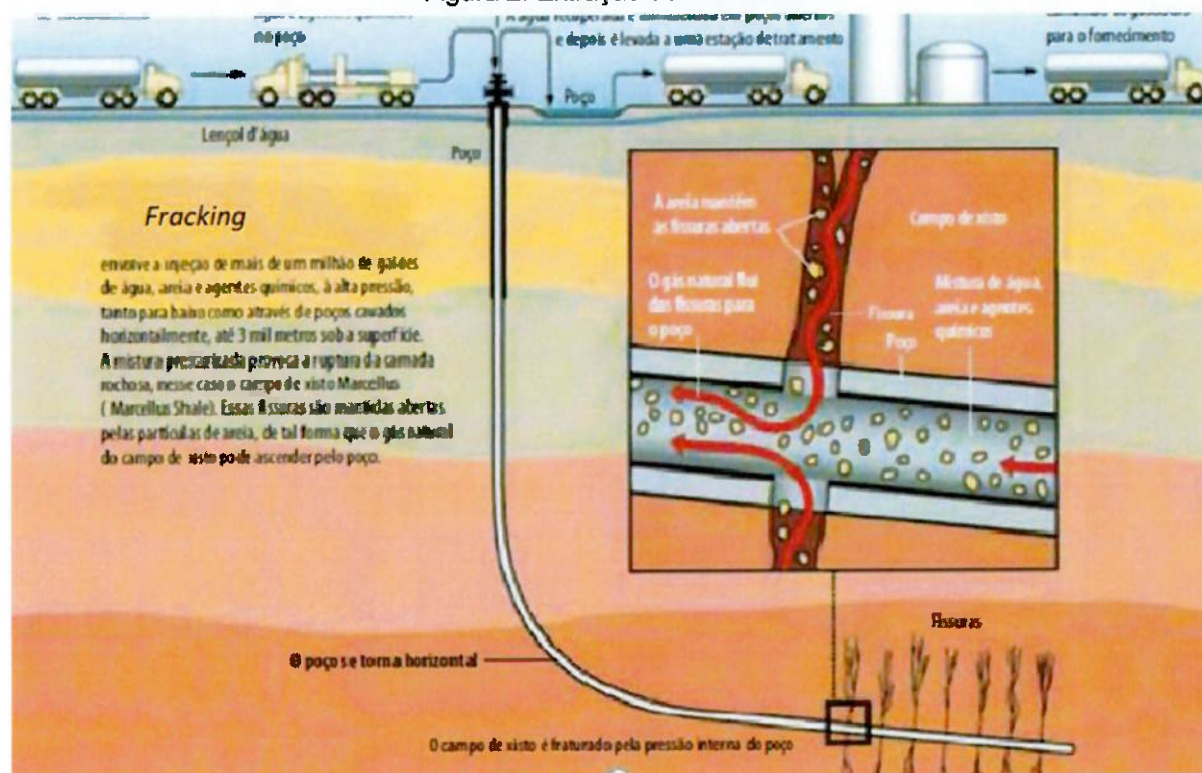
Método usado para aumentar a vazão nos poços de petróleo e gás. O processo começa construindo-se a infraestrutura necessária no local, incluindo o desenvolvimento do poço. Esses poços possuem uma profundidade de 2500 a 3100 metros e podem ser horizontais ou apresentar seções direcionais (WANG et al., 2013).

Ocorre o bombeamento de fluidos de fraturamento nos poços a uma taxa suficiente para aumentar a pressão e fazer com que a rocha se rompa e o gás escoe mais facilmente do poço, conforme exposto na Figura 2. Esses fluidos são formados por aproximadamente 90% de água e aditivos químicos. Depois que a fratura é criada, esta é mantida aberta a partir da ação de propante ou agente de sustentação para prevenir que a fratura se feche quando a injeção for finalizada e a pressão se reduzir.

Esse agente de sustentação ou propante é o material que possibilitará a criação de um caminho de maior condutividade para o fluido e sua escolha deverá ser feita de forma criteriosa para que o mesmo resista ao fechamento da fratura e garanta o fluxo do reservatório para o poço ou o inverso. Os principais tipos de propantes são areia, bauxita e cerâmica (ALLEN; ROBERTS, 2012).

Ao término do processo, a pressão interna atuante na rocha faz com que esses fluidos usados no fraturamento alcancem a superfície onde serão estocados em tanques para reuso (WANG et al., 2013).

Figura 2: Extração de Shale Gas



Fonte: Wang et al., (2013)

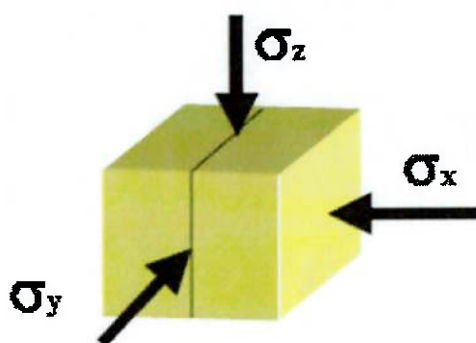
Segundo Xiang (2011), há algumas razões práticas que justificam o uso do fraturamento. São elas: modificar o modo de fluxo do reservatório, o fluxo passa a ser linear dentro da fratura e pseudo radial nas regiões que circundam a fratura. Isso aumenta a área do reservatório exposta a ele e para o poço criam-se caminhos com menor resistência, ultrapassar regiões danificadas nas proximidades dos poços; conectar regiões de maior porosidade efetiva; conectar as fraturas naturais; aumentar a área de exposição; elevar o índice de produtividade de poços.

Para Xiang (2011), a efetividade do fraturamento hidráulico pode ser explicada com base na mecânica das rochas. As rochas no subsolo estão submetidas a tensões nas três dimensões, geradas pelo peso das formações superiores e das tensões horizontais. A direção do plano da fratura é controlada por essas tensões. A

resistência natural da formação depende também do processo de cimentação e da compactação. Logo, as forças que mantêm a rocha unida são a resistência natural e a tensão resultante do peso das camadas superiores.

A rocha porosa é naturalmente cheia de fluido, apresentando uma tensão natural. Quando recebe mais fluidos, com uma pressão artificial aplicada, a tensão interna da rocha aumenta. No momento em que a tensão aplicada se torna maior do que a resistência que mantém a rocha unida, forma-se uma fratura perpendicular ao plano de tensão principal mínima. Enquanto houver pressão suficiente gerada pela injeção de fluido no poço, a fratura se estenderá. Na Figura 3 observa-se a tensão no eixo Z indicando a direção da fratura gerada e no eixo X se encontra a menor tensão (XIANG, 2011).

Figura 3: Tensões que atuam nas rochas das formações



Fonte: Xiang (2011)

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Os materiais e métodos utilizados para elaboração do trabalho bem como as etapas realizadas estão descritos a seguir.

Inicialmente, serão apresentadas análises da produção e do consumo mundial de petróleo e de gás natural para se entender a importância dos produtos no mercado e o comportamento que os países que se destacam como grandes consumidores e produtores estão apresentando ao longo dos anos. O relatório anual *BP Statistical Review of World Energy* (2019) foi usado para embasamento teórico dessa etapa.

Após isso, a Revolução do Xisto será analisada com maiores detalhes, entendendo-se o que foi a explosão do produto e os fatores que fizeram com que os Estados Unidos fossem os protagonistas do processo. O livro "*The Green and the Black: The Complete Story of Shale Revolution*" de Gary Sernovitz (2016) foi usado para se aprofundar no entendimento sobre a revolução e o relatório da McKinsey&Company (2019), o relatório EIA (2019) e alguns artigos científicos contribuíram para se elencar os fatores do sucesso americano.

Posteriormente, haverá um estudo de projeções energéticas de longo prazo para os Estados Unidos, embasado pelo relatório *Annual Energy Outlook 2017* (AEO, 2017) desenvolvido pelo *National Energy Modeling System* (NEMS) que se baseia em um modelo de integração que tem por objetivo capturar várias interações entre consumo e produção de energia, variações da economia e preços de mercado. Com isso, será possível entender quais produtos serão destaques na matriz energética americana e quais perderão influência, além de se entender como se comportará o consumo e a produção de energia do país.

Em sequência, se entenderá como será o futuro da produção americana de gás e de óleo através do xisto, analisando fatores elencados pelo relatório da McKinsey&Company (2019) que podem contribuir para incrementar a produtividade e rentabilidade dos produtores, prolongando o sucesso da revolução.

Serão então apresentadas as discussões levantadas no trabalho, divididas em aspectos econômicos, geopolíticos e ambientais, trazendo uma síntese dos resultados expostos. Tais discussões serão embasadas em artigos científicos e no livro de Sernovitz (2016).

Por último, as conclusões farão o fechamento do trabalho, expondo os impactos que a Revolução do Xisto trouxe para a geopolítica mundial.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 ANÁLISE DA PRODUÇÃO E DO CONSUMO MUNDIAL DE PETRÓLEO

O relatório anual *Statistical Review of World Energy* (BP, 2019) trouxe a informação de que em 2018 o mundo estabeleceu um novo recorde de consumo de petróleo de 99,8 milhões de barris por dia (mibpd). Segundo o relatório, é o nono ano consecutivo em que a demanda global por petróleo aumentou, crescendo 1,5%.

O relatório divulga também que em mais um ano os Estados Unidos da América se confirmaram como os maiores consumidores e os maiores produtores mundiais. Do Quadro 1, lê-se que o consumo médio de petróleo dos EUA em 2018 foi de 20,5 milhões de barris por dia (mibpd).

Em 2º lugar está a China com 13,5 mibpd e em 3º lugar a Índia com 5,2 mibpd. Em 4º lugar aparece a Arábia Saudita com 3,7 mibpd.

Quadro 1: Maiores Consumidores de petróleo 2015-2018 em mibpd

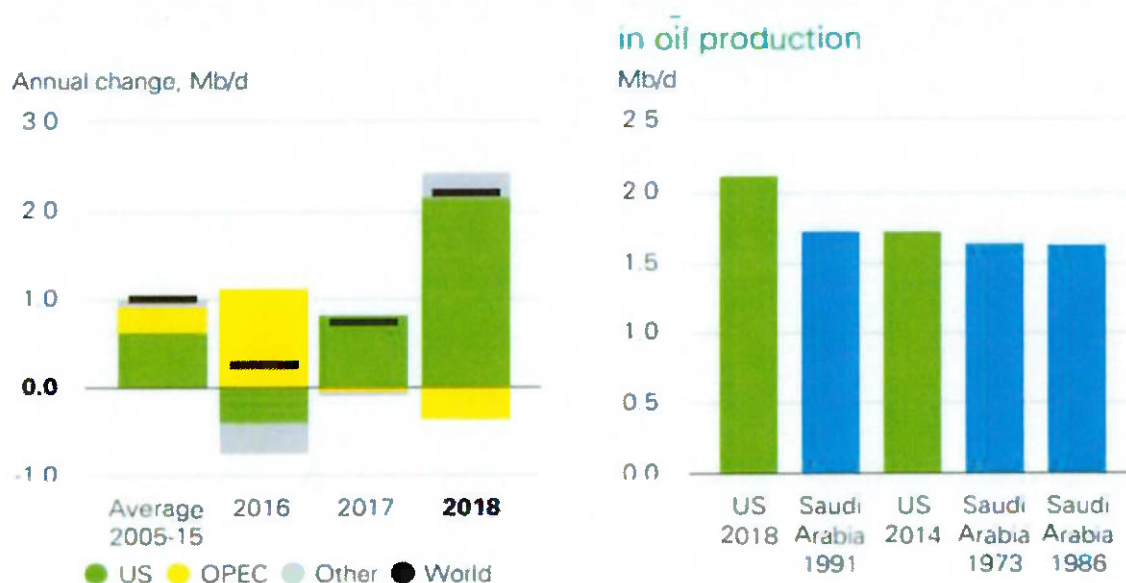
Ranking 2018	País	Consumo 2018	Consumo 2017	Consumo 2016	Consumo 2015
1	EUA	20,5	20,0	19,7	19,5
2	China	13,5	12,8	12,3	12
3	Índia	5,2	4,9	4,7	4,2
4	Japão	3,9	4,0	4,0	4,2
5	Arábia Saudita	3,7	3,8	3,9	3,9
6	Rússia	3,2	3,2	3,2	3,1
7	Brasil	3,1	3,2	3,0	3,1
8	Coreia do Sul	2,8	2,8	2,8	2,6
9	Canadá	2,4	2,4	2,4	2,4
10	Alemanha	2,3	2,4	2,4	2,3
11	Irã	1,9	1,8	1,7	1,8
12	México	1,9	1,9	2,0	1,9

*mibpd: milhões de barris por dia

Fonte: BP *Statistical Review* (2019)

O *Statistical Review* (BP, 2019) destaca também o novo recorde mundial de produção de petróleo em 2018, que atingiu o volume de 94,7 milhões de barris de petróleo por dia (mibpd), um aumento de 2,22 milhões de barris por dia em relação a 2017.

Figura 4: Produção de óleo mundial



Fonte: BP Statistical Review (2019)

Novamente, há um destaque americano como maior produtor de petróleo do mundo, conforme visto na Figura 4, atingindo um recorde de 15,3 milhões de barris diários. O país liderou o aumento da produção, em relação a 2017, com um ganho de 2,18 mibpd. Esse aumento refere-se à alta produção gerada das reservas de xisto, representando quase metade dos 15,3 mibpd produzidos. Já a produção da OPEP caiu 0,3 mibpd em 2018 (BP, 2019).

Quadro 2: Maiores produtores de petróleo 2015-2018 em mibpd

Ranking 2018	País	Produção 2018	Produção 2017	Produção 2016	Produção 2015
1	EUA	15,3	13,1	12,3	12,8
2	Arábia Saudita	12,3	11,9	12,4	12,0
3	Rússia	11,4	11,3	11,3	11,0
4	Canadá	5,2	4,8	4,5	4,4
5	China	3,8	3,8	4,0	4,3
6	Irã	4,7	5,0	4,6	3,9
7	Iraque	4,6	4,5	4,4	4,0
8	Emirados Árabes	3,9	3,9	4,0	3,9
9	Kwait	3,0	3,0	3,1	3,1
10	Brasil	2,7	2,7	2,6	2,6
11	México	2,1	2,2	2,6	2,6
12	Venezuela	1,5	2,1	2,3	2,6

*mibpd: milhões de barris por dia

Fonte: BP Statistical Review (2019)

Do Quadro 2, conclui-se que a Arábia Saudita ocupa o 2º lugar no ranking de produção. Em 3º lugar, a Rússia com 11,4 mibpd. O revezamento das posições se dava entre esses dois países. Agora, com o aumento da produção de xisto, os EUA vêm liderando o ranking (BP, 2019).

4.2 ANÁLISE DA PRODUÇÃO E DO CONSUMO MUNDIAL DE GÁS NATURAL

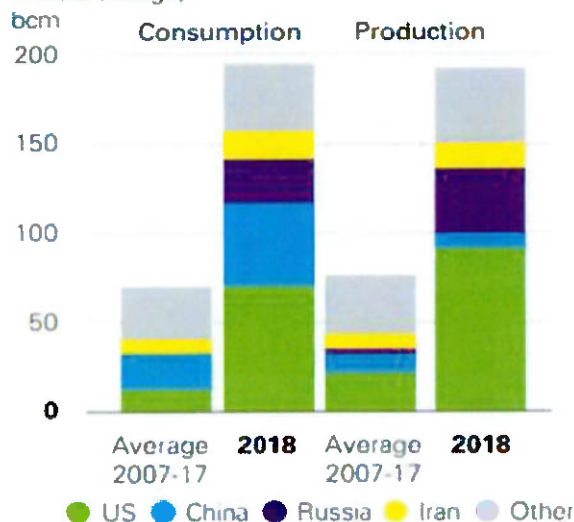
A produção e o consumo de gás natural cresceram 5% em 2018 e os EUA são, novamente, o principal influenciador desse número, conforme exemplifica a figura 5, responsável por aproximadamente 40% do crescimento da demanda global e mais de 45% do aumento da produção (BP, 2019).

Figura 5: Consumo e produção mundial de gás natural

Natural gas

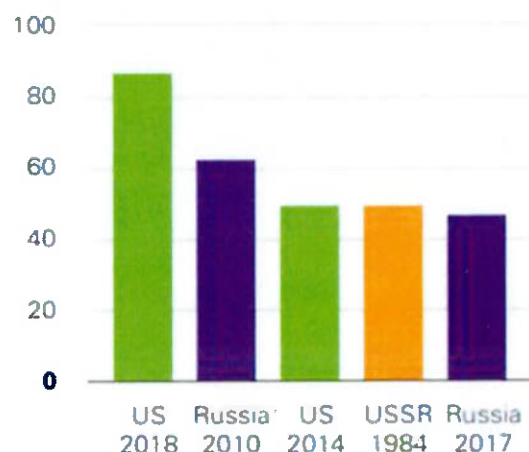
Consumption and production growth

Annual change, bcm



Largest annual increases in gas production

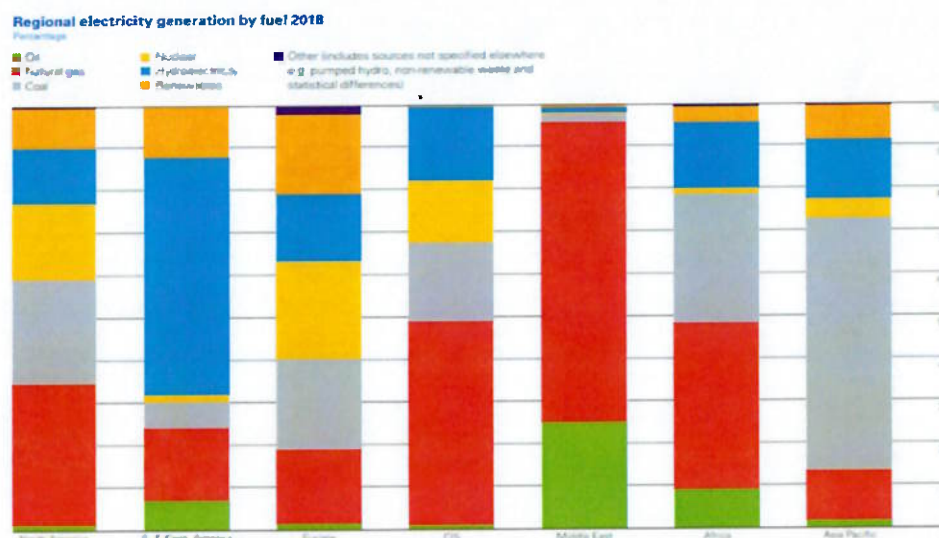
bcm



Fonte: BP Statistical Review (2019).

Somado a isso, a BP (2019) traz também a informação de que a maior fonte de combustível nos EUA é o gás natural, conforme ilustra a Figura 6. Assim, um aumento da produção significa melhor capacidade de suprir a demanda interna, reforça Sernovitz (2016).

Figura 6: Fontes de geração de energia em 2018



Fonte: BP Statistical Review (2019)

4.3 REVOLUÇÃO DO XISTO NOS EUA

A revolução caracterizou-se pelo crescimento de forma acelerada nos últimos 10 anos da produção de *tight oil* e *shale gas* nos Estados Unidos. Agora, 54% da produção de óleo cru e 55% de gás natural são produzidos nos EUA através do xisto. Em 2008, essa porcentagem era de 17% para ambos os produtos (SERNOVITZ, 2016).

Sernovitz (2016) destaca em seu livro que entre 2000 e 2007, a produção de óleo americana caiu 2% ao ano e a de gás 1%. Entre 2007 e 2014 a produção de óleo cresceu 8% ao ano e quase dobrou nos anos 2012, 2013 e 2014. Já a produção de gás natural cresceu de forma mais lenta, 4 % ao ano, devido à demanda limitada. Isso significa que em 8 anos os EUA produziram mais de 6 bilhões de barris de petróleo e 28 trilhões de metros cúbicos de gás a mais do que se tivessem continuado na antiga trajetória. Essa produção trouxe uma receita de 600 bilhões de dólares no período.

Ainda segundo Sernovitz (2016) no final de 2014, 48 bilhões de barris de petróleo estavam comprovados nas reservas, 57% a mais do que 5 anos antes, além de 345 trilhões de metros cúbicos de gás natural representando 69% a mais do que o início das explorações de xisto em 2005. Isso apenas em reservas provadas.

Se estimar que as reservas comprovadas de óleo valem 20 dólares por barril e as de gás valem 1 dólar por mil pés cúbicos, no final de 2014, o valor total das reservas

comprovadas era de 1,3 trilhões de dólares. Isso significa 550 bilhões de dólares a mais do que se a revolução não tivesse acontecido e 700 bilhões a mais se considerarmos as novas reservas já consumidas.

Sernovitz (2016) afirma que a Revolução do Xisto foi a mudança mais inesperada da última década, fazendo com que os EUA cortassem 53% ou seja 22 bilhões de dólares nas contas com importação de óleo, gás e outros derivados do petróleo.

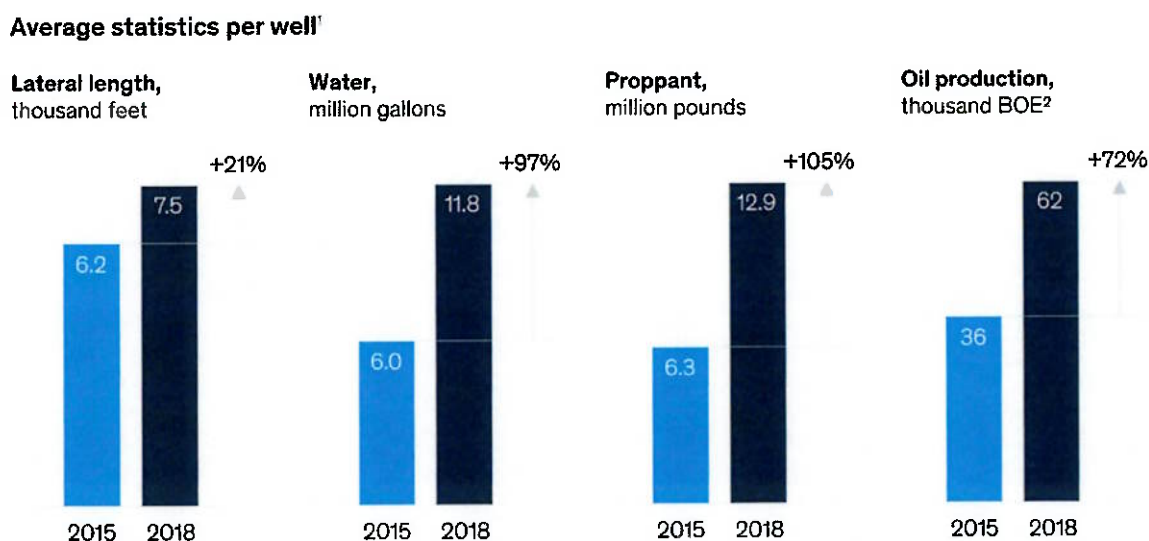
Na próxima seção serão apresentados alguns fatores que explicam o protagonismo americano nessa Revolução do Xisto.

4.4 FATORES DO SUCESSO AMERICANO

A consultoria americana McKinsey&Company (2019) elencou alguns fatores que contribuíram para o sucesso americano na produção de *shale gas* e *tight oil*. São eles:

Eficiência de capital: o primeiro passo para aumentar a eficiência de capital é garantir que o projeto do poço maximize o valor econômico. As médias dos EUA para os principais parâmetros de projeto, tais como, comprimento lateral, volume de fluido e carga de propante aumentaram ano a ano, gerando um aumento considerável na produção por poço, conforme destaca a Figura 7.

Figura 7: Médias americanas para os principais parâmetros de projeto

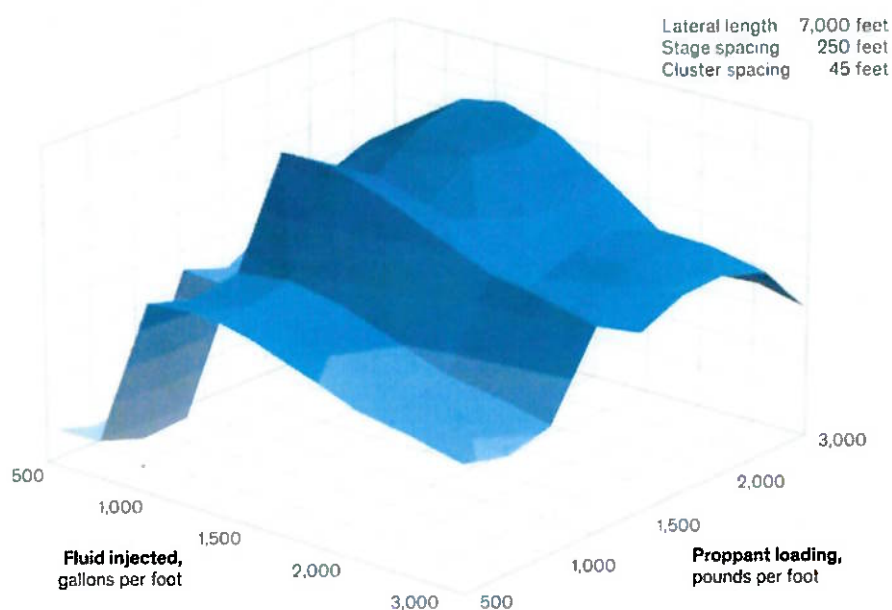


Fonte: McKinsey&Company (2019)

Tecnologia: a Figura 8 mostra como a aplicação de um modelo de *machine learning*, no qual aplica-se inteligência artificial para fazer com que as máquinas realizem tarefas que seriam executadas por pessoas, em uma sub-bacia, pode trazer otimização econômica para carregamento de fluido e propante, considerando o comprimento lateral, o espaçamento do estágio e o espaçamento do cluster. Com o objetivo de otimizar o design do poço em relação ao valor econômico, a eficiência do capital é definida em termos de barris produzidos em 12 meses por US\$ 1.000 em capital. Essa abordagem pode servir como um primeiro passo em direção à otimização total do desenvolvimento, responsável pelo espaçamento, pela contagem e pela recuperação total.

Figura 8: Aplicação da técnica de *machine learning*

First 12 months' oil production per \$1,000 of capital expenditure,¹ barrels/\$



Fonte: McKinsey&Company (2019)

Funções corporativas: times bem qualificados e escalados em áreas de cadeias de suprimentos e logística para gerenciar os custos.

Posição estratégica: cuidadosas estruturas orgânica e inorgânica de estratégias de crescimento, sustentadas por uma superfície excelente e terras boas para uso.

Há ainda outros fatores que sustentam o sucesso americano, tais como:

Infraestrutura: os EUA possuem uma infraestrutura única composta de plataformas de perfuração de ponta, uma extensa rede de dutos e refinarias associadas que são a chave para a rápida expansão da produção (MANESCU e NUNO, 2015).

Modo de produção: o EIA (2019), caracterizou a produção de *tight oil* e *shale gas* em quatro fases, abaixo detalhadas:

Fase 1 - Exploração e avaliação

A fase tem por objetivo identificar formações com potencial comercial por meio da avaliação de características geológicas, como profundidade, porosidade, saturação dos fluidos, entre outras. Os poços são perfurados para se determinar o tamanho, qualidade e extensão geográfica.

Fase 2 - Desenvolvimento precoce

Nessa fase, mais poços são perfurados além do limite da região e áreas com grande potencial são identificadas. Podem ser vistas grandes inovações tecnológicas e operacionais à medida que os produtores determinam como extrair com mais eficiência os hidrocarbonetos com menores custos por unidade.

Fase 3 - Estabilização da produção

Os produtores otimizam os comprimentos laterais, o espaçamento e o *design* no poço que gerará altas taxas de produção.

Fase 4 - Máxima recuperação

Durante essa fase, a perfuração continua em áreas centrais e se expande também para áreas menos produtivas. O desenvolvimento do bloco geralmente começa de forma lenta, pois os produtores garantem o arrendamento e iniciam a perfuração para

entender se o óleo pode ser produzido a partir daquele ponto. Se a área for economicamente viável, a perfuração será acelerada rapidamente.

Entrada de Grandes *Players*

Antes dominado por pequenos produtores independentes, o mercado de *shale* agora recebe a atenção de grandes empresas do setor, que depois das mudanças ocasionadas pela queda nos preços em 2014, foram forçadas a cortar custos e focar em projetos que entregam caixa rápido e são facilmente acelerados ou desacelerados e a produção de gás e de óleo através do folhelho se encaixa como solução. A chegada desses grandes *players* foi um excelente encaixe entre recursos geológicos e fortes balanços patrimoniais (BLOOMBERG, 2017).

Exxon Mobil Corp., *Royal Dutch Shell Plc* e *Chevron Corp* investiram, em 2017, 10 bilhões de dólares na exploração do *shale*. Poucos anos atrás, esse investimento era próximo de zero. Com o sucesso dessas empresas no setor, ocorre o aumento da produção, a manutenção dos preços baixos e a perda do poder de influência de outros grandes produtores, como a Arábia Saudita, em comparação ao crescimento dos EUA no setor. Geopoliticamente, o país fica menos dependente de fornecimentos externos (BLOOMBERG, 2017).

Além disso, ocorrem transformações nas formas de perfuração do folhelho, tornando a operação mais econômica e mais rentável, principalmente devido aos maiores investimentos e maior uso da tecnologia. A vice-presidente da Shell, Cindy Taff, reforçou em 2017 que eles estão transformando a produção de petróleo e gás a partir do xisto em “ciência” (BLOOMBERG, 2017).

Um projeto da Shell, denominado Bongo 76-43, conforme ilustra a Figura 9, tem feito com que se consiga perfurar cinco poços em um único bloco. A companhia consegue com isso economizar recursos, não movimentando o equipamento toda vez. Com o “*fracking*”, agora é possível perfurar 16 postos com um único equipamento por ano.

Figura 9: Projeto Bongo 76-43

Bongo 76-43

Shell is drilling five wells in a single pad.



Fonte: Bloomberg (2017)

Em 2013, esse número era de seis postos para um equipamento apenas (BLOOMBERG, 2017).

Com vários poços de um mesmo bloco, uma equipe de fraturamento pode trabalhar por semanas sem necessitar trocar de um bloco para outro. No projeto, a Shell está usando três vezes mais propantes e fluidos para quebrar a rocha, aplicando o processo de *fracking*. O custo hoje é de 5,5 milhões de dólares, representando uma queda de 60% nos gastos em relação a 2013. Agora, a eficiência consegue ser medida em minutos e não mais em horas ou dias (BLOOMBERG, 2017).

Já a Chevron estima que a produção de *shale gas* e *tight oil* da companhia aumentará em 30% na próxima década, chegando ao número de 500.000 barris por dia em 2020. O Chefe Executivo da empresa, Watson, ressalta que pode ser visualizada ainda uma produção de 700.000 barris por dia em uma década (BLOOMBERG, 2017).

Na empresa Exxon planeja-se gastar 1/3 do orçamento com perfuração na extração de *shale gas* e *tight oil*, com o objetivo de gerar, em 2025, 800.000 barris por dia. A companhia fez aquisição de propriedades da bilionária família Bass, em Permian, para

aumentar sua produção. Para o CEO, Woods, o sucesso do xisto não está só na sua descoberta, mas, principalmente, na extração (BLOOMBERG, 2017).

Área de influência americana

Os EUA têm capacidade para distribuir combustível a diversas partes do mundo, devido à excelência na operação e uma cadeia logística bem trabalhada. O jornal Washington Post (2019) destacou que o avanço da tecnologia americana fez com que o gás do país estivesse disponível nos mercados mundiais devido a um processo que permite que ele seja super resfriado em gás natural liquefeito e transportado via navio.

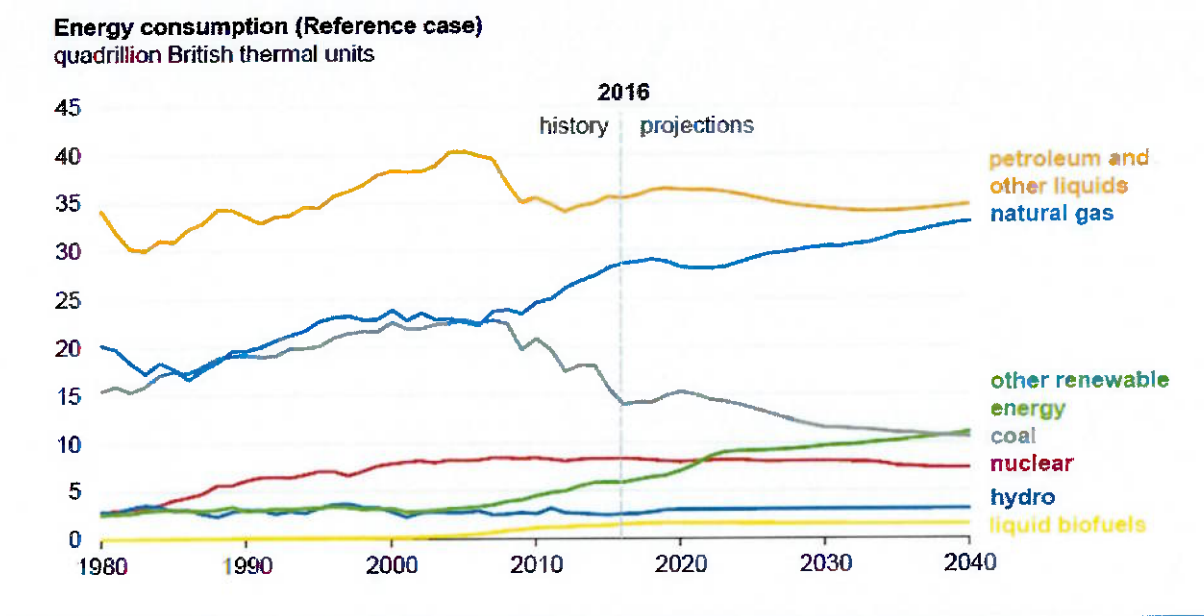
4.5 PROJEÇÕES ENERGÉTICAS PARA OS EUA

O relatório *Annual Energy Outlook 2017* (AEO, 2017) traz projeções energéticas de longo prazo para os Estados Unidos. Desenvolvido pelo *National Energy Modeling System* (NEMS), se baseia em um modelo de integração que tem por objetivo capturar várias interações entre consumo e produção de energia, variações da economia e preços de mercado.

A projeção prevê um aumento de 5% no consumo de energia americano entre os anos de 2016 e 2040. Algumas variáveis, como o crescimento da economia e os preços de energia considerados, podem afetar essa expectativa. Da Figura 10, lê-se que o gás natural é o combustível que mais sofre aumento da demanda de energia consumida, em comparação com outros.

Conforme o AEO (2017), isso pode ser explicado pelo crescimento da demanda industrial e setores de energia elétrica. Já o consumo de petróleo se mantém relativamente estável durante os anos projetados, conforme exposto na Figura 10, mas não apresenta queda considerável, fator importante para a continuação dos investimentos em *shale*.

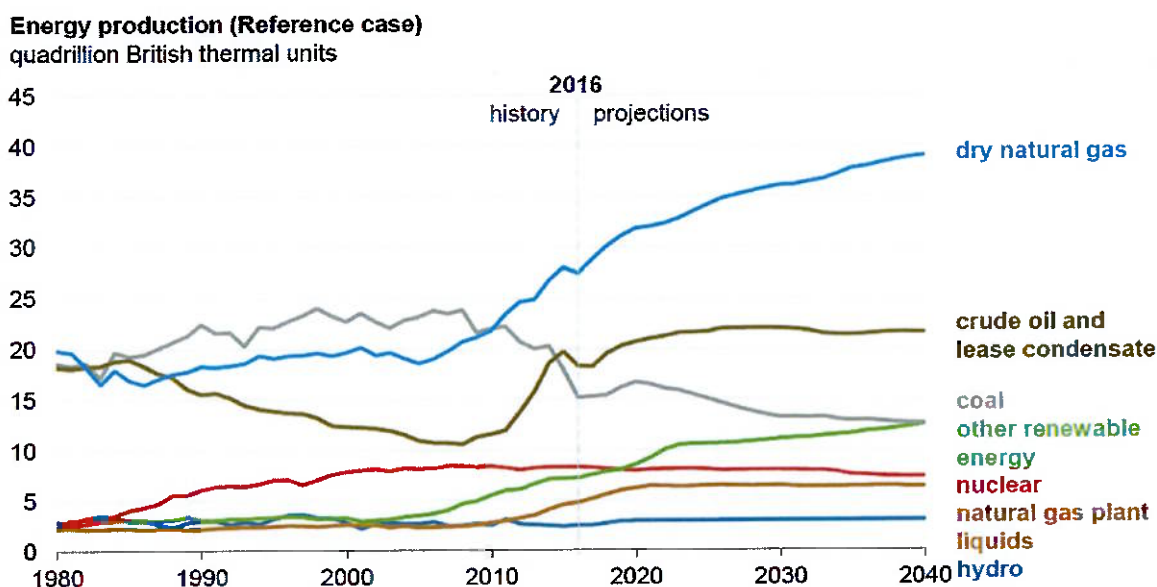
Figura 10: Projeção do consumo de energia americano.



Fonte: U.S Energy Information Administration (AEO, 2017)

Com relação à produção de energia, o relatório indica que haverá um crescimento de mais de 20% de 2016 até 2040. Novamente o gás natural se destaca, com uma produção perto de 40% em 2040, conforme detalhado na Figura 11.

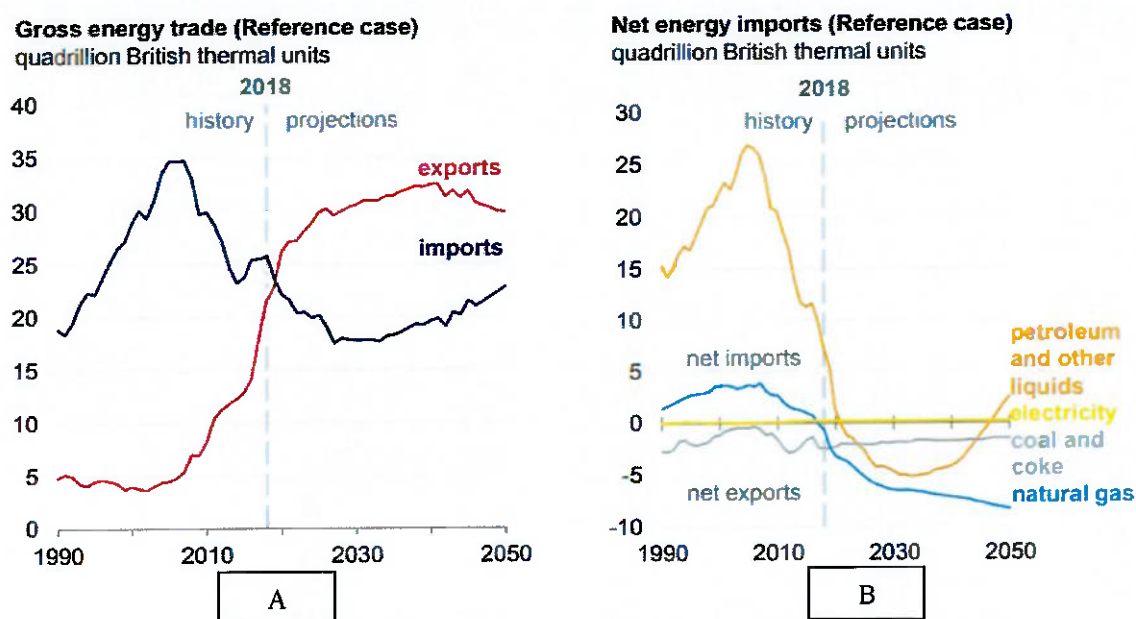
Figura 11: Projeção da produção de energia americana



Fonte: U.S Energy Information Administration (AEO, 2017)

Esse crescimento, ressalta o AEO (2017), depende de fatores como tecnologia, recursos e condições do mercado.

Figura 12: Relação de importação e exportação americana.

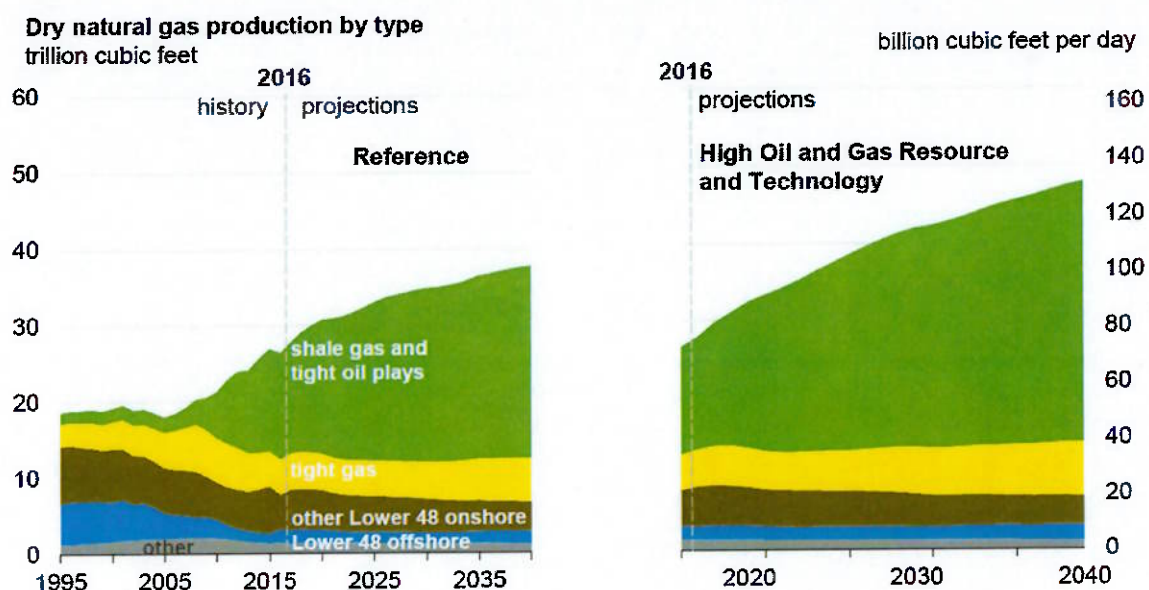


Fonte: U.S Energy Information Administration (AEO, 2019)

Os EUA são importadores de energia desde 1953. Agora, com o declínio das importações e crescimento das exportações, as projeções relatam que em 2020 os EUA passarão para o cenário de exportadores de energia, conforme exposto na Figura 12 (A). A produção interna aumentará e o consumo interno diminuirá. No fim da projeção, conforme ilustra a Figura 12 (B), ocorre uma inflexão e eles voltam a serem importadores de petróleo. Esse fato foi explicado pela BP (2019) como sendo devido ao aumento da demanda de gasolina e queda nas produções.

Já o comércio de gás natural, historicamente suportado pelo México e Canadá, está sendo projetado para aumentar e contribuir para a virada na balança, passando também a exportação para diversos destinos. Através da Figura 13, conclui-se que o *shale gas* é o que mais contribui para o aumento da produção de gás natural, representando 2/3 do total da produção americana em 2040.

Figura 13: Influência do xisto na produção de gás natural.



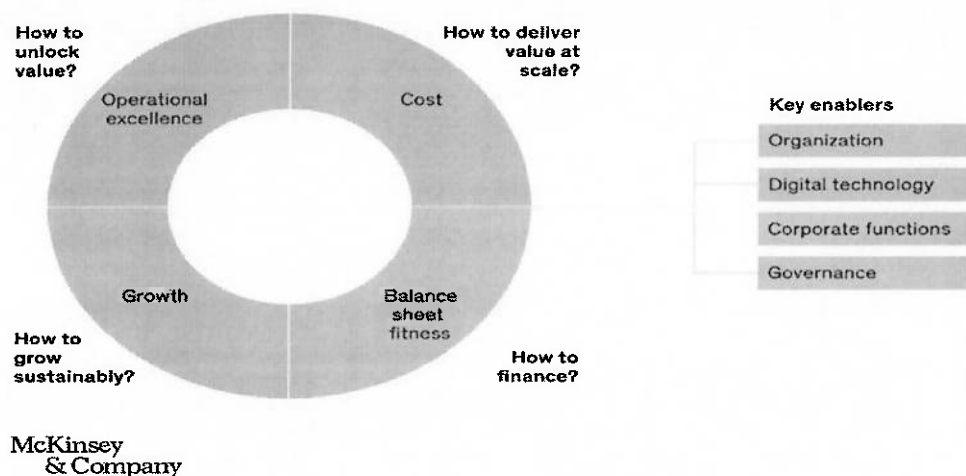
Fonte: U.S Energy Information Administration (AEO, 2017)

4.6 O FUTURO DA PRODUÇÃO DE SHALE GAS E TIGHT OIL

A produção líquida de *shale gas* e *tight oil* vem crescendo 5,1 milhões de barris por dia desde 2013, 85% representada por produtores independentes. Agora, segundo a empresa americana McKinsey&Company (2019), para garantir a continuidade do sucesso da exploração do xisto, os operadores precisam se concentrar em agregar valor, melhorando sua eficiência de capital.

Para ocorrer essa melhoria na rentabilidade da produção, será necessária, segundo a McKinsey&Company (2019), uma transformação focada em quatro parâmetros, descrita na Figura 14.

Figura 14: Quatro fatores de sucesso para aumentar a rentabilidade da produção de *shale gas* e *tight oil*.



Fonte: McKinsey&Company (2019)

Excelência operacional: os produtores devem manter foco no desempenho operacional que busque maximizar o valor econômico em vez do volume da produção. Uma maneira de fazer isso é buscar o desenvolvimento focado no valor: projetar poços e planos de desenvolvimento para otimizar o valor econômico, em vez de basear a produção nas taxas iniciais do poço.

Liderança de custos: os operadores bem-sucedidos devem manter a posição de custo mais baixa possível em termos de bdp equivalente, especialmente para distribuição de capital. Devem-se buscar melhorias incrementais nos custos de perfuração, fazendo com que as reduções marginais criem valor, que será derivado de custos mais baixos e indiretamente por meio da produção acelerada. O segundo aspecto principal desse tópico é capturar valor das funções de compras, logísticas e cadeia de suprimentos.

Crescimento disciplinado: altas taxas de declínio para poços não convencionais significam ser necessário um crescimento constante simplesmente para manter um perfil de produção estável. Se o crescimento será alcançado organicamente ou inorganicamente, será uma questão que cada operador deve determinar, levando em consideração seus pontos fortes e seu perfil de risco. O crescimento orgânico pode ser alcançado desbloqueando áreas de baixo nível ou expandindo-se bacias

emergentes que o setor ainda não domina. O crescimento inorgânico por meio de aquisições exige foco estratégico.

Balanço patrimonial controlado: para ter sucesso em todos os ciclos, os operadores precisam de um balanço patrimonial que lhes permita enfrentar adversidades. Se o crescimento se basear às custas da saúde do balanço, eles terão dificuldades para sobreviver em momentos de crise. Por outro lado, aqueles com capital terão uma oportunidade de expansão.

Esses fatores são suportados por quatro agentes, conforme ressalta a figura 14, sendo eles:

Organizações: projetar organizações para suportar agilidades pode ajudar as empresas a permanecerem em crescimento ativo.

Funções corporativas: quando funções centrais como *marketing* e cadeia de suprimentos são devidamente capacitadas, a sobrecarga por barril produzida pode ser reduzida.

Governança: processos de planejamento e supervisão adequadamente estruturados permitem que a estratégia corporativa fortaleça a tomada de decisões no nível de ativos.

Tecnologia digital: adequadamente dimensionadas, podem gerar lucratividade. Combinando inteligência artificial com o monitoramento da produção e operações em tempo real, os resultados serão de alto nível.

4.7 DISCUSSÕES

4.7.1 Discussões econômicas

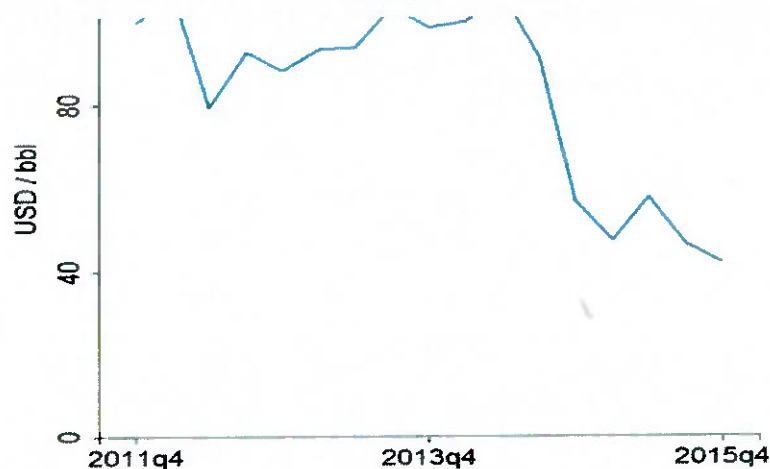
O xisto modificou o cenário político global e econômico de hoje, fornecendo aos EUA novos recursos para redesenhar suas políticas nacionais e internacionais de energia, visando um desenvolvimento inovador e autossuficiente. O recurso ajudou o país a obter relativa estabilidade econômica em uma economia global volátil (KOBEEK, 2015).

Somado a isso, a Revolução do Xisto foi o principal propulsor para a queda nos preços dos barris de petróleo, influenciada também pela recessão mundial vivenciada no período de 2014. Os empreendedores, diante dos altos preços do produto, foram estimulados a investir em pesquisa e desenvolvimento para fontes alternativas de energia (ANSARI, 2018).

Em 2008, os preços estavam muito elevados e se mantiveram assim até 2014, quando se iniciou o processo de queda, devido à rápida expansão da produção de *shale gas* e *tight oil* por meio do xisto que trouxe um excesso de oferta do produto, pressionando sua precificação (ANSARI, 2018).

A OPEP, ainda cética sobre os impactos que a produção americana poderia causar, não iniciou de imediato os cortes na produção, fazendo com que os preços caíssem para 30 dólares por barril no quadrimestre final de 2015, conforme visto na Figura 15. Após um ano de preços baixos, a organização se viu obrigada a iniciar os cortes na produção, fazendo acordos com a Rússia e o Irã, para tentar conter o avanço americano e elevar os preços dos barris (ANSARI, 2018).

Figura 18: Tendência dos preços dos barris de petróleo no período de 2011 a 2015.



Fonte: Ansari (2018)

Atualmente, o preço do barril está em torno de 65 dólares. Segundo Sernovitz (2016), se a Revolução do Xisto não tivesse acontecido, os preços do petróleo e do gás natural poderiam ser o triplo dos valores que são hoje. Somada a isso, a alta produção de *shale gas* e *tight oil* nos EUA vem garantindo que os preços não sofram grandes oscilações mesmo quando há problemas na produção da Arábia Saudita, conforme visto em setembro de 2019, quando duas bases sauditas foram atacadas. De imediato, a reação do mercado foi elevar os preços do petróleo para US\$ 80 por barril. Porém, em menos de dois dias após os ataques, o preço já havia retornado para a média de US\$ 64 por barril, devido a garantias de que os estoques de xisto e reservas em todo o mundo poderiam atender a oferta no curto prazo (PETROLINK, 2019).

Observa-se que o mercado do xisto é ágil e reage rapidamente ao preço. Quando o preço do barril cai, há uma redução da produção. Quando aumenta, os investimentos retornam rapidamente. Na estrutura da OPEP, os movimentos e as decisões são comandados pelos governos dos países, não pelo mercado, tornando mais lento as decisões de mudanças de preços e aumento ou redução da produção. Nos EUA é diferente, havendo milhares de operadores e muito capital disponível, o que faz com que a produção se mobilize rapidamente (DCI, 2018).

Analisando o mercado de gás natural, a revolução contribuiu não só para o nascimento de uma nova era de preços do produto mais baratos, mas também para dissociar os

preços da produção doméstica de gás natural dos EUA dos preços do óleo cru, trazendo um significativo efeito no sistema global de precificação (WANG et al., 2013).

A revolução também vem gerando a criação de novos empregos, desde 2010, quando houve a criação de mais de 600.000. Além disso, as indústrias químicas também estão sendo beneficiadas com a produção de *shale gas* e de *tight oil*. A companhia The Dow Chemical Company (DOW), por exemplo, criou um craqueador de etileno que está facilitando a produção em Freeport, Texas (WANG et al., 2013).

No campo, a técnica chamada de “bater as portas” dos fazendeiros, como Sernovitz (2016) classifica, fazendo com que os proprietários de terras recebam dos empresários e dos grandes *players* uma oferta de valor muito superior ao que eles podem investir por conta própria, intensificou muito o sucesso da revolução, quando comparado às prematuras tentativas de exploração do xisto em outros países, onde não há propriedade privada de minérios.

Com o boom de *shale gas*, os EUA se movimentaram em menos de uma década de um dos maiores importadores de gás para autossuficientes e agora estão se estabelecendo como um dos mais importantes exportadores do produto. Essa explosão também contribuiu para a queda nos preços da produção interna, sendo que na primeira metade de 2012 os preços eram de \$2 por milhão BTU comparado ao preço mundial de \$14 a \$17 por milhão de BTU no mesmo período (SERNOVITZ, 2016).

4.7.2 Discussões geopolíticas

Em um mundo economicamente volátil, os EUA se voltaram para seus vizinhos e aliados naturais na América do Norte: Canadá e México. O Canadá e os EUA possuem 54% do gás natural viável na região, podendo aumentar se a extração eficiente de *shale gas* se expandir. O xisto norte americano representa uma oportunidade para a liderança econômica dos EUA no mundo e pode garantir um primeiro passo para a integração da América do Norte como uma única zona de energia (KOBEEK, 2015).

No âmbito político, o Governo Trump conseguiu impor sanções agressivas às exportações de petróleo do Irã e da Venezuela sabendo que o fluxo de petróleo do Texas continuará aumentando.

Essa nova situação dos EUA, com uma produção bem maior, vem ajudando a produzir uma relação inesperada entre a Arábia Saudita e a Rússia, com negócios da área de petróleo, refinarias, petroquímicas e outras infraestruturas, também trazendo implicações para a geopolítica, causando tensão na relação Estados Unidos e Rússia.

4.7.3 Discussões ambientais

Sernovitz (2016) destaca em seu livro que, de uma perspectiva global, a Revolução do Xisto fez nascer a possibilidade sem precedentes de uma causa comum entre ambientalistas e indústrias de óleo. O gás natural pode e está substituindo o carvão, que emite duas vezes mais dióxido de carbono para uma mesma quantidade queimada de combustível. Acelerar essa substituição pode ser uma das principais armas para reduzir a emissão de gás carbônico emitido, os EUA reduziram a emissão desse gás para 430 milhões de toneladas de CO₂ entre 2006 e 2011, mais do que em qualquer outro país.

Vale ressaltar que o uso do fraturamento hidráulico ainda traz discussões ambientais controversas. Alguns ambientalistas indicam como possíveis problemas a grande quantidade de água utilizada no processo, a possibilidade de contaminação nos lençóis freáticos e a emissão de metano. É importante enfatizar, no entanto, que o *fracking* está regulamentado nos EUA desde 2015 e, apesar das pressões dos ambientalistas, a exploração do xisto é visto pelo governo do país como uma importante ponte entre os recursos energéticos convencionais e o desenvolvimento sustentável para alcançar um futuro mais verde a longo prazo (KOBEEK, 2015).

4.8 CONCLUSÕES

Conclui-se com o presente trabalho que a Revolução do Xisto ocorrida nos Estados Unidos da América trouxe impactos significantes e irreversíveis para a geopolítica mundial, conforme exposto nas discussões apresentadas. O país conseguiu adquirir segurança energética e aumentar seu poder de influência sobre outros Estados-Nações, fazendo com que o mercado fique menos dependente da produção da OPEP que não consegue mais ter autonomia para comandar os preços dos barris de petróleo.

Pode-se afirmar que o fluxo de petróleo continuará crescendo nos próximos anos, conforme visto nos cenários de consumo e produção mundial, com enormes reflexos no setor, na política global e nas economias internas. A OPEP, por exemplo, terá dificuldades para manter os preços do petróleo elevados e os Estados Unidos ganharão uma nova e poderosa arma diplomática.

Além disso, a abordagem dos EUA para a elaboração de políticas de energia mudou de uma mentalidade de escassez para uma que busca maximizar os benefícios da abundância de energia.

As projeções e o relatório da McKinsey&Company (2019) mostram ainda que o país tem condições de sustentar a exploração do xisto no futuro e continuará inovando na produção e mantendo sua posição de protagonista nos *rankings* de energia. Somado a isso, a OPEP terá que buscar formas de se reinventar para não ver sua competitividade no mercado ser reduzida.

Entender estas dimensões geopolíticas, econômicas, territoriais e de infraestrutura do petróleo ampliam também a capacidade de se avaliar o capitalismo contemporâneo e as hipóteses e limites de desenvolvimento dos Estados-Nações. É um setor concentrador de poder e riqueza. Conforme cita o professor alemão Altvater (2010), “O capitalismo tem sido intensamente lubrificado pelo petróleo”.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, T; ROBERTS, A. **Production Operations**, v. 2, 5 ed. 2012, p 9.1-9.10
- ALTVATER, E. **O fim do capitalismo como o conhecemos**. 1. Ed. Rio de Janeiro. Civilização Brasileira, 2010. 364p.
- ANSARI, D. OPEC, Saudi Arabia, and the shale revolution: Insights from equilibrium modelling and oil politics. **Elsevier**, v. 111, dezembro de 2018, p. 166-178. Disponível em <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421517305700>>. Acesso em 06 nov. 2019.
- BLOOMBERG. **Big Oil's Plan to Buy Into the Shale Boom**, Disponível em <<https://www.bloomberg.com/news/features/2017-03-21/big-oil-s-plan-to-buy-into-the-shale-boom>>. Acesso em 06 jun. 2019.
- BP. **BP Statistical Review of World Energy**, 2019. 68ª Edição. Disponível em <<https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2018-full-report.pdf>>. Acesso em: 07 jun. 2019.
- DCI. **Exportação de petróleo de xisto pelo EUA altera dinâmica global de preços**. Disponível em <<https://www.dci.com.br/industria/exportac-o-de-petroleo-de-xisto-pelo-eua-altera-dinamica-global-de-precos-1.703039>>. Acesso em 06 jun. 2019.
- EIA. **EIA adds new play production data to shale gas and tight oil reports**. Disponível em <<https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=38372>>. Acesso em 06 jun. 2019.
- FGV ENERGIA. **Como a Opep Funciona e por que ela influencia os preços da gasolina no Brasil**. Disponível em: <https://fgvenergia.fgv.br/noticias/como-opep-funciona-e-por-que-ela-influencia-preco-da-gasolina-no-brasil>>. Acesso em 06 jun. 2019.
- KOBEK, M. L et al. Shale Gas in the United States: Transforming Energy Security in the Twenty- First Century. **SciELO**, v. 10, junho de 2015. Disponível em http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-35502015000100007&lang=pt. Acesso em: 26 out. 2019.
- MANESCU, B.C; NUNO, G. Quantitative effects of the shale oil revolution. **Elsevier**. 86, novembro de 2015, p. 855-866. Disponível em <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421515002086>>. Acesso em: 20 out. 2019.
- MCKINSEY&COMPANY. **Paths to profitability in US Unconventionals**. Disponível em:<<https://www.mckinsey.com/industries/oil-and-gas/our-insights/paths-to-profitability-in-us-unconventionals>>. Acesso em: 25 ago. 2019.

MCKINSEY&COMPANY. **Value over Volume: shale Development in the era of cash.** Disponível em: <<https://www.mckinsey.com/industries/oil-and-gas/our-insights/value-over-volume-shale-development-in-the-era-of-cash>>. Acesso em 26 out. 2019.

MORAIS, L. P. **Estudo sobre Fraturamento Hidráulico.** Monografia de Projeto Final 1, Publicação G.PF-001/13, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2013. 66 p.

PETROLINK. EUA: xisto mantêm os preços do petróleo em alta após ataques ao petróleo saudita. **Petrolink.** Disponível em: <<https://petrolink.com.br/eua-xisto-mantem-os-precos-do-petroleo-em-alta-apos-ataques-ao-petroleo-saudita/>> Acesso em 26 out. 2019.

SERNOVITZ, G. **The Green and the Black: The Complete Story of the Shale Revolution, the Fight over Fracking, and the Future of Energy.** St. Martin s Press, 2016. 289 p.

SUYUN, H.U et al. Exploration and Development of Continental tight oil in China. **Elsevier**, v. 45, agosto de 2018, p, 790 – 802. Disponível em <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S187638041830082X>. Acesso em: 05 nov. 2019.

THE WASHINGTON POST. The Shale Revolution. **The Washington Post.** Disponível em: <https://www.washingtonpost.com/business/energy/the-shale-revolution/2019/06/18/b6ed9290-91de-11e9-956a-88c291ab5c38_story.html>. Acesso em: 26 out. 2019.

VIEIRA, E. A matriz energética mundial e a competitividade das nações: bases de uma nova geopolítica. UFF, Departamento de Eng. de Produção, **Engevista**, v. 9, n. 1, p. 47-56, junho 2007.

WANG, Q et al. Natural gas from shale formation – The evolution, evidences and challenges of shale gas revolution in United States. **Elsevier**, v. 30, fevereiro de 2014, p. 1-28. Disponível em <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032113006059>>. Acesso em: 26 out. 2019.

XIANG, J. **A pkn hydraulic fracture model study and formation permeability determination.** Texas A&M University, 2011. Disponível em <<https://pdfs.semanticscholar.org/056b/efb2296c90e58fcbd7ef48ac43622a2c71ac.pdf>>. Acesso em: 03 jun. 2019.