

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo

**FRATURAMENTO HIDRÁULICO: AMEAÇAS E PERSPECTIVAS PARA A BACIA
DO RECÔNCAVO À LUZ DA EXPERIÊNCIA NORTE AMERICANA E ARGENTINA**

Trabalho de formatura apresentado
referente a obtenção de diploma de
graduação em Engenharia de Petróleo na
Escola Politécnica da Universidade de
São Paulo.

Victor Dantas Fernandes

São Paulo, 22 de novembro de 2022

FRATURAMENTO HIDRÁULICO: AMEAÇAS E PERSPECTIVAS PARA A BACIA DO RECÔNCAVO À LUZ DA EXPERIÊNCIA NORTE AMERICANA E ARGENTINA

Discente

Victor Dantas Fernandes

Instituição Sede

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo

Curso

Engenharia de Petróleo

Docentes orientadores

Dr. Ronaldo Carrion

Área de concentração preferencial

Reservatórios ; Ambiental

Palavras Chaves

Fraturamento Hidráulico; Impactos Ambientais; Bacia do Recôncavo

Doutor Ronaldo Carrion

Victor Dantas Fernandes

São Paulo - SP

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

Catalogação-na-publicação

Fernandes, Victor Dantas

FRATURAMENTO HIDRÁULICO: AMEAÇAS E PERSPECTIVAS PARA A BACIA DO RECÔNCAVO À LUZ DA EXPERIÊNCIA NORTE AMERICANA E ARGENTINA / V. D. Fernandes, R. Carrion - São Paulo, 2022. 39 p.

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

1.Fraturamento hidráulico 2.Bacia do Recôncavo 3.Impactos ambientais
I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo II.t. III.Carrion, Ronaldo

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaríamos de agradecer aos meus pais Luciana Pereira Dantas e Raimundo Nonato Fernandes Filho por terem me proporcionado a melhor educação e por lutarem para que eu concluisse mais essa etapa em minha vida. Gostaria de agradecer a minha namorada Denise Lidiane da Silva por todo companheirismo e carinhos ao longo desses últimos anos da graduação. Sou muito grato ao professor Ronaldo Carrion por todo apoio, atenção e dedicação em me orientar nesse trabalho de conclusão de curso. Agradeço aos professores Eduardo César Sansone e Rafael dos Santos Goria por tão gentilmente aceitarem participar da banca examinadora deste trabalho. Agradeço a Universidade de São Paulo que me forneceu a oportunidade de cursar o curso de Engenharia de Petróleo nesta renomada instituição, provendo um ambiente saudável para todos os alunos, apesar de todas as dificuldades de ministrar um curso distante do seu campus de origem.

RESUMO

À medida que as sociedades avançam, uma nova necessidade por novas fontes energéticas surge, fazendo com que o investimento na produção de reservatórios não convencionais seja uma alternativa cada vez mais interessante. Por ser um reservatório de maiores empecilhos na sua operação de produção, os reservatórios não convencionais utilizam tecnologias diferentes dos convencionais e, muitas vezes, mais agressivas para o meio ambiente. Uma das técnicas utilizadas para estimular esses poços é o faturamento hidráulico, onde fissuras são geradas nas rochas através da injeção de fluido a elevadas pressões. O presente trabalho visa contribuir com um maior entendimento das possibilidades da realização do faturamento hidráulico na Bacia do Recôncavo, além de comparar os impactos ambientais do método com casos reais que aconteceram na Argentina e nos Estados Unidos. Para isso, foi realizado um levantamento e leitura bibliográfica de artigos científicos, jornais, trabalhos acadêmicos e monografias a respeito do fraturamento hidráulico e suas consequências nos aspectos social e ambiental. Foi possível a obtenção de dados da evolução histórica da implementação do método nos Estados Unidos e Argentina, além de todo o impacto socioambiental gerado nesses países. Por fim, conclui-se que há a necessidade de desenvolver um maior conhecimento acerca da geologia nacional e um aumento nos investimentos no setor de tecnologia para que o método seja melhor implementado.

Palavras-chave: Fraturamento Hidráulico. Impactos Ambientais. Bacia do Recôncavo.

ABSTRACT

As societies advance, a necessity for new energetic sources emerge, making the investment on non conventional reservoir production more and more attractive. Being a reservoir with greater challenges on its production operation, non conventional reservoirs use different technologies than the ones from conventional ones and, many times, these are more aggressive for the environment. One of the techniques used for stimulating wells is fracking, where cracks are generated in the rocks through the injection of fluid at high pressures. This paper aims to contribute to a greater understanding of the possibilities of performing fracking in the Reconcavo Basin, besides comparing the environmental impacts of the method with real cases that happened in Argentina and in the United States of America. For this, a survey and bibliographical reading of scientific articles, newspapers, academic works and monographs regarding hydraulic fracturing and its consequences on social and environmental aspects were carried out. It was possible to obtain data on the historical evolution of the implementation of the method in the United States and Argentina, in addition to all the socio-environmental impact generated in these countries. Finally, it is concluded that there is a need to develop greater knowledge about national geology and increase investments in the technology sector so that the method is better implemented

Keywords: Fracking. Environmental Impacts. Reconcavo Basin.

LISTA DE FIGURAS

- [Figura 1 - Reservatório Convencional X Reservatório Não Convencional. Fonte: IPT, 2012](#)
- [Figura 2 - Representação esquemática do método Fraturamento Hidráulico. Fonte: PIPPO E FRÓMENTA, 2021](#)
- [Figura 3 - Antes e Depois da Carga Explosiva de Roberts. Fonte: MANFREDA, 2015](#)
- [Figura 4 - Distribuição de Gasodutos e Oleodutos ao longo dos estados norte americanos. Fonte: ARCGIS, 2019](#)
- [Instalação do Projeto Vaca Muerta. Fonte: RISIO \(2017\)](#)
- [Figura 6 - Principais Bacias com Recursos Não Convencionais da Argentina. Fonte: VIANA e ANDRADE \(2019\)](#)
- [Figura 7 - Localização estrutural da Bacia do Recôncavo; Fonte: BASTOS, 2017](#)
- [Figura 8 - Blocos Exploratórios da Bacia do Recôncavo leiloados na 12ª Rodada ANP. Fonte: ANP, 2020 e ANA, 2016](#)
- [Figura 9 - Malha de Transportes da região da Bacia do Recôncavo. Fonte: BASTOS, 2015](#)
- [Figura 10 - Infraestrutura da indústria petrolífera da Bacia do Recôncavo. Fonte: BASTOS, 2015](#)

LISTA DE TABELAS

[TABELA 1 - Participação da YPF sobre a produção e distribuição do petróleo argentino](#)

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
1.1 OBJETIVOS GERAIS	11
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
1.3 JUSTIFICATIVA	12
2 METODOLOGIA	13
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
3.1 Reservatórios não convencionais	14
3.2 Fraturamento hidráulico	15
3.3 O pioneirismo Norte Americano	18
3.4 O Cenário Argentino	22
3.5 A bacia do Recôncavo	26
3.6 Desafios para a Bacia do Recôncavo	31
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	32
5 CONCLUSÃO	34
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	36

1. INTRODUÇÃO

De acordo com THOMAS et al (2004) na atual sociedade o petróleo é a matéria prima da maioria dos produtos produzidos, além de ser praticamente improvável encontrar um ambiente que não tenha sofrido interferência direta ou indireta de derivados do petróleo. Além disso, o petróleo é capaz não só de movimentar bilhões de dólares através da atividade industrial, mas também é uma fonte inestimável para a geração de empregos. Tamanho é o impacto do petróleo na sociedade que inúmeras pesquisas, tecnologias e equipamentos recebem consideráveis recursos financeiros para o seu desenvolvimento, conclui THOMAS et al (2004).

Para ALBUQUERQUE NETO (2017) o aumento da demanda por petróleo pode impulsionar o desenvolvimento da exploração de reservatórios não convencionais, pois apenas os reservatórios convencionais podem não ser suficientes para atender a demanda energética. Já JARVIE (2012) traz uma definição para os reservatórios não convencionais como aqueles reservatórios que possuem propriedades que inviabilizam sua produção da maneira tradicional e, por isso, faz-se necessário a utilização de estímulos. Para ele, à medida que a indústria petrolífera aprimora suas tecnologias, as explorações de recursos não convencionais se tornam cada vez mais atrativas economicamente. Nos reservatórios não convencionais, os folhelhos podem atuar tanto como reservatórios quanto como rocha geradora, conclui DELGADO et al. (2019).

Conforme pontua BURGEL (2022), existem aproximadamente 7.700 trilhões de m³ em reservatórios de gás não convencional, sendo que o Brasil apresenta uma quantidade suficiente para ocupar a 9º posição entre os países com maiores reservas do mundo. As principais bacias responsáveis por esse feito, são as bacias de Parecis, Parnaíba e a do Recôncavo. Embora em 2013, a Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis tenha inserido os reservatórios não convencionais na 12ª rodada de licitação, BURGEL (2022) reforça que até o momento de sua pesquisa, o recurso não foi explorado economicamente no Brasil, pois além das questões ambientais e opiniões controversas, houve uma suspensão gerada por uma liminar emitida pelo Poder Judiciário e que foi motivada por discussões feitas em

audiências públicas, debates sociais e acadêmicos, além da pressão exercida por ONGs ambientalistas e profissionais de áreas como hidrologia, geologia e engenharia. O principal motivo que gerou a preocupação dessas esferas foi o potencial de riscos socioambientais decorrentes da implementação do método, tais como a contaminação de águas superficiais e subterrâneas, do solo e da atmosfera, finaliza BURGEL (2022).

Mesmo que a ANP considere que a atividade é bastante vantajosa para o país, BURGEL (2022) pontua que existem grandes ressalvas sobre a atividade graças a ausência de estudos ambientais mais detalhados e um conhecimento maior sobre o território brasileiro. Para ele, os estudos que existem no país são apenas comparativos com países que possuem maior experiência na exploração de folhelhos, especialmente estudos sobre os Estados Unidos que, além de possuir experiência em atividades com folhelhos, possui exemplos de desastres ambientais ocasionados por essa exploração.

Além dos Estados Unidos, Canadá, Reino Unido e Argentina, também apresentam uma forte atuação na exploração dos reservatórios não convencionais, pontua CRUZ (2018). Já para BADARÓ (2019), os EUA são o grande exemplo de como esse processo produtivo é capaz de gerar impactos jamais vistos no mercado nacional e global. Ainda de acordo com ele, os interesses corporativos no desenvolvimento da exploração desse tipo de gás natural foi o grande impulsionador.

Sobre o sucesso norte americano na utilização do método, segundo Sanfelice (2016, p.121, apud BURGEL, 2022, p.49):

"O sucesso apontado nos estados americanos apresenta peculiaridades locais, como o grande número de reservas, direitos de propriedade do subsolo nas mãos de particulares, o interesse de empresas dispostas a investir e desenvolver a tecnologia para sua atuação no setor; disponibilidade de informações geológicas e uma expansiva malha de gasodutos."

Para LAGE (2013) a exploração de recursos não convencionais têm impactos significativos ao meio ambiente e à saúde humana. Sendo que, tomando os estados norte americanos como base, nota-se que a atividade foi tão prejudicial que foi determinada a suspensão ou proibição desta atividade em certos territórios. Os

principais impactos que geraram preocupações foram causados por possíveis vazamentos de gás, a composição química da solução de fraturamento, bem como a possibilidade de contato com o solo, o escape para aquíferos, a quantidade de água utilizada e atividades sísmicas. COSTA et al (2017) afirma que na Argentina, os problemas ligados à exploração de gás não convencional surgiram em 2010, ano em que a Repsol-YPF descobriu quantidades significativas de recursos não convencionais na região da Patagônia, mais especificamente em um lugar conhecido como Vaca Muerta. Embora essa descoberta tenha possibilitado que ao final de 2015 a Argentina possuísse a maior região exploradora de hidrocarbonetos de xistos do mundo fora dos Estados Unidos, os problemas que o país enfrentou durante anos fizeram com que o cenário energético não sofresse alteração. Um dos principais conflitos enfrentados foi gerado pelo desconhecimento dos direitos das comunidades indígenas que viviam na região da Vaca Muerta, além de vazamentos e acidentes.

1.1 OBJETIVOS GERAIS

O presente trabalho tem como objetivo principal fazer uma análise crítica dos impactos ambientais e sociais gerados pelo possível emprego do método do fraturamento hidráulico na Bacia do Recôncavo fazendo um paralelo com os desafios enfrentados pelos Estados Unidos e Argentina no âmbito técnico e ambiental oriundos do emprego do faturamento hidráulico.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Entender como os processos de implementação da exploração de recursos não convencionais nos Estados Unidos e na Argentina podem pavimentar um cenário para a Bacia do Recôncavo.

1.3 JUSTIFICATIVA

Conforme a necessidade por novas fontes de energia aumenta, o faturamento hidráulico se apresenta como uma alternativa fundamental para a exploração de reservatórios não convencionais, uma vez que esse tipo de reservatório apresenta um grande volume de hidrocarbonetos, porém possui uma estrutura que dificulta sua extração, sendo necessário a utilização deste método.

Contudo o método necessita ser desenvolvido com enorme cuidado, graças aos impactos sociais e ambientais que a sua utilização proporciona para os entornos do lugar explorado. Dentre os principais impactos gerados estão a possibilidade de contaminação de lençóis freáticos e solo e a desapropriação de terras indígenas. Como no Brasil, o método ainda não está sendo utilizado mesmo com as frequentes tentativas de utilizá-lo, um estudo sobre a utilização em países que já são referência no fraturamento hidráulico se faz necessário para a melhor compreensão dos possíveis danos que o método pode causar no país. Além disso, graças a toda infraestrutura logística previamente implantada em decorrência dos anos de atividades de extração de poços convencionais na região da Bacia do Recôncavo, onde a exploração de hidrocarbonetos se deu início na década de 1940, garantiria resultados econômicos mais velozes que em outras regiões.

2 METODOLOGIA

O método utilizado nessa pesquisa foi o levantamento e leitura bibliográfica de artigos científicos, jornais, trabalhos acadêmicos e monografias a respeito do fraturamento hidráulico e suas consequências nos aspectos social e ambiental. A busca dos artigos ocorreu principalmente na base de dados do SCIELO e do Google Acadêmico, além da consulta de monografias publicadas nas principais universidades brasileiras. A fim de evitar grandes variações tecnológicas, o conteúdo julgado como relevante é datado dos últimos 20 anos.

Além disso, foi feita uma análise crítica dos prós e contras da utilização do método em dois países referência a fim de elaborar um possível cenário da implementação do método na Bacia do Recôncavo. Os países escolhidos foram os Estados Unidos, principal país na implementação do método de fraturamento hidráulico no mundo, e a Argentina, maior exploração de shale gás fora dos Estados Unidos.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Reservatórios não convencionais

De acordo com ANDRÉ (2019), caso um sistema petrolífero contenha uma rocha geradora, uma rocha reservatório, uma rocha selante, uma armadilha que aprisione o petróleo e uma sobrecarga, ele é chamado de convencional. Contudo, existem reservatórios que não apresentam todos os elementos presentes no sistema petrolífero. Esses reservatórios recebem o nome de não convencionais e de acordo com CASTRO (2015) eles são aqueles que possuem permeabilidade menores que 1 miliDarcy e baixa porosidade. A Figura 1 ilustra a diferença entre um reservatório convencional e um não convencional.

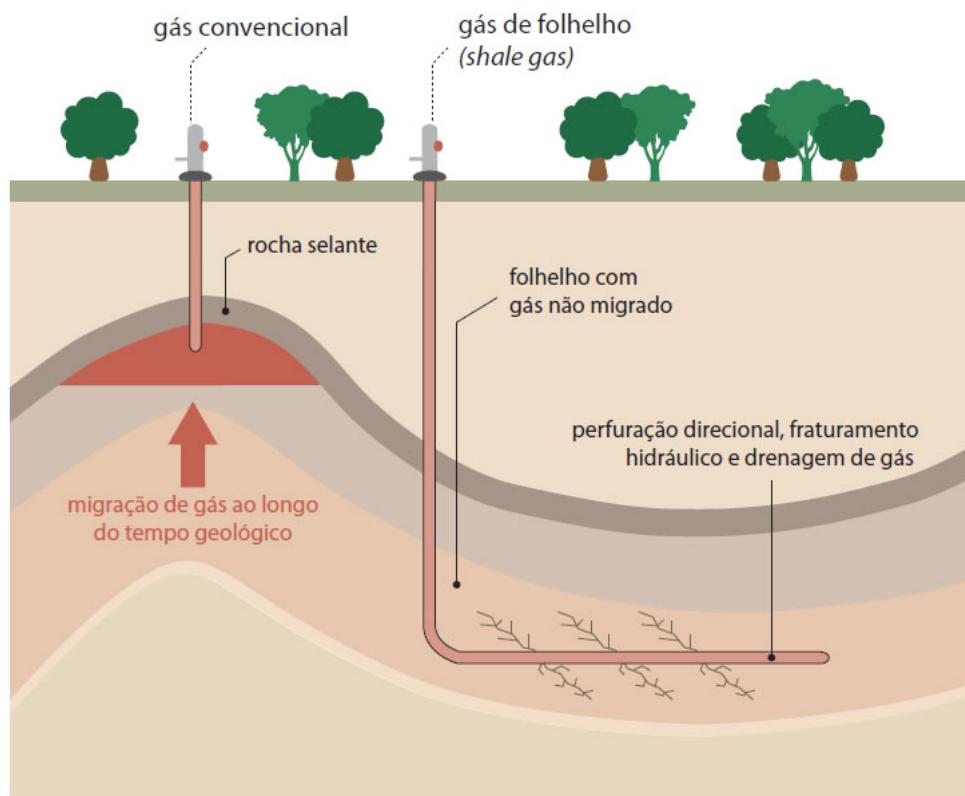


Figura 1 - Reservatório Convencional X Reservatório Não Convencional. Fonte: IPT, 2012

O fato de um reservatório de hidrocarbonetos possuir alta porosidade não quer dizer que ele possa ser bem aproveitado, pois se a permeabilidade for baixa o óleo ou o gás não fluem dentro da rocha. Conforme define Rogério Maestri:

“A permeabilidade é quantificada por uma unidade denominada Darcy (D). Um reservatório convencional de hidrocarbonetos tem uma permeabilidade que varia entre 1 mD até 1000 mD (1 mD =0,001 D), enquanto as permeabilidades de depósitos de gás apertado variam de 1 μ D (microdarcy) a 100 μ D (1 μ D =0,000001 D). Só para chamar à atenção, a permeabilidade de um TIJOLO é de aproximadamente 200 microdarcy, ou seja, é mais fácil deixar passar óleo num tijolo do que num depósito de óleo apertado.” (apud CASTRO, 2015, p. 18)

Já SEABRA (2005) define porosidade como uma relação entre o volume de espaços vazios presentes em uma rocha e o volume total apresentado por ela. Por fim, ele finaliza concluindo que a permeabilidade pode ser compreendida com a facilidade que um fluido apresenta para se locomover através de um meio poroso.

À medida que as empresas de petróleo se desenvolvem e investem cada vez mais em processos tecnológicos inovadores, a exploração de recursos não convencionais se torna cada vez mais uma realidade. Segundo ANDRÉ (2019), como uma rocha rica em matéria orgânica que atua tanto como rocha geradora quanto como rocha reservatório acaba dificultando a exploração do fluido, sua exploração acaba sendo mais cara e muitas vezes até inviável.

3.2 Fraturamento hidráulico

O fraturamento hidráulico ou *fracking* é um método utilizado normalmente para estimular campos novos ou campos que já estão em seu pico de produção ou possuem baixa permeabilidade. Em resumo, o método consiste em injetar uma mistura de água, areia e produtos químicos em alta pressão através de uma perfuração até a camada de folhelhos para que haja uma ampliação das fissuras na rocha e o fluido aprisionado possa ser libertado, fluindo de maneira mais fácil até a superfície. Conforme pontua YEW (1997):

“O processo de fraturamento hidráulico tem sido empregado para aumentar a produção de óleo e gás de reservatórios subterrâneos desde os primórdios da Indústria do Petróleo. Neste processo, o fluido de fraturamento é bombeado a altas pressões em uma determinada seção do poço. Esta pressão hidráulica cria e propaga uma fratura no meio rochoso, que contém óleo ou gás. Como a operação de fraturamento é geralmente conduzida a uma grande profundidade, onde a mínima tensão compressiva in-situ está posicionada na direção horizontal, a fratura induzida hidraulicamente é uma fratura vertical”.

A primeira etapa do método consiste em uma perfuração vertical para que uma tubulação seja inserida em grandes profundidades e em seguida esse tubo é revestido com cimento. Em seguida, ao se atingir a rocha que contém os hidrocarbonetos não convencionais, inicia-se uma perfuração horizontal e, para que o gás seja liberado, a rocha é fraturada injetando milhares de litros de uma mistura contendo água, areia e produtos químicos à altas pressões. Por fim, o líquido fratura a superfície da rocha e a areia com os produtos químicos impedem que as fissuras se fechem, desta forma, o fluido de interesse consegue retornar à superfície através da tubulação. Muitas vezes o fluxo que retorna à superfície acaba arrastando substâncias perigosas e até radioativas (COSTA et al, 2017). A Figura 2 representa de maneira esquemática o método de *fracking*.

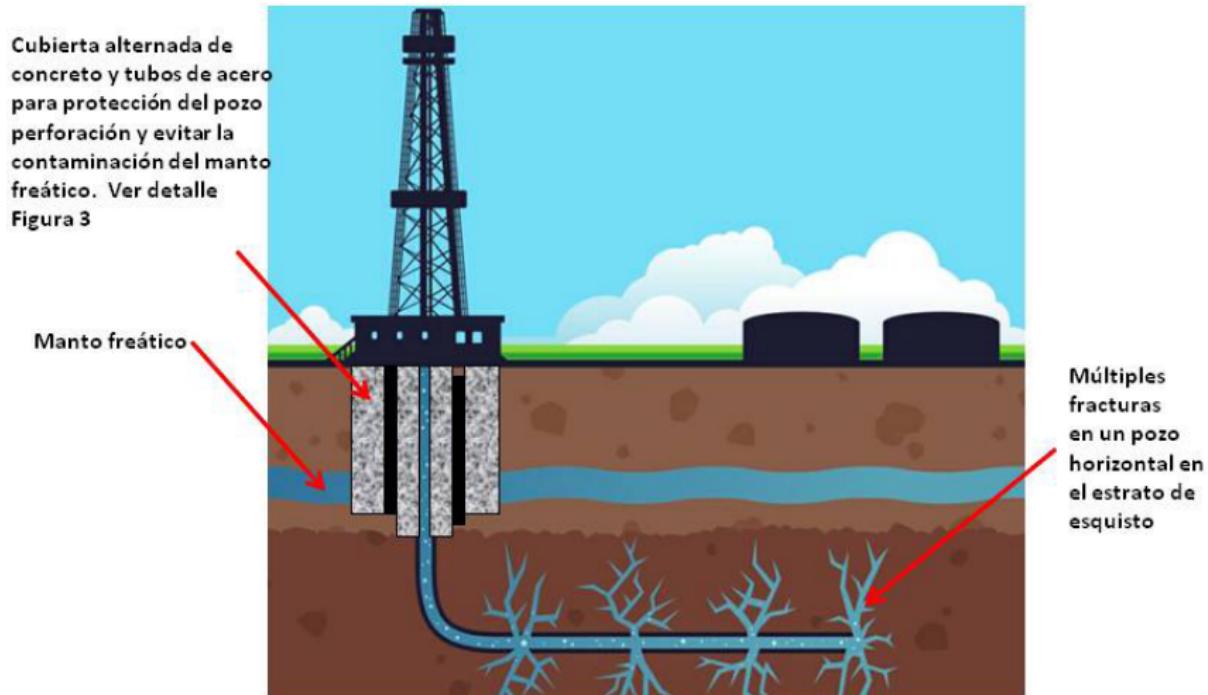


Figura 2 - Representação esquemática do método Fraturamento Hidráulico. Fonte: PIPPO E FRÓMENTA, 2021

De acordo com ALBUQUERQUE NETO (2017) a primeira operação de fraturamento hidráulico ocorreu em 1947, no campo de gás em Hugoton, Kansas, e não apresentou um aumento considerável na produção do campo. Entretanto, há indícios de um método que pode ser considerado como antecessor ao fraturamento hidráulico. MANFREDA (2015) relata que em 1866, o coronel Edward A. Roberts realizou a explosão de cargas explosivas em poços de petróleo, após ter tido sucesso na utilização do método em poços artesianos. A Figura 3 representa o antes e depois do procedimento realizado pelo coronel Edwards.

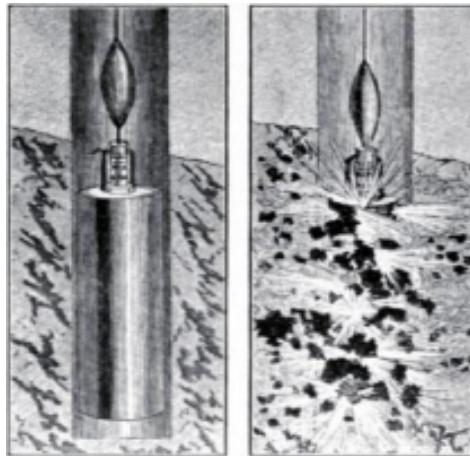


Figura 3 - Antes e Depois da Carga Explosiva de Roberts. Fonte: MANFREDA, 2015

De acordo com TAVARES (2010) à medida que o bombeio do fluido no interior da rocha é diminuído, a formação começa a retornar à sua posição original. Para evitar que isso ocorra, no fluido de faturamento são adicionados agentes de sustentação que buscam manter a fratura aberta, superando as tensões de fechamento que a fratura está sofrendo pela formação. Segundo ALLEN e ROBERTS (2012) esse agente de sustentação é chamado de propante e possibilita que um caminho capaz de conduzir um fluxo maior de fluidos do reservatório para o poço ou do poço para o reservatório seja produzido. Entretanto, a utilização de grandes quantidades deste produto químico pode ser nociva para o meio ambiente, salienta JACOMO (2014).

Outro fator alarmante do método é a quantidade de água utilizada. A quantidade de água necessária pode chegar a 15 milhões de litros d'água apenas para a realização da primeira etapa do método, segundo relata CARPEJANI (2021), além da necessidade da utilização de areia e 1076 compostos químicos diferentes, conclui a autora.

3.3 O pioneirismo Norte Americano

De acordo com DUARTE (2015) os choques do petróleo que aconteceram em 1973 e principalmente em 1979, com a OPEP lançando uma retaliação ao Ocidente, motivaram os Estados Unidos a buscarem uma fonte de energia que diminuisse a dependência que eles tinham em relação a OPEP.

“A necessidade de aumentar o suprimento de energia de modo a garantir a autossuficiência do país, e o elevado nível de preços do barril de petróleo conduziram os Estados Unidos à dianteira da corrida de independência energética da OPEP, 11 redeterminando ao longo dos últimos dez anos a sua matriz energética. Soma-se a isso uma lista de fatores que apontam porque os americanos foram os primeiros a “industrializarem” a produção do shale gas.” (DUARTE, 2015)

Ainda de acordo com DUARTE (2015), a exploração do gás natural nos Estados Unidos teve início no final do século XIX. A fim de fazer com que a produção atingisse todos os mercados consumidores, uma estrutura de escoamento foi desenvolvida ao longo de mais de cem anos.

“Junto com todo esse processo logístico, foi desenvolvido um conhecimento desenvolvido por diversas indústrias de óleo e gás, fato que corrobora para que a indústria norte americana seja a mais desenvolvida do mundo. Contudo, é claro, antes de ter atingindo a marca de cinco milhões de poços on shore, centenas de poços foram abertos para se descobrir que não seriam economicamente viáveis.” (DUARTE, 2015)

Segundo MELLO JUNIOR (2015), a revolução na matriz energética norte americana foi impulsionada pelo fraturamento hidráulico e estimasse que aproximadamente 35.000 poços são explotados pelo método.

“Outro ponto que mostra o porquê dos Estados Unidos estarem a caminho de alcançarem sua independência energética é o fato de que, ainda em 1954, foi aprovada uma lei de incentivo fiscal para empresas de óleo e gás, as quais poderiam deduzir do imposto de renda os gastos com desenvolvimento e exploração (chamados custos intangíveis).” (DUARTE, 2015)

DUARTE (2015) conclui que o pioneirismo no desenvolvimento de gás de xisto dos Estados Unidos é fruto de uma série de fatores que vão desde o desenvolvimento de áreas de escoamento próximas reservas de interesse até o desenvolvimento

tecnológico adquirido ao longo dos anos. Em 2013, o país foi a região que apresentou o maior crescimento na exploração, no desenvolvimento e na produção de reservas não convencionais de gás de folhelho no mundo, sendo que esse resultado foi motivado pelo grande aumento da oferta de gás no país. Além disso, esse desenvolvimento acelerado foi responsável pela criação de maiores vantagens competitivas para indústrias dependentes do gás como matéria prima. A principal maneira como essa vantagem competitiva é aplicada é na redução dos níveis de preços desse gás no mercado americano graças à alta oferta interna (EIA, 2013). A Figura 4 apresenta a distribuição bem desenvolvida da malha de gasodutos e oleodutos ao longo dos estados norte americanos.

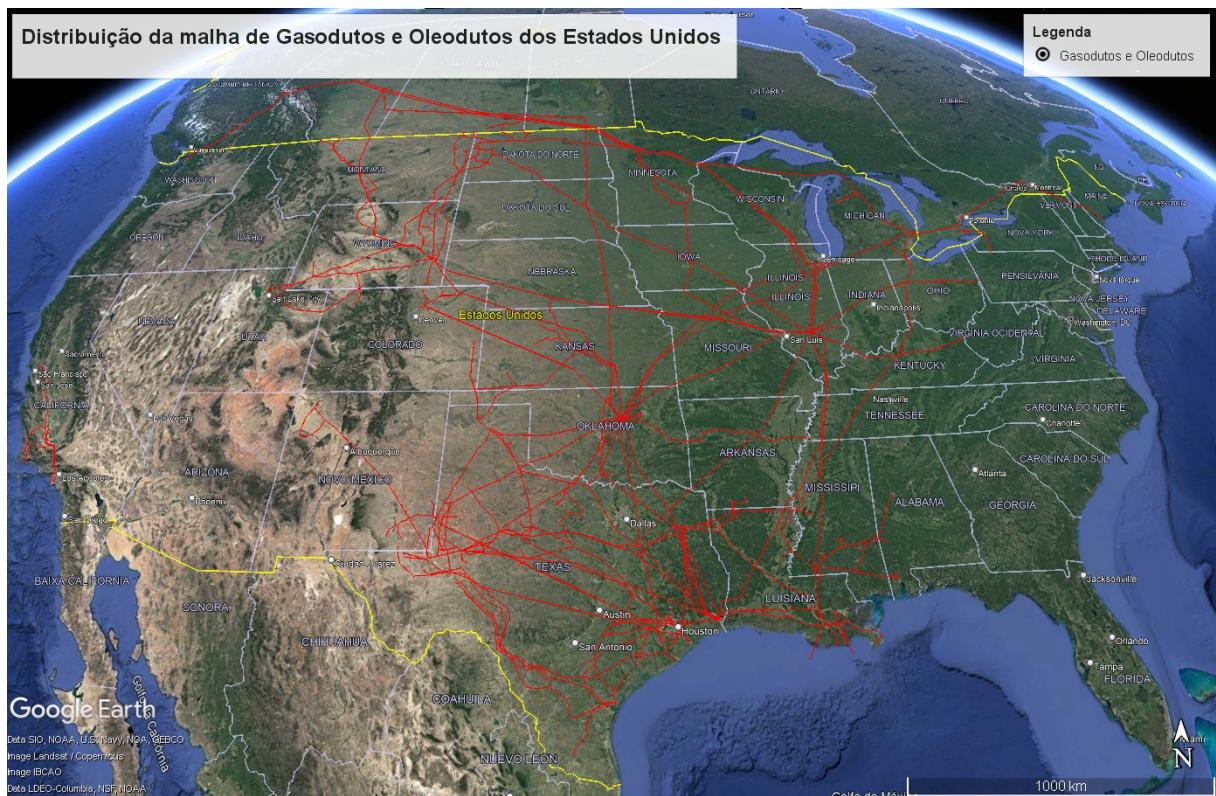


Figura 4 - Distribuição de Gasodutos e Oleodutos ao longo dos estados norte americanos.

Fonte: ARCGIS, 2019

Embora a exploração de gás não convencional seja um investimento de elevado custo, graças a tecnologia necessária para seu desenvolvimento, os EUA já desenvolve esse tipo de exploração desde o século XIX, fato que corrobora para que a indústria norte-americana tenha alcançado o patamar atual como grande potência na exploração de recursos não convencionais. Dentre os principais fatores, os destaques

são o avanço na tecnologia de fraturamento hidráulico, fato que diminuiu os custos e aumentou a efetividade e a recuperação de volumes maiores de recursos; grande conhecimento das características geológicas das rochas de folhelho e a grande malha de gasodutos dentro do país, além de um forte mercado consumidor. (JACOMO, 2014)

Para BURWEN & FLEGAL (2013), outro fator preponderante foi a criação de programas que ampliassem a oferta interna de energia do país, dessa forma foi possível reduzir os impactos que a crise energética gerava para o país. O principal foco dos programas eram desenvolver e estimular a implantação de tecnologias mais avançadas de exploração, desenvolvimento e produção visando captar novas fontes de energia, principalmente gás natural proveniente de gás não convencional. Nesse sentido, a parceria entre o Departamento de Energia (DOE) e Instituto de Pesquisa de Gás (GRI) serviram de norte para os programas, enquanto o DOE focava em pesquisas básicas de Pesquisa & Desenvolvimento para geração de mais informações e dados e o desenvolvimento de novas técnicas de exploração e produção, os programas do GRI fazia a ponte entre as tecnologias desenvolvidas e a indústria, finaliza os autores.

Por fim, as parcerias entre os setores público e privado garantiram o complemento e diretrizes eficientes de Pesquisa & Desenvolvimento, além de acelerar a divulgação de novas descobertas e tecnologias de pesquisa. O papel do setor privado era fomentar o desenvolvimento de pesquisas que buscassem melhores tecnologias e técnicas aplicadas, enquanto o governo federal concedia contribuições para estimular a inovação. (BURWEN & FLEGAL, 2013)

Todo esse investimento rendeu frutos como um método capaz de monitorar em tempo real o desenvolvimento do fraturamento hidráulico para verificar se há alguma falha em relação à programação que fora desenvolvida para o processo de fraturamento, perfuração de diversos poços demonstrativos, um aumento de aproximadamente $4 * 10^6$ milhões de pés cúbicos na oferta interna de gás no mercado americano a baixos custos e de aproximadamente $8 * 10^6$ Milhões de pés cúbicos em reservas provadas de gás natural, imagens sísmicas em 3D e 10.600 poços perfurados entre 1978-2002 (JACOMO, 2014). A nível de comparação, os $4 * 10^6$ milhões de pés cúbicos seriam equivalentes ao conteúdo energético de aproximadamente 712 bilhões de barris de petróleo.

3.4 O Cenário Argentino

Segundo JACOMO (2014), embora a existência de petróleo na Argentina seja conhecida já do período de domínio Espanhol, foi apenas em 1907 que o país conseguiu produzir petróleo para ser comercializado. Em 1922, nasce a Yacimientos Petrolíferos Fiscales (YPF) com a função explorar, produzir, transportar e refinar os derivados do país, porém o fato das províncias argentinas possuírem a propriedade para explorar suas regiões e o domínio sobre o que fosse encontrado fez com que a primeira grande empresa petrolífera estatal do país fracassasse na administração da produção do país (EPE, 2019). Além disso, a estatal ainda competia com empresas privadas como a Shell, fato que colaborou para que a YPF fosse dominada pelas multinacionais presentes no país (JACOMO, 2014).

Segundo (EPE, 2019) houve uma reviravolta na participação das empresas privadas na década de 1940 com a aprovação da legislação que colocou a YPF como a principal empresa na exploração, produção e comercialização de petróleo e derivados. Fato que acabou gerando a redução da competição na exploração do país, porém, a partir da década de 1950, a situação mudou drasticamente visto que a estatal não conseguia acesso a crédito para investimentos. Porém, embora durante os anos que se sucederam a Argentina tenha convivido com processos de estatização e privatização, foi apenas durante as décadas 1970-80 que a força do estado no setor petrolífero foi removida (CAMPOS, 2005).

CAMPOS (2005) afirma que a nova reforma focada na estratégia capaz de remover do Estado as funções interventoras e promotoras do desenvolvimento tenha garantido acesso ao controle de novas áreas de reservas por operadoras globais de petróleo, também promoveu políticas macroeconômicas que foram fundamentais para marginalizar e fragilizar ainda mais o país. Para amenizar o estrago causado pelas políticas neoliberais, em 1994, a Argentina retoma o controle dos recursos de petróleo e gás natural do país, sendo que as províncias voltaram a ser responsáveis pela produção e distribuição (EPE, 2019). A Tabela 1 ilustra a perda de participação da YPF na produção e distribuição do petróleo após o ano de 1992.

TABELA 1 - Participação da YPF sobre a produção e distribuição do petróleo argentino

Antes (1989)	%	Depois (1992)	%
YPF	62,2	YPF	41,7
Empresas Privadas	37,8	Empresas Privadas	58,3

Fonte: adaptado JACOMO (2014).

Para COSTA et al (2017) até a década de 2010, o panorama geral da Argentina pode ser resumido como um mix de desinvestimentos, federalização, transnacionalização e uma forte dependência dos hidrocarbonetos. Somado a esse cenário, a forte demanda energética do país acabou culminando em uma crise econômica sem precedentes em 2001. O déficit na balança energética era tão significativo ao final de 2011 que o governo federal expropriou o controle acionário da YPF das mãos da Repsol, logo após a empresa anunciar a descoberta de reservas de gás não convencional na região da Vaca Muerta, localizada na Patagônia argentina.

O aumento do preço do petróleo nos últimos anos aliado à dependência energética argentina em relação ao Gás Natural e a atual situação energética do país são fatores que, segundo PIPPO e FRÓMETA (2021), irão garantir a expansão do método de fraturamento hidráulico. De acordo com os dados divulgados pelo governo argentino, a matriz energética de fontes primárias do país é composta majoritariamente por hidrocarbonetos como petróleo e gás natural., sendo distribuída da seguinte maneira: 48,1% por Gás Natural; 35,68% por Gasolina; 5,83% por fontes Renováveis; 5,25% por Hidrelétricas; 2,92% por energia Nuclear e 2,04% por Carvão (GOVERNO ARGENTINO, 2021).

Além dos impactos gerados pela variação do preço do petróleo e pela crise energética vivida no país, CAMPOS et al (2017) reforça que a região foco dos investimentos da YPF na Vaca Muerta foi uma reserva indígena da comunidade Mapuche conhecida como Campo Maripe. Sequer os empecilhos gerados pela união de assembleias, sindicatos, partidos políticos, estudantes, ONGs e comunidades Mapuches, foram capazes de atrasar o grande projeto que a YPF pretendia instalar na

região, visto que a empresa já contava com o apoio das províncias que haviam retomado o poder de produzir e distribuir os hidrocarbonetos (CAMPOS et al, 2017). A Figura 5 ilustra toda a grandiosidade da instalação do projeto Vaca Muerta.



Figura 5 - Instalação do Projeto Vaca Muerta. Fonte: RISIO (2017)

Segundo VIANA e ANDRADE (2019) um fator preponderante para a exploração dos recursos não convencionais foi o fato de historicamente o país utilizar o gás natural como principal fonte da matriz energética e graças a isso, a Argentina já possuía uma infraestrutura para o escoamento e distribuição de hidrocarbonetos. A Figura 6 ilustra as principais bacias com potencial para recursos não convencionais do país, sendo os principais destaques as bacias Noroeste, Cuyana, Neuquina (onde se encontra o projeto Vaca Muerta), Golfo San Jorge e Austral. Para ROCHA et al (2013) o fato das reservas do norte da Argentina estarem logo abaixo do Aquífero Guarani é um fato

fundamental para que a exploração seja realizada com cautela, visto que há um grande potencial de risco de contaminação da água do aquífero.



Figura 6 - Principais Bacias com Recursos Não Convencionais da Argentina. Fonte: VIANA e ANDRADE (2019)

Para JACOMO (2014) o principal agravante para às questões ambientais relacionadas à exploração e exploração de hidrocarbonetos não convencionais está no fato de não haver uma lei de proteção ambiental a nível nacional que assegure critérios mínimos de proteção pelos quais as províncias possam desenvolver suas próprias legislações complementares. Além disso, a região da Vaca Muerta serviu como exemplo para as demais províncias, visto que além de possuir os maiores campos em produção na atualidade, lá se encontram uma grande gama de informações disponíveis sobre a geologia do lugar e uma infraestrutura bem desenvolvida. Contudo,

a região não pode ser utilizada como exemplo para a contaminação de lençóis freáticos e aquíferos de água potável em função da não disponibilidade desse tipo de recurso nas proximidades das regiões exploratórias.

Por fim, outros dois fatores que chamam a atenção do governo argentino em relação ao impacto ambiental gerado são as fraturas geradas no estímulo artificial do fraturamento hidráulico e que são responsáveis pelo vazamento de algum tipo de produto para o meio ambiente terrestre e aéreo. Já o segundo fator diz respeito ao uso da água de aquíferos ou reservatórios subterrâneos para atividades de fraturamento hidráulico e a destinação dada para a água que é produzida em conjunto com os hidrocarbonetos não convencionais. Em relação a questão da água, a principal diretriz regula que a maior parte da água produzida deve ser reciclada e reutilizada, sendo que caso não haja a possibilidade de reutilizar essa água, ela deve ser descartada de maneira adequada a fim de não contaminar o solo, subsolo e os lençóis freáticos (JACOMO, 2014).

3.5 A bacia do Recôncavo

Presente no estado da Bahia, a Bacia do Recôncavo possui uma área aproximada de 11.000 km² e está limitada pelas Bacias de Tucano, Alto de Aporá, Camamu e pelas falhas da Barra, Salvador e Maragogipe, segundo BASTOS (2017). Ainda de acordo com BASTOS (2017), graças a todo o conhecimento e exploração desenvolvido na região, a bacia é classificada como madura e ela está localizada em sua totalidade em território terrestre. Além disso, a região possui um Sistema Aquífero bem desenvolvido e que possui uma importância ímpar para o abastecimento da região (ANA, 2016). A Figura 7 ilustra a localização estrutural da Bacia do Recôncavo.

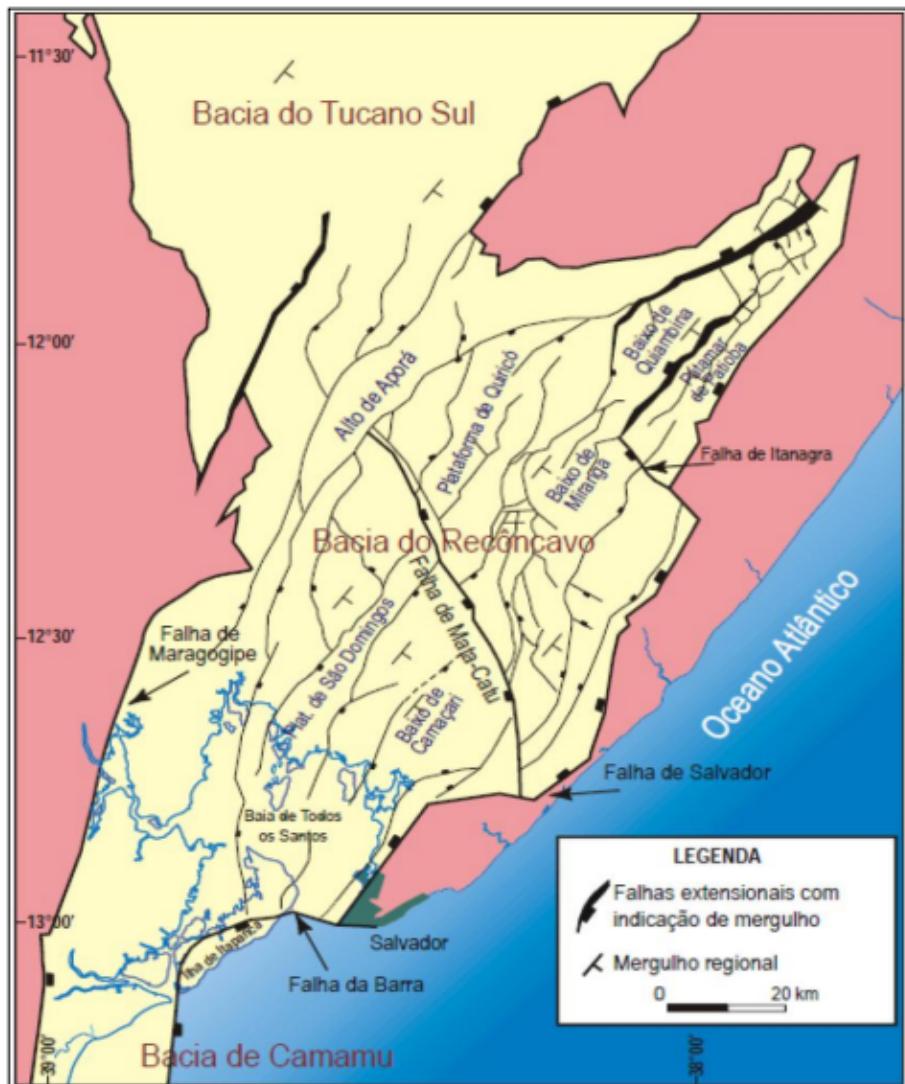


Figura 7 - Localização estrutural da Bacia do Recôncavo; Fonte: BASTOS, 2017

Segundo BASTOS (2017), o início da atividade exploratória só aconteceu de fato com a descoberta da primeira acumulação significativa de petróleo, na região de Lobato, no Recôncavo Baiano. Por ter sido a primeira bacia produtora do Brasil e ter desenvolvido instalações de produção, processamento e transporte, a bacia apresenta uma vantagem operacional para o desenvolvimento da exploração de gás não convencional. A vantagem operacional se justifica pela presença de mais de 6.400 poços classificados como em produção ou inativos na Bacia, fato que alavancou a economia de mais de 40 municípios localizados na região. Além disso, a ANP estima,

através do Barnett Shale Análogo, que na Bacia do Recôncavo há aproximadamente $20 * 10^6$ Milhões de pés cúbicos de gás não convencional.

$$X = (800 \text{ km}^2 * 30 \text{ TCF}) / 1.196 \text{ km}^2 = 20 \text{ TCF ou } 20 * 10^6 \text{ Milhões de pés cúbicos}$$

O cálculo realizado leva em consideração a quantidade de gás não convencional presente na Região de Barnett, EUA, e a partir dela faz regra de 3 para encontrar uma estimativa para a Bacia do Recôncavo. E a nível de comparação, a produção norte-americana em 2018 foi de 22,3 Tcf (MORDOR INTELLIGENCE, 2022).

Em 2013, a ANP realizou a 12^a Rodada autorizada pela Resolução nº 6/2013 do Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) que garantia a disponibilização de recursos não convencionais conforme o trecho a seguir:

II – cento e trinta blocos nas Bacias Maduras do Recôncavo e de Sergipe-Alagoas, com o objetivo de oferecer oportunidades exploratórias nessas áreas, de modo a possibilitar a continuidade da exploração e a produção de gás natural a partir de recursos petrolíferos convencionais e não convencionais contidos nessas regiões, totalizando 3.870,66 km² de área. (CNPE, 2013)

A Figura 8 ilustra os blocos exploratórios leiloados na 12^a Rodada da ANP, além da presença do Sistema Aquífero que percorre a Bacia do Recôncavo.

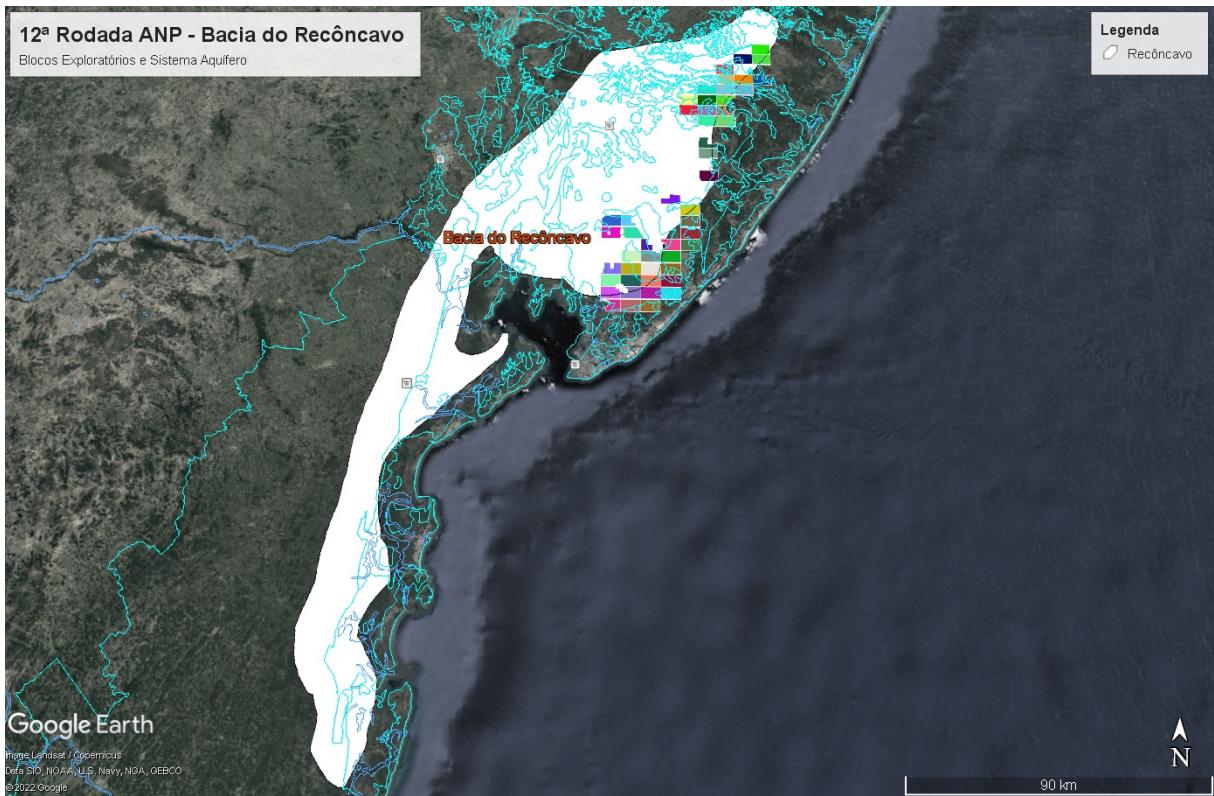


Figura 8 - Blocos Exploratórios da Bacia do Recôncavo leiloados na 12^a Rodada ANP. Fonte: ANP, 2020 e ANA, 2016

Por possuir uma infraestrutura logística previamente instalada graças aos anos de atividade de extração em poços convencionais, a Bacia do Recôncavo seria capaz de gerar resultados da exploração do shale gás de maneira mais acelerada que outras regiões. As figuras 9 e 10 ilustram toda a infraestrutura disponível na região.

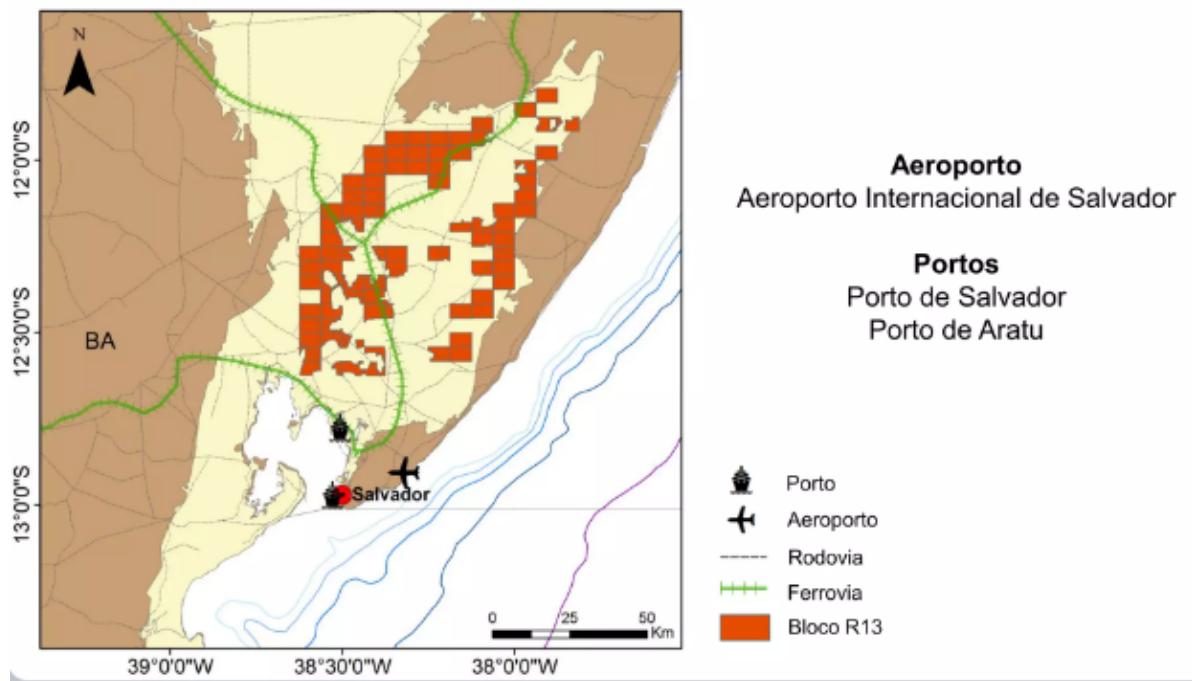


Figura 9 - Malha de Transportes da região da Bacia do Recôncavo. Fonte: BASTOS, 2015

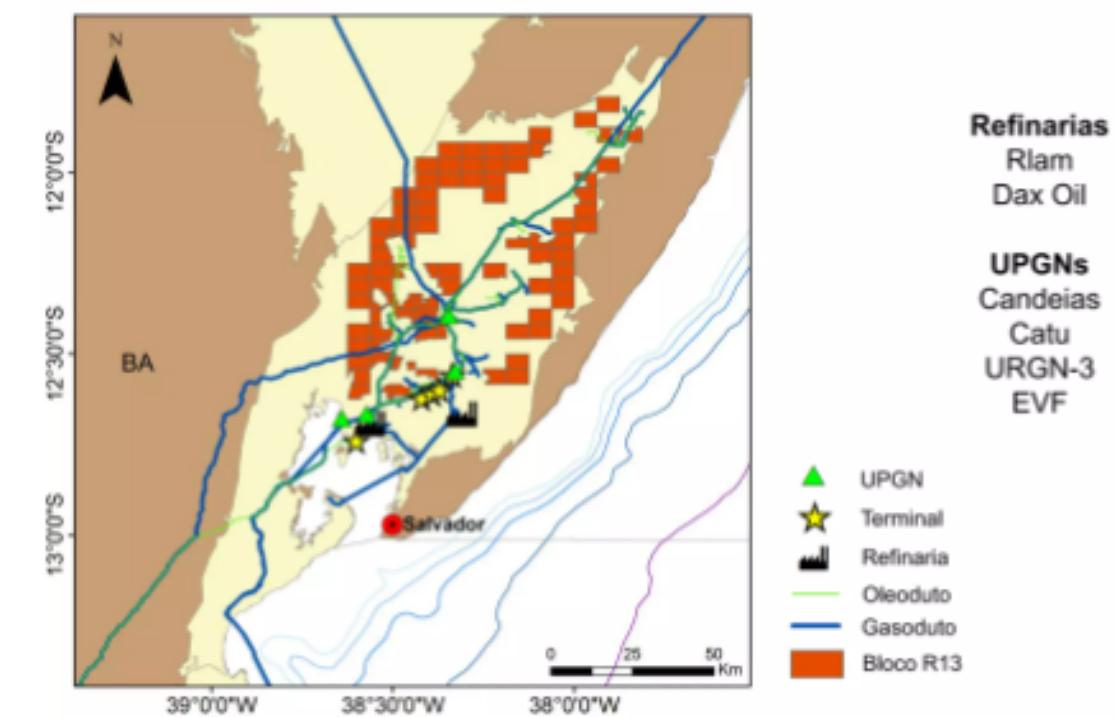


Figura 10 - Infraestrutura da indústria petrolífera da Bacia do Recôncavo. Fonte: BASTOS, 2015

3.6 Desafios para a Bacia do Recôncavo

Em 2013 o Brasil ocupava o 9º lugar no ranking de reservas de gás não convencional, embora os dados sejam de quase 10 anos atrás, ainda não foi possível mensurar a quantidade e qualidade dessas reservas (GOVERNO BRASILEIRO, 2022). Como resultado, no mesmo ano, a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) inseriu na 12º rodada licitatória blocos com reservas de folhelho, porém, os altos questionamentos a respeito da viabilidade da exploração no país levaram a estudos ambientais que apontaram a não viabilidade do método em decorrência da ausência de informações sobre a geologia dos blocos ofertados e dos possíveis riscos que o método poderia causar na região de exploração. (BURGEL, 2022)

As principais objeções a utilização do método em solo brasileiro parte da comunidade científica, das organizações e institutos de proteção ambiental e da sociedade civil que entendem que os riscos que o *fracking* apresenta principalmente para às águas nacionais, não compensam o possível bônus que o aumento de gás natural pode trazer ao país. (BURGEL, 2022)

A fim de reverter essa situação, em 2019 o Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) estabelece a criação do Projeto Poço Transparente em reservatório de baixa permeabilidade petróleo e gás natural. Esse projeto pretende fomentar a execução de poços pilotos que permitirão acompanhamento por parte da sociedade das operações relacionadas a perfuração e ao fraturamento hidráulico em reservatórios não convencionais. O principal objetivo do projeto é garantir que a sociedade tenha condições de acompanhar dados e informações a respeito da utilização do método e assim, garantir que haja um debate fundamentado a respeito do assunto (GOVERNO BRASILEIRO, 2022). Para destravar o projeto que vem sofrendo forte pressão da sociedade por causa dos impactos ambientais e dos riscos à saúde humana, o governo de Jair Messias Bolsonaro lançou uma consulta popular a fim de reverter a resistência da sociedade civil (CARTA CAPITAL, 2022).

Os principais motivos que levam esses grupos a serem contrários ao método, são os comprovados impactos socioambientais gerados, sendo que o uso excessivo de água, a contaminação do solo e ecossistemas, a disputa em terras indígenas e unidades de conservação e o agravamento das mudanças climáticas são os principais (COSTA et al, 2017). Por fim, um último agravante que esses grupos consideram é a área necessária para a disposição dos poços não convencionais quando comparadas a de poços convencionais. Muitas vezes a área exigida é o dobro daquela ocupada pelo mesmo número de poços convencionais, visto que são necessárias extensas áreas para a disposição dos equipamentos, para piscinas ou contêineres nos quais são depositados resíduos, para o armazenamento de fluidos, para construção de gasodutos e estações de compressão, para unidades separadoras e construção de estradas (COSTA et al, 2017).

Os impactos gerados para as regiões próximas às operações da indústria de óleo e gás estão relacionados às gigantescas infraestruturas instaladas e que acabam gerando poluição visual, além do alto volume de maquinário e veículos de transportes pesados que, além do tráfego, acabam gerando poluição sonora para essas regiões (LAGE et al, 2013).

No caso da Bacia do Recôncavo, é necessário entender que a biodiversidade local, a localização de habitat e os recursos sensíveis como fauna e flora, além da utilização da água dos Aquíferos da região são os grandes responsáveis pela desconfiança da sociedade. O grande destaque vai para os impactos nos recursos hídricos, pois a ocorrência de vazamentos poderiam não ser notificados e caracterizados devido a ausência de leis de controle que combatam as questões e os riscos específicos desta atividade.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Analisando tudo o que foi apresentado em relação aos prós e contra tanto do caso Norte Americano quanto do caso Argentino, é possível pavimentar um futuro sobre as possibilidades da utilização do método do fraturamento hidráulico na Bacia do Recôncavo. Primeiro é importante entender o cenário que levou os Estados Unidos à grande potência mundial na exploração de gás não convencional. Em seguida, é fundamental entender todo o processo argentino e porque mesmo sendo a região com a maior produção de gás de xisto fora dos Estados Unidos, a exploração dos recursos não tenha alterado o cenário energético do país. Essa análise vai possibilitar entender quais são as possíveis medidas que o Brasil pode adotar e quais os caminhos alternativos para que a 9º reserva mundial de gás de xisto seja um impulsionador para o desenvolvimento do país.

Olhando para todo o processo desenvolvido nos Estados Unidos as principais variáveis que foram fundamentais para a exploração do gás de folhelho foram:

1. Os constantes entraves entre o país e a OPEP fizeram que os Estados Unidos buscassem suprir a demanda energética de uma forma que garantisse a autossuficiência do país que já possuía uma ;
2. Incentivo fiscal oferecido pelo governo às empresas de óleo e gás;
3. Grandes reservas de gás no país;
4. A bem desenvolvida indústria de óleo e gás do país atrelada a malha de gasodutos e oleodutos que interligam os principais mercados consumidores;
5. As constantes evoluções tecnológicas na área de fraturamento hidráulico incentivadas pela parceria público privada em conjunto com a elevada quantidade de dados sobre a estrutura geológica do país;

Já o cenário argentino foi bastante conturbado, sendo que as principais características foram:

1. A complexa alternância entre uma política estatal e uma política neoliberal, fato que acabou prejudicando a estruturação de uma lei que pudesse auxiliar as províncias sobre a exploração dos hidrocarbonetos não convencionais;
2. A competição entre empresas privadas e a YPF;
3. Ausência de investimentos em tecnologia capazes modificar a indústria petrolífera já defasada;
4. A crise energética no país que acabou culminando em um déficit na balança energética bastante significativo;
5. Ausência de uma legislação eficaz para combater os impactos sociais e ambientais gerados pelo desenvolvimento do fraturamento hidráulico aliada aos conflitos com as comunidades indígenas e a forte oposição da sociedade civil

O levantamento dos principais fatos que colaboraram para que os Estados Unidos seja a atual potência na exploração de gás de xisto e para que a Argentina não tenha seu cenário energético alterado revelam que o primeiro passo para que o Brasil possa ter uma revolução positiva na sua indústria de óleo e gás é o investimento em tecnologias. A experiência norte-americana mostra que quanto maior o investimento em tecnologia de ponta, maior a chance de sucesso no processo de fraturamento hidráulico.

Outro fator preponderante é o conhecimento em relação à própria estrutura geológica do país. Nesse caso, os avanços tecnológicos seriam fundamentais para preencher a lacuna referente a ausência de dados geológicos sobre as bacias sedimentares brasileiras. É importante ressaltar que esse mapeamento deve ser feito tanto de maneira quantitativa quanto qualitativa. Ou seja, além de obter dados da maior quantidade de estruturas, também é necessário que esse levantamento seja feito com informações de qualidade e detalhadas com o máximo de características possível. Esses fatores são necessários para determinar o real potencial de hidrocarbonetos não convencionais em território nacional, visto que mesmo estando em 9º lugar entre os países com as maiores reservas de gás de xisto, o Brasil não possui dados suficientes para determinar a viabilidade dessa exploração.

Já o cenário argentino ilustra a necessidade do Brasil elaborar uma política eficaz que consiga garantir uma regulamentação adequada para garantir que os impactos ambientais e sociais sejam minimizados e para isso o governo federal deve atuar com penalizações e sanções a fim de garantir que tanto os recursos hídricos quanto o solo não sejam prejudicados com o fraturamento hidráulico.

5 CONCLUSÃO

Este trabalho visa pavimentar o cenário um caminho para a implementação do fraturamento hidráulico na Bacia do Recôncavo tendo como base os processos realizados nos Estados Unidos e na Argentina. Através de uma análise crítica foi possível desenvolver os fatores que fizeram com que os Estados Unidos se tornassem a principal potência na exploração de gás de xisto através do fraturamento hidráulico e o porquê da Argentina, mesmo sendo a região que mais produz gás de xisto fora dos Estados Unidos, ter mantido sua balança energética em déficit.

A análise desenvolvida ilustra a necessidade de desenvolver tecnologias de ponta e estruturar dados a respeito do território nacional a fim de pavimentar um cenário diferente do vivido pela Argentina. Claramente, o modelo adotado pelos Estados Unidos possui particularidades que dificilmente serão reproduzidas por outros países, como as grandes reservas, mercado consumidor atrativo, malha de gasodutos e oleodutos bem estruturada e incentivos fiscais. Porém, o primeiro passo que o Brasil deve adotar é o incentivo à Pesquisa & Desenvolvimento, fator fundamental para que os recursos não convencionais passem de apenas recursos para recursos recuperáveis.

Além do desenvolvimento tecnológico, outro fator que merece destaque diz respeito às leis voltadas para o combate aos impactos ambientais e sociais. Por se tratar de uma bacia madura que abrange um Sistema Aquífero bem desenvolvido, o combate à possível contaminação tanto dos recursos hídricos quanto do solo faz-se fundamental para evitar danos significativos à população local.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBUQUERQUE NETO, M. A. da C. C. de. INFLUÊNCIA DO PROPANTE DE FRATURAMENTO HIDRÁULICO NA PRODUÇÃO DE RESERVATÓRIO TIGHT GAS. Trabalho apresentado ao Curso de Engenharia de Petróleo da Universidade Federal do Rio Grande do Norte como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro de Petróleo. Natal, 2017.
- ALLEN. T.; ROBERTS. A.. PRODUCTION OPERATIONS, Vol. 2, 5 ed. 2012
- ANDRÉ, L. G. D. AVALIAÇÃO DE RESERVATÓRIOS COMPLEXOS: UM ESTUDO DE CASO NO CAMPO DE SOCORRO, BACIA DO RECÔNCAVO. Monografia apresentada ao curso de Bacharelado em Geofísica, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Geofísica. Niterói, 2019
- APROVEITAMENTO DE HIDROCARBONETOS EM RESERVATÓRIOS NÃO CONVENCIONAIS NO BRASIL. Comitê Técnico de Meio Ambiente (CTMA) e Programa de Mobilização da Indústria Nacional de Petróleo e Gás Natural (PROMINP), 2016.
- BADARÓ, K. L. ESTUDO DO CASO DO SHALE GAS: UMA POSSIBILIDADE ENERGÉTICA NO BRASIL CONTEMPORÂNEO. Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Industrial da Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia. Bahia, 2019.
- BASTOS, I. P. BACIA DO RECÔNCAVO, ANP, 2015.
- BASTOS, I. P. BACIA DO RECÔNCAVO - SUMÁRIO GEOLÓGICO E SETORES EM OFERTA, ANP, 2017.
- BURGEL, C. F. FRACKING E PROTEÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS NO BRASIL: UMA ANÁLISE DO MACRO REGULATÓRIO SOB A ÓTICA DO PRINCÍPIO DE PRECAUÇÃO. EDUCS – Editora da Universidade de Caixas do Sul, 2022.
- BURWEN, J.; FLEGAL, J. UNCONVENTIONAL GAS EXPLORATION & PRODUCTION - CASE STUDIES ON THE GOVERNMENT'S ROLE IN ENERGY TECHNOLOGY INNOVATION. AMERICAN ENERGY INNOVATION COUNCIL[S.I.]. 2013.
- CAMPELO, P. C. PERSPECTIVA DE PRODUÇÃO DE GÁS DE FOLHELHO NA BACIA DO AMAZONAS E IMPACTO AMBIENTAL POR MEIO DE ANÁLISE DE CICLO DE VIDA (ACV). Projeto de Graduação apresentado ao Curso de Engenharia

de Petróleo da Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2017.

CAMPOS, A. F. A REESTRUTURAÇÃO DA INDÚSTRIA DE PETRÓLEO SUL AMERICANA NOS ANOS 90. Tese submetida ao programa de Pós-Graduação de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2005

CARPEJANI, G. IMPACTOS AMBIENTAIS, SOCIAIS E ECONÔMICOS DA EXPLORAÇÃO DO GÁS DE XISTO POR “FRACKING”. Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Administração, da Universidade do Sul de Santa Catarina. Florianópolis, 2021.

CARTA CAPITAL. GOVERNO LANÇARÁ EDITAL PARA ESTIMULAR FRACKING NO BRASIL. JUNHO, 2022

CASTRO, R. A. ESTUDO DA APLICAÇÃO DO FRATURAMENTO HIDRÁULICO EM RESERVATÓRIOS DE BAIXA PERMEABILIDADE COM CARACTERÍSTICAS DA BACIA DO PARNAÍBA. Trabalho de Conclusão de Curso do Departamento de Engenharia de Petróleo da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2015.

CATÁLOGO DE METADADOS ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUA E SANEAMENTO BÁSICO.

CONSELHO NACIONAL DE POLÍTICA ENERGÉTICA - CNPE. RESOLUÇÃO N° 6, JUNHO DE 2013.

COSTA, A.; TERRA, A.; NANNI, A. S.; GRZYBOWSKI, C.; DE PAULA, E. A.; HOLANDA, J.; NARAHARA, K.; HENNING, L. A.; SCHEIBE, L. F.; RAMOS, P. S. FRACKING E EXPLORAÇÃO DE RECURSOS NÃO CONVENCIONAIS NO BRASIL: RISCOS E AMEAÇAS. iBase, Rio de Janeiro, 2017.

CRUZ, C. E. S. RECURSOS NÃO CONVENCIONAIS DE PETRÓLEO (ÓLEO E GÁS) E SEU POTENCIAL NAS BACIAS SEDIMENTARES BRASILEIRAS (2018). Instituto de Geociências/Universidade de Brasília.

DELGADO, F. O shale gas à espreita no brasil: desmistificando a exploração de recursos de baixa permeabilidade. Rio de Janeiro: FGV Energia, 2019.

DUARTE, D. C. S. O PIONERISMO DOS ESTADOS UNIDOS NA TECNOLOGIA DE EXPLORAÇÃO DO GÁS NÃO CONVENCIONAL E OS DEBATES ASSOCIADOS. Monografia de Bacharelado submetido ao Instituto de Economia da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2015.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE) - BOLETIM DE CONJUNTURA DA INDÚSTRIA DO PETRÓLEO, NÚMERO 06, 2019.

GOVERNO BRASILEIRO. Petróleo e Gás - Projeto Poço Transparente em reservatório de baixa permeabilidade de petróleo e gás natural. 2022

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. GÁS DE FOLHELHO - ESTUDO PRÉ-VIABILIDADE BUSCA ANALISAR POTENCIALIDADE E IMPACTO DO INSUMO NO ESTADO DE SÃO PAULO. São Paulo, 2012

JACOMO, J. C. P. OS HIDROCARBONETOS NÃO CONVENCIONAIS: UMA ANÁLISE DA EXPLORAÇÃO DO GÁS DE FOLHELHO NA ARGENTINA À LUZ DA EXPERIÊNCIA NORTE-AMERICANA. Dissertação de Mestrado da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2014

JARVIE, D. M. Shale Resource Systems for Oil and Gas: Part 1—Shale-gas Resource Systems. Shale reservoirs—Giant resources for the 21st century: AAPG Memoir 97, 2012

JURBERG, R. F. A EVOLUÇÃO DA INDÚSTRIA PETROLÍFERA MUNDIAL E OS IMPACTOS NO COMÉRCIO INTERNACIONAL DE PETRÓLEO DO SÉCULO XXI APÓS O INÍCIO DA EXPLORAÇÃO DE FONTES NÃO CONVENCIONAIS PELOS ESTADOS UNIDOS. Monografia de Bacharelado submetido ao Instituto de Economia da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2016.

LAGE, E. S.; PROCESSI, L. C.; SOUZA, L. D. W.; DORES, P. B.; GALOPPI, P. P. S. Gás não convencional: experiência americana e perspectivas para o mercado brasileiro. Petróleo e Gás, n. 37, BNDES Setorial

MANFREDA. J. THE REAL HISTORY OF FRACKING. Abril, 2015.

MORDORINTELLIGENCE. Disponível em:
<https://www.mordorintelligence.com/pt/industry-reports/north-american-shale-business-overview-industry>

PIPPO, W. A.; FRÓMETA, A. E. N. FRACKING - LOS QUE LAS PERSONAS NO PUEDEN DESCONOCER SOBRE EL TEMA

DI RISIO, D. VACA MUERTA - MEGAPROJECT: A FRACKING CARBON BOMB IN PATAGONIA. ARGENTINA, 2017

SOCIEDADE BRASILEIRA PARA O PROGRESSO DA CIÊNCIA (SBPC); ROCHA, G. A.; HIRATA, R. C. A.; SCHEIBE, L. F. 2013. Carta à presidente Dilma Rousseff. 2013. Carta SBPC-081/Dir.

SABA, J. G. S. FRATURAMENTO HIDRÁULICO APLICADO A GÁS DE FOLHELHO: ASPECTOS TEÓRICOS E PRÁTICOS. Monografia de projeto final submetida ao departamento de engenharia civil e Ambiental da Universidade de Brasília. Brasília, 2014.

SEABRA, P. N. C. APLICAÇÃO DE BIOPILHA NA BIORREMEDIÇÃO DE SOLOS ARGILOSOS CONTAMINADOS COM PETRÓLEO. 2005. Tese (Doutorado em Ciências em Engenharia Química) – Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

TAVARES, L. S. ESTADO DA ARTE DA OPERAÇÃO DE FRATURAMENTO HIDRÁULICO. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia de Petróleo da Escola de Engenharia da Universidade Federal Fluminense, como requisito parcial para obtenção do Grau de Bacharel em Engenharia de Petróleo. Niterói, 2010

THOMAS, J. E.; TRIGGIA, A. A.; CORREIA, C. A.; VEROTTI FILHO, C.; XAVIER, J. A. D.; MACHADO, J. C. V.; SOUZA FILHO, J. E.; PAULA. J. L.; ROSSI, N. C. M.; PITOMBO, N. E. S.; GOUVEA, P. C. V. M.; CARVALHO, R. S.; BARRAGAN, R. V. Fundamentos de Engenharia de Petróleo. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2004.

US. Energy Information Administration (EIA). (2010). Areas of natural gas production from Tight reservoirs other than Shales, USA.

VIANA, A.A.S.; ANDRADE, D.V. Pastor. ASPECTOS REGULATÓRIOS E AMBIENTAIS ACERCA DO FRATURAMENTO HIDRÁULICO: UM COMPARATIVO ENTRE O BRASIL E O MUNDO. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Petróleo) - Universidade Federal Fluminense, Niterói/RJ, 2019.

YEW, C.H. MECHANICS OF HIDRAULIC FRACTURING. Gulf Publishing Company Houston, 1997.