



António Jorge Vale Bico

# SHALE GÁS

TECNOLOGIA, MERCADO, IMPACTOS

Dissertação de Mestrado

Março 2014



UNIVERSIDADE DE COIMBRA



Universidade de Coimbra  
Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra  
Mestrado Integrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores

## **Shale Gás – Tecnologia, Mercado, Impactos**

António Jorge Vale Bico

### **Júri:**

*Presidente:* Professor Doutor Aníbal Traça de Carvalho Almeida

*Orientador:* Professor Doutor António Manuel Oliveira Gomes Martins

*Vogal:* Professor Doutor Álvaro Filipe Peixoto Cardoso de Oliveira Gomes

Coimbra, Março de 2014

## **Agradecimentos**

*Embora uma dissertação seja, pela sua finalidade académica, um trabalho individual, há contributos de natureza diversa que não podem e nem devem deixar de ser realçados, como tal, quero expressar os meus sinceros agradecimentos a todos os que contribuíram para a realização desta dissertação, mas em particular ao Professor Doutor António Manuel Oliveira Gomes Martins pela orientação e pela inteira disponibilidade demonstrada.*

*Quero também agradecer à minha namorada, a toda a minha família e amigos, sem os quais não teria chegado até aqui.*

## Resumo

O shale gás é um recurso não convencional de hidrocarbonetos que está preso dentro de formações rochosas de xisto. O termo não convencional tem a ver com as características do reservatório que tornam a sua caracterização mais complexa e a sua exploração económica significativamente mais cara em relação aos reservatórios convencionais que, dada a tecnologia e o nível de informação existentes, levam a uma maior dificuldade na sua extração, sendo necessária uma tecnologia mais avançada e cara.

A fraturação hidráulica é a técnica mais importante para a exploração e o desenvolvimento de shale gás que, combinada com a perfuração horizontal, maximiza a extração, tornando-se este tipo de aplicação decisiva para viabilizar o desenvolvimento e a produção de formações deste recurso.

Ao contrário do gás natural e do petróleo, o shale gás tem sido encontrado em diversos locais de todo o mundo, em áreas que anteriormente não tinham reservas de gás exploráveis, constituindo, assim, um recurso com um grande potencial para transformar a indústria de energia do mundo.

Toda a produção de energia cria risco de segurança e ambiental, e alguns países estão dispostos a assumir maiores riscos ambientais do que outros para promover a produção de shale gás com o objetivo bem definido de se tornarem auto-sustentáveis e não estarem dependentes de importações de outros países para a satisfação das suas necessidades energéticas.

Nesta dissertação é analisada a situação de desenvolvimento da exploração do shale gás, através de uma caracterização mundial, baseada em fontes de informação de domínio público, com especial referência a alguns países que possuem maiores desenvolvimentos deste recurso, perspetivando o futuro e dando a conhecer as principais empresas desta área.

**Palavras-chave: shale gás, fraturação hidráulica, recursos tecnicamente recuperáveis, impacto económico, políticas públicas.**

## **Abstract**

The shale gas is a non-conventional hydrocarbon resource that is found trapped within shale formations. The non-conventional classification was assigned because of the reservoir characteristics that turn the prospection and exploration complex and expensive, requiring innovative and expensive technology that is not the same as for conventional natural gas.

Hydraulic fracturing is the most important technique used which, combined with the horizontal perforation, maximizes extraction, turning shale gas into an economically viable resource.

Unlike the natural gas and oil, shale gas has been found in several places around the world, in regions without any resource of natural gas. This aspect can have a strong impact in the energetic industry worldwide.

A fact is that all types of energetic production have associated security issues, and environmental risks. At this level, some countries are willing to assume increased environmental responsibilities aiming to become self-sustainable and becoming less dependent on the imports.

In this thesis the actual state of development of the shale gas exploration is analysed. A worldwide characterization was conducted, based on public domain information sources. The thesis refers to countries that present considerable development of this resource, and point out future perspectives and the main companies on the field.

**Keywords: shale gas, hydraulic fracturing, technically recoverable resources, economic impact, public policy.**

# Índice

<b>Lista de Tabelas .....</b>	<b>iii</b>
<b>Lista de Figuras.....</b>	<b>iv</b>
<b>Abreviaturas.....</b>	<b>v</b>
<b>1. Introdução.....</b>	<b>1</b>
<b>2. Breve resumo histórico do Gás .....</b>	<b>2</b>
2.1 Shale Gás .....	3
2.2 Fraturação hidráulica e perfuração horizontal .....	6
2.3 Impactos ambientais .....	9
<b>3. Caracterização Mundial .....</b>	<b>11</b>
3.1 América.....	15
3.1.1 Estados Unidos da América.....	15
3.1.2 Argentina .....	22
3.1.3 Canadá .....	24
3.2 Ásia e Oceânia .....	28
3.2.1 China.....	28
3.2.2 Austrália.....	30
3.3 África .....	32
3.3.1 Argélia .....	32
3.3.2 África do Sul.....	33
3.4 Europa.....	35
3.4.1 Rússia.....	35
3.4.2 Reino Unido.....	36
3.4.3 Polónia .....	38
3.4.4 Portugal.....	40
<b>4. Principais Empresas.....</b>	<b>42</b>

4.1 EQT Corporation .....	42
4.2 Talisman Energy Inc.....	42
4.3 Chevron Corporation .....	43
4.4 Cuadrilla Ressources .....	44
4.5 Halliburton Company .....	44
4.6 Total SA.....	45
4.7 Royal Dutch Shell.....	45
4.8 Exxon Mobil Corporation.....	46
4.9 BP Global.....	46
4.10 Uma síntese possível.....	47
<b>5. Regulamentação Associada - Visão Geral .....</b>	<b>48</b>
<b>6. Perspetivas.....</b>	<b>52</b>
<b>7. Conclusão.....</b>	<b>58</b>
<b>Bibliografia.....</b>	<b>61</b>

## **Lista de Tabelas**

Tabela 1 - Recursos de shale gás (Fonte: EIA/ARI) .....	13
Tabela 2 - Comparação dos relatórios de 2011 e 2013 (Fonte: EIA/ARI).....	14
Tabela 3 - Formações de shale gás dos EUA (Fonte: EIA) .....	21
Tabela 4 - Lista de empresas de shale gás nos EUA (FONTE: Pittsburgh Business Times).....	47



## Lista de Figuras

Figura 1 - Fraturas artificiais criadas pela fraturação hidráulica (Fonte: Brathwaite, 2009) .....	7
Figura 2 - Técnica de fraturação hidráulica e seu revestimento (Fonte: The European Resource Centre for Shale Gas) .....	8
Figura 3 - Equipamentos utilizados na fraturação hidráulica (Fonte: U. S Department of Energy) .....	8
Figura 4 - Mapa dos recursos tecnicamente recuperáveis de shale gás (Fonte: EAI/ARI) .....	13
Figura 5 - Reservas e bacias dos EUA (Fonte: EIA).....	16
Figura 6 - Produção de shale gás de acordo com os tipos de poços perfurados em Barnett (Fonte: EIA).....	17
Figura 7 - Malha de gasodutos dos EUA (Fonte: EIA).....	20
Figura 8 - Perspetivas de formações de shale gás na Argentina (Fonte: ARI).....	23
Figura 9 - Bacias de shale gás selecionadas do oeste do Canadá (Fonte: ARI).....	25
Figura 10 - Formações de shale gás situadas ao longo do Golfo do México Oriental (Fonte: ARI) .....	26
Figura 11 - Formações de shale gás da China (Fonte: ARI) .....	29
Figura 12 - Formações de shale gás na Austrália (Fonte: ARI).....	30
Figura 13 - Bacias de shale gás da Argélia (Fonte: ARI).....	32
Figura 14 - Bacia de shale gás da África do Sul (Fonte: ARI).....	34
Figura 15 - Bacias de shale gás da Rússia (Fonte: ARI) .....	35
Figura 16 - Formações de shale gás do Reino Unido (Fonte: ARI).....	37
Figura 17 - Formações possíveis de shale gás na Polónia (Fonte: ARI).....	39
Figura 18 - Bacia Lusitaniana com possíveis formações de shale gás em Portugal .....	41
Figura 19 - Tendências dos índices de preço da energia de 2005 e 2012 (Fonte: EIA).....	52
Figura 20 - Preço do gás natural depende de vários cenários de produção de shale gás .....	55

## **Abreviaturas**

EIA *Energy Information Administration*

ARI *Advanced Resources International*

EUA *Estados Unidos da América*

EPA *Environmental Protection Agency*

MIT *Massachusetts Institute of Technology*



# 1. Introdução

O shale gás proporciona a esperança de um recurso mais barato. Muitos países sem quaisquer perspectivas de recursos convencionais como o gás natural e o petróleo encontram neste tipo de recurso não convencional uma esperança, uma vez que tem sido encontrado em diversos países do mundo, muito dependentes de importações de outros países, que possuem grandes recursos, para suprirem as suas necessidades energéticas.

O tema do shale gás tem sido muito debatido atualmente a nível mundial, pelo que a realização desta dissertação tem como objetivo a centralização e sintetização de informação existente no domínio público de forma a estabelecer uma caracterização mundial, dos principais países e das principais empresas, das tecnologias, dos mercados e dos impactos.

Nesta dissertação, começa-se por apresentar uma caracterização mundial, seguida de uma caracterização particular de alguns países, sendo a escolha destes baseada num relatório lançado em 2013 intitulado “World Shale Gas Resource” realizado pela Energy Information Administration (EIA) e pela Advanced Resources International (ARI), ambas dos EUA, onde consta uma lista dos países com maiores quantidades de recursos de shale gás tecnicamente recuperáveis, excetuando-se a escolha de Portugal e Polónia, este último porque é um país que atualmente e politicamente está mais empenhado em explorar o shale gás e Portugal uma vez que é o país de realização desta dissertação.

Posteriormente é dedicado um capítulo às principais empresas de exploração e desenvolvimento de shale gás, e um outro capítulo à regulamentação associada ao shale gás, a nível europeu e a nível americano, uma vez que foi apenas nestes dois continentes que foi possível encontrar no domínio público informação clara e precisa sobre a sua regulamentação.

No fim desta dissertação, é realizada uma reflexão sobre o futuro do shale gás no mundo, com incidência para os principais países e empresas, referenciando os custos de produção, embora difíceis de clarificar pela escassez de informação no domínio público, a aposta política de alguns países, os principais resultados de algumas empresas e as perspectivas de futuro.

De salientar, ainda, que nesta dissertação foi adotado o “standard” americano, nomeadamente no que se refere à definição de um bilião que corresponde a mil milhões, em virtude de as fontes encontradas serem predominantemente americanas, uma vez que, e o como vai ser possível observar, os EUA são o país com maior avanço na exploração e desenvolvimento da indústria de shale gás.

## 2. Breve resumo histórico do Gás

O gás é vital na nossa vida quotidiana. Existe na terra há milhões de anos, formando-se, tal como o petróleo, a partir da decomposição de matéria orgânica (tal como restos de plantas e animais). Mas só recentemente começou a ser utilizado como fonte de energia.

Antes de ser conhecido pelo Homem, era algo que lhe causava muito mistério e que o intrigava. Em alguns locais, emergia livremente da terra para a atmosfera e, fruto de tempestades com descargas atmosféricas ou de outros fenómenos, incendiava à superfície. Ao incendiar, era como se o fogo emanasse diretamente da terra, o que intrigava as populações e civilizações existentes, gerando superstições e vários misticismos à volta deste fenómeno.

O gás natural foi descoberto na Pérsia entre 6000 a.C. e 2000 a.C. e, segundo algumas indicações históricas, era usado para manter aceso o “fogo eterno” – símbolo de adoração de uma seita local.

Na China é conhecido desde 900 a.C., mas o conhecimento da primeira utilização do gás natural, segundo um manuscrito chinês, data de 347 a.C.. O manuscrito descreve um “ar de fogo” que podia ser usado para iluminação. O historiador chinês Chang Qu, menciona ainda a existência de um sistema engenhoso de bambus, selados entre si com betume, construído na província de Sichuan para transportar o gás natural desde o ponto onde naturalmente brotava da terra até à cidade. [1]

Na Europa, o gás natural foi descoberto no século XVII, e foi usado cada vez mais, após a invenção da lâmpada de gás, na década de 1790. A partir de 1814, Londres e muitas outras cidades europeias começaram a iluminar as suas ruas com postes de gás de carvão. [2] Este gás era produzido a partir do carvão, quando este era aquecido em fornos, sendo o gás, em seguida, distribuído através de uma rede de tubos. Centrais elétricas a gás começaram a ser usadas em toda a Europa na década de 1960 e tornou-se essencial para o fornecimento de eletricidade. Entre 1950 e 1960 o maior campo de gás na Europa, “Groningen”, foi descoberto e explorado na Holanda. Até à data, 300 poços foram perfurados no campo que alimentam tanto a procura interna como europeia. [3]

Na sequência de novas descobertas, a tecnologia da fraturação hidráulica começou a ser usada. A primeira experiência foi em 1947 e esse procedimento foi comercialmente aceite em 1949. [4] O primeiro poço horizontal perfurado foi em 1930 e os poços horizontais tornaram-se comuns por volta de 1970. [5]

Na Europa, a Alemanha e os Países Baixos começaram a usar a tecnologia de fraturação hidráulica na década de 1980, para aumentar a produção de seus poços já existentes. Esta data também coincidiu com descobertas de gás natural e petróleo no Mar do Norte. Na década de 1970 no Reino Unido, Noruega, Holanda e outros, começaram a exploração de petróleo, no Mar do Norte, e do gás. A empresa pioneira a confirmar o potencial de perfuração horizontal, que explora grandes volumes de gás, foi a empresa francesa Elf Aquitaine, que realizou uma série de perfurações bem sucedidas entre 1980 e 1983, no sudoeste da França. Perto do final do século XX, a combinação de perfuração horizontal e a fratura hidráulica traria uma revolução à indústria do gás. [6]

Após a passagem do milênio, o uso e a importância do gás aumentaram. Os avanços na tecnologia proporcionaram disponibilização de veículos movidos a gás. Além disso, devido ao aumento do uso de energia elétrica, a procura do gás vai aumentar no futuro. Felizmente, os avanços na tecnologia de perfuração podem ajudar a atender a este aumento da procura, incluindo as tecnologias que extraem gás de xisto, combinando a fraturação hidráulica e a perfuração horizontal que são indispensáveis para a sua produção. Vários países da Europa têm dado “luz verde” para a exploração de gás de xisto. E as empresas, com base no conhecimento obtido nas explorações dos EUA, estão a realizar explorações geológicas com modelos de computador avançados e perfurações. O futuro reserva muitas oportunidades ao gás, incluindo na Europa. E com a procura a começar a superar a oferta, os países terão de se esforçar para usar a tecnologia pioneira para manter uma indústria que está enraizada na nossa história e tão central para as nossas vidas quotidianas.

## **2.1 Shale Gás**

O Shale Gás, em português, gás de xisto é o gás natural que está preso dentro de formações rochosas de xisto. Xistos são rochas metamórficas de grão fino que podem ser ricas em petróleo e gás natural.

Este tipo de gás é um recurso não convencional de hidrocarbonetos. Embora uma definição precisa, estável e consensual de gás não convencional seja difícil de encontrar, o que era não convencional ontem pode, através de avanços tecnológicos ou novos processos, tornar-se convencional amanhã. No fundo, a convencionalidade de um recurso é um conceito dinâmico. No sentido mais abrangente são designados recursos não convencionais os hidrocarbonetos que

se encontram aprisionados nos orifícios das rochas de reservatórios pouco permeáveis, dificultando dessa forma o movimento do fluido contido nelas.

O termo não convencional relaciona-se com as características do reservatório que tornam o seu entendimento mais complexo e a sua exploração econômica significativamente mais cara do que no caso dos reservatórios convencionais. Nesse sentido, dada a tecnologia e o nível de informação existente, há uma maior dificuldade relativa à sua extração, sendo requerida uma tecnologia mais avançada e cara.

O shale é a rocha sedimentar argilosa mais abundante na Terra, de grão muito fino e que se parte facilmente em finas camadas, paralelas entre si. É uma rocha de baixa dureza mas não se desintegra uma vez molhada ou húmida. Estas rochas “xistosas” podem conter gás, principalmente quando duas camadas de shale negro confinam uma camada mais fina. Devido às suas propriedades (impermeabilidade e baixa porosidade) é consideravelmente mais oneroso e difícil extrair o gás neles contido do que em depósitos de gás convencional.

Estas formações são simultaneamente o reservatório e a rocha-mãe, quando a sua gênese (da rocha e gás) é contemporânea. Neste caso, a tradução de shale para xisto não será correta, dado que uma rocha se torna metamórfica por ação de pressões e temperaturas que ultrapassam em muito as do petróleo e gás natural. Assim, shale pode também conter na sua definição as margas e calcários argilosos que contêm gás nos seus poros e fraturas, e absorvido na sua matriz. Para manter a abrangência da palavra utilizaremos doravante, shale sem tradução. [7]

Geologicamente, os shales que contêm gás natural são rochas de grão fino e ricas em matéria orgânica. Os seus poros são muito pequenos, o que torna o fluxo de gás muito difícil no seu interior, podendo classificar-se como impermeáveis, a não ser que estejam naturalmente fraturados ou que se criem essas fraturas para que o fluxo seja facilitado, abrindo ligações entre os poros.

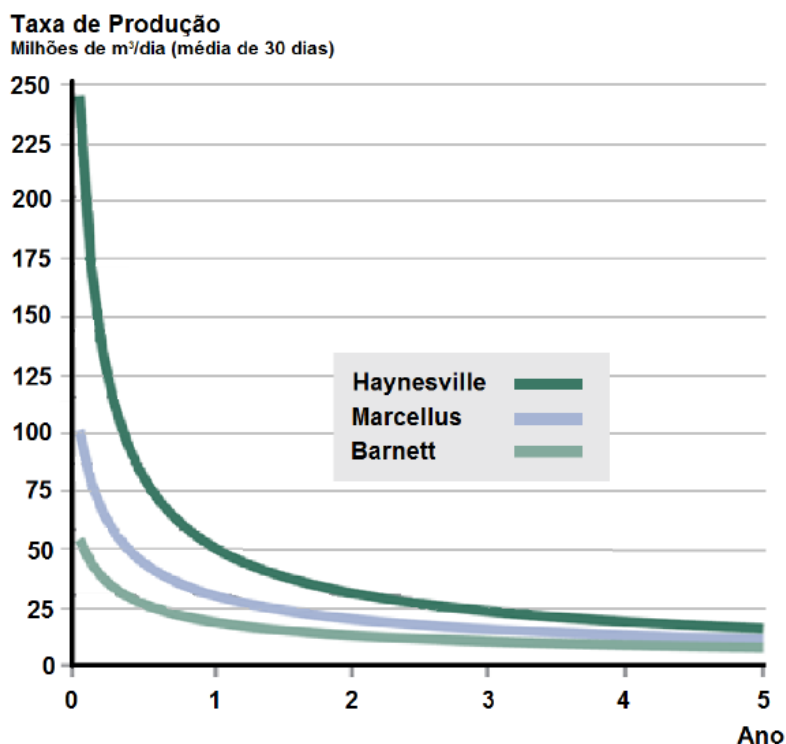
Estas rochas possuem um alto conteúdo de matéria orgânica e uma permeabilidade muito baixa. Para efeito de comparação, um reservatório convencional de arenito possui permeabilidade entre  $0,5 \text{ mD}^1$  a  $20 \text{ mD}$ , enquanto a permeabilidade nos reservatórios de shale gás é entre  $0,000001 \text{ mD}$  a  $0,0001 \text{ mD}$  (ou 1 a 100 nanoDarcies). [8] Portanto, para viabilizar a exploração e produção comercial deste gás, torna-se necessário aumentar a permeabilidade da rocha. Nesse sentido, dois avanços tecnológicos, utilizados simultaneamente, foram fundamentais: a fraturação hidráulica e a perfuração horizontal.

---

<sup>1</sup> Uma Darcy representa a capacidade de fluxo necessária para 1 ml de fluido fluir através de  $1 \text{ cm}^2$  para uma distância de 1 cm, quando uma atmosfera de pressão é aplicada. A areia tem uma permeabilidade de aproximada de 1 darcy

Uma diferença, entre o shale gás e as fontes convencionais de gás natural é que a produtividade do shale gás é significativamente maior no primeiro ano de produção. Isto ocorre porque a maneira como o gás está alojado dentro da rocha define o formato da sua curva de produção. Neste sentido, verifica-se que o gás que está livre na rocha é produzido rapidamente e a altas taxas de produção, enquanto o gás que está aprisionado na rocha é produzido lentamente e a baixas taxas.

Parte do gás armazenado na rocha está aprisionado e parte está livre. Sendo assim, à medida que são feitas fraturas na rocha e o gás que se encontra livre consegue fluir, gera um pico de produção logo no primeiro dia de operação. Adicionalmente verifica-se um rápido declínio na produção do poço, entre 60% a 90%, já no primeiro ano de operação, pois conforme o gás livre é extraído, resta apenas o gás aprisionado que flui lentamente, conferindo ao reservatório baixas taxas de produção por longos períodos de tempo. [9] No gráfico 1 é possível verificar esta tendência para três bacias distintas de exploração e produção do Shale Gás.



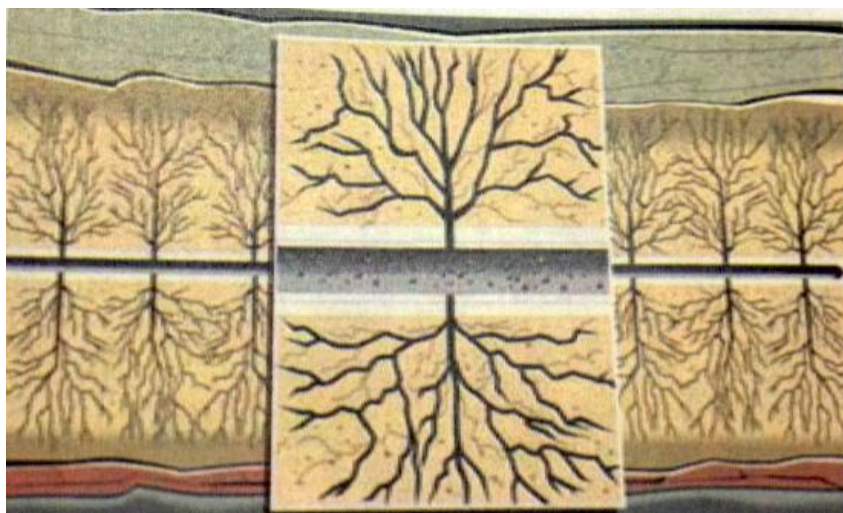


## 2.2 Fraturação hidráulica e perfuração horizontal

A fraturação hidráulica é o processo mais usual para libertar o gás natural e o petróleo a partir da terra. Embora só recentemente tenha chegado ao conhecimento do público em geral, a fraturação hidráulica é uma tecnologia madura, utilizada pela primeira vez na década de 1940 nos EUA para estimular poços de petróleo e gás, e conseqüentemente aumentar as taxas de produção. Na Europa, a fraturação hidráulica tem sido usada desde a década de 1960, para a produção de petróleo e gás convencional e para a recuperação de energia geotérmica. A fraturação hidráulica é particularmente importante no contexto do desenvolvimento do shale gás. Como os reservatórios de shale gás existem em formações rochosas com muito baixa permeabilidade, o gás só pode ser libertado para o poço, através de fraturação hidráulica. Combinada com a perfuração horizontal, maximiza a extração, permitindo múltiplas fraturas ao longo das camadas de xisto. A aplicação da fraturação hidráulica de forma combinada com a perfuração horizontal foi, portanto, decisiva para viabilizar o desenvolvimento e a produção de reservatórios considerados não convencionais. [10]

A perfuração horizontal oferece uma vantagem significativa no desenvolvimento de shale gás. No caso de formações pouco espessas ou inclinadas, um poço horizontal de longo alcance faz com que seja maior o contacto com o poço, aumentando, assim, a área superficial para o escoamento do gás para dentro do poço.

A operação de fraturação hidráulica é uma técnica que consiste na injeção de um fluido de fraturação na formação com caudal e pressão controlados e elevados o suficiente para provocar a rutura da rocha. Água e areia são misturadas com uma pequena quantidade de aditivos químicos e bombeadas a alta pressão, a vários milhares de metros de profundidade do poço. A água exerce, portanto, a pressão para iniciar as fraturas, ao mesmo tempo que transporta os grãos de areia para o interior dessas fissuras à medida que elas aumentam. Neste sentido, quando a pressão do fluido é aliviada, os grãos de areia mantêm as fissuras abertas. Estes grãos devem ser bem seleccionados a fim de criar uma zona de alta permeabilidade na fratura. As fissuras formadas podem ser visualizadas na figura 1.



**Figura 1 - Fraturas artificiais criadas pela fraturação hidráulica (Fonte: Brathwaite, 2009)**

Em média 99,95% de água e areia com uma pequena proporção de aditivos químicos, que representam apenas cerca de 0,5% de uma solução, são usados no processo de fraturação. O tratamento típico de uma fraturação utiliza cerca de doze aditivos químicos para baixas concentrações, dependendo das características da água e da formação de shale a ser intervencionada. Estes produtos químicos devem cumprir um propósito específico, de ajudar a preservar a integridade do ambiente para a redução das emissões no local. [11]

Durante o processo de fratura, a resposta da rocha e a pressão são monitorizadas em tempo real, de forma a garantir a segurança das operações. Dependendo da formação específica da shale, pode demorar entre 3 a 5 dias para concluir o processo de fraturação hidráulica.

O processo para a colocação de um poço de shale gás em produção é geralmente de curta duração, levando apenas alguns meses. Geralmente, a vida produtiva de um poço é de 20 a 40 anos. O processo para um único poço horizontal inclui, tipicamente, um período de 4 a 8 semanas para a preparação do local e para a sua perfuração, mais 4 ou 5 semanas para a perfuração, incluindo a descida, o revestimento e a cimentação, e geralmente, ainda mais 2 a 5 dias para a completa realização da técnica de fraturação hidráulica. [12] Na figura 2 é possível visualizar em pormenor a técnica de fraturação hidráulica e o revestimento necessário e na figura 3 todos os equipamentos utilizados.

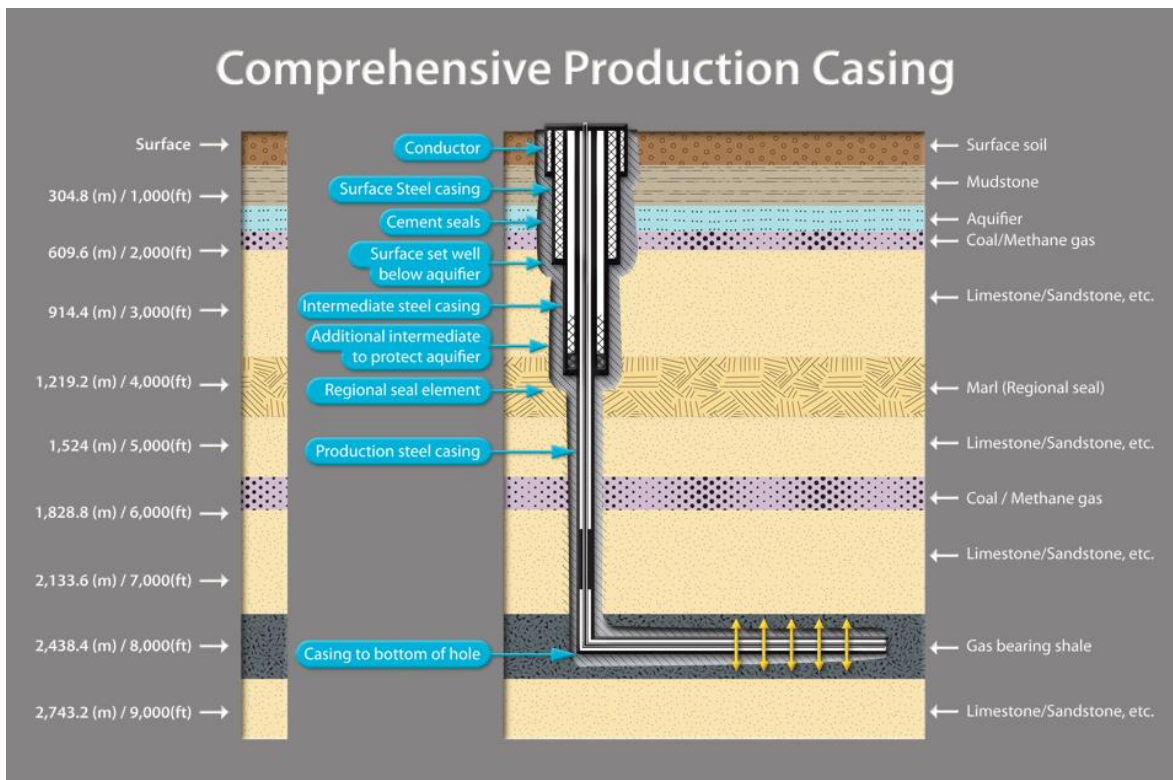


Figura 2 - Técnica de fraturação hidráulica e seu revestimento (Fonte: The European Resource Centre for Shale Gas)

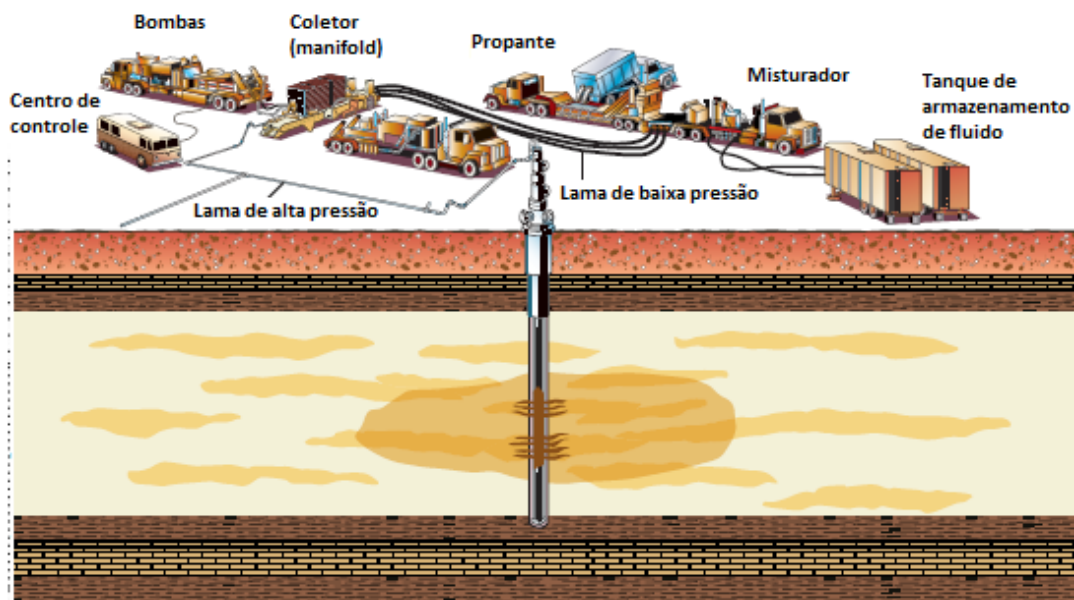


Figura 3 - Equipamentos utilizados na fraturação hidráulica (Fonte: U. S Department of Energy)

Como já foi referido anteriormente, as técnicas de perfuração horizontal e fraturação hidráulica já eram utilizadas na indústria do petróleo e gás natural. Todavia, os avanços em algumas tecnologias e a combinação delas resultaram numa procura de exploração e extração do shale gás, que teve início nos Estados Unidos da América, e que constituiu um dos motivos para o aumento na produção de shale gás associado à intenção de querer ser menos dependente do gás proveniente de outros países.

## 2.3 Impactos ambientais

A extração do shale gás gera alguns problemas ambientais, tais como: as emissões de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) e metano ( $\text{CH}_4$ ), em particular as emissões do metano durante a perfuração, que são relativamente maiores em relação às do gás convencional; os volumes de água e produtos químicos utilizados no fraturamento hidráulico; o possível risco de contaminação de águas subterrâneas; os efeitos físicos da fraturação hidráulica que podem resultar num aumento da atividade sísmica.

No final do ano de 2010, a Environmental Protection Agency (EPA) dos Estados Unidos da América emitiu um relatório que concluiu que o shale gás emite grandes quantidades de metano, e que emite em maiores quantidades do que o gás convencional, mas ainda assim, muito menos que o carvão. [13]

O metano é um potente gás de efeito de estufa, embora ele permaneça na atmosfera por apenas um décimo do período em relação ao dióxido de carbono. O Painel Intergovernamental da ONU sobre Mudanças Climáticas (IPCC) atribui um potencial de aquecimento global ao metano de 72 vezes maior do que o dióxido de carbono ao longo de um período de 25 anos, e apenas 25 vezes maior ao longo de um período de 100 anos. [14] Vários estudos têm estimado a fuga do metano de um ciclo de vida de desenvolvimento e produção do shale gás e têm encontrado uma ampla gama de taxas de fuga. De salientar o dados mais recentes dos valores dos gases de efeito de estufa da EPA que indicam que a taxa de fuga de metano é de cerca de 1,4 %, abaixo dos 2,3 % referido pelo relatório de 2012 desta mesma agência. [15] [16]

A contaminação das águas subterrâneas com gás ou fluido de fraturação representou, segundo um estudo de 2011 do MIT (Massachusetts Institute of Technology), quase metade dos incidentes registados na exploração do shale gás em território americano no período de 2005 a 2009, não sendo possível, estabelecer a relação causal dos incidentes ocorridos com a atividade de fraturação hidráulica. Segundo o GWPF (Global Warming Policy Foundation) de 2011, os

processos de fracturação hidráulica e produção, quando aplicadas as regras de segurança adequadas, não representam risco aos aquíferos adjacentes. [17]

Outra preocupação, que já foi referida anteriormente, e que mais recentemente se vem propagando, prende-se com a ocorrência de atividade sísmica induzida, de pequena escala, em regiões de exploração de shale gás.

Por outro lado, a exploração de shale gás tem a capacidade de interferir com a rotina das comunidades locais, em especial daquelas que não estão acostumadas às operações da indústria do petróleo e gás. Grandes infraestruturas de exploração e produção podem gerar imenso impacto visual, e grandes quantidades de máquinas e camiões podem gerar grandes volumes de tráfego nas estradas locais.

Assim, os aspetos e impactos ambientais ocorridos devido às atividades de exploração do shale gás são de extrema relevância, e incidentes podem acontecer como resultado de erros operacionais e de más práticas de operação, enquanto outros poderão ter origem relacionada com a própria exploração do shale gás.

### 3. Caracterização Mundial

O shale gás tem o potencial necessário para transformar a indústria de energia no mundo pois tem sido encontrando em diversos locais de todo o mundo.

Depósitos de shale gás têm sido encontrados em áreas que anteriormente não tinham reservas de gás exploráveis, o que pode transformar países que tradicionalmente importam gás natural em produtores, tornando-os mais auto-sustentáveis com o abastecimento interno. Estes depósitos têm sido encontrados em mercados de energia desenvolvidos e subdesenvolvidos, abrindo assim a possibilidade de estabilizar estes mercados no que se refere à oferta e à procura.

Toda a produção de energia cria riscos de segurança e ambiente. Medidas estratégicas, em que o retorno não imediato, mas sim mediato através de resultados bem mais qualificados ao longo do tempo, serão de extrema importância para alcançar bons resultados. Em alguns países, como a França, as preocupações ambientais têm causado a suspensão ou a proibição da fraturação hidráulica. Outros países, como a Argentina e a China, estão dispostos a assumir maiores riscos ambientais para promover a produção de shale gás, a fim de se tornarem auto-sustentáveis. Por outro lado, um outro benefício, importante politicamente para a produção de shale gás em grande escala, é o número substancial de novos postos de trabalho que esta produção pode abrir para os trabalhadores menos qualificados de cada país. [18]

Um relatório lançado em 2013 intitulado “World Shale Gas Resource” realizado pela Energy Information Administration (EIA) e pela Advanced Resources International (ARI), ambas dos EUA, permite perceber um pouco melhor o que se passa com o shale gás nos diversos países do mundo.

Este relatório apresenta resultados de 42 países distintos, de 95 bacias de shale, com cerca de 700 páginas com 26 capítulos e 200 mapas com as mais variadas informações. É, portanto, um relatório que permite caracterizar mundialmente o shale gás. [19]

Ao analisarmos as implicações da abundância de recursos de shale gás no mercado, é importante distinguir um recurso tecnicamente recuperável, no qual se insere o relatório mencionado anteriormente, e um recurso economicamente recuperável. Recursos tecnicamente recuperáveis representam os volumes de gás que podem ser produzidos com a tecnologia atual, independentemente dos custos de produção e de preços do gás. Recursos economicamente recuperáveis são recursos que podem ser lucrativamente produzidos em condições de mercado atuais. A recuperação económica do investimento na exploração dos recursos de gás depende de

três fatores: os custos de perfuração e construção de poços; a quantidade de gás produzido durante a vida útil da infraestrutura; e os preços praticados para o gás que é produzido. [7]

A experiência recente com o shale gás nos Estados Unidos da América e em outros países demonstra que a recuperação econômica pode ser significativamente influenciada por fatores acima do solo, e também pela geologia. As principais vantagens acima do solo verificadas no Estados Unidos e Canadá, e que podem não se aplicar a outros países, são: a propriedade privada dos direitos de superfície que proporcionam um forte incentivo para o desenvolvimento; disponibilidade de muitos operadores independentes e apoio de empreiteiros com experiência crítica e sondas de perfuração adequadas; a existência de infraestruturas e de gasodutos; e a disponibilidade de recursos hídricos para o uso da fraturação hidráulica.

O relatório referido anteriormente abrange as formações de shale com maior potencial em 42 países, que demonstram algum nível de promessa de curto prazo e que contêm uma quantidade suficiente de dados geológicos para a avaliação de recursos.

A figura 4 mostra a localização destas bacias e as regiões analisadas. A legenda no mapa do mundo tem duas cores diferentes que correspondem ao âmbito geológico avaliado. As áreas de cor vermelha representam a localização de bacias com formações de shale do qual se estima a quantidade e os recursos tecnicamente recuperáveis que foram fornecidos. As áreas de cor amarela representam a localização de bacias que foram analisadas, mas para as quais a estimativa de recursos de shales não foi fornecida, principalmente devido à falta de dados necessários para a realização da avaliação. As áreas de cor branca não foram avaliadas no referido relatório.

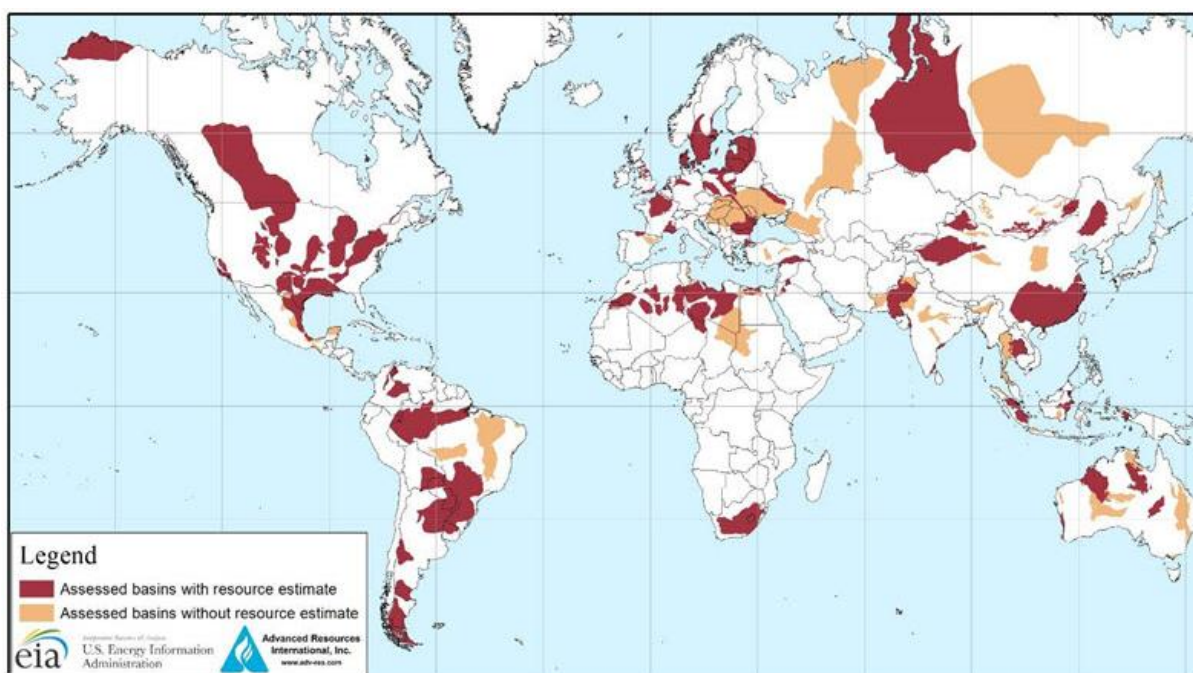


Figura 4 - Mapa dos recursos tecnicamente recuperáveis de shale gás (Fonte: EIA/ARI)

Na tabela a baixo são mencionados os países com maiores quantidades de recursos de shale gás tecnicamente recuperáveis, medidos em cubic feet<sup>2</sup>.

Recursos de shale gás tecnicamente recuperáveis (Tcf <sup>3</sup> )	
1. EUA	1 161
2. China	1 115
3. Argentina	802
4. Argélia	707
5. Canadá	573
6. México	545
7. Austrália	437
8. África do Sul	390
9. Rússia	285
10. Brasil	245
11. Outros países	1 535
<b>TOTAL</b>	<b>7 7 95</b>

Tabela 1 - Recursos de shale gás (Fonte: EIA/ARI)

<sup>2</sup> O termo cubic feet é uma unidade de medida usada nos EUA e Reino Unido e é definido como o volume de um cubo com lados de pé. 1 cubic feet = 0,028316846592 m<sup>3</sup> = 28,316846592 litros

<sup>3</sup> Tcf significa trillion cubic feet, em português trilião de pés cúbico que é equivalente a 10<sup>12</sup>.



Os EUA, a China, a Argentina, o Canadá e o México representam quase dois terços da quantidades de recursos de shale gás tecnicamente recuperáveis em relação ao resto dos países.

Além dos EUA, seis outros países têm grandes e atraentes recursos de shale gás. Em desenvolvimento o Canadá e a Argentina. E, em exploração a China, a Argélia, o México e a Austrália.

Embora o potencial de muitas nações sobre o shale gás tenha vindo a ser estudado, apenas os EUA, o Canadá e a China produzem shale gás em quantidades comerciais, e apenas os EUA e o Canadá têm produção significativa.

A tabela seguinte compara os dados de um relatório elaborado em 2011, semelhante ao referido relatório de 2013, e ambos produzidos pelas mesmas agências.

<b>Recursos de shale gás tecnicamente recuperáveis (Tcf)</b>		
	<i>Relatório Abril 2011</i>	<i>Relatório Junho 2013</i>
<b>1. América do Norte</b>		
<b>Canadá</b>	388	573
<b>México</b>	681	545
<b>2. América do Sul</b>		
<b>Argentina</b>	774	802
<b>Brazil</b>	226	245
<b>Venezuela</b>	11	167
<b>3. Europa</b>		
<b>Polónia</b>	187	148
<b>França</b>	180	137
<b>Noruega</b>	83	0
<b>Ucrânia</b>	42	128
<b>Rússia</b>	-	285
<b>4. África</b>		
<b>Argélia</b>	230	707
<b>Líbia</b>	290	122
<b>África do Sul</b>	485	390
<b>Egipto</b>	-	100
<b>5. Ásia</b>		
<b>China</b>	1 225	1 115
<b>Índia/Paquistão</b>	114	201

**Tabela 2 - Comparação dos relatórios de 2011 e 2013 (Fonte: EIA/ARI)**

Como é possível verificar através da análise da tabela anterior foram alguns os recursos de shale gás revistos em baixa no relatório atual em relação ao de 2011.

Numa avaliação mais ilustrativa do que exaustiva, apresentam-se a baixo alguns motivos pelos quais as estimativas de recursos de shale gás foram revistas em baixa.

Na Noruega caiu de 83 triliões de pés cúbicos em 2011 para zero no relatório atual devido aos resultados decepcionantes obtidos em três poços perfurados.

Na Polónia a estimativa de recursos de shale gás foi reduzida de 187 triliões de pés cúbicos no relatório de 2011 a 148 triliões de pés cúbicos no relatório atual. Esta redução deveu-se sobretudo à aplicação mais rigorosa de uma lei que exige que uma formação de shale tenha pelo menos 2 por cento de conteúdo orgânico, que juntamente com um melhor controlo sobre a complexidade estrutural, reduziu a área de potencial recurso de 11 660 quilómetros quadrados para 2 390 quilómetros quadrados.

No México, a estimativa de recursos de shale gás passou de 681 triliões de pés cúbicos para 545 triliões de pés cúbicos no relatório de 2013. Esta diminuição deveu-se sobretudo à redução de milhares de quilómetros da área de potencial recurso de shale gás para passar para uma área de prospeção de petróleo.

Na África do Sul, a estimativa de recursos de shale gás caiu 95 triliões de pés cúbicos em relação ao relatório de 2011, facto que se deveu essencialmente à queda de 15 por cento da área potencial de recurso de shale gás de três formações de uma grande bacia.

Na China, apesar de estar quase no topo da lista de países com maiores estimativas de recursos de shale gás, também foi revista um pouco em baixa, em muito devido a uma melhor informação sobre o conteúdo orgânico total e a complexidade geológica. [20]

## **3.1 América**

### **3.1.1 Estados Unidos da América**

Os Estados Unidos da América são o país com maior avanço na exploração, desenvolvimento e produção de shale gás, conseguindo esta nova produção reduzir o preço do gás no mercado norte-americano. O shale gás foi o grande responsável pelo aumento da oferta de gás no país na última década.

A procura e produção de shale gás nos Estados Unidos aconteceram muito rapidamente, com as empresas, principalmente, pequenas e médias empresas, a colocarem reservas existentes em produção plena, como na Pensilvânia, na Louisiana e no Texas, e a descobrir novas reservas, mais recentemente, como a Marcellus, a Eagle Ford e a Utica. Na figura 5 é possível visualizar todas as reservas e bacias dos Estados Unidos.

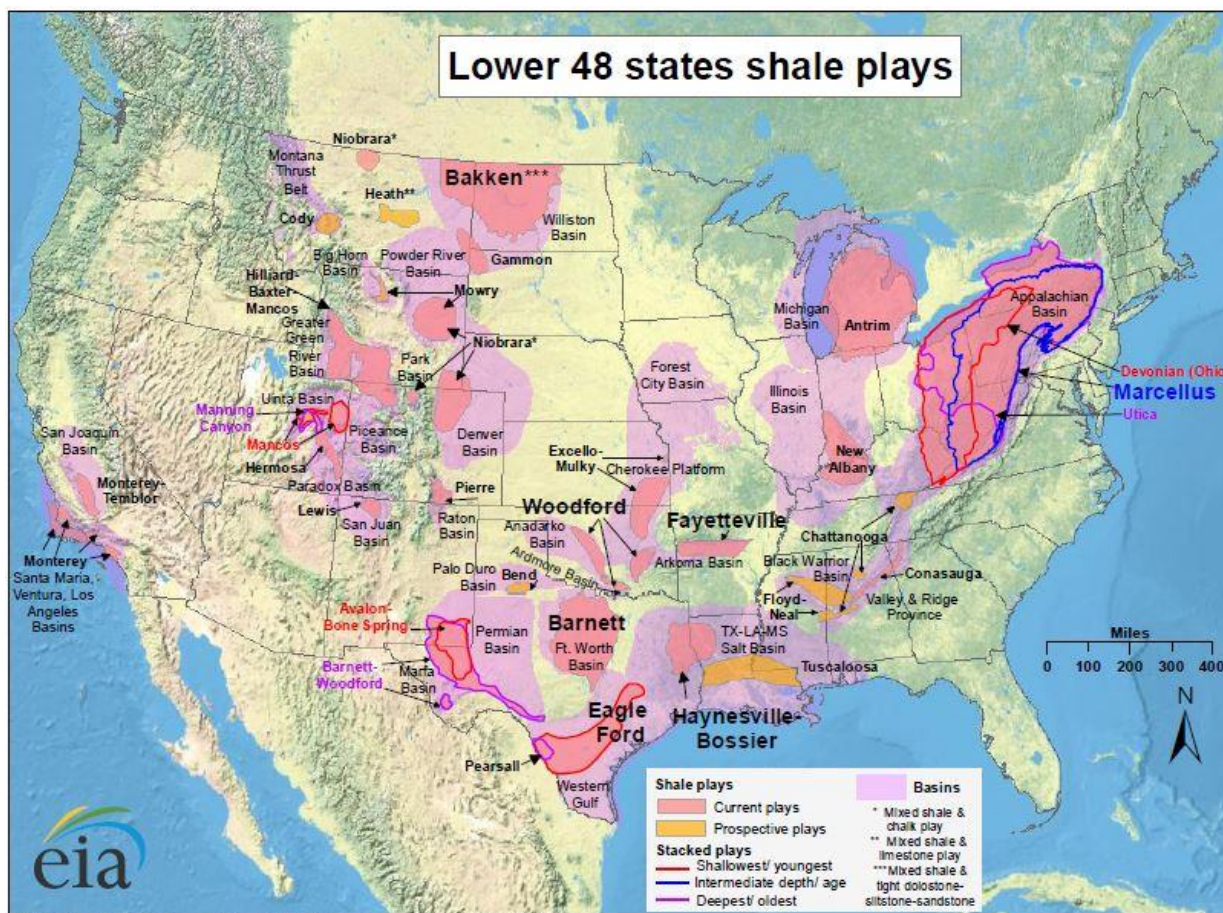


Figura 5 - Reservas e bacias dos EUA (Fonte: EIA)

A indústria dos Estados Unidos baseia-se principalmente em petróleo, gás e carvão, que são mais baratos e mais abundantes. Tecnologias de energias renováveis, como a solar, a eólica, a geotérmica ou a de biomassa, estão a ganhar mais força, mas ainda não são viáveis a um nível de escala de utilidade pública, esperando-se que num futuro próximo venham a desempenhar um papel significativo na matriz energética do país.

A produção de shale gás tem assim o potencial necessário para transformar o mercado de energia dos Estados Unidos. Este é um país que se tem apoiado tradicionalmente em importações, principalmente do Canadá, para as suas necessidades de gás natural. Mas a quantidade de reservas de shale gás que existem nos Estados Unidos e os recentes investimentos nos seus desenvolvimentos, podem conseguir tornar os Estados Unidos auto-sustentáveis. Existem sinais de que os Estados Unidos estão prestes a tornar-se numa importante potência no mercado mundial de gás natural, através do shale gás. O país tem vindo a trabalhar para adaptar algumas instalações de processamento de gás natural e de conversão, originalmente concebidos

para as importações, para conseguirem lidar com as exportações de shale gás na forma de GNL<sup>4</sup>. [19]

O aumento da produção de shale gás nos Estados Unidos aconteceu, entre outros motivos, pelos avanços nas técnicas de exploração e produção deste recurso. Todas estas técnicas já eram utilizadas na indústria do petróleo e gás natural, no entanto, os avanços em algumas tecnologias e a combinação delas para a extração do shale gás, em especial a perfuração horizontal e a fraturação hidráulica, levaram a um rápido aumento da produção de shale gás.

Na figura 6 é possível visualizar o rápido aumento na produção de shale gás a partir da perfuração de poços horizontais no campo de Barnett.

O início da produção de shale gás em grande escala, só foi possível quando as experiências realizadas pela empresa Mitchell Energy na formação de shale gás em Barnett conseguiram transformar este tipo de operação em uma realidade comercial. E a partir de 2005, a produção de shale gás na formação de Barnett atingiu os 0,5 trilhões de pés cúbicos (Tcf) por ano.

A experiência adquirida passou a ser utilizada em outras reservas de gás como na Fayetteville, Haynesville, Marcellus, Woodford e Eagle Ford.

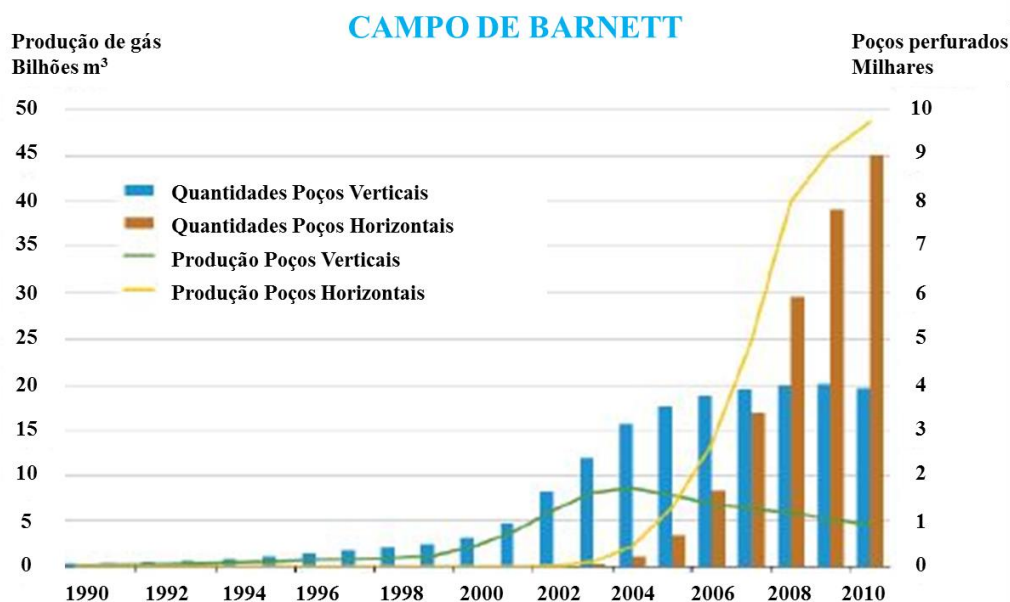


Figura 6 - Produção de shale gás de acordo com os tipos de poços perfurados em Barnett (Fonte: EIA)

<sup>4</sup> GNL significa Gás Natural Liquefeito, e é o gás natural que, após purificado, é condensado ao estado líquido por meio da redução da sua temperatura a -163 graus Celsius.

De acordo com o Annual Energy Outlook de 2011 da Energy Information Administration (EIA), os Estados Unidos possuem 2,552 Tcf de reservas potenciais de gás. Ainda de acordo com o mesmo estudo, a produção de shale gás aumentou a percentagem da produção total de gás no país de 7,2% em 2008 para 23% em 2010 e é previsto que chegue aos 46% em 2035. [21]

Nos Estados Unidos as reservas de gás são encontradas em mais de 48 estados. As maiores reservas são em Barnett, Fayetteville, Haynesville, Marcellus, Woodford e Eagle Ford. Em 2009, a reserva de Barnett foi a mais produtiva, foi a responsável por 62% da produção total de shale gás. A segunda maior produção foi a da reserva de Fayetteville, contabilizando 8% da produção total.

Naturalmente, os Estados Unidos exercem a liderança na produção de shale gás no mundo. O país iniciou a sua produção há algumas décadas, mas a partir da segunda metade do ano 2000, começou-se a expandir rapidamente, crescendo cerca de 45% entre 2005 e 2010, quando atingiu 141 bilhões de metros cúbicos (Bcm). Considerando todos os tipos de gás não convencional, a produção somava 358 Bcm em 2010. [22]

O aumento da produção americana resultou de diversos aspetos políticos, institucionais, económicos, ambientais, geográficos e tecnológicos que viabilizaram a extração. De facto, a necessidade de aumentar a produção de gás para garantir a segurança energética do país, o apoio do governo no incentivo à exploração e à produção, o elevado nível dos preços do gás na década de 2000, a localização das reservas próximas à infraestrutura de escoamento já existente, a obrigação de atingir metas de redução da emissão de gases do efeito de estufa e uma combinação de avanços nas tecnologias de produção, proporcionaram um ambiente atrativo aos investimentos em exploração e produção não convencional no país.

O impacto ambiental das técnicas de produção de shale gás, especialmente da fraturação hidráulica, é algo que é bastante questionado nos Estados Unidos. A possibilidade de causar tremores de terra, o grande uso de água no processo e a possibilidade de contaminação dos lençóis freáticos levaram os órgãos reguladores da indústria a criar normas cada vez mais rígidas, procurando minimizar o risco de tais impactos. Com a nova regulamentação, os custos de produção tendem a aumentar.

Desde os anos de 1970, que o estado americano está envolvido no desenvolvimento das tecnologias de extração de shale gás, apoiando atividades de pesquisa e desenvolvimento, concedendo incentivos fiscais e atuando em parceria com a iniciativa privada para repartir custos em determinados projetos.

O apoio do estado americano tem um impulso geopolítico importante já que, conseguindo alcançar os seus objetivos de possuir gás abundante, a necessidade de importação reduz-se e,

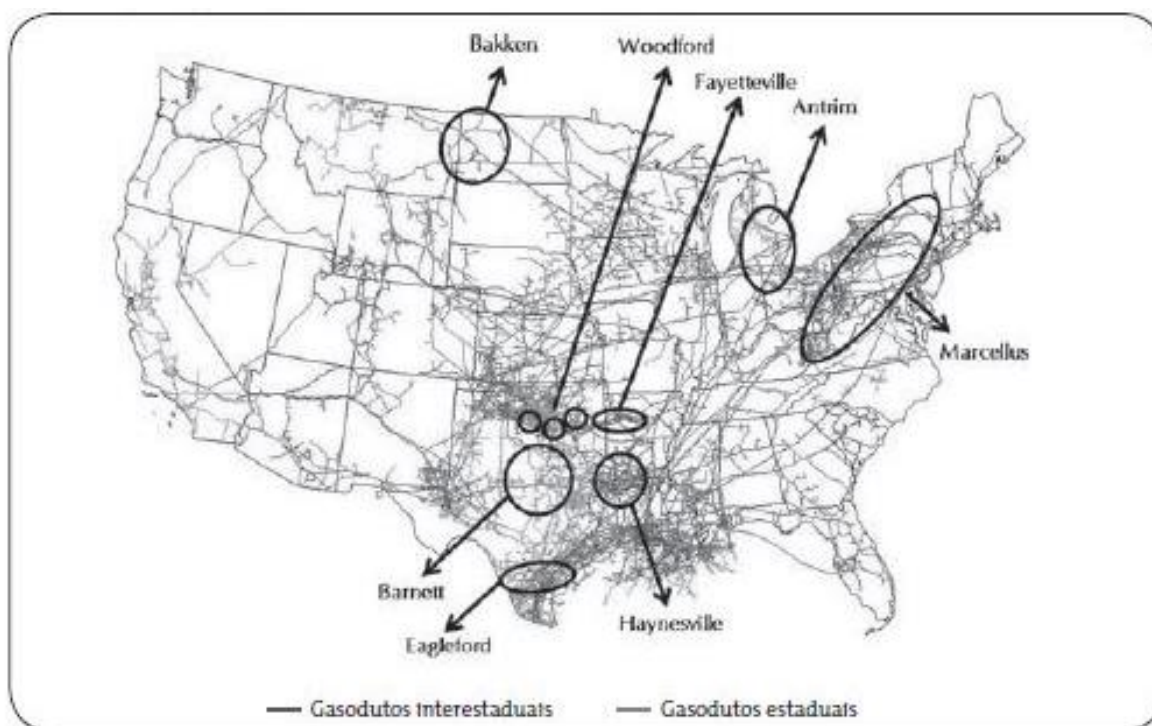
com isso, diminuí também o poder dos países produtores de gás, principalmente da Rússia, da Venezuela e do Irão, sobre os Estados Unidos.

O apoio do estado refletiu-se nas mais diversas áreas e teve alguns marcos importantes nas três últimas décadas, a partir da queda da produção americana: Projetos de demonstração; brocas de perfuração mais eficientes através da realização de parcerias com empresas; tecnologias de imagem através do desenvolvimento de novas técnicas; e incentivos fiscais, com a criação de incentivos para a produção de gás não convencional em que é atribuído um valor por cada metro cúbico produzido. O estado americano criou, assim, diversos mecanismos e incentivos para que as empresas se dedicassem em pleno à exploração, desenvolvimento e produção de shale gás. A título de exemplo, observe-se o caso da Chesapeake Energy Corp, uma das principais empresas do setor dos EUA, que apurou um lucro antes do imposto de utilização de espaço de 5,5 bilhões de dólares e apenas 53 milhões de impostos de utilização de espaço no mesmo período. Caso não houvesse esse incentivo, a empresa teria pago cerca de 1,9 bilhões de dólares. [23]

Assim, caso a produção se consiga manter a este custo e com os preços atuais, o movimento recente de queda de preços parecerá estrutural. Caso contrário, se a produção reduzir por inviabilidade de custos, os preços vão tender a aumentar, caracterizando um movimento cíclico.

Um outro aspeto importante que impulsionou o rápido desenvolvimento da produção de shale gás nos Estados Unidos foi a localização descentralizada das reservas pelo território americano, estando os maiores volumes já encontrados concentrados nas regiões Nordeste e Centro-Sul do país, respetivamente nas formações de Marcellus e Haynesville.

A infraestrutura de transporte de gás dos Estados Unidos, a quando do início da produção de shale gás, já se mostrava bastante abrangente e integrada, o que favoreceu o escoamento da produção para os mercados consumidores sem que grandes investimentos fossem realizados. A figura 7 exhibe a malha de gasodutos do país e as principais áreas de exploração de shale gás.



**Figura 7 - Malha de gasodutos dos EUA (Fonte: EIA)**

Verifica-se que as principais áreas de exploração estão localizadas em regiões que dispõem de uma intensa malha de transporte. De salientar, que, nos Estados Unidos, o mercado de gás natural é liberalizado, havendo competição entre os agentes dos diferentes segmentos do mercado de gás natural e um livre acesso aos gasodutos de transporte.

A descoberta do shale gás no território americano modificou o padrão geográfico da produção, que anteriormente se concentrava no Golfo do México. Essa mudança deverá ser cada vez mais relevante à medida que a produção do campo de Marcellus for expandida. Apesar da abrangência da malha atual, essa nova configuração implicará investimentos relevantes na infraestrutura de transporte americana. De acordo com MIT, considerando-se as projeções oficiais para a expansão da produção e da procura, estima-se que serão necessárias de 30 mil a 60 mil milhas<sup>5</sup> de novos gasodutos de transporte e de rede de distribuição. [24]

Assim, espera-se que os investimentos futuros em infraestruturas de escoamento tenham, além de longo tempo de maturação, elevados custos para a indústria do gás. Estes investimentos podem, a longo prazo, contribuir para o aumento do custo do gás nos Estados Unidos.

Na tabela 3 é possível visualizar o número de bacias encontradas em cada uma das formações de shale gás exploradas nos Estados Unidos, assim como a quantidade de shale gás extraída de cada uma delas.

<sup>5</sup> Milha é uma unidade de comprimento ou medida que equivale a 1,609344 km.

	<b>Recursos de shale gás</b>	
	<i>Formações distintas</i>	<i>Reservas e recursos (Tcf)</i>
<b>1. Northeast</b>		
Marcellus	8	369
Utica	3	111
Other	3	29
<b>2. Southeast</b>		
Haynesville	4	161
Bossier	2	57
Fayetteville	4	48
<b>3. Mid-Continent</b>		
Woodford	9	77
Antrim	1	5
New Albany	1	2
<b>4. Texas</b>		
Eagle Ford	6	119
Barnett	5	72
Permian	9	34
<b>5. Rockies/Great Plains</b>		
Niobrara	8	57
Lewis	1	1
Bakken/Three Forks	6	19
<b>TOTAL</b>	<b>70</b>	<b>1161</b>

**Tabela 3 - Formações de shale gás dos EUA (Fonte: EIA)**

Os Estados Unidos são, assim uma grande referência no desenvolvimento e exploração de shale gás, conseguindo ao longo dos anos sucesso e aquisição de experiência de extrema importância e de referência para outros países do mundo.

No entanto, a geologia de cada bacia de shale gás é única e, por isso, não existe garantia de que o processo de exploração utilizado nos Estados Unidos seja bem sucedido em outras partes do mundo. Além disso, a falta de infraestruturas adequadas pode também ser um impedimento para o sucesso do shale gás em outros países do mundo.

O desenvolvimento da produção de shale gás em outros países vai depender de como esses países vêm a suas necessidades ambientais e de segurança energética e de como os seus governos criarão políticas de incentivo à produção e coordenarão o estabelecimento da infraestrutura necessária, assim como o desenvolvimento e a aplicação das tecnologias de extração adaptadas às suas condições que também influenciaram numa maior ou menor produção de shale gás.



### 3.1.2 Argentina

Explorações preliminares na América do Sul sugerem que depósitos de shale gás em quantidades consideráveis se encontram em vários países, como a Argentina, Brasil, Colômbia, entre outros. No caso do Brasil, as reservas de shale gás eram estimadas como as segundas maiores do continente americano, logo depois dos Estados Unidos, mas tem havido pouco interesse de empresas e governo, e conseqüentemente, pouco investimento para explorar este recurso.

A Argentina é o único país sul-americano que parece determinado em conseguir produzir shale gás em grande escala, nomeadamente na formação de Neuquén em que o desenvolvimento está avançado.

Os depósitos na Argentina estão projetados para serem tão grandes que o desenvolvimento será muito importante para a economia do país. Apesar de alguns poços de shale gás já terem sido desenvolvidos, os produtores argentinos vão ter de realizar mais perfuração e fraturação hidráulica para tirarem maior partido das suas reservas de shale gás.

Na Argentina, espera-se que a produção de shale gás ocorra dentro de 3 a 5 anos, tendo em conta que os projetos de shale gás estão, na sua maioria, a ser realizados por grandes empresas e entidades mundiais de energia. [25]

Politicamente, o estado parece apoiar o desenvolvimento de shale gás, dada à dependência da Argentina das importações de gás natural de elevado custo da Bolívia e do Qatar, estabelecendo como uma prioridade o desenvolvimento das suas próprias fontes de energia. O governo argentino criou diversas políticas, incluindo um programa de financiamento para os projetos de shale gás, de forma a permitir melhores preços de venda e novas ofertas desta nova forma de energia.

Nos meios de comunicação social tem vindo a ser expressada alguma oposição relativamente à tecnologia da fraturação hidráulica, levantando várias preocupações. No entanto, dada a disposição do governo argentino em apoiar os projetos do shale gás, é esperado que o desenvolvimento dos campos de shale gás continuem a ser permitidos, uma vez que a sua exploração é de extrema importância para o país e muito valiosa para o seu desenvolvimento económico.

Como já foi referido anteriormente, a principal formação de shale gás com grandes potenciais de desenvolvimento, é a formação de Neuquén. Esta bacia tem um potencial equivalente a muitas outras bacias de outros países, principalmente dos Estados Unidos, e é possivelmente a mais promissora fora da América do Norte.

Além da bacia de Neuquén, existem mais três bacias com perspectivas de shale gás que ainda não foram completamente testadas. Na figura 8 são apresentadas todas bacias.



Figura 8 - Perspetivas de formações de shale gás na Argentina (Fonte: ARI)

A Argentina tem uma estimativa de 802 Tcf de recursos de shale gás tecnicamente recuperáveis, mas espera-se que este país possa chegar aos 3 244 Tcf. Como é possível visualizar na figura, a Argentina tem quatro bacias principais, todas elas com um potencial de elevada qualidade para o desenvolvimento de recursos de shale gás, das quais o foco principal é na bacia de Neuquén, onde desde 2010 já foram perfurados dezenas de poços, que indicam um bom potencial de produção. [26]

### 3.1.3 Canadá

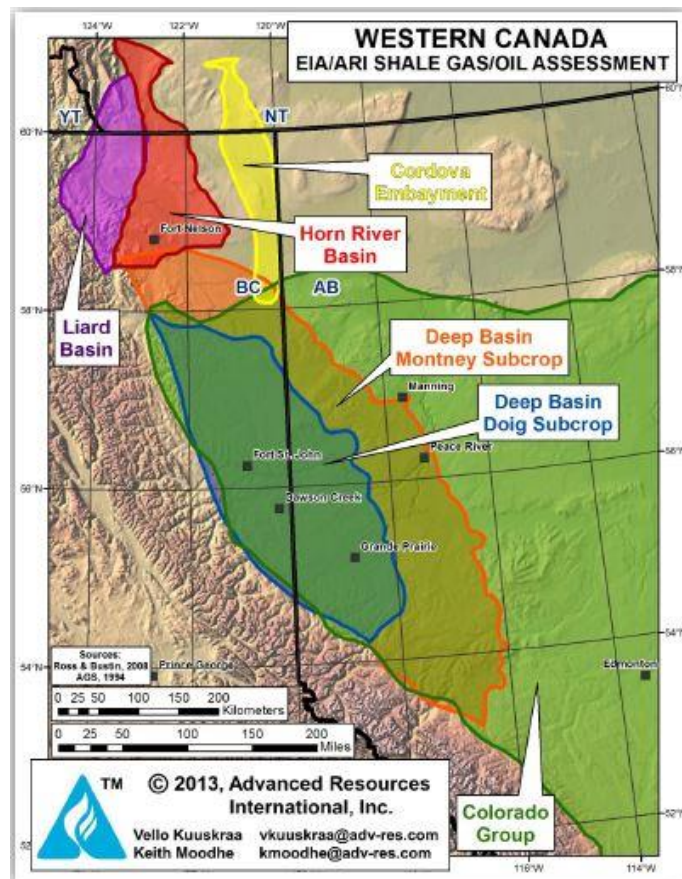
O Canadá é o terceiro maior produtor mundial de gás natural, com uma produção média anual de 6 400 000 milhões de pés cúbicos. Este país tem sido tradicionalmente conhecido por possuir reservas de gás convencional significativas, e era um dos principais fornecedores de gás natural para os Estados Unidos nas últimas décadas, até ao recente surto de shale gás no país.

No desenvolvimento dos seus recursos de shale gás, o Canadá está atrás dos Estados Unidos, mas, com as fontes de gás natural convencionais em declínio, a indústria do Canadá está a voltar-se para fontes não convencionais, como o shale gás.

A produção comercial em larga escala no Canadá ainda não se iniciou, mas muitas empresas estão a explorar o desenvolvimento dos seus recursos em várias regiões como a Alberta, British Columbia, Quebec e New Brunswick.

No início da exploração da bacia de shale gás de Utica no Quebec, os primeiros resultados criaram grandes expectativas relativamente ao seu potencial. Estimativas preliminares sugerem que esta reserva pode conter mais de 20 Tcf de shale gás tecnicamente recuperável. Os produtores estão a prosseguir com precaução, mas se as estimativas estiverem corretas, o desenvolvimento de shale gás no leste do Canadá poderia modificar a tendência da produção, que se concentra atualmente na província ocidental. A região de Quebec não tem, agora quase nenhuma infraestrutura de apoio à produção de gás, no entanto a região próxima de Ontário e o mercado do nordeste dos Estados Unidos tornam-na bem situada para a exploração das suas bacias de shale gás. [25]

O Canadá tem uma série de grandes bacias de hidrocarbonetos com shales grossos e que têm uma grande quantidade de recursos de shale gás. Na figura 9 é possível visualizar algumas das maiores bacias de shale gás do país.



**Figura 9 - Bacias de shale gás selecionadas do oeste do Canadá (Fonte: ARI)**

O Canadá tem uma estimativa de reservas de shale gás tecnicamente recuperáveis de 573 Tcf mas estima-se que possa chegar a 2 413 Tcf.

Relativamente ao relatório elaborado pela EIA e ARI de 2011 as estimavas de recursos de shale gás tecnicamente recuperáveis aumentaram, principalmente devido ao aumento do número de bacias de shale gás encontradas, que eram em 2011 de apenas 7 bacias e são em 2013 de 12 bacias, a um aumento de 33% face a 2011, ou seja, com um aumento de 185 Tcf de recursos de shale gás. [26]

### 3.1.4 México

O México tem um excelente potencial para o desenvolvimento dos seus recursos de shale gás, pois possui diversas reservas de shales situadas ao longo do Golfo do México.

Na figura 10 é possível visualizar as principais bacias de shale gás situadas ao longo do Golfo do México.

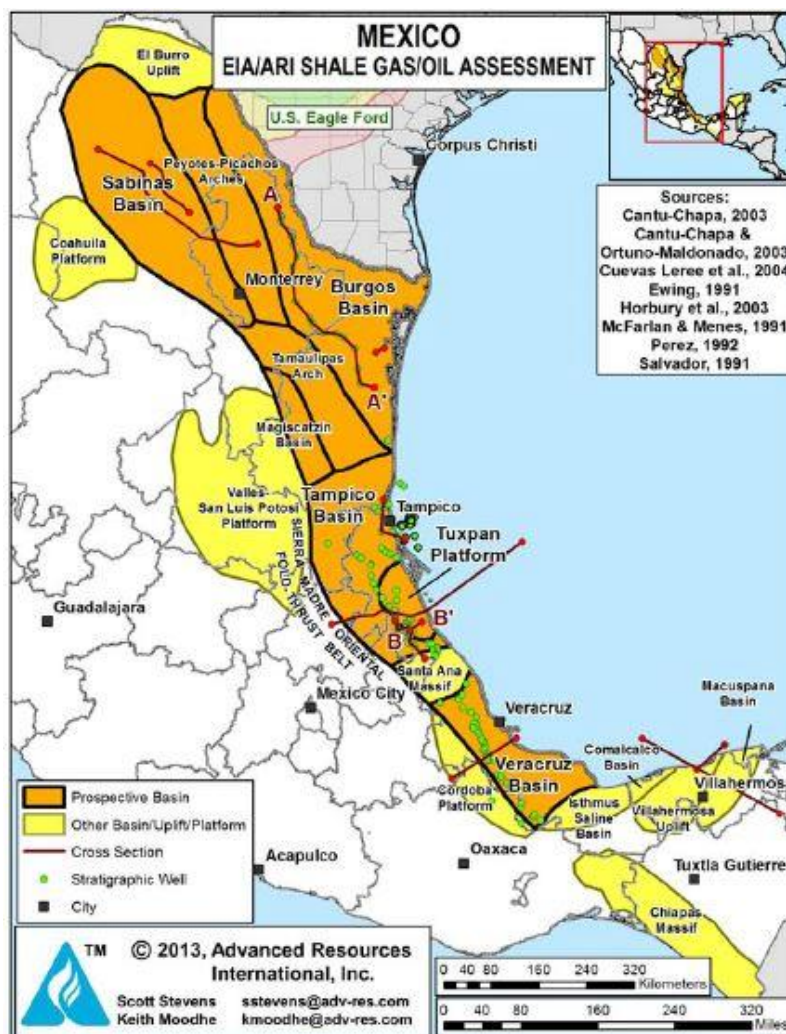


Figura 10 - Formações de shale gás situadas ao longo do Golfo do México Oriental (Fonte: ARI)

Estima-se que o México tenha 545 Tcf de recursos de shale gás tecnicamente recuperáveis, que são potencialmente maiores do que as reservas convencionais.

A formação mais documentada é a de Eagle Ford da baía de Burgos, que se estende pelo sul do Texas e para o norte do México, que tem cerca de 343 Tcf de recursos de shale gás tecnicamente recuperáveis.

A sul e a leste do México, a geologia de shales torna-se estruturalmente mais complexa e o potencial de shale é menos determinado. A bacia de Sabinas tem uma estimativa de 124 Tcf de recursos de shale gás tecnicamente recuperáveis que se situa dentro das formações de Eagle Ford e La Casita.

As bacias de Tampico, Tuxpan e Veracruz, bacias estruturalmente mais favoráveis têm uma estimativa de recursos de shale gás de 28 Tcf.

Prevê-se que a produção de shale gás comercial tenha início em 2015. A empresa PEMEX prevê investir cerca de 1 bilhão de dólares para perfurar 750 poços. No entanto, a

exploração de poços para eventuais recursos de shale gás têm tido um elevado custo para esta empresa, cerca de 20 a 25 milhões de dólares por poço e que forneceram, taxas de fluxo iniciais um pouco modestas, cerca de 3 milhões de pés cúbicos por poço com tendência a diminuir.

O México tem recursos que podem ser restringidos por vários fatores, de forma semelhante ao que acontece em outros países do mundo, como os limites potenciais de investimento, capacidade das infraestruturas para os serviços de produção de shale gás e preocupações com a segurança pública em muitas áreas de exploração.

A empresa referida anteriormente, a que mais explora os recursos de shale gás no México, planeia investir cerca de 575 milhões de dólares, de forma a acelerar a atividade de shale gás durante os próximos anos. [26]

## 3.2 Ásia e Oceânia

### 3.2.1 China

O governo chinês começou a exploração da produção de shale gás, em 2010. Este recurso pode ser a maior fonte de energia da China, e o país está convicto na exploração e desenvolvimento deste recurso, a fim de diminuir a dependência de fontes externas de gás natural, como da Rússia e outros.

A China tem como objetivo satisfazer a maioria das suas necessidades energéticas a partir de fontes alternativas, em 2020.

O plano quinquenal iniciado em 2010, dá grande ênfase à exploração de fontes de energia não tradicionais. Como parte dessa estratégia, o país tem vindo a realizar diversas parcerias com empresas mundiais, a fim de ajudar a China a adquirir conhecimentos e tecnologias necessários para desenvolver e explorar as suas reservas de shale gás.

Entre outras, destaca-se a parceria entre a Petro China e a Shell Oil, com 10 a 15 poços em exploração, produzindo cerca de 2000 metros cúbicos por dia. A infraestrutura teve início no último trimestre de 2010 e está situada no oeste da China. Em outubro de 2011, a produção teve início na Bacia de Sichuan. Os depósitos de shale gás da China tem uma composição geológica diferente do que os dos Estados Unidos e, por isso, é incerto se os métodos de recuperação de shale gás utilizados nos Estados Unidos possam ser duplicados.

O Ministério dos Recursos chinês convidou algumas empresas de petróleo e gás para promoverem a exploração de shale gás, oferecendo quatro licenças de exploração no oeste da China. Neste início da produção de shale gás, não existe um quadro regulamentar em vigor neste país, pelo que a procura e a aceitação de empresas mundiais para parcerias de exploração e desenvolvimento deste recurso parecem acontecer de forma simples, e tudo indica que o governo vai continuar a promover e a apoiar o seu desenvolvimento. [25]

A China tem uma grande quantidade de bacias com recursos de shale gás, que se estima serem de 1 115 Tcf de shale gás tecnicamente recuperáveis, explorados em sete bacias que podem ser visualizadas na figura 11.



Figura 11 - Formações de shale gás da China (Fonte: ARI)

As sete bacias, como é visível na figura 11, são: Sichuan, Tarim, Junggar, Songliao, Jiangnan, Subei e o Yangtze Platform.

Estima-se que a bacia de Sichuan contenha 626 Tcf de shale gás tecnicamente recuperável, a bacia de Tarim cerca de 216 Tcf de shale gás, a de Junggar 36 Tcf e a de Songliao 16 Tcf de shale gás. O complexo designado por Yangtze Platform e as formações de Jiangnan e Subei, terão cerca de 22 Tcf de shale gás tecnicamente recuperáveis. A quantidade total de shale gás pode chegar a 4 746 Tcf, um número bastante promissor que explica o grande empenho que o governo chinês tem no desenvolvimento e exploração de shale gás.

A Bacia de Sichuan e a Yangtze Platform são áreas de exploração lideradas pela Petro China, Sinopec e Shell, e o governo, demonstra uma vez mais o seu elevado empenho no desenvolvimento deste recurso, tendo estabelecido um ambicioso, mas provavelmente inatingível, objetivo de produção de shale gás de 5,8 a 9,7 Bcf para 2020. [26]



### 3.2.2 Austrália

Com condições geológicas e da indústria semelhantes às dos Estados Unidos e do Canadá, a Austrália tem o potencial necessário para ser um dos próximos países com produção de shale gás comercialmente viável, no entanto também existem vários aspetos que devem ser considerados.

As estimativas apontam para uma quantidade de 2 046 Tcf de shale gás com 437 Tcf tecnicamente recuperáveis.

O país possui seis bacias com potenciais recursos de shale gás, sendo a Bacia de Cooper a principal aposta por parte das empresas, como a Santos, Beach Energy e Senex Energy que têm testado os seus reservatórios. As outras bacias com uma maior área de exploração possuem pequenos reservatórios que também estão a ser testados por outras empresas. [26]

Estas formações são visíveis na figura 12.

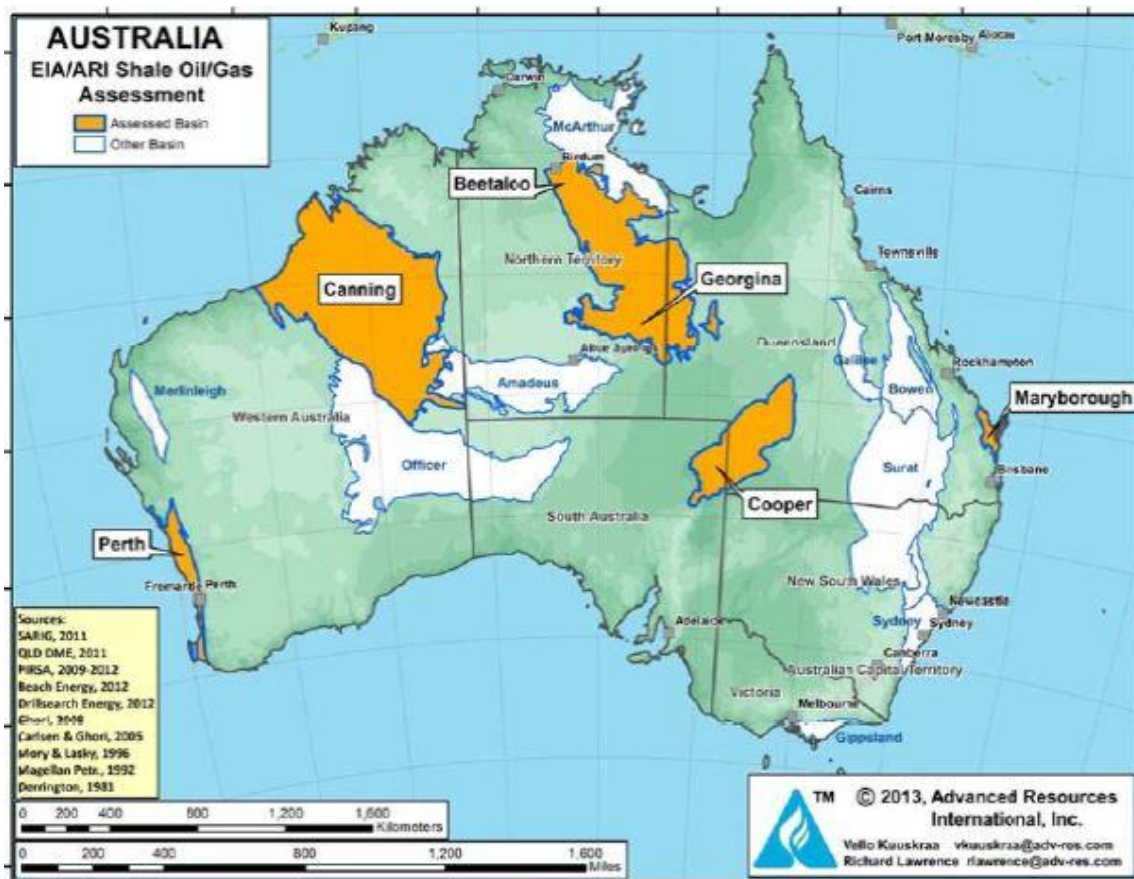


Figura 12 - Formações de shale gás na Austrália (Fonte: ARI)

A Austrália é um dos países mais ricos do mundo quando se refere ao fornecimento de gás convencional, e as empresas do país têm feito investimentos bastante significativos para a sua produção. O principal motor do crescimento nos mercados de gás é a oportunidade de vender o gás no mercado internacional através de instalações de GNL.

Devido à relativa pequena população da Austrália, a procura interna do gás natural é limitada, e o país produz gás natural, essencialmente para a exportação em forma de GNL, como referido anteriormente. Com gasodutos limitados, o desenvolvimento de shale gás pode ser imaturo ou precoce, e a sua viabilidade económica é incerta. Além disso, o shale gás na Austrália é muitas vezes localizado em locais remotos, tornando-o ainda mais caro para a sua comercialização. No entanto, associações de empresas mundiais com as locais estão a explorar shale gás em vários locais, não havendo atualmente nenhuma produção comercial deste tipo de gás.

A produção e comercialização de shale gás neste país está muito longe de acontecer, muitos especialistas apontando uma distância de mais de uma década, uma vez que será necessário ultrapassar alguns desafios, como os custos de exploração que são cerca de três vezes superiores aos dos Estados Unidos e a falta de infraestruturas de transporte, pois as formações de shale gás estão, na sua maioria, localizadas longe dos grandes centros populacionais.

Para os produtores australianos, o maior problema para o desenvolvimento do shale gás é o custo de extração. Atualmente, não há incentivos suficientes para as empresas investirem significativamente na exploração de shale gás. Se as condições melhorarem, o país está bem posicionado para desenvolver mercados de exportação em países como a Malásia, Taiwan, Japão, Coreia e China, especialmente porque alguns desses países tendem a diversificar as suas fontes de energia.

Assim, se uma empresa australiana encontrasse uma reserva suficientemente grande no lugar certo para extração e distribuição para o mercado, em seguida economias de escala poderiam tornar a produção de shale gás viável. [25]

## 3.3 África

### 3.3.1 Argélia

A Argélia é o quarto país do mundo com mais reservas de shale gás tecnicamente recuperáveis, com uma quantidade bastante significativa, de cerca de 707 Tcf e com expectativas de que cheguem a 3 419 Tcf de shale gás.

São sete as bacias de shale gás na Argélia: Ghadames (Berkine) e Illizi no leste da Argélia; Timimoun, Ahnet e Mouydir no centro do país; e as bacias de Reggane e Tindouf no sudoeste. [25]

Através da figura 13 é possível visualizar estas bacias espalhadas um pouco por todo o país.

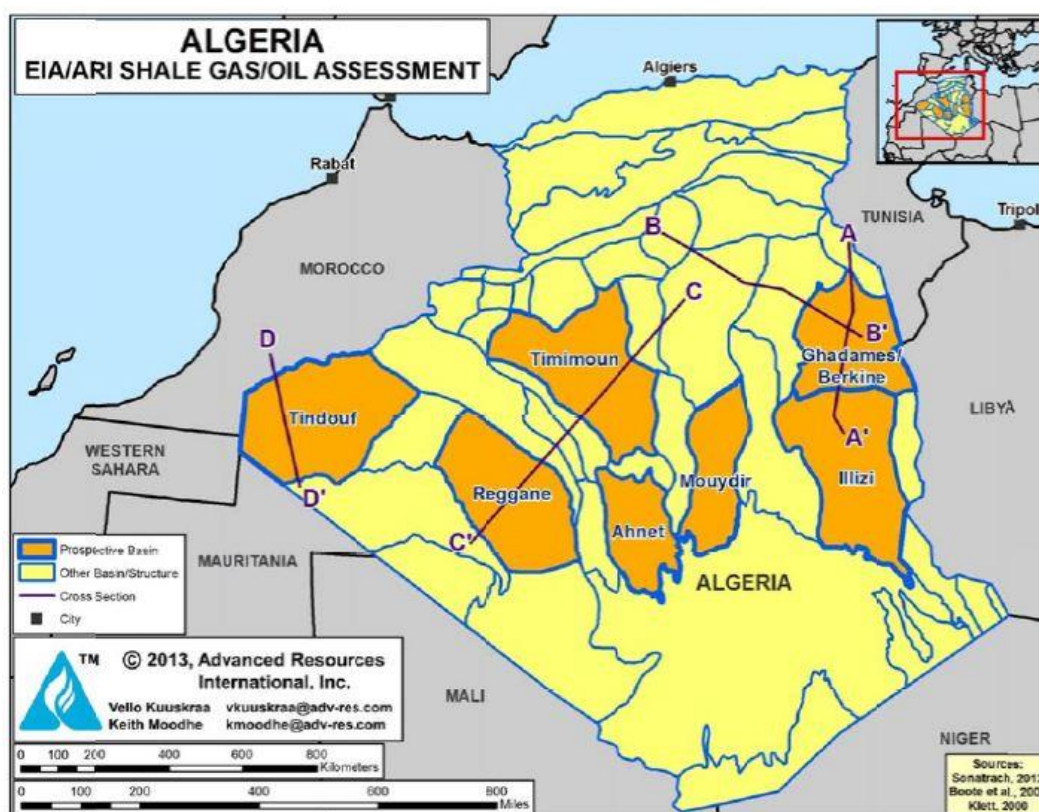


Figura 13 - Bacias de shale gás da Argélia (Fonte: ARI)

O governo da Argélia, baseado no relatório de 2013 da EIA e da ARI, está determinado em apostar no desenvolvimento do shale gás. O país fez algumas alterações à sua lei de hidrocarbonetos durante o ano de 2013 para abrir caminho para a exploração de recursos

energéticos não convencionais, e mais legislação está a ser preparada para que a exploração e comercialização de shale gás aconteça neste país, tanto mais que o governo, através do seu Ministro da Energia, tem supervisionado um grande projeto de exploração de reservatórios de shale gás. [27]

No entanto, grupos dentro da Argélia como o Collectif National pour les Libertés Citoyennes (CNLC) estão questionando e desafiando o governo sobre os problemas da fraturação hidráulica e os impactos ambientais que podem ter sobre o deserto do Saara.

Empresas como a Eni, a Shell e a ExxonMobil têm mantido conversações com a companhia de petróleo nacional da Argélia, Sonatrach, sobre a extração de shale gás com o objetivo de participarem na sua exploração. [28]

### 3.3.2 África do Sul

A África do Sul é um importador de gás natural, principalmente dos países vizinhos Moçambique e Namíbia. Como tal, a África do Sul deu prioridade à exploração deste gás e de petróleo.

Neste país, a exploração de shale gás é iniciada através da concessão de um Alvará de Cooperação Técnica (TCP), o que pode posteriormente levar à designada Exploration Permit (EP) e, eventualmente, a um contrato de produção.

O país tem uma tributação das empresas de 28% e de royalties<sup>6</sup> de 7%, condições que são favoráveis para a exploração do gás.

Uma quantidade significativa de grandes companhias assinaram uma Licença de Cooperação Técnica (PFC) para prosseguir com a exploração de shale gás na Bacia do Karoo, como a Royal Dutch Shell, a Falcon Oil & Gas juntamente com a Chevron, a Sasol em conjunto com a Chesapeake e a Statoil, e a Sunset Energy Ltd da Austrália e a Anglo Coal da África do Sul.

A Bacia do Karoo é uma grande bacia que contém shales com uma elevada espessura, situada no centro e no sul da África do Sul, como é possível visualizar na figura 14. Esta bacia tem cerca de 236 400 m<sup>2</sup>, estendendo-se por quase dois terços do país, com a zona sul da bacia a ser potencialmente mais favorável para a exploração de shale gás. No entanto, a bacia contém

---

<sup>6</sup> A royalty é um pagamento com base em uso feito por uma das partes para outra, relativo ao direito de uso contínuo de um ativo, por vezes, de propriedade intelectual. Um contrato de licença define os termos em que um recurso ou propriedade, são licenciados por uma parte à outra, seja sem restrições ou sujeita a uma limitação no prazo, de negócios ou territorial. Os contratos de licenciamento de produtos, podem ser regulados, especialmente quando um governo é o proprietário dos recursos, ou podem ser contratos privados que seguem uma estrutura geral.

áreas significativas de descontinuidades geológicas que podem afetar a qualidade dos recursos de shale e aumentar os riscos de exploração.

É estimado, que a zona salientada a vermelho na figura 14 possa conter cerca de 1 559 Tcf de shale gás, com 370 Tcf de shale gás tecnicamente recuperáveis. [26]

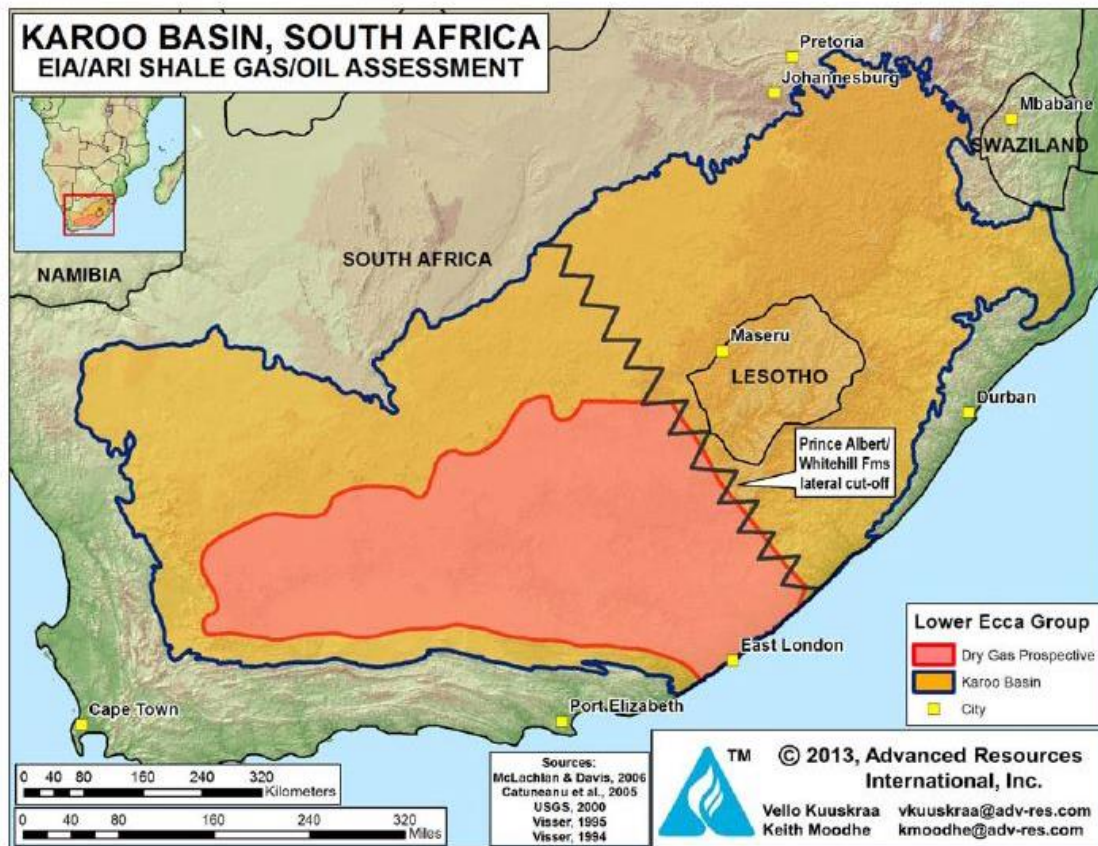


Figura 14 - Bacia de shale gás da África do Sul (Fonte: ARI)

## 3.4 Europa

### 3.4.1 Rússia

A Rússia é o primeiro país da Europa que consta na lista das 10 empresas com maior quantidade de recursos de shale gás tecnicamente recuperáveis do Relatório da EIA e ARI.

A bacia de Siberia a Oeste da Rússia é a principal formação para a exploração de shale gás. Na figura 15 são apresentadas esta e outras potenciais formações mas que ainda não foram exploradas.

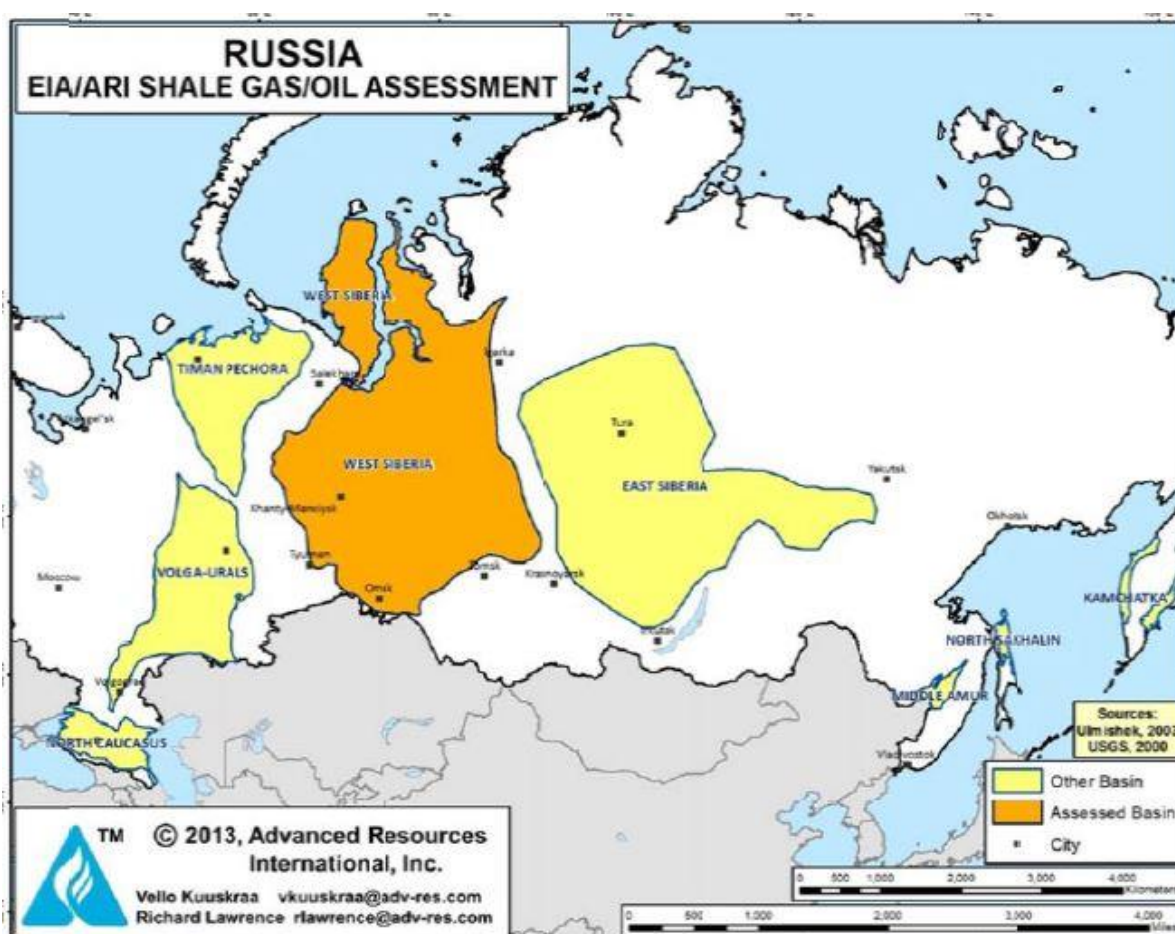


Figura 15 - Bacias de shale gás da Rússia (Fonte: ARI)

Nestas bacias são estimados 1 920 Tcf de shale gás com 285 Tcf de recursos tecnicamente recuperáveis. [26]

A Rússia é um país com imensa força na indústria do gás natural e do petróleo, exportando grandes quantidades para diversos países do mundo, pelo que os grandes investidores

destes dois sectores estão divididos sobre este novo recurso que é o shale gás, relativamente ao seu potencial a longo prazo. Algumas empresas da indústria russa não acham que o shale gás seja uma oportunidade significativa, embora haja muitos outros que acreditam que o shale gás seja um novo recurso.

A empresa de petróleo e gás natural nacional da Rússia, realizou um acordo de parceria estratégica com a Exxon Mobil, para a realização de experiências e exploração, principalmente no que se refere ao know-how tecnológico, uma indicação de que o produtor estatal da Rússia está consciente do potencial do shale gás e da sua importância para o futuro.

Potenciais investidores europeus orientais na produção de shale gás estão sendo cautelosos na realização de novos investimentos devido à evolução da indústria de shale gás nos Estados Unidos. Se as empresas americanas produzirem apenas shale gás para uso doméstico, a expansão da indústria deste recurso terá pouco efeito na Europa. Mas, por outro lado, e num cenário mais provável, se as empresas dos Estados Unidos decidirem investir em instalações de conversão e transporte necessárias para entrar no mercado europeu de gás natural, a dependência da Europa de países como a Rússia, vai diminuir.

Assim, a Rússia não deverá deixar de se preocupar com a evolução da indústria de shale gás porque, provavelmente, caso aconteça uma diminuição das exportações, a Rússia vai virar a sua atenção para servir os crescentes mercados asiáticos, mas sempre ameaçada pela também procura de desenvolvimento do shale gás nos países asiáticos. [25]

### **3.4.2 Reino Unido**

O Reino Unido tem volumes substanciais de shale gás numa área denominada Carboniferous, nomeadamente em várias formações situadas a norte, centro e sul do país. São estimados 623 Tcf de shale gás com, apenas 26 Tcf de recursos tecnicamente recuperáveis. No entanto, e apesar de o Reino Unido nem sequer aparecer no top 10 de países com recursos de shale gás tecnicamente recuperáveis segundo o Relatório de 2013 da EIA e ARI, é realizada uma referência a este país por dois motivos: um deles por já terem sido interrompidas explorações de shale gás devido a pequenos tremores de terra; o outro motivo resulta do facto de ser um país que está politicamente empenhado em prosseguir com o desenvolvimento deste recurso, conforme se verá posteriormente.

Na figura 16 apresentada abaixo, é possível visualizar as várias formações situadas um pouco por todo o país, tal como mencionado anteriormente.

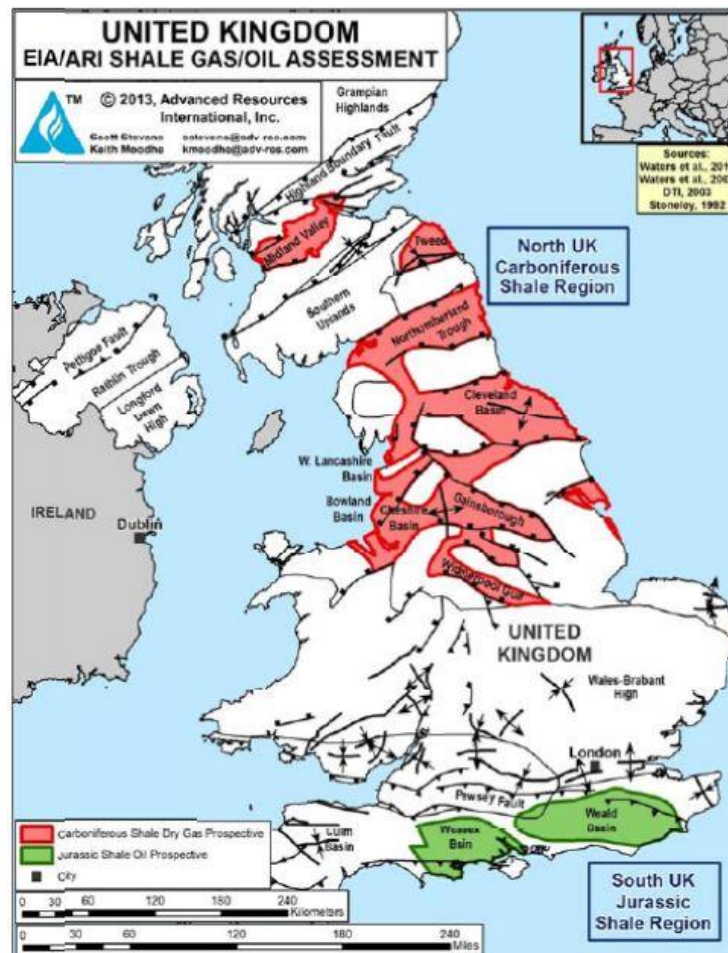


Figura 16 - Formações de shale gás do Reino Unido (Fonte: ARI)

Dentro da Europa, o Reino Unido está a par da Polónia, na procura e desenvolvimento de shale gás. No entanto, as oposições políticas são maiores do que na Polónia, mas muito menores que na França ou na Alemanha.

A primeira utilização da técnica de fraturação hidráulica não aconteceu nas melhores condições, uma vez que os primeiros testes originaram pequenos tremores de terra. Este acontecimento levou o governo a proibir por um período de 18 meses a fraturação hidráulica para avaliar melhor os riscos. Em janeiro de 2012, a British Geological Survey observou que os riscos de desenvolvimento de shale gás para as águas subterrâneas e para o aparecimento de tremores de terra tinham sido exagerados, dando conta que temores de terra causados pela fraturação hidráulica eram menores do que os tremores de terra causados pela mineração de carvão, também existente do Reino Unido. [26]

Em maio de 2011, uma comissão parlamentar do Reino Unido já tinha referido que não tinha encontrado nenhuma evidência de a fraturação hidráulica representar um risco direto para a contaminação de águas subterrâneas, desde que os poços fossem corretamente construídos. [25]



Em dezembro de 2012, o governo do Reino Unido aprova a exploração de shale gás, embora com condições restritas de monitorização, a empresas como a Cuadrilla Resources, IGAS, Dart Energy, entre outras. [26]

Já no ano de 2014, a imprensa deste país mencionou a existência de 1 300 Tcf de shale gás em 11 formações, número que supera em muito a estimativa do Relatório de 2013 da EIA e ARI que foi referido no início da caracterização deste país.

O primeiro-ministro do Reino Unido, David Cameron declarou que o desenvolvimento de shale gás pode garantir um fornecimento de gás por 50 anos. Salientou ainda que o shale gás dá muitas vantagens ao país, como diminuir as despesas de energia, tornar o país mais competitivo, criar postos de trabalho e, curiosamente, originar dinheiro para os bairros locais, em que as empresas exploradores pagam uma quantia de 100 000 libras para cada comunidade situada perto de um local de exploração, e se o shale gás for encontrado e extraído, 1% da receita, que poderia ir de 5 libras a 10 000 000 libras, que vão diretamente para os moradores que vivem nas proximidades. [29] Sobre as preocupações ambientais, o primeiro-ministro salienta que a evidência internacional mostra que não há razão para que o processo de exploração cause a contaminação do abastecimento de água ou outros danos ambientais, se tudo estiver devidamente regulamentado.

Portanto, o desenvolvimento do shale gás é uma realidade presente no Reino Unido com o governo a empenhar-se para que o país não perca esta oportunidade de acompanhar os avanços tecnológicos e tirar os consequentes dividendos na aposta neste tipo de recurso.

### **3.4.3 Polónia**

A Polónia tem algumas das infraestruturas e condições políticas mais favoráveis da Europa. A bacia do Báltico, no norte da Polónia é a região mais favorável para a exploração de shale gás, pois têm definições estruturais muito simples.

As bacias de Podlasie e Lublin também têm um grande potencial, mas são estruturalmente mais complexas, porque têm algumas falhas e são espaçadas o que dificulta a técnica de fraturação hidráulica.

Na figura 17 são apresentadas estas e outras formações com potencial de recursos de shale gás.



Figura 17 - Formações possíveis de shale gás na Polónia (Fonte: ARI)

As estimativas de recursos tecnicamente recuperáveis são de 146 Tcf de shale gás. Como é possível visualizar na figura 17, as bacias que podem conter shale gás cobrem todo o país, o que faz com que a Polónia tenha todas as condições para a exploração de shales, e ser o país da Europa com melhores condições para o desenvolvimento deste recurso.

A indústria neste país está ainda numa fase de exploração inicial, no entanto os primeiros resultados não foram muito positivos.

No ano de 2012, a empresa Exxon Mobil abandonou a formação de Lublin que continha muitas falhas e a formação de Podlasie após a perfuração de dois poços. As empresas Conoco Philips e a Chevron estão a explorar cautelosamente os poços situados na bacia do Báltico e de Lublin, respetivamente. Além disso, também as empresas Talisman Energy e Marathon Oil deixaram em 2013 o mercado polaco. [26]

No entanto, as três concessões que a Talisman Energy detinha foram assumidas pela empresa San Leon Energia e a aquisição de onze concessões da Marathon Oil que estão a ser consideradas por outras empresas, como a PKN Orlen. É muito cedo para desanimar, pelo menos é a perspetiva das empresas que continuam a explorar eventuais reservas de shale gás no país,

com a emissão de mais de 100 licenças de exploração, em junho de 2013, registrando-se um crescimento tanto de empresas como de licenças, relativamente a igual período de 2011. [30]

O governo polaco tem tomado medidas para simplificar o processo de pedido de autorizações e assegurar um ambiente legislativo favorável ao investimento externo. O governo tem intenção de mudar a legislação de forma a garantir e a certificar que todas as operações são realizadas de forma segura e sustentável, mas referindo que o shale gás é seguro para as pessoas e para o ambiente. [31]

Na Europa oriental, o potencial de desenvolvimento de shale gás na Polónia é visto com grande preocupação, pois o governo está empenhado em desenvolver mecanismos e políticas para continuar ativamente a procurar recursos de shale gás, visando diminuir a dependência do país das importações russas. Também as empresas privadas na Polónia estão a trabalhar para desenvolver a indústria em colaboração com os cientistas. Se a Polónia, a Hungria e outros países da Europa fossem capazes de desenvolver as capacidades comerciais de produção de shale gás, a influência da Rússia na Europa iria, possivelmente, diminuir. [25]

### **3.4.4 Portugal**

Portugal não é referido no Relatório de 2013 da EIA e ARI, pelo que o interesse pelos recursos de shale gás que possam existir no país não será muito relevante.

No entanto, não poderíamos deixar de fazer referência às expectativas que existem sobre a existência de formações de shale gás em Portugal.

As zonas com mais potencial para a exploração de shale gás situam-se no Bombarral, Cadaval e Alenquer.

Já foram perfurados em Portugal mais de 100 poços, e mais cerca de 27 em offshore, e essas perfurações indicam a presença de shale gás no território português. O problema para que se possam viabilizar as explorações comercialmente, entre outros, é a quantidade de reservas de shale gás.

Segundo a Partex Oil and Gas Corporation, uma companhia petrolífera que é totalmente propriedade da Fundação Calouste Gulbenkian, existem quatro bacias em Portugal, uma no norte do país, outra na bacia lusitânica tanto onshore como offshore, uma outra situada no baixo Alentejo e, ainda uma outra no Algarve, que podem ser economicamente viáveis, havendo para as duas últimas o problema de serem zonas protegidas. Como tal, em todo o país há uma presença de shales que podem ser fiáveis para o desenvolvimento de shale gás. [32]

Mas é na bacia Lusitaniana, nos concelhos do Bombarral, Cadaval e Alenquer, que há mais indícios de formações adequadas para a exploração de shale gás. Foi nesta zona que mais pesquisas se fizeram nos últimos anos, incluindo as prospeções das empresas que desde os anos 70 têm procurado, mas em vão, petróleo em Portugal. E é aqui também que a Galp está a pesquisar gás natural, incluindo o shale gás.

O interesse de empresas como a Total, a Chevron ou a Exxon Mobil em investir em Portugal parece ser longínquo, uma vez que o país não aparece sequer no mapa de recursos mundiais divulgado pelo EIA e ARI. [33]

Na figura 18 é possível visualizar a bacia Lusitaniana com várias formações com possíveis recursos de shale gás, localizadas em vários concelhos.

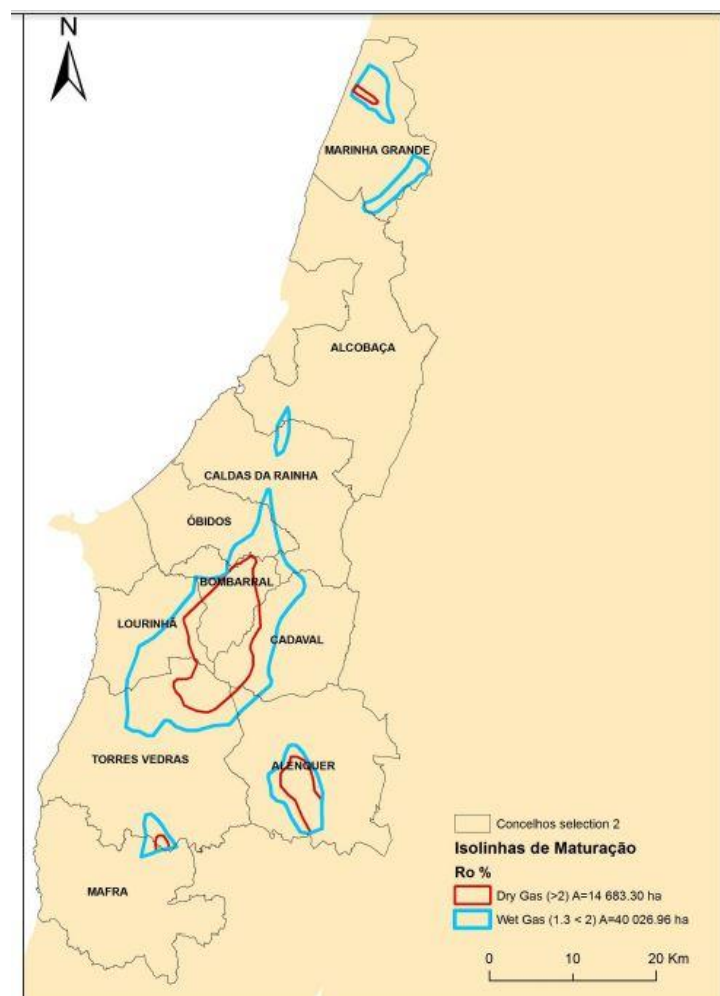


Figura 18 - Bacia Lusitaniana com possíveis formações de shale gás em Portugal

## **4. Principais Empresas**

### **4.1 EQT Corporation**

A EQT Corporation é um dos maiores produtores de gás na bacia de Appalachian, nos Estados Unidos. Com sede em Pittsburgh no estado da Pensilvânia, existe há mais de 125 anos e opera, além do seu estado, na Virgínia e em Kentucky. [34]

Notícias do final de 2013 referem que a empresa anunciou que os lucros quase triplicaram na produção de shale gás na reserva de Marcellus. A EQT ganhou 88,3 milhões de dólares de julho a setembro, o que representou um aumento de 31,9 milhões de dólares relativamente a igual período do ano de 2012. A receita subiu 39%, para 506,6 milhões de dólares com 364,1 milhões de dólares impulsionados por grandes aumentos no volume de vendas na formação de Marcellus. As vendas de gás subiram 74% desde o ano de 2012, levando a um lucro operacional de 97,6 milhões de dólares. O shale gás produzido em Marcellus foi responsável por 75% de todas as vendas da empresa, que pretende continuar a acelerar o desenvolvimento desta formação e conseguir a exploração de mais hectares nesta região que, segundo o executivo-chefe da empresa, foi colocada no topo da lista de prioridades depois da revisão anual de estratégias da empresa. [35, 36]

A empresa está a expandir lentamente a sua produção para além da região de Marcellus, começando a produção de shale gás em três primeiros poços na formação de Utica, conseguindo muito melhores resultados do que quando começou a exploração de poços em Marcellus, planeando explorar e produzir em mais oito poços na formação de Utica. No entanto, esta região não será uma prioridade para esta empresa. [37, 38]

### **4.2 Talisman Energy Inc.**

A Talisman Energy Inc. é uma empresa de exploração e produção de petróleo e gás com sede em Calgary, Alberta. Fundada em 1992 é uma das maiores empresas de petróleo e gás independente do Canadá.

A empresa opera globalmente, em territórios que incluem o Canadá, com destaque para as regiões de Alberta, Ontário e Quebec, e os Estados Unidos da América nas regiões da Pensilvânia, Nova York e Texas. E, ainda, a Colômbia, Argélia, Reino Unido, Noruega, Polónia, Indonésia, Malásia, Timor Leste, Austrália, Curdistão, entre outros. [39]

Esta empresa cresceu rapidamente devido a diversas fusões e aquisições, o que se reflete na sua história complexa e na sua grande diversidade de participações. É um dos participantes na Global Compact das Nações Unidas, uma iniciativa para incentivar as empresas a nível mundial a adotar políticas sustentáveis e socialmente responsáveis, e medidas para que as empresas informem sobre a sua execução. [40]

Relativamente ao shale gás, a grande relevância é no seu país de origem e nos Estados Unidos. No Canadá opera predominantemente nas regiões de Alberta e Quebec, onde a empresa explora e desenvolve os recursos de shale gás, e nos Estados Unidos onde foi a terceira empresa que mais poços explorou, com a exploração de 806 poços, essencialmente nas reservas de Marcellus e Eagle Ford. [41]

### **4.3 Chevron Corporation**

A Chevron é uma das maiores empresas de energia do mundo, multinacional americana com diversas subsidiárias que realizam negócios em todo o mundo. Está envolvida em praticamente toda a indústria de energia, como o petróleo, o gás e a energia geotérmica, incluindo a exploração, produção, comercialização, transporte, entre outros. Sediada em San Ramon, na Califórnia é uma das seis maiores empresas petrolíferas do século XX que opera em mais de 108 países, com o maior destaque para os Estados Unidos, Austrália, Nigéria, Angola, Cazaquistão e México.

Relativamente ao shale gás, nos Estados Unidos explorou no ano de 2013, 428 poços, principalmente na formação de Marcellus, local onde possui uma vasta área para a sua exploração e desenvolvimento. [42, 43]

A empresa tem apostado em novos países para desenvolver a exploração de shale gás, como a Roménia e a Polónia, onde tem ultrapassando vários obstáculos devido às manifestações contra a fraturação hidráulica e a contaminação de águas subterrâneas, mas com o apoio dos respetivos governos tem prosseguido a sua exploração. Recentemente, na Ucrânia, a Chevron assinou um acordo com o governo ucraniano, no final do ano de 2013, com a duração de 50 anos para desenvolver explorações de petróleo e shale gás, na região ocidental do país, com investimento total de 10 biliões de dólares. [44, 45, 46]

## **4.4 Cuadrilla Resources**

A Cuadrilla é uma empresa do Reino Unido, formada em 2007 e sediada em Staffordshire. O principal negócio da empresa é a exploração de fontes não convencionais de gás e petróleo na Europa, como o shale gás, pelo qual a empresa é mais conhecida, pelo esforço contínuo para desenvolver este recurso no Reino Unido.

A empresa detém licenças para dez locais no Reino Unido, como as bacias de Bowland e Weald, sendo a região de Lancashire, o local onde mais poços foram perfurados, e onde tenciona, no ano de 2014, perfurar mais seis poços, com a expectativa de vir a conseguir extrair 10% dos 200 Tcf de shale gás que estima que exista nesta região. Além disso, a Cuadrilla também detém licenças de exploração na Polónia e na República Checa. [47, 48, 49]

## **4.5 Halliburton Company**

A Halliburton é uma das maiores empresas fornecedoras do mundo de produtos e serviços para a indústria de energia. Fundada em 1919 tem cerca de 70 mil funcionários em aproximadamente 80 países. Esta empresa trabalha em todas as etapas do ciclo de vida de uma exploração, desde a localização de hidrocarbonetos e análise dos dados geológicos, a avaliação da perfuração e formação, bem como a construção e conclusão, e ainda, a produção ao longo do tempo de vida do campo.

Esta empresa está presentes em todos os mercados de petróleo e gás. Em relação ao shale gás, a Halliburton é reconhecida como líder da indústria na América do Norte. Nos Estados Unidos, no ano de 2013 a produção de shale gás aumentou cerca de 15% a 20% nas regiões de Marcellus e Eagle Ford, duas formações com grandes recursos de shale gás tecnicamente recuperáveis. [50]

Por outro lado, no mercado internacional, a empresa prevê para o ano de 2014 uma oportunidade de crescimento promissor deste tipo de recurso não convencional. Ao longo dos últimos anos a empresa esteve e está envolvida em diversos projetos para a exploração de shale gás, tanto na Austrália, como na China, que é um país com grande potencial e em que o governo tem colocado à disposição das empresas alguns benefícios fiscais. Também tem intensificado os seus negócios em mercados como a Arábia Saudita, México, Argentina e Polónia, este último em que o governo tem criado diversas condições favoráveis para as empresas explorarem o seu território e em que a Halliburton já vem a apostar desde de 2009. [51, 52, 53]

## **4.6 Total SA**

A Total SA é uma empresa multinacional francesa da indústria do petróleo e gás, é o quarto maior grupo privado explorador de petróleo e gás natural do mundo e a primeira empresa do setor na França. A sua área de atuação abrange toda a cadeia de petróleo e gás, de exploração e produção de petróleo bruto e de gás natural para a geração de energia, transporte e comercialização. A sede da empresa é La Défense, em Courbevoie.

No que diz respeito ao shale gás, esta empresa está ligada a vários projetos e explorações nos Estados Unidos, Argentina, China, Austrália, Polónia e Dinamarca, iniciados em 2011, principalmente devido aos diversos problemas que na França a fraturação hidráulica tem provocado, inclusive com a sua proibição. [54]

Mas recentemente, em janeiro de 2014, a Total SA entrou na maior bacia de shale gás do Reino Unido, através da compra de 40% de duas licenças de exploração, pagando 1,6 milhões de dólares e na participação no financiamento de um programa de exploração que pode chegar aos 46,5 milhões de dólares, no qual esta empresa é a principal responsável. As duas licenças cobrem cerca de 240 quilómetros quadrados da área de Gainsborough Trough da região de East Midlands do Reino Unido. A Total SA tornou-se a maior empresa de petróleo a entrar na indústria de shale gás no Reino Unido, provavelmente muito influenciada pela novas medidas adotadas pelo primeiro-ministro britânico, conforme já foram mencionadas a quando da caracterização do Reino Unido. [55, 56]

## **4.7 Royal Dutch Shell**

A Royal Dutch Shell, normalmente conhecida como Shell, é uma multinacional anglo-holandesa de petróleo e gás, com sede no Reino Unido e na Holanda. É uma das empresas mais valiosas no mundo, que opera em mais de 90 países, com negócios que incluem a exploração e produção de petróleo e gás, comercialização de GNL, fabricação, comercialização e transporte de derivados de petróleo e produtos químicos e projetos de energias renováveis. [57]

No que diz respeito ao shale gás, a Shell teve o seu grande investimento nos Estados Unidos, com cerca de 24 biliões de dólares em recursos não convencionais, com 794 poços de shale gás explorados e produzidos, sendo a quarta empresa que mais poços explorou no ano de 2013. No entanto, segundo o CEO Peter Voser, foi uma aposta que ainda tem que ser paga e que vai demorar mais tempo do que o esperado, devido aos maus resultados de curto prazo. [58, 59]



No mercado internacional, a China é a grande aposta desta empresa, tem vindo desde 2009 a desenvolver diversos projetos de exploração, conseguindo o primeiro contrato de partilha de produtos de shale gás com a China, na perspetiva de ocorrer um surto semelhante ao dos Estados Unidos e de poder vir a ser um dos grandes beneficiários. Prevê, assim, continuar para o ano de 2014 a apostar nas principais formações da China, num gasto que se prevê chegar a 1 bilião de dólares em exploração desde o ano de 2009 e até ao final de 2014. [60]

Segundo notícias recentes, na Argentina a Shell planeia triplicar o investimento no shale gás, confiante de que as mudanças nas políticas de energia do governo vão impulsionar o desenvolvimento da formação de Vaca Muerta na bacia de Neuquén, e assim conseguir cortar nas importações. O investimento previsto para o ano de 2014 é de aproximadamente 500 milhões de dólares, um aumento enorme, relativamente ao ano de 2013 que foi de cerca de 170 milhões de euros. [61, 62]

## **4.8 Exxon Mobil Corporation**

A Exxon Mobil é uma multinacional americana de petróleo e gás, com sede em Irving, no Texas. Foi fundada em 1999, pela fusão da Exxon e Mobil, comercializa produtos em todo o mundo sob as marcas de Exxon, Mobil e Esso, e também possui centenas de subsidiárias. Esta empresa está envolvida na exploração de petróleo e gás, produção, fornecimento, transporte e comercialização em todo o mundo. [63]

Relativamente ao shale gás, a empresa tem realizado algumas parcerias com outras empresas para a exploração deste recurso, em países como a China e a Polónia, embora neste último os resultados dececionantes a tenham levado a diminuir o investimento neste país. Por outro lado, na China a empresa mantém algumas parcerias com empresas locais para não ficar para trás na indústria deste novo recurso. Também na Rússia e na Argélia, a Exxon Mobil tem mantido conversações no sentido de estabelecer parcerias com as respetivas empresas nacionais para a exploração de novas regiões. [64, 65]

## **4.9 BP Global**

A BP é uma multinacional britânica de petróleo e gás, com sede em Londres, na Inglaterra, é uma das seis maiores empresas do mundo. Tem operações em mais de 80 países e

atua em todas as áreas da indústria de petróleo e gás, incluindo a exploração e produção, distribuição e comercialização, petroquímica, geração de energia e comércio, também atua na atividade de energias renováveis e em biocombustíveis. [66, 67]

No que se refere ao shale gás, esta empresa revelou recentemente o seu relatório Energy Outlook 2035, onde revela que os Estados Unidos vão produzir mais gás e carvão do que consomem, e que a revolução do shale gás vai tornar o país num exportador de gás em 2017, e que vai ser capaz de fornecer gás para todas as suas necessidades de energia em 2035, referenciando, ainda, que a América do Norte será responsável por 70% da produção de shale gás global. De salientar, ainda, que neste mesmo relatório a BP prevê que a procura global de energia deve aumentar 41% até 2035, liderado por mercados emergentes como a China e a Índia.

Com a divulgação deste relatório, é claro que a BP vai continuar a sua exploração e produção nos Estados Unidos, na bacia de Eagle Ford, de Fayettevilli e Utica, locais onde já explorou mais de 100 mil hectares. E também na China, onde detém algumas parcerias estratégicas de exploração e que vão ser reforçadas no ano de 2014. [68, 69]

## 4.10 Uma síntese possível

No final desta apresentação das principais empresas de shale gás no mundo era pretendido indicar uma classificação das empresas conforme a quantidade de recursos de shale gás exploradas até ao momento. No entanto, com a informação disponível no domínio público apenas foi possível realizar uma lista indicativa com algumas empresas que exploraram shale gás nos EUA em 2013, a qual é apresentada na tabela 4.

<b>Ordenação das empresas nos EUA por número de poços explorados</b>	
<b>1. Chesapeake Appalachia LLC</b>	1 694
<b>2. Range Resources Corp.</b>	892
<b>3. Talisman Energy USA Inc.</b>	806
<b>4. Shell Exploration and Pro. Co.</b>	794
<b>5. EQT Corp.</b>	465
<b>6. Chevron Corp.</b>	428
<b>7. Cabot Oil &amp; Gas Corp.</b>	418
<b>8. Atlas Resource Partners LP</b>	376
<b>9. Anadarko E&amp;P Co. LP</b>	375
<b>10. Consol Gas Co.</b>	333
<b>TOTAL</b>	<b>6 581</b>

**Tabela 4 - Lista de empresas de shale gás nos EUA (FONTE: Pittsburgh Business Times)**

## 5. Regulamentação Associada - Visão Geral

A regulamentação associada à exploração e desenvolvimento de shale gás é a mesma que se aplica ao petróleo e ao gás natural. A extração destes dois recursos é uma das atividades mais regulamentadas. Não importa que a extração seja de shales ou arenito, em terra ou no mar, as empresas devem cumprir com uma vasta gama de requisitos regulamentares rigorosos.

A Europa teve uma indústria de petróleo e gás próspera durante décadas, e alguns países ainda têm, e a regulamentação, em especial para os aspetos ambientais, evoluiu muito significativamente, tornando-se em muitos aspetos a mais exigente do mundo.

Segundo um estudo independente realizado para a Comissão Europeia em 2011 para avaliar se as leis existentes na Europa são adequadas para a exploração de shale gás, concluiu que a regulamentação atual para o nível de atividade de exploração deste recurso na Europa era suficiente e capaz. [70]

Todas as fases das operações de petróleo e gás são regulamentadas incluindo:

- **As atividades de exploração:** as empresas necessitam da autorização de uma agência nacional ou local. E para a obterem, as empresas devem fornecer algumas informações, como por exemplo, os impactos ambientais e geológicos das suas atividades;
- **Uso de produtos químicos:** todas as substâncias químicas utilizadas na extração de shale gás devem cumprir o regime REACH Europeu (Registo, Avaliação, Autorização e Restrição de Substâncias Químicas). Os operadores devem também divulgar para os reguladores, caso seja pedido, a identificação das substâncias a serem utilizados nas atividades de extração;
- **Uso e tratamento de água:** a extração de águas subterrâneas é rigorosamente controlada, muitas vezes exigindo uma licença. A água não pode ser simplesmente descarregada, deve ser tratada de acordo com as normas definidas;
- **Gestão de resíduos:** normas rigorosas devem ser respeitadas para evitar a contaminação do solo, existindo disposições especiais para resíduos perigosos;

- **Ruído e a comunidade local:** limitações severas ao ruído devem ser respeitadas, quer com atividades de extração, quer pelo equipamento utilizado nessas atividades. [71]

Cada país na Europa determina as regulamentações que se aplicam à atividade de shale gás no seu território. No entanto, existe um conjunto de diretivas na legislação da União Europeia que são aplicadas em todos os estados membros e que devem ser respeitadas, com fortes analogias com os traços regulatórios das indústrias do petróleo e do gás, incluindo:

- **Diretiva Hidrocarbonetos:** estabelece as condições de concessão e de utilização das autorizações de prospeção, pesquisa e produção de hidrocarbonetos, que são plenamente aplicáveis para o shale gás;
- **Diretiva Quadro de Água:** estabelece requisitos para as águas de superfície para alcançar um bom estado ecológico e químico e para a reversão da poluição induzida pelo homem, em circunstâncias específicas;
- **Regulamento REACH (Registo, Avaliação e Restrição de Substâncias Químicas):** Garante a gestão eficaz dos riscos associados às substâncias químicas por meio de relatórios ao longo da cadeia de suprimentos e eliminação progressiva das substâncias perigosas;
- **Diretiva Habitats e Diretiva Aves:** define um sistema de proteção rigoroso dos locais e espécies que se aplica a todas as atividades, incluindo indústrias extrativas;
- **Diretiva Águas Subterrâneas:** abrange todas as fontes potenciais de contaminação da água. Requisitos incluem o estabelecimento de padrões de qualidade das águas subterrâneas;
- **Diretiva Resíduos de Mineração:** Estabelece disposições enfoque de risco que abrange planeamento, licenciamento, exploração, encerramento e pós-encerramento das instalações de resíduos. [72]

No ano de 2014, a Comissão Europeia publicou as suas principais recomendações para a indústria de shale gás na Europa. Espera-se que os estados membros possam aplicar estas recomendações no prazo de 6 meses, a partir de dezembro de 2014.

As principais recomendações para os estados membros da União Europeia são:

- Avaliar cuidadosamente os impactos e riscos ambientais;
  - Certificar de que a integridade do bem é preservada e com padrões de melhores práticas;
  - Verificar a qualidade do local, água, ar, solo antes de iniciar as operações, a fim de monitorizar as mudanças e lidar com os riscos emergentes;
  - Controlo de emissões atmosféricas, incluindo as emissões de gases de efeito estufa, captando os gases;
  - Informar o público sobre produtos químicos utilizados em poços;
  - Certificar de que os operadores apliquem as melhores práticas em todo o projeto.
- [75]

Nos Estados Unidos da América a regulamentação é muito abrangente, e no que diz respeito ao shale gás difere de estado para estado.

Um estudo do Conselho de Proteção de Águas Subterrâneas dos EUA documenta como as agências reguladoras estaduais criaram exigências cada vez mais rigorosas e eficazes para o shale gás com base em experiências de mais de 25 anos.

A Agência de Proteção Ambiental (EPA) supervisiona vários aspetos do desenvolvimento de petróleo e gás, regras que criou durante a década de 1991 a 2001, as mais importantes do que as de qualquer outra agência dos EUA.

Existem muitas agências estatais nos EUA que são responsáveis, por exemplo por investigar e tratar queixas sobre a contaminação de águas subterrâneas que possa ser causada pelas atividades. Estas agências têm, geralmente a autoridade para suspender as operações, ordenar a ação corretiva, entre outras. [73]

A existência de várias agências e regulamentação diferente em cada estado pode ser justificada pelo facto de as condições locais serem diferentes, mas por outro lado a diferença de conceções de cada estado também é uma possível causa para esta heterogeneidade. [74]

Durante o ano de 2013, reguladores de todo o país foram extremamente ativos sobre a fraturação hidráulica. Cerca de 16 estados, até mesmo os estados com recursos de shale gás mínimos e sem expectativa de desenvolvimento a curto prazo, adotaram novas propostas legislativas e regulamentares, principalmente sobre a divulgação de informações relativas às reservas de shale gás. Além das regras de divulgação, vários estados atualizaram seus programas regulamentares de petróleo e gás mais amplos para incluir requisitos específicos relacionados com as operações de fraturação.

Nos EUA a EPA continua a assumir a liderança no nível federal, tendo continuado a desenvolver novas políticas em torno da produção de petróleo e gás não convencional como o shale gás, incluindo novas regras relacionadas com as emissões de compostos orgânicos voláteis e dióxido de enxofre. [19]

## 6. Perspetivas

O shale gás proporciona a esperança de um recurso energético mais barato. Na perspetiva dos EUA, também representa uma forma de evitar que o gás necessário à economia tenha de cruzar o Atlântico para chegar aos Estados Unidos. Este gás promete enfraquecer a capacidade da Rússia de impor elevados preços tanto no mercado americano, como nos mercados europeus, especialmente na Europa Central e Oriental, onde os países têm pouca ou nenhuma outra fonte de abastecimento. O shale gás pode permitir aos países europeus tornarem-se donos do seu próprio futuro, em termos energéticos, isto é, conduzirem os seus programas de acordo com as suas necessidades.

Esta questão do shale gás é mais um assunto que entra para o amplo debate da Europa sobre a competitividade e a sua política climática unilateral. Este debate é cada vez mais centrado nos termos em que ‘shale gás é barato contra a energia renovável que é cara’. Neste debate, o contraste é feito entre uma Europa economicamente deprimida e uma América que já abraçou o shale gás e quer evitar sobrecarregar-se com uma pesada política climática. Surge o temor de que a Europa, consumindo muita energia com elevado custo, possa correr o risco de que as indústrias se deslocalizem para os EUA em busca de preços mais baixos.

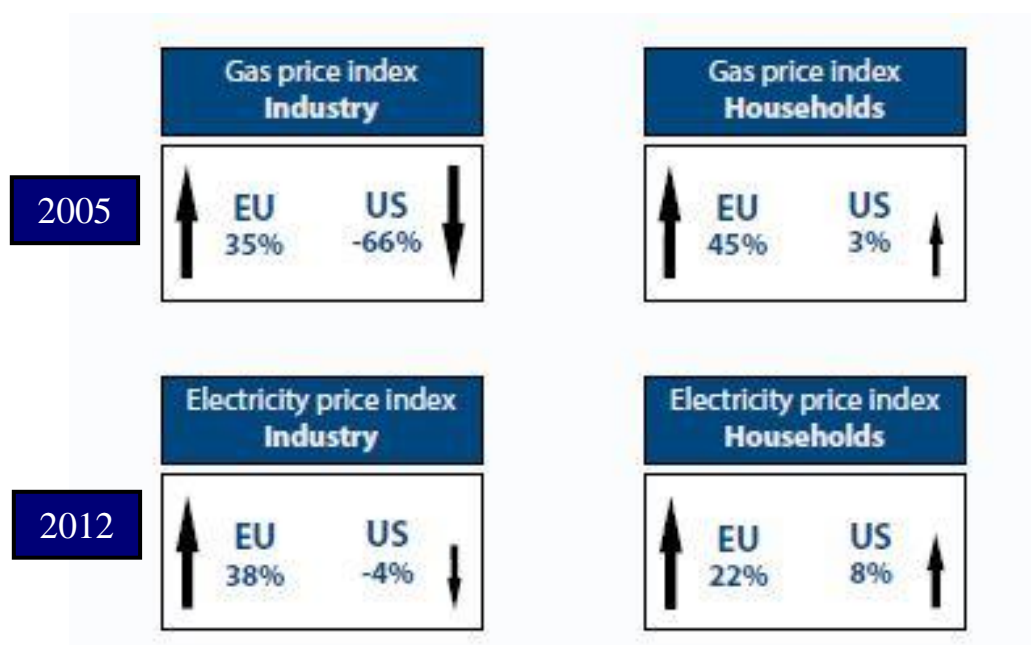


Figura 19 - Tendências dos índices de preço da energia de 2005 e 2012 (Fonte: EIA)

Na figura 19 é possível analisar as tendências dos índices de preço da energia, comparando os EUA e a Europa, relativamente aos anos de 2005 e 2012, na indústria e no setor residencial. E é possível verificar que na indústria, em 2005, o índice desceu 66%, um valor bastante elevado que se deveu em muito ao surto da exploração do shale gás nos EUA, e enquanto que na Europa teve um aumento de 35%, tendo registado um aumento ainda maior no ano de 2012. Na Europa, comparando o índice da indústria com o índice do setor residencial, verificamos que no ano de 2005 os valores são elevados, 35% e 45%, respetivamente, e no ano de 2012, na indústria o índice volta a aumentar, 38%, enquanto no setor residencial, apesar de se verificar um aumento, este é menor, caindo para menos de metade, 22%. É esta situação, prejudicial para as empresas europeias, que justifica o receio de deslocalização das grandes empresas para os Estados Unidos.

Além disso, antes de o shale gás provar a sua competitividade em escala na Europa, é necessário ultrapassar os protestos generalizados das pessoas, sobretudo por causa dos riscos de poluição do ar e da água associados ao processo de fraturação hidráulica necessário para a extração do shale gás.

Embora, tais riscos possam ser ultrapassados, as empresas e os governos terão de ser capazes de encontrar maneiras e políticas que levem à aceitação por parte da comunidade, tendo também em consideração a experiência dos Estados Unidos. Já existem países da Europa a conseguir contornar estas situações. No entanto, também é preciso ter em conta que extrair o shale gás é uma atividade industrial mais intensa do que a extração do gás convencional, uma vez que iniciada a perfuração, é geralmente uma operação de 24 horas por dia, gerando ruídos e fumos, exigindo luzes durante a noite e criando um fluxo regular de movimentação de viaturas. O processo de fraturação hidráulica pode demorar poucos dias ou levar vários meses.

Assim, a incerteza associada à avaliação de custos e benefícios associados à exploração do shale gás dificultam a tomada de decisões e a definição clara de que rumo deve ser seguido para o desenvolvimento do shale gás na Europa. Decisões sobre matriz energética de um país é uma prerrogativa nacional e, como tal, cabe a cada país decidir se quer ou não permitir o desenvolvimento de shale gás, tal como acontece nos EUA.

França e Bulgária, têm leis aprovadas que proíbem a fraturação hidráulica, assim como tem o estado de Nova York nos EUA até 2015, que consequentemente proíbem a exploração de shale gás. [75]

Se e quando os preços do gás natural vão subir é a grande incógnita, para que o futuro do shale gás alcance bons resultados, dada a quantidade de tempo que pode levar para explorar e desenvolver uma nova fonte de shale gás, que pode demorar muitos anos antes de esses



investimentos comecem a produzir retornos. Se os preços do gás natural subirem ou descerem durante um período prolongado pode criar um enorme potencial de lucros ou significativos riscos financeiros.

Apesar da queda atual dos preços do gás natural em alguns mercados, algumas empresas de petróleo e gás mais comuns, e mesmo novas empresas continuam a investir no desenvolvimento de fontes de shale gás com a expectativa de que o excesso de oferta atual não vai durar muito tempo e que os preços vão subir. Como resultado, os pequenos produtores podem correr o risco de se tornarem alvos de aquisição por grandes empresas devido a um mercado de baixo preço.

O potencial de shale gás como fonte de energia alternativa rentável requer investimentos significativos em tecnologias, equipamentos e infraestruturas, não sendo possível às empresas privadas desenvolver a indústria de shale gás sozinhas. As empresas precisam dos governos locais para as apoiar com uma combinação de subsídios financeiros diretos, investimentos em infraestruturas de transporte e ambientes regulatórios favoráveis.

A incerteza dos preços, a gestão do financiamento e dos riscos do negócio são fatores que as empresas têm de ter em conta. As empresas que entram na produção de shale gás têm que estar preparadas para sobreviverem por um período de tempo potencialmente prolongado antes que possam vir a ter lucro. Ao mesmo tempo, os custos para os produtores de shale gás continuam a aumentar. À medida que aumentar a produção, estas empresas precisam de otimizar os seus custos de aquisição e investir em produtividade e em melhorias tecnológicas e de capital. Mais custos vão surgir a partir da necessidade de cumprir a regulamentação referente à libertação de gases de efeito de estufa e da participação em processos negociais para estabelecer acordos para a exploração de alguns locais.

Para manter a sua viabilidade financeira, as empresas precisam de estar atentas ao seu fluxo de caixa, cuidadosamente prever e identificar as necessidades de financiamentos futuros e opções de financiamento, e avaliar o seu risco de liquidez. A análise dos riscos relacionados com as mudanças futuras na procura, nos preços, nos custos, no retorno sobre o capital e outros indicadores, é a chave para alcançar os objetivos.

É já claro, que o shale gás veio transformar a oferta e a procura do mix de energia do mundo, embora fatores geopolíticos continuem a criar riscos. O shale gás tem importantes e imprevisíveis implicações estratégicas na geopolítica e na indústria da energia. Por exemplo, o desenvolvimento da produção de shale gás na Europa e as potenciais importações dos Estados Unidos poderiam ajudar a aliviar a dependência europeia do gás russo. Por sua vez, a Rússia precisaria de desenvolver a sua capacidade de fornecer o seu gás natural para novos mercados.

No entanto, a Rússia também pode tentar exercer pressão política ou econômica para preservar o seu acesso aos mercados existentes.

Políticos russos têm tido uma intervenção constante nos debates europeus sobre a segurança ambiental da produção de shale gás. Quase 25% do gás natural que flui para a Europa através da Ucrânia é transportado pela empresa Gazprom, empresa de transporte de gás natural da Rússia, e o país poderia interferir na produção de shale gás em países como a Polónia, ameaçando cortar as atuais fontes de gás natural.

Em outros locais, países como os Estados Unidos e a China têm tradicionalmente dependência das importações de combustíveis provenientes de regiões politicamente sensíveis, condicionando as suas opções de política externa. Gás natural abundante pode ajudar esses países a conseguir a segurança no abastecimento, o que poderia mudar drasticamente as suas relações com outras nações. Por outro lado, os países exportadores como o Canadá, que em breve poderá ver o seu maior cliente de gás natural, os EUA, a transformar-se em um fornecedor concorrente, terá de fazer grandes investimentos em infraestruturas para criar novos mercados para os seus excedentes de oferta.

Acresce que a eventual exploração de novas formações de shale gás em países menos desenvolvidos, com fronteiras politicamente sensíveis, como a Líbia ou a Mongólia, poderia abrir um novo conjunto de desafios e riscos geopolíticos.

O crescimento econômico e populacional vai continuar a provocar pressão sobre o abastecimento de energia do mundo, e assim serão necessárias todas as fontes de combustíveis.

[76]

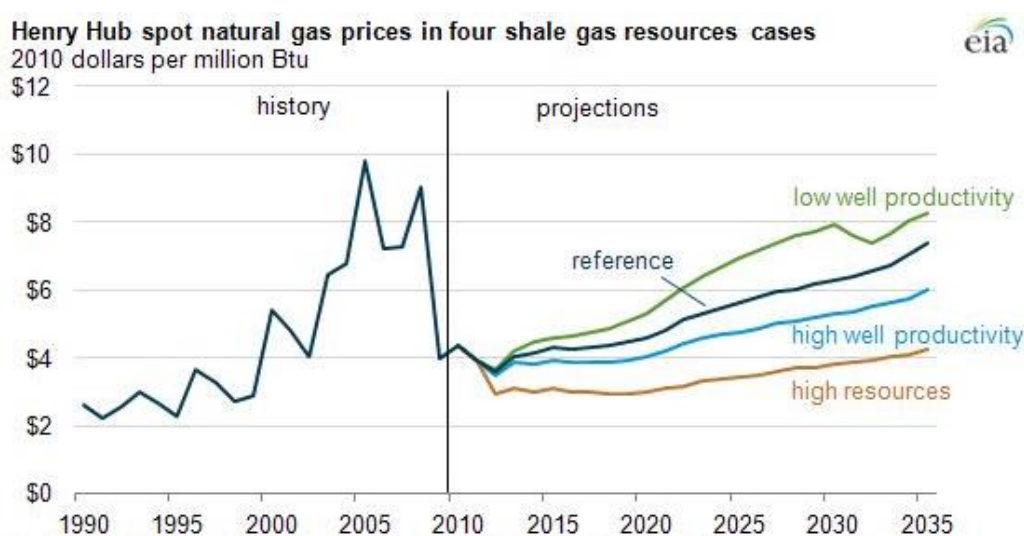


Figura 20 - Preço do gás natural depende de vários cenários de produção de shale gás  
(Fonte: EIA, Energy Outlook 2012)

Existe uma incerteza considerável em relação à quantidade de recursos de shale gás economicamente recuperável e o custo de produção desses recursos. No entanto, como se pode verificar através da figura 20, onde são traçados quatro cenários distintos para a influência dos recursos de shale gás no preço do gás natural nos próximos anos, a incerteza nos preços do gás natural corresponde a uma amplitude de cerca de 4 dólares por milhão de unidades térmicas britânicas (MBtu)<sup>7</sup> em 2035, o que demonstra o impacto significativo e a incerteza que o shale gás tem na determinação de preços de gás natural. Esta incerteza existe, principalmente, porque os poços de shale gás apresentam uma grande variação na sua taxa de produção inicial, na taxa de declínio, e na estimativa de recuperação final por poço, ou seja a produção acumulada esperada durante a vida útil de um poço.

A publicação Energy Outlook Anual de 2012 da EIA, da qual consta a figura 20, inclui uma análise de diferentes estimativas futuras na produção de shale gás para testar a sua influência no futuro dos preços do gás natural. Além do processo de referência, os três cenários para a diferença de preços do gás natural influenciados pelos recursos de shale gás são:

- **caso de baixa produtividade (linha verde na figura 20):** A taxa de produção acumulada esperada durante a vida útil de um poço é assumida com uma queda de 50% em relação ao caso de referência, quase dobrando o custo por unidade. Os recursos de shale gás são reduzidos a 241 Tcf em comparação com os 482 Tcf de recursos de shale gás no caso de referência;
- **caso de média produtividade (linha azul na figura 20):** A taxa de produção acumulada esperada durante a vida útil de um poço é assumida com um aumento de 50% relativamente ao caso de referência, reduzindo para cerca de metade o custo por unidade. Os recursos de shale gás têm um aumento de 723 Tcf;
- **caso de alta produtividade (linha castanha na figura 20):** São consideradas formações de 8 poços por quilómetro quadrado, pelo que além do aumento de 50% na taxa de produção acumulada esperada durante a vida útil de um poço relativamente ao caso de referência, também a densidade de poços de shale gás tem um aumento de 50%.

---

<sup>7</sup> Unidade Térmica Britânica (BTU) é uma unidade de medida que não pertence ao Sistema Internacional, utilizada principalmente nos Estados Unidos, mas também utilizada no Reino Unido. É uma unidade de energia que é equivalente a 1 055,05585 joules.

Estes casos não representam um intervalo de confiança para a base de recursos de shale gás, mas ilustram como diferentes premissas podem afetar as projeções de produção, preço e consumo, sendo os preços do gás natural determinados pelas condições de oferta e procura. [77]

## 7. Conclusão

A presente dissertação foi elaborada com base em informação existente no domínio público, a qual foi tratada e ponderada criteriosamente, de maneira a constituir um documento o mais útil possível a futuros estudos ou projetos nesta área.

Uma diferença, entre shale gás e as fontes convencionais de gás natural é que a produtividade do shale gás é significativamente maior no primeiro ano de produção do que nos seguintes, isto porque parte do gás armazenado na rocha está aprisionado e parte está livre, pelo que à medida que são feitas fraturas na rocha e o gás que se encontra livre consegue fluir, gera um pico de produção logo no primeiro dia de operação, e posteriormente resta o gás aprisionado que flui mais lentamente.

A extração do shale gás pode gerar alguns problemas ambientais, tais como: as emissões de metano, a contaminação de lenções freáticos, a ocorrência de atividade sísmica. E incidentes podem ocorrer como resultado de erros operacionais e de más práticas de operação, enquanto outros poderão ter origem relacionada com a própria exploração do shale gás.

Tais riscos têm de ser ultrapassados, as empresas e os governos terão de ser capazes de encontrar maneiras e políticas que levem à aceitação por parte da comunidade, com alguns países a já conseguirem contornar estas situações.

Diversos países foram analisados, assim como as principais empresas, e elaborada uma perspetiva de futuro do shale gás, que se anuncia muito promissora. Estes elementos são também potencialmente importantes para que uma dada empresa possa ter conhecimento da situação mundial atual do shale gás e possa ponderar sobre eventuais investimentos.

Os Estados Unidos da América são o país com maior avanço no desenvolvimento e produção de shale gás no mundo, e muitas são as empresas que operam nos EUA com algumas delas a mencionar que algumas das apostas em algumas regiões deste país não tiveram o resultado esperado, provavelmente também devido ao elevado número de empresas já ativas. O shale gás foi o grande responsável pelo aumento da oferta no país na última década, a sua produção tem o potencial necessário para transformar o mercado de energia deste país, que apresenta sinais de que estão prestes a tornar-se numa importante potência no mercado mundial de gás natural, através deste recurso. O aumento da produção de shale gás aconteceu, principalmente, devido aos avanços nas técnicas de exploração e produção, em especial a perfuração horizontal e a fraturação hidráulica, que apesar de já serem utilizadas na indústria do petróleo e gás natural, levaram a um rápido aumento da produção.

A China é um país ativo na exploração e produção de shale gás, em que o governo tem promovido algumas políticas para atrair o investimento de empresas mundiais, uma vez que tem uma grande quantidade de recursos tecnicamente recuperáveis. O mercado parece ser muito competitivo, talvez devido à dimensão do país e à grande quantidade de recursos existentes, pelo que só grandes empresas e com experiência poderão alcançar bons resultados.

A Austrália é um país com baixa densidade populacional em que a procura interna de gás é limitada, pelo que uma futura produção será essencialmente para exportação. Porém, dada a pequena dimensão de gasodutos, a sua viabilidade económica é incerta. Países como a Argélia e a Polónia também poderão ser promissores na produção de shale gás. No entanto, relativamente à Argélia os problemas da fraturação hidráulica e problemas ambientais que possam ocorrer sobre o deserto do Saara podem colocar muitos entraves à viabilização de projetos. Por seu lado, na Polónia, apesar de aparentar possuir todas as condições necessárias, principalmente políticas, os primeiros resultados da exploração inicial por parte de grandes empresas não foram muito positivos.

A Argentina e o México parecem ser países promissores para a produção de shale gás, devido à quantidade significativa de recursos tecnicamente recuperáveis existentes nestes países e mencionados pelas principais agências americanas, tal como foi possível constatar nesta dissertação. Contudo, as empresas têm que ter em conta que não conseguem desenvolver projetos de shale gás sozinhas, necessitam dos governos locais e são convenientes algumas parcerias com outras empresas, devido a diversos fatores já mencionados durante este trabalho.

O Reino Unido poderá também ser um país promissor na produção de shale gás, sobretudo devido aos recentes anúncios da existência de novas formações com recursos de shale gás e ao facto de o governo britânico apresentar diversas medidas bastante estimulantes para as empresas.

O shale gás é portanto uma realidade muito presente e bastante promissora para o futuro, uma vez que todos os países, principalmente os que dependem de importações para as suas necessidades energéticas, estão convictos em explorar e desenvolver este recurso nos seus países.



## Bibliografia

- [1] Um Breve Resumo Histórico do Gás Natural - Gásquatro, Instalação e Manutenção de Redes de Gás. (n.d.). Retrieved February 19, 2014, from <http://www.gasquatro.com/1/post/2012/04/um-breve-resumo-historico-do-gs-natural.html>
- [2] AGN » Breve História do Gás Natural. (n.d.). Retrieved February 13, 2014, from <http://agnatural.pt/pt/o-gas-natural/breve-historia-do-gas-natural>
- [3] Groningen Gas Field ■. (n.d.). Retrieved February 13, 2014, from <http://www-static.shell.com/content/dam/shell/static/nam-en/downloads/pdf/flyer-namg50eng.pdf>
- [4] Holditch, B. S. A. (2007). Hydraulic fracturing : Overview , trends , issues, (August), 116–118.
- [5] Coradesqui, Sylvia. (2013). Análise de viabilidade económica da produção de shale gas: Um estudo de caso em Fayetteville, Projeto de Graduação, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2013
- [6] About Shale Gas Europe. (n.d.). Retrieved February 19, 2014, from <http://www.shalegas-europe.eu/en/index.php/about-us/about-shale-gas-europe>
- [7] Baptista, José (2011). Caracterização de Formações da Bacia Lusitaniana (zona emersa) para a produção de gás natural (não convencional), Dissertação de Mestrado, Instituto Superior Técnico Lisboa, 2011
- [8] CloudFlare. (n.d.). Retrieved February 19, 2014, from <http://energyindepth.org/wp-content/uploads/2012/05/myers-potential-pathways-from-hydraulic-fracturing4.pdf>
- [9] Gény, Florence. Can Unconventional Gas be a Game Changer in European Gas Markets?, Oxford: Institute for Energy Studies. 2010. ISBN 978-1-907555-17-6
- [10] Schlumberg, Inc. “ Shale Gas: When your gas reservoir is unconventional so is our solution, So is Our Solution “
- [11] International Association of Oil & Gas Producers. (2013). Shale Gas & Hydraulic Fracturing: Ensuring a safe, clean, secure & competitive energy source for Europe



- [12] Hydraulic Fracturing Primer: Unlocking America's Natural Gas Resources. (n.d.). Retrieved February 19, 2014, from <http://www.api.org/oil-and-natural-gas-overview/exploration-and-production/hydraulic-fracturing/hydraulic-fracturing-primer>
- [13] U.S. Environmental Protection Agency, Climate Change Division Washington DC, Background Technical Support Document – Petroleum and Natural Gas Industry. GREENHOUSE GAS EMISSIONS REPORTING FROM THE PETROLEUM AND NATURAL GAS INDUSTRY
- [14] 2.10.2 Direct Global Warming Potentials - AR4 WGI Chapter 2: Changes in Atmospheric Constituents and in Radiative Forcing. (n.d.). Retrieved February 18, 2014, from [http://www.ipcc.ch/publications\\_and\\_data/ar4/wg1/en/ch2s2-10-2.html](http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/ch2s2-10-2.html)
- [15] 5 Reasons Why It's (Still) Important to Reduce Fugitive Methane Emissions | World Resources Institute. (n.d.). Retrieved February 18, 2014, from <http://www.wri.org/blog/5-reasons-why-it%E2%80%99s-still-important-reduce-fugitive-methane-emissions>
- [16] U.S. Environmental Protection Agency (2012). Inventory of U. S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks: 1990 - 2010.
- [17] Lage, Elisa, et al. (2013). Gás não convencional : experiência americana e perspectivas para o mercado brasileiro.
- [18] Buchan, David. Centre for European Reform (2013). Can shale gas transform Europe's energy landscape?
- [19] Recoverable, T., & Gas, S. (2013). EIA / ARI World Shale Gas and Shale Oil Resource Assessment, (June).
- [20] Analysis & Projections - U.S. Energy Information Administration (EIA) - U.S. Energy Information Administration (EIA). (n.d.). Retrieved February 19, 2014, from <http://www.eia.gov/analysis/studies/worldshalegas/>
- [21] U.S. Energy Information Administration (2011). Annual Energy Outlook 2011 (Vol. 0383).
- [22] U.S. Energy Information Administration (2012). Annual Energy Outlook 2012 (Vol. 0383).
- [23] Shale Gas – A Global Perspective. (n.d.), Retrieved February 17, 2014, from <https://www.kpmg.com/Global/en/IssuesAndInsights/ArticlesPublications/Documents/shale-gas-global-perspective.pdf>

- [24] MIT (2011) Retrieved February 9, 2014, from [http://mitei.mit.edu/system/files/NaturalGas\\_Report.pdf](http://mitei.mit.edu/system/files/NaturalGas_Report.pdf)
- [25] Shale Gas – A Global Perspective. (n.d.), Retrieved February 16, 2014, from <https://www.kpmg.com/Global/en/IssuesAndInsights/ArticlesPublications/Documents/shale-gas-global-perspective.pdf>
- [26] Oil, S., & Assessment, R. (2013). EIA / ARI World Shale Gas and Shale Oil Resource Assessment EIA / ARI “ World Shale Gas and Shale Oil Resource Assessment .”
- [27] Algeria encouraged by shale gas potential | World Tribune. (n.d.). Retrieved February 18, 2014, from <http://www.worldtribune.com/2013/09/25/algeria-encouraged-by-shale-gas-potential/>
- [28] Shale Gas Exploitation in Algeria: Interview with an Algerian Journalist and Anti-Fracking Campaigner. (n.d.). Retrieved February 18, 2014, from <http://platformlondon.org/2013/10/18/shale-gas-exploitation-in-algeria-interview-with-an-algerian-journalist-and-anti-fracking-campaigner/>
- [29] David Cameron: 4 Reasons Why the UK Should Accept Fracking - Shale World : Shale World. (n.d.). Retrieved February 18, 2014, from <http://www.shale-world.com/2013/08/12/david-cameron-4-reasons-public-accept-fracking/>
- [30] UPDATE: Shale gas in Poland, it's already out of the ground -. (n.d.). Retrieved February 18, 2014, from <http://www.shalegas-europe.eu/en/index.php/news-room/blog/entry/update-shale-gas-in-poland-it-s-already-out-of-the-ground-1>
- [31] Nie traćmy nadziei na wielki gaz. (n.d.). Retrieved February 18, 2014, from <http://www.ekonomia.rp.pl/artykul/1033163.html>
- [32] Shale gás Portugal tem reservas da energia que faz tremer o uso do petróleo - Expresso.pt. (n.d.). Retrieved February 18, 2014, from <http://expresso.sapo.pt/shale-gas-portugal-tem-reservas-da-energia-que-faz-tremer-o-uso-do-petroleo=f703037#ixzz2kSR9KYQZ>
- [33] O gás de xisto está a mexer com o mundo. Em Portugal há a pedra, falta saber se tem gás - Dinheiro Vivo. (n.d.). Retrieved February 18, 2014, from <http://www.dinheirovivo.pt/Empresas/Artigo/CIECO192003.html?page=2>

- [34] - About EQT. (n.d.). Retrieved February 18, 2014, from <http://www.eqt.com/about/corporate.aspx?f=aus>
- [35] - About EQT. (n.d.). Retrieved February 18, 2014, from <http://www.eqt.com/about/production.aspx>
- [36] EQT Corporation. (n.d.). Retrieved February 18, 2014, from <http://www.eqt.com/production/default.aspx>
- [37] - About EQT Midstream. (n.d.). Retrieved February 18, 2014, from <http://www.eqt.com/midstream/keyData.aspx>
- [38] EQT nearly triples profits as Marcellus shale gas wells investment pays off | TribLIVE. (n.d.). Retrieved February 18, 2014, from <http://triblive.com/news/adminpage/4939752-74/company-million-gas#axzz2r2Zo7pWh>
- [39] History of Talisman Energy Inc. – FundingUniverse. (n.d.). Retrieved February 18, 2014, from <http://www.fundinguniverse.com/company-histories/talisman-energy-inc-history/>
- [40] Global Compact - Talisman Energy Inc. (n.d.). Retrieved February 18, 2014, from [http://www.talisman-energy.com/responsibility/policies\\_management\\_systems/global\\_compact.html](http://www.talisman-energy.com/responsibility/policies_management_systems/global_compact.html)
- [41] Pertamina looks to Talisman’s expertise in Indonesian shale gas block | Financial Post. (n.d.). Retrieved February 18, 2014, from [http://business.financialpost.com/2013/05/17/pertamina-looks-to-talismans-expertise-in-indonesian-shale-gas-block/?\\_\\_lsa=c4d2-6878](http://business.financialpost.com/2013/05/17/pertamina-looks-to-talismans-expertise-in-indonesian-shale-gas-block/?__lsa=c4d2-6878)
- [42] Chevron Corp. - Pittsburgh Business Times. (n.d.). Retrieved February 18, 2014, from <http://www.bizjournals.com/pittsburgh/feature/07-19-13-chevron-corp.html>
- [43] Chevron Expands in Marcellus Shale - WSJ.com. (n.d.). Retrieved February 18, 2014, from <http://online.wsj.com/news/articles/SB10001424052748703849204576302803218156000>
- [44] Chevron resumes east Romanian shale gas search | Reuters. (n.d.). Retrieved February 18, 2014, from <http://www.reuters.com/article/2013/12/02/romania-shale-chevron-idUSL5N0JH18820131202>

- [45] Chevron and Ukraine Set Shale Gas Deal - NYTimes.com. (n.d.). Retrieved February 18, 2014, from [http://www.nytimes.com/2013/11/06/business/international/chevron-and-ukraine-sign-deal-on-shale-gas.html?\\_r=1&](http://www.nytimes.com/2013/11/06/business/international/chevron-and-ukraine-sign-deal-on-shale-gas.html?_r=1&)
- [46] Chevron to explore for shale gas with Polish firm - Yahoo News. (n.d.). Retrieved February 18, 2014, from <http://news.yahoo.com/chevron-explore-shale-gas-polish-firm-122734057--finance.html>
- [47] Investments | Caudrilla Resources | AJ Lucas. (n.d.). Retrieved February 18, 2014, from <http://www.lucas.com.au/investments/cuadrilla-resouces>
- [48] BBC News - Lancashire's shale gas estimated at £136bn by Cuadrilla. (n.d.). Retrieved February 18, 2014, from <http://www.bbc.co.uk/news/uk-england-lancashire-21296679>
- [49] British Company Applies for Shale Gas Fracking Permit - NYTimes.com. (n.d.). Retrieved February 18, 2014, from [http://www.nytimes.com/2013/07/06/business/global/british-company-applies-for-shale-gas-fracking-permit.html?\\_r=2&](http://www.nytimes.com/2013/07/06/business/global/british-company-applies-for-shale-gas-fracking-permit.html?_r=2&)
- [50] Halliburton eyes opportunities in China's shale gas industry | South China Morning Post. (n.d.). Retrieved February 18, 2014, from <http://www.scmp.com/business/commodities/article/1239289/halliburton-eyes-opportunities-chinas-shale-gas-industry>
- [51] Halliburton Could Gain On Polish Shale Gas Exploration -- Trefis. (n.d.). Retrieved February 18, 2014, from <http://www.trefis.com/stock/hal/articles/174776/halliburton-could-gain-on-polish-shale-gas-exploration/2013-03-19>
- [52] Halliburton Preview: North America Should See A Recovery, Watching International Operations -- Trefis. (n.d.). Retrieved February 18, 2014, from <http://www.trefis.com/stock/hal/articles/222699/jan-21-halliburton-preview-north-america-should-see-a-recovery-watching-international-ops/2014-01-17?from=artPopin>
- [53] What To Expect From Halliburton In 2014 -- Trefis. (n.d.). Retrieved February 18, 2014, from <http://www.trefis.com/stock/hal/articles/220678/what-to-expect-from-halliburton-in-2014/2013-12-31?from=artPopin>
- [54] Total and China Reach Shale Pact - WSJ.com. (n.d.). Retrieved February 18, 2014, from <http://online.wsj.com/news/articles/SB10001424052702304636404577288961610767188>

- [55] Oil & Gas Journal (n.d.). Retrieved February 18, 2014, from <http://www.ogj.com/articles/print/volume-112/issue-1b/general-interest/total-enters-uk-shale-gas-arena-through-recent-purchase.html>
- [56] Total Becomes Largest Oil Producer to Acquire U.K. Shale. (n.d.). Retrieved February 18, 2014, from <http://www.bloomberg.com/news/2014-01-13/total-becomes-largest-oil-producer-to-acquire-u-k-shale-acreage.html>
- [57] Shell at a glance - Shell Global. (n.d.). Retrieved February 18, 2014, from <http://www.shell.com/global/aboutshell/at-a-glance.html>
- [58] Shell Exploration and Production Co. - Pittsburgh Business Times. (n.d.). Retrieved February 18, 2014, from <http://www.bizjournals.com/pittsburgh/feature/07-19-13-shell-exploration-production.html>
- [59] RIGZONE - Shell, Sinopec Drilling for Shale Gas in Central China. (n.d.). Retrieved February 18, 2014, from [http://www.rigzone.com/news/oil\\_gas/a/130132/Shell\\_Sinopec\\_Drilling\\_for\\_Shale\\_Gas\\_in\\_Central\\_China](http://www.rigzone.com/news/oil_gas/a/130132/Shell_Sinopec_Drilling_for_Shale_Gas_in_Central_China)
- [60] Shell CEO says shale gas to take longer to develop than expected | Reuters. (n.d.). Retrieved February 18, 2014, from <http://uk.reuters.com/article/2013/10/15/uk-shell-shale-idUKBRE99E03A20131015>
- [61] Peter Voser says he regrets Shell's huge bet on US shale - FT.com. (n.d.). Retrieved February 18, 2014, from [http://www.ft.com/cms/s/e964a8a6-2c38-11e3-8b20-00144feab7de,Authorised=false.html?\\_i\\_location=http%3A%2F%2Fwww.ft.com%2Fcms%2Fs%2F0%2Fe964a8a6-2c38-11e3-8b20-00144feab7de.html%3Fsiteedition%3Duk&siteedition=uk&\\_i\\_referer=#axzz2r8b6wQ4D](http://www.ft.com/cms/s/e964a8a6-2c38-11e3-8b20-00144feab7de,Authorised=false.html?_i_location=http%3A%2F%2Fwww.ft.com%2Fcms%2Fs%2F0%2Fe964a8a6-2c38-11e3-8b20-00144feab7de.html%3Fsiteedition%3Duk&siteedition=uk&_i_referer=#axzz2r8b6wQ4D)
- [62] Shell to Triple Argentine Shale Spending as Winds Change. (n.d.). Retrieved February 18, 2014, from <http://www.bloomberg.com/news/2013-12-10/shell-to-triple-argentine-shale-spending-as-winds-change.html>
- [63] Qatar to Enter North American Shale Gas Industry with Exxon Mobil Deal. (n.d.). Retrieved February 18, 2014, from <http://oilprice.com/Latest-Energy-News/World-News/Qatar-to-Enter-North-American-Shale-Gas-Industry-with-Exxon-Mobil-Deal.html>

- [64] Exxon Mobil Corporation | Company Profile from Hoover's. (n.d.). Retrieved February 18, 2014, from [http://www.hoovers.com/company-information/cs/company-profile.Exxon\\_Mobil\\_Corporation.07cc70931047bfd5.html](http://www.hoovers.com/company-information/cs/company-profile.Exxon_Mobil_Corporation.07cc70931047bfd5.html)
- [65] Royal Dutch Shell (RDS.A), Chevron (CVX) And Exxon Mobil (XOM) Have Had Little Success With Shale Gas In Eastern Europe. (n.d.). Retrieved February 18, 2014, from <http://www.ibtimes.com/royal-dutch-shell-rdsa-chevron-cvx-exxon-mobil-xom-have-had-little-success-shale-gas-eastern-europe>
- [66] People at BP - Executives, Board & Key Employees at BP PLC ADS - WSJ.com. (n.d.). Retrieved February 18, 2014, from <http://quotes.wsj.com/BP/company-people>
- [67] BP at a glance | About BP | BP Global. (n.d.). Retrieved February 18, 2014, from <http://www.bp.com/en/global/corporate/about-bp/bp-at-a-glance.html>
- [68] North America Gas | About BP | BP Global. (n.d.). Retrieved February 18, 2014, from <http://www.bp.com/en/global/corporate/about-bp/bp-worldwide/bp-in-america/our-us-operations/exploration-and-production/north-america-gas.html>
- [69] U.S. Will Be Energy Self-Sufficient by 2035 on Shale, BP Says. (n.d.). Retrieved February 18, 2014, from <http://www.bloomberg.com/news/2014-01-15/u-s-will-be-energy-self-sufficient-by-2035-on-shale-bp-says.html>
- [70] Philippe, et al. (2011). Final report on unconventional gas in Europe, 1–104
- [71] What is Regulated? (n.d.). Retrieved February 18, 2014, from <http://www.shalegas-europe.eu/en/index.php/resources/regulation/what-is-regulated>
- [72] Which Regulations Apply? (n.d.). Retrieved February 18, 2014, from <http://www.shalegas-europe.eu/en/index.php/resources/regulation/which-regulations-apply>
- [73] Ground Water Protection Council. (2011). State Oil and Gas Agency Groundwater Investigations And Their Role in Advancing Regulatory Reforms
- [74] Shale Maps. (n.d.). Retrieved February 18, 2014, from [http://www.rff.org/centers/energy\\_economics\\_and\\_policy/Pages/Shale\\_Maps.aspx](http://www.rff.org/centers/energy_economics_and_policy/Pages/Shale_Maps.aspx)

- [75] European Commission: 7 Recommendations for the Shale Gas Industry in Europe - Shale World : Shale World. (n.d.). Retrieved February 18, 2014, from [http://www.shale-world.com/2014/01/23/european-commission-7-recommendations-eu-shale-gas-industry/?utm\\_campaign=Shale World 24012014&utm\\_medium=email&utm\\_source=Eloqua](http://www.shale-world.com/2014/01/23/european-commission-7-recommendations-eu-shale-gas-industry/?utm_campaign=Shale%20World%2024012014&utm_medium=email&utm_source=Eloqua)
- [76] Shale Gas – A Global Perspective. (n.d.), Retrieved February 17, 2014, from <https://www.kpmg.com/Global/en/IssuesAndInsights/ArticlesPublications/Documents/shale-gas-global-perspective.pdf>
- [77] Projected natural gas prices depend on shale gas resource economics - Today in Energy - U.S. Energy Information Administration (EIA). (n.d.). Retrieved February 18, 2014, from <http://www.eia.gov/todayinenergy/detail.cfm?id=7710>