

**CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ
GABRIEL MATSUDA**

**ANÁLISE DO PROCESSO DO *FRACKING* E OS IMPACTOS AMBIENTAIS AOS
CORPOS HÍDRICOS**

**CASCABEL - PR
2017**

**CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ
GABRIEL MATSUDA**

**ANÁLISE DO PROCESSO DO *FRACKING* E OS IMPACTOS AMBIENTAIS AOS
CORPOS HÍDRICOS**

Trabalho apresentado na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso I, do Curso de Engenharia Civil, do Centro Universitário Assis Gurgacz, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Professor orientador: Mestre Janes Caciano Frozza

**CASCADEL - PR
2017**

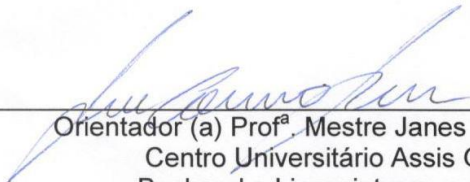
CENTRO UNIVERSITÁRIO FAG

GABRIEL MATSUDA

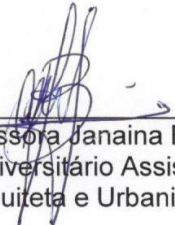
**ANÁLISE DO PROCESSO DO FRACKING E OS IMPACTOS AMBIENTAIS AOS
CORPOS HÍDRICOS**

Trabalho apresentado no Curso de Engenharia Civil, do Centro Universitário Assis Gurgacz, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil, sob orientação do Professor **Mestre Janes Caciano Frozza**.

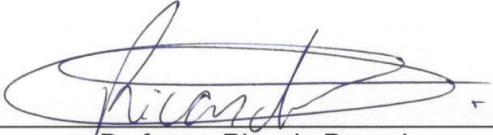
BANCA EXAMINADORA



Orientador (a) Prof^a Mestre Janes Caciano Frozza
Centro Universitário Assis Gurgacz
Bacharel e Licenciatura em Química



Professora Janaina Bedin
Centro Universitário Assis Gurgacz
Arquiteta e Urbanista



Professor Ricardo Paganin
Centro Universitário Assis Gurgacz
Engenheiro Civil

Cascavel, 23 de novembro de 2017.

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho ao meus pais, pelo amor infinito e compreensão.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por ter me dado saúde e inteligência para superar todas as dificuldades e conseguir chegar onde estou hoje.

Agradeço aos meus pais, por me darem todo o apoio possível durante toda a minha vida.

Agradeço ao meu professor orientador Janes Caciano Frozza, pela paciência, dedicação e ensinamentos que possibilitaram que eu realizasse este trabalho.

Agradeço a Alzira Emiko Matsuda, por todo o apoio e amor dado durante todo o período do trabalho.

Agradeço a toda Família Moretto e Matsuda, por se importarem comigo e me apoiarem em todos os meus passos.

EPÍGRAFE

"Não é sobre chegar no topo do mundo e saber que venceu, é sobre escalar e sentir que o
caminho te fortaleceu"
Ana Vilela.

RESUMO

Este trabalho se trata de um trabalho de conclusão de curso do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Assis Gurgacz, com o estudo fraturamento hidráulico ou *Fracking*, como é chamado. O processo serve para realizar perfurações e fazer extração de gás de xisto, em inglês chamado de *shale gás*. A camada de folhelho pode chegar a mais de 3000 metros de profundidade. Para a realização das perfurações dos poços, é instalada uma tubulação e injetada uma mistura que consiste de uma certa quantidade de água com diversos solventes químicos. Com a grande pressão que a mistura no solo é injetada, ocorrem os fragmentos, que irão formar buracos que ficam abertos graças a grande quantidade de areia no fluido, realizando a extração do gás. Este trabalho apresenta os impactos ambientais que o processo do *Fracking* pode causar aos corpos hídricos.

Palavras-chave: *Fracking*. Gás de xisto. Impactos.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Etapas de prospecção de gás não convencional por fraturamento hidráulico.....	18
Figura 2: Poço de extração de gás após as etapas de perfuração, injeção da solução de fraturamento e extração.	19
Figura 3: Esquema fictício da extração de gás convencional e do não convencional.	23
Figura 4: Produção de gás natural ao redor do mundo.	24
Figura 5: Localização dos principais plays de shale gas nos Estados Unidos.....	25
Figura 6: Produção de gás de folhelho e outros tipos de gás natural em países selecionados, 2015 e 2040.	26
Figura 7: As cinco bacias do Canadá.....	28
Figura 8: Bacias de shale gas na Argentina.	29
Figura 9: As bacias de shale gas da Argélia.	30
Figura 10: Bacias de Shale Gas no México.....	30
Figura 11: Reservas de gás xisto no Brasil.....	31
Figura 12: Comparação dos gasodutos do Brasil com os dos Estados Unidos	32
Figura 13 - Áreas leiloadas pela ANP.	33
Figura 14: Áreas em risco do fracking no paraná.....	35
Figura 15: Variação do preço de Gás Natural nos Principais Hubs Internacionais	36
Figura 16: Composição da Matriz Energética dos EUA..	36
Figura 17: Consumo de Energia por setor nos EUA.	37
Figura 18: Esquema dos poços.	41
Figura 19: Diagrama generalizado mostrando a área de ocorrência de acumulação de gás de forma convencional em trapas estruturais e estratigráficas e de forma não convencionais em folhelho.....	43
Figura 20: Visualização de um poços horizontais.	45
Figura 21: Composição básica de um fluido base água utilizado nos plays de shale gas nos EUA.....	47
Figura 22: Fluido de fraturamento e o fraturamento das rochas de folhelho.	48
Figura 23: Substâncias utilizadas no fluido de fraturamento e suas aplicações.	48
Figura 24: Volume de água utilizado em um processo do Fracking.	49

LISTA DE TABELA

Tabela 1: Componentes do fluido de tratamento	20
Tabela 2: Total de Blocos e áreas disponibilizados pela ANP na 12ª Rodada	34

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANP - Agência Nacional do Petróleo

MPF-PR - Ministério Público Federal do Paraná

UNEP - *United Nations Environment Programme*

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente

EPA - *United States Environmental Protection Agency*

EIA - *International Energy Agency*

CO2 - Dióxido de Carbono

NG - Nitroglicerina

TCF's - Trilhões de pés

SUMÁRIO

1.1	INTRODUÇÃO	12
1.2	OBJETIVOS	13
1.2.1	Objetivo geral	13
1.2.2	Objetivos específicos	13
1.3	JUSTIFICATIVA	13
1.4	FORMULAÇÃO DO PROBLEMA	14
1.5	FORMULAÇÃO DA HIPÓTESE	14
1.6	DELIMITAÇÃO DA PESQUISA	14
	CAPÍTULO 2	16
2.1	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1.1	Combustível fóssil	16
2.1.2	<i>Fracking</i>	16
2.1.2.1	O processo	17
2.1.2.2	Impactos ambientais durante o <i>Fracking</i>	18
2.1.2.3	<i>Fracking</i> no Brasil	Erro! Indicador não definido.
2.1.2.4	Compostos químicos	20
2.1.3	Gás de folhelho	22
2.1.4	Reservas de gás de xisto no mundo	24
2.1.4.1	Estados Unidos da América	25
2.1.4.2	China	26
2.1.4.3	Canadá	27
2.1.4.4	Argentina	28
2.1.4.5	Continente Africano	29
2.1.4.6	México	30
2.1.4.7	Brasil	31
	CAPÍTULO 3	36
3.1	METODOLOGIA	39
3.1.1	Tipo de estudo	39
3.1.2	Caracterização da amostra	39
3.1.3	Coleta de dados	40
3.1.4	Análise de dados	40
	CAPÍTULO 4	41
4.1	RESULTADOS E DISCUSSÕES	41
4.1.1	Tipos de reservatórios	41
4.1.1.1	Reservatórios Não-convencional	42

4.1.2 Shale Gas	42
4.1.3 O Processo do fraturamento hidráulico	44
4.1.3.1 Perfuração dos poços	44
4.1.3.2 Poço Horizontal	45
4.1.3.3 Fraturamento Hidráulico	46
4.1.3.4 Composição do fluido.....	47
4.1.3.5 Consumo de água	49
4.1.4 Impactos Ambientais aos corpos hídricos	50
4.1.4.1 Riscos de contaminação das águas devido ao descartes do <i>flowback</i>	51
4.1.4.2 Cuidados necessários para o tratamento	51
CAPITULO 5	52
5.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS	52
CAPITULO 6	53
6.1. SUGESTÕES PARA TRABALHO FUTUROS.....	53
REFERÊNCIAS	54

CAPÍTULO 1

1.1 INTRODUÇÃO

O gás de xisto, como é chamado, é uma fonte de combustível fóssil não renovável, a qual vem transformando o panorama energético do mundo. O folhelho de onde o gás de xisto é explorado, é proveniente de rochas sedimentares, tendo sua textura silto-argilosa¹, com grande quantidade de matéria orgânica marinha ou lagunar devido à baixa intensidade de energia desses ambientes (RIBEIRO, 2014). Com o passar dos anos, a pressão sobre esse material resulta na formação de uma rocha com uma aparência própria.

A extração do gás natural a partir do folhelho vem crescendo com o passar dos anos. Nos Estados Unidos o gás de xisto vem sendo utilizado desde 1821. Segundo a Agência de Estudos sobre Energia dos Estados Unidos, as reservas de folhelho representam 10% do total do petróleo e 32% do gás disponível em todo o planeta.

Para Lage *et al* (2014), existe uma possibilidade de independência energética frente às nações, enaltecendo os países que possuem as reservas de gás de xisto.

No Brasil, segundo a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), existem grandes volumes de gás que estão localizados em sete bacias sedimentares, sendo a principal, a Bacia do Paraná, que por sua vez está debaixo das rochas do aquífero Guarani, o maior aquífero do mundo. O Brasil se encontra entre os dez maiores países que possuem reservas de xisto, ficando atrás apenas de países como China, Estados Unidos e Argentina.

A exploração do gás de xisto é feita através do processo do fraturamento hidráulico, ou o *Fracking*. As profundidades das camadas do folhelho variam de 2500 a 3000 metros (SANBERG *et al*, 2014). Durante as perfurações é injetada uma mistura de água, areia e grandes quantidades de aditivos que têm um alto potencial cancerígeno. Alguns estudos mostram que cerca de 90% dos fluidos podem permanecer no subsolo. Outros apontam que o *Fracking* pode causar grandes danos ambientais, como a contaminação de lençóis freáticos e a poluição do ar.

¹ As rochas sedimentares são provenientes de mudanças ocorridas em outras rochas. Água dos rios, ondas todos esses tipos de condições são importantes para o desenvolvimento das rochas, fragmentando elas em grãos de minerais.

A extração de gás demanda uma grande quantidade de água. A tecnologia utilizada na exploração traz risco de contaminação de lençóis freáticos e pode estar ligado ao aumento de número de terremotos (SPRINGS, 2014).

Com esta pesquisa para o Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Civil, pretende-se descobrir e analisar os impactos que o *Fracking* pode causar aos corpos hídricos.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Analisar os impactos ambientais aos corpos hídricos, causados pelo processo do *fracking*.

1.2.2 Objetivos específicos

- a) Identificar quais são os riscos de contaminação que podem ocorrer aos corpos hídricos devido à prática do *Fracking*;
- b) Identificar os materiais e métodos utilizados na extração do gás de xisto, através do fraturamento hidráulico;

1.3 JUSTIFICATIVA

A decisão de estudar o processo do *Fracking* e os impactos que ele pode causar aos corpos hídricos através da extração de gás de xisto, vem do grande apelo da população nos últimos tempos, de saber se este método é perigoso, já que não existem muitas pesquisas sobre o assunto. Nos Estados Unidos, o gás de xisto já vem há muito tempo sendo explorado, desde o ano de 1860 para ser mais exato, quando iniciaram a prática no estado das Pensilvânia, Nova York, Kentucky e Virgínia Ocidental (MONTEGOMERY, 2010). No início teve um bom aceite da população, mas com o passar dos anos, ocorreram alguns acidentes e impactos ambientais ligados ao fraturamento hidráulico.

As investigações em tribunais e repartições públicas apresentam mais de mil registros de casos de contaminação de água ligadas ao gás de xisto nos Estados Unidos. (PROPÚBLICA *apud* COSTA, 2012).

No ano de 2013, a ANP, a pedido do Ministério Público Federal (MPF-PR), sem nenhum consenso da população e sem a comprovação científica da segurança da tecnologia, abriu a 12ª Rodada de Licitações, na qual oferecia áreas localizadas nos principais aquíferos brasileiros, como o maior aquífero do mundo, o Aquífero Guarani. E ainda outros aquíferos, como o Bauru, Parecis e o Paranaíba.

No ano de 2016 a Assembleia Legislativa do Paraná entrou com um projeto que suspende por dez anos a exploração do gás de xisto no Paraná. A referida foi aprovada, originando-se então a Lei 18.947/2016, logo, o estado do Paraná foi o primeiro a proibir a prática do *Fracking*.

Existem poucos estudos a respeito do *Fracking* e o trabalho tem como objetivo levantar e apontar quais são os impactos que o método de exploração de gás de folhelho podem causar de danos aos corpos hídricos, incidindo diretamente na vida da população.

1.4 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

Quais são os impactos ambientais que o processo do *Fracking* pode causar aos corpos hídricos?

1.5 FORMULAÇÃO DA HIPÓTESE

Com o passar dos anos, houve a criação de grandes quantidades de áreas de folhelhos no solo, e com isso, proporcionou-se uma formação de gás nessas áreas. O processo de fraturamento hidráulico possibilita a retirada desse gás do solo. Tendo em vista essa atividade, a hipótese apresentada é de que o *Fracking* pode causar grandes problemas aos corpos hídricos, já que existe um enorme número de componentes tóxicos que estão envolvidos neste processo.

1.6 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

O trabalho de pesquisa terá cunho bibliográfico em fontes de referência, acerca da temática do *Fracking*. Outro método a ser utilizado será a realização de entrevistas com entendedores do assunto.

CAPÍTULO 2

2.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1.1 Combustível fóssil

Herzog (2003), diz que desde que o motor à combustão surgiu no século XIX, o uso dos combustíveis fósseis, como o petróleo, carvão e gás natural, vem se tornando uma das principais fontes de energia que possibilitam um desenvolvimento jamais visto.

Padilha, Gollo e Silva (2012), em seus estudos, relatam que no futuro, a população vai sofrer com o aumento da procura pela energia e com a escassez de recursos energéticos não renováveis, já que infelizmente o uso dos combustíveis fósseis não poderão abastecer uma energia infinita devido ao grande crescimento da população mundial.

Os especialistas creem em uma mudança do escalão energético que irá proporcionar uma transição dos combustíveis fósseis para o uso de energias renováveis, como energia solar. O grande impulso para que esta transição ocorra é a grande necessidade de utilizar recursos energéticos mais limpos, nos quais não ocorrem a liberação do CO² na atmosfera (MILLER e SPOOLMAN, 2010).

2.1.2 *Fracking*

A *United Nations Environment Programme* - UNEP (2012), define que o fraturamento hidráulico, por vezes chamado de *Fracking*, é um processo que bombeia uma quantidade de fluido rico em água, areia e outros produtos químicos para a retirada do gás natural. O *Fracking* também é um método usado para a extração convencional do petróleo.

Segundo Montgomery (2010), o fraturamento hidráulico surgiu por volta de 1860, quando usaram a nitroglicerina líquida para estimular poços de rochas superficiais e duras nos estados da Pensilvânia, Nova York, Kentucky e Virgínia Ocidental nos Estados Unidos. Mesmo a NG sendo perigosa, o seu uso foi próspero para a utilização em poços de petróleo e teve como função quebrar a forma petrolífera para aumentar o fluxo inicial e a recuperação do

petróleo. O primeiro tratamento de fraturamento hidráulico realizado em um poço foi no ano de 1947, em Grant County, Kansas, pela empresa *Stanolind Oil* no qual foi retirado cerca de 1.000 galões de gasolina incorporada com ácido nafténico e óleo de palma para estimular o gás, produzindo assim uma formação de calcário a 2.400 pés de profundidade.

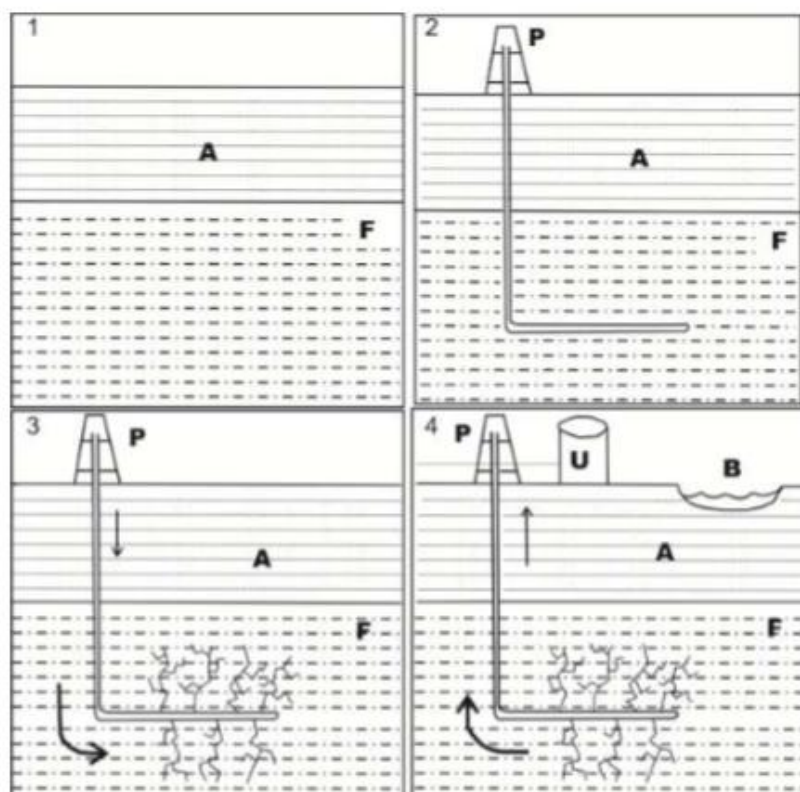
No primeiro ano das perfurações, foram fraturados cerca de 332 (trezentos e trinta e dois) poços, logo, pode-se registrar um aumento médio de 75%, e na metade dos anos 50, mais de 3 mil poços por mês eram fraturados.

2.1.2.1 O processo

Sanberg *et al* (2014), descreve que a extração envolve normalmente vários em poços um único local até as camadas de folhelhos, na qual podem passar de mais de 2m de profundidade. Ao chegar à profundidade já determinada, o poço é horizontalizado de uma forma que seccione, paralelamente as camadas. No poço, é bombeada uma solução, sob altas pressões, que contém água, areia e grandes quantidades de compostos químicos. Durante a injeção, os folhelhos que estão na área de domínio do poço são fraturados e essas fraturas são preservadas abertas graças a produtos presentes na solução de fraturamento. Por sua vez, a solução é bombeada para fora do poço e destinada ao tratamento.

O resultado do fraturamento é a liberação dos gases como metano, propano, nitrogênio, dióxido de carbono, entre outros tipos de gases e quantidades de óleo bruto. O alívio de pressão gerado pela abertura do poço e a diferença da densidade do gás fazem com que o poço seja usado como um canal de migração do gás. Na superfície, o poço é conectado a uma saída para pré-refino e a uma outra linha de transmissão de gás que é levada a uma refinaria (SANBERG *et al*, 2014). A figura 1 mostra todas as etapas descritas.

Figura 1: Etapas de prospecção de gás não convencional por fraturamento hidráulico



Fonte: Sanberg et al (2014).

2.1.2.2 Impactos ambientais durante o *Fracking*

Sanberg *et al* (2014) , relata vários impactos ambientais relacionados ao fraturamento hidráulico, um deles é durante a sondagem e instalações dos poços. Um dos equipamentos usados no fraturamento é a plataforma de perfuração, a qual consiste em uma estrutura metálica que tem como função sustentar a perfuratriz acoplada a um sistema. Em seguida, é feita a perfuração horizontal, a qual alcança profundezas de mais de 2000 metros (EPA, 2012 *apud* SANBERG et al, 2014). Para isso, é necessária uma quantidade significativa de água e outros fluidos indispensáveis para a realização da sondagem. Esse fluido contém composição química capaz de proporcionar grandes impactos nas águas subterrâneas.

Há também os impactos durante a injeção e recuperação da solução do fraturamento hidráulico. A “solução de fraturamento”, como ela é chamada, é composta por água, areia e misturas de hidrocarbonetos. Uma empresa norte-americana disponibilizou uma lista com sessenta compostos na solução como: benzeno, tolueno, xilenos, etilbenzeno, surfactantes variados, hidrocarbonetos organoclorados, entre outros tipos de compostos (poli) alifáticos e (poli) aromáticos, sendo todos considerados perigosos para a saúde humana. Após a

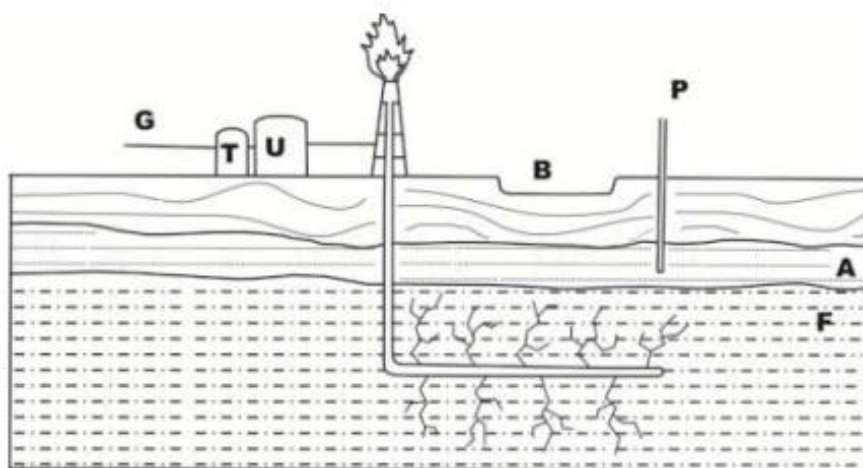
realização do processo de injeção, 50 a 60% do volume da solução é recuperada, o resto fica no subsolo.

Segundo Sanberg *et al* (2014), a solução que é resgatada recebe diferentes designações técnicas, como água de produção, água de *fracking*, água recuperada, entre outras. Essa solução é armazenada em bacias escavadas na superfície as quais possuem uma alta vulnerabilidade para vazamentos por extravasamentos. Assim que o poço é finalizado, a bacia é drenada por caminhões (SANBERG *et al*, 2014).

No Brasil, o CONAMA 420/2009 diz que a área do poço de extração, em particular a bacia de armazenamento temporário, passa a ser apontada como uma área suspeita de contaminação.

Outro possível impacto apresentando por Sanberg *et al* (2014), é durante a extração de gás. O gás disposto pelo folhelho, quando é trazido à superfície, além de trazer a umidade, traz uma série de compostos orgânicos na forma líquida. Cada poço de fraturamento hidráulico possui uma usina de capacidade associada que propõe o gás a altas temperaturas para diminuir a umidade e os teores de hidrocarbonetos. O líquido denominado "condensado de gás" é visto como um dos resíduos do fraturamento. Uma parte desse líquido é armazenado em tanques e outra parcela remanesce no meio natural. Uma última parte do resíduo é carregada com os volumes que são reservados aos gasodutos. As estações finais de refino de gás queimam o condensado em *flares* ou queimadores. A Figura 2 apresenta um modelo do poço da extração de gás após as etapas de perfuração, injeção e extração.

Figura 2: Poço de extração de gás após as etapas de perfuração, injeção da solução de fraturamento e extração.



Fonte: Sanberg *et al* (2014).

Outro risco é o de acidentes durante a exploração, como explosões e incêndios, já que se trata de gases, podem ocorrer acidentes ou falhas que são inerentes à técnica. A interferência do *fracking* na atmosfera não é normalmente abordada. Porém, existe a degradação da qualidade do ar, que pode extrapolar os limites dentro do campo de extração. A *United States Environmental Protection Agency* (EPA), relata que regiões próximas aos campos de fraturamento hidráulico apresentam uma grande degradação da qualidade atmosférica. A qualidade do ar fica comprometida graças aos compostos orgânicos presentes no gás liberado pelos folhelhos (EPA *apud* SANBERG *et al* 2014).

2.1.2.3 Compostos químicos

A escolha do tipo de fluido de fraturamento hidráulico depende das propriedades do reservatório. Os fluidos mais comuns vêm à base de água, devido ao baixo custo e a grande oferta. Porém, alguns tipos de rochas de reservatórios contêm argilas sensíveis à água e outros tipos de fluidos de fraturamento que podem ser utilizados, como gases. Antes de ser usado, o fluido passa por testes de compatibilidade. O número de aditivos químicos pode ser de 3 a 12 (SPEELLMAN, 2013 *apud* CASTRO, 2014). Na Tabela 1 encontram-se os componentes usados no fluido de tratamento.

Tabela 1: Componentes do fluido de tratamento

Produto	Objetivo	Resultado no poço
Água	Expande a fratura e é responsável pelo carreamento do agente propante.	Uma menor parcela de água permanece na formação, enquanto o restante é produzido junto com os fluidos da formação.
	Possibilita que as fraturas permaneçam abertas e oferecem um caminho de alta permeabilidade para o fluxo de hidrocarboneto da formação.	Permanece no interior das fraturas introduzidas na formação.
Areia (propante)	Ajuda na dissolução de	Reage com minerais

Ácidos	minerais e na indução de fraturas na rocha reservatório.	presentes na formação produzindo sal, água e dióxido de carbono neutralizado.
	Elimina bactérias presentes na água, impedindo assim que estas produzam subprodutos corrosivos.	Reage com micro-organismos que possam estar presentes no fluido de tratamento ou na formação.
Agente antibactericida (sic)	Possibilita o retardamento da quebra do gel de fraturamento.	Na formação, reage com o crosslynker e gel, possibilitando que o fluido de tratamento flua de volta ao poço e superfície. Esta reação produz amônia e sais sulfurados, que retornam à superfície junto à água.
Quebrador	Previne o inchamento da argila presente na formação.	Reage com a argila presente na formação através da troca iônica sódio-potássio. Esta reação resulta na formação do cloreto de sódio, que retorna à superfície junto à água produzida.
Estabilizador de argilas	Previne a corrosão de equipamentos metálicos presentes no poço.	Liga-se a superfícies metálicas, como tubos ou ferramentas de fundo de poço. Qualquer produto restante é quebrado e consumido por micro-organismos ou retornam à superfície junto à água produzida.
Inibidor de corrosão	Mantém a viscosidade do fluido de tratamento mesmo com o aumento da temperatura.	Combinado ao quebrador na formação forma sais que retornam à superfície junto à água.
Crosslinker		

Redutor de fricção	Lubrifica a água de forma a minimizar a perda de carga.	Permanece na formação onde na presença de elevadas temperaturas e através da exposição ao quebrador pode ser consumido por microrganismos.
Agente gelificante	Torna a água mais viscosa de forma a possibilitar o carreamento do cascalho.	Mantém a viscosidade do fluido de tratamento até que o quebrador se torne ativo.
Controlador de ferro	Previne contra a precipitação de metais nos tubos.	Reage com minerais da formação, criando sais, dióxido de carbono e água.
Agente de ajuste de pH	Mantém a efetividade de outros componentes como crosslinkers.	Reage com agentes ácidos no fluido de tratamento de forma a manter o pH neutro. Esta reação resulta em sais, água e dióxido de carbono.
Inibidor de incrustação	Previne contra a deposição de incrustações em equipamentos de fundo de poço e superfície.	Liga-se aos equipamentos de fundo de poço, não permitindo o depósito de incrustações.
Surfactante	Usado para elevar a viscosidade do fluido de fraturamento.	Mantém a viscosidade do fluido de tratamento elevada até que o quebrador se torne ativo.

Fonte: Adaptado de Oliveira (2012).

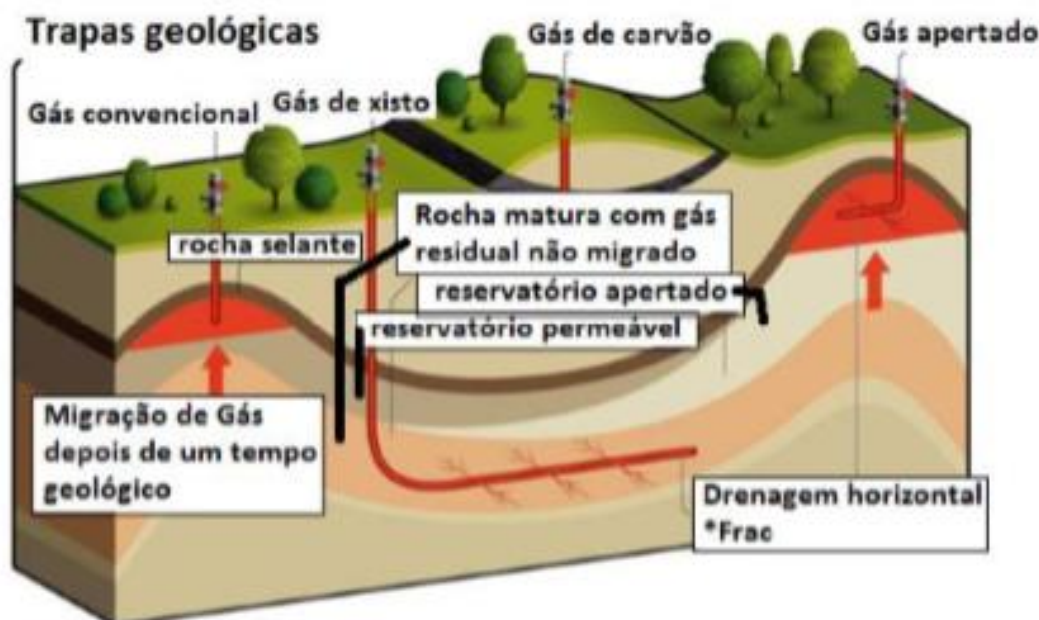
2.1.3 Gás de folhelho

Ribeiro (2014) , diz que o gás de folhelho é proveniente de um acúmulo de rochas sedimentares ao longo dos anos, que se formaram devido a finos grãos de argila em depósitos de origem marinha graças a baixa intensidade de energia que esses ambientes possuem, assim

facilitando a deposição dos sedimentos. O gás é resultado da concentração da matéria orgânica, com isso é errado nomeá-lo como gás "de xisto", mesmo eles possuindo um aspecto parecido, o xisto é resultado de processos metamórficos não sedimentares.

Maestri (2014), definiu que a diferença entre reservatórios convencionais e não convencionais está ligada à formação geológica das reservas e a maneira pela qual elas são exploradas. Desse modo, os reservatórios convencionais são aqueles que geram facilmente o gás, de uma maneira clara e econômica, já os reservatórios não convencionais são aqueles de difícil acesso e demandam maior recurso para a sua produção. Na Figura 4 podemos ver o esquema fictício da extração de gás convencional e não convencional.

Figura 3 - Esquema fictício da extração de gás convencional e do não convencional.



Fonte: Adaptado de *Three main sources of unconventional gas*, 2015.

Aguilera (2014), descreve que o gás de xisto é um gás não convencional, o qual se subdivide em:

- Reservatórios de gás apertado, *tight gas*;
- Reservatórios de gás de xisto, *shale gas*;
- Reservatórios de gás de carvão, *coalbed methane*;
- Hidratos de metano, *methane hydrate*.

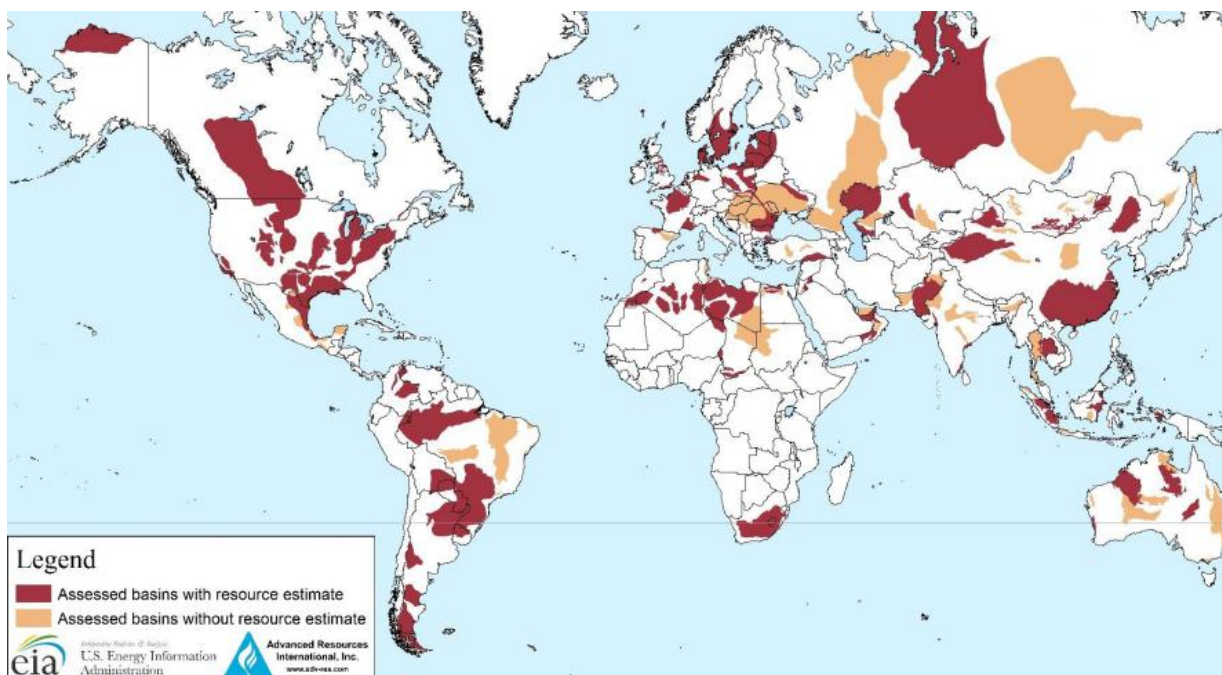
Para Aguilera (2014), a diferença entre acúmulos de gás apertado e acúmulos de gás de xisto é que na acumulação de gás apertado, as acumulações são produzidas em uma rocha e

migram para uma outra. Já nas acumulações de gás de xisto, elas são produzidas e armazenadas na mesma rocha.

2.1.4 Reservas de gás de xisto no mundo

Segundo a EIA (2013), as maiores reservas de gás de xisto estão nos Estados Unidos e na China. Porém, existem significativas áreas de gás no Oriente Médio, na África e na Europa, conforme a Figura 5.

Figura 4: Produção de gás natural ao redor do mundo.

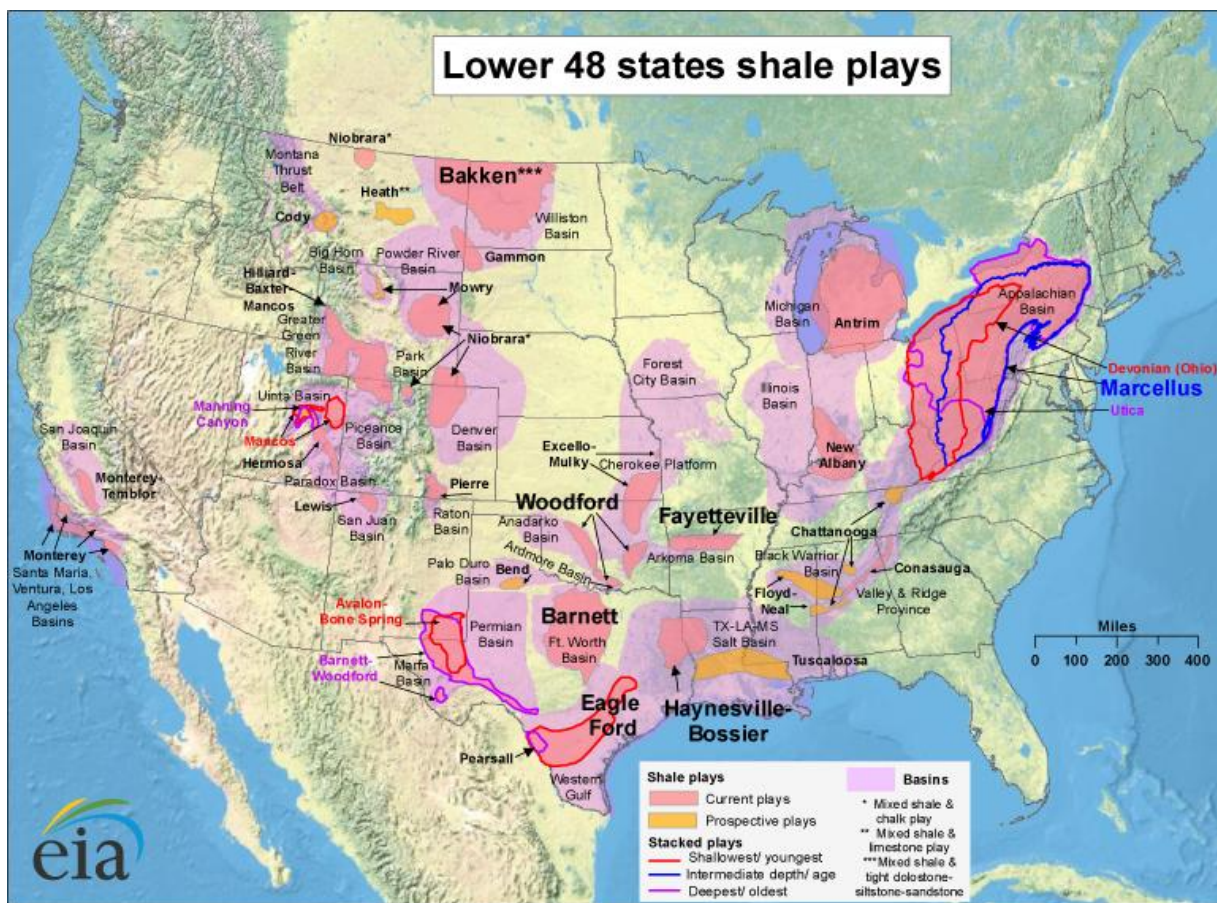


Fonte: EIA (2013).

2.1.4.1 Estados Unidos da América

Segunda EIA (2013), os Estados Unidos é o país que possui a maior reserva de shale gas do mundo. Na figura 6 pode ser visto os maiores plays de shale gas do país, Bakken, Barnett, Fayetteville, Haynesville, Marcellus, Eagle Ford.

Figura 5 - Localização dos principais plays de shale gas nos Estados Unidos.

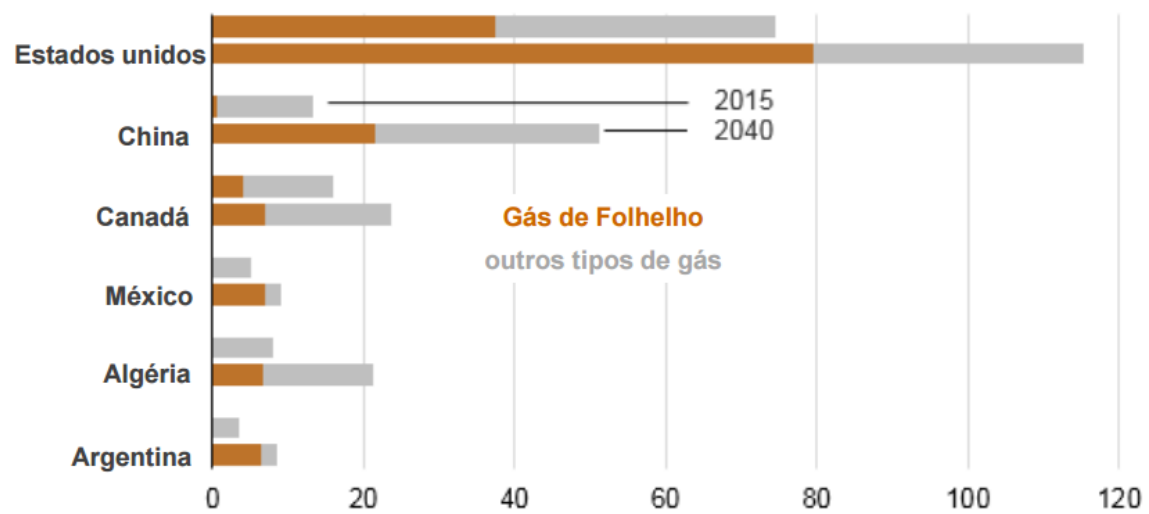


Source: Energy Information Administration based on data from various published studies.
Updated: May 9, 2011

Fonte:EIA,2011.

Os Estados Unidos, que em 2015 retiravam cerca de quase 40 bilhões de pés cúbicos por dia de gás natural, preveem uma produção de quase 80 bilhões de pés/cúbicos por dia no ano de 2040, conforme a Figura 7 (EIA *apud* ANP, 2016).

Figura 6: Produção de gás de folhelho e outros tipos de gás natural em países selecionados, 2015 e 2040.



Fonte: EIA (2016).

2.1.4.2 China

A China possui a segunda maior reserva de shale gás do mundo. A maioria está em depósitos marinhos e lacustres nas bacias de *Sichuan*, *Junggas*, *Tarim*, *Songliao*. Sendo que as de *Sichuan* e *Yangize Plataform*, são as áreas que o desenvolvimento do gás está ocorrendo no País (POLI, 2013).

Poli (2013), ainda relata que ainda existe uma falta de infraestrutura de dutos de gás na China. O país planeja ter cerca de 30.000 km de dutos, um valor muito pequeno comparado a 1.000.000 km dos EUA.

Na figura pode ser visto as áreas de reserva de gás xisto na China.

Figura 7: Reservas de gás de xisto na China.



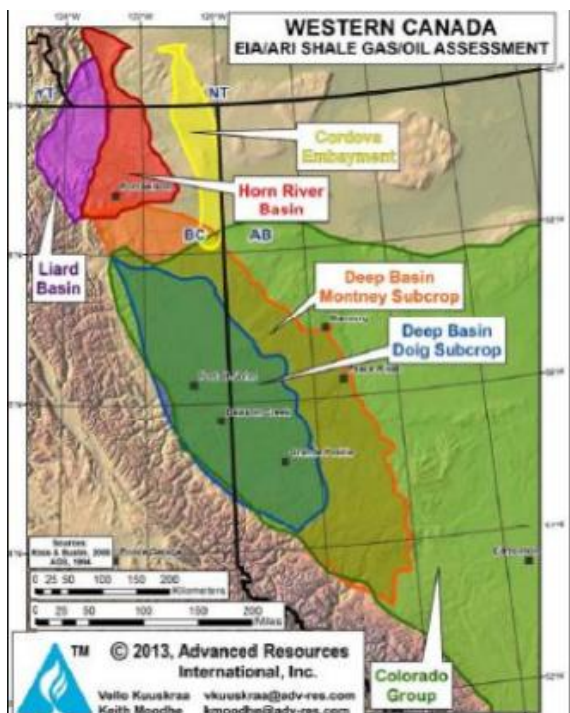
Fonte:Correa,2015

2.1.4.3 Canadá

O Canadá é o quinto maior país em reservas de gás no mundo. O país é conhecido por ter reservas significativas em áreas de gás convencionais (POLI,2013).

Ainda em sua pesquisa Poli (2013) estima-se que o país tenha uma reserva de 573 Tcf (Trilhões de pés cúbicos), em todo o seu território, sendo as bacias de Cordova, Horn River, Montney Subcrop, Liard e Doig Suberop as maiores no país, conforme pode ser visto na figura.

Figura 8 - As cinco bacias do Canadá.



Fonte: EIA, 2013

2.1.4.4 Argentina

A Argentina possui um grande potencial em produção de shale gas, tendo a terceira maior reserva do mundo, totalizando cerca de 802 Tcf de gás. As suas maiores reservas são as bacias de Neuquén (tendo a formação de Los Molles e Vaca Muerta), a bacia de San Jorge (tendo a formação de Aguada Bandera e Pozo D-120), bacia de Austral-Magallanes (tendo formação de Inoceramus e Magnas Verdes) ainda contém uma grande faixa da bacia do Paraná, como pode ser visualizado na figura 9.

Figura 9 - Bacias de shale gas na Argentina.



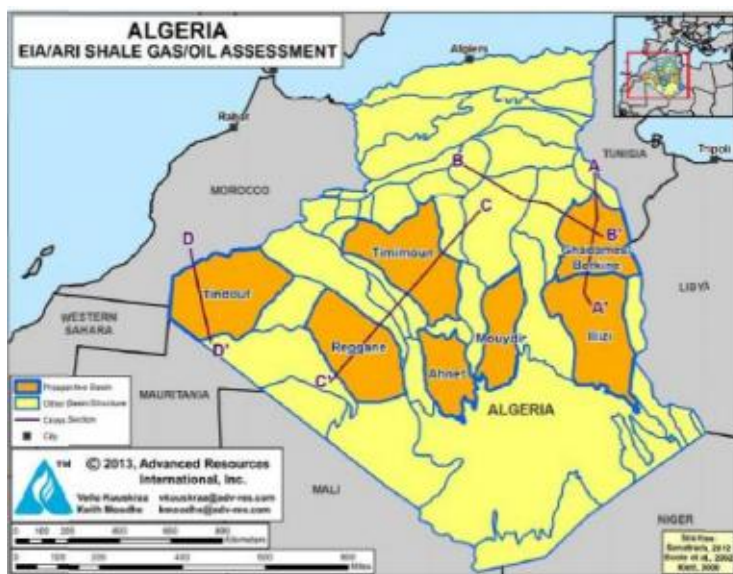
Fonte:EIA,2013.

2.1.4.5 Continente Africano

O continente possui grandes reservas de shale gas. Os maiores países a possuir reservas são a Argélia, tendo uma reserva de 707 Tcf e a África do Sul, com uma reserva de 390 Tcf (POLI,2013).

Ainda em sua pesquisa Poli(2013) descreve que as maiores áreas estão em sete bacias, a Illizi, Ghadames, Timimoun, Ahnet, Mouydir, Reggane e Tindout, conforme a figura 10. Na África do Sul, a maior é a bacia de Karoo, que está localizado no sul do país.

Figura 10 - As bacias de shale gas da Argélia.

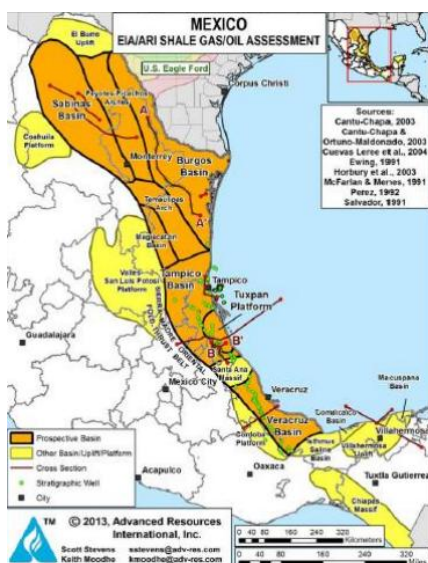


Fonte:EIA,2013.

2.1.4.6 México

No México encontra-se grandes recursos de *shale gas*, contidos em depósitos marinhos ao longo de todo o Golfo do México. Estima-se que o país tenha cerca de 545 Tcf de *shale gas*. Na figura 11 pode ser vista todo o território onde encontra-se o *shale gas*.

Figura 11 - Bacias de Shale Gas no México.

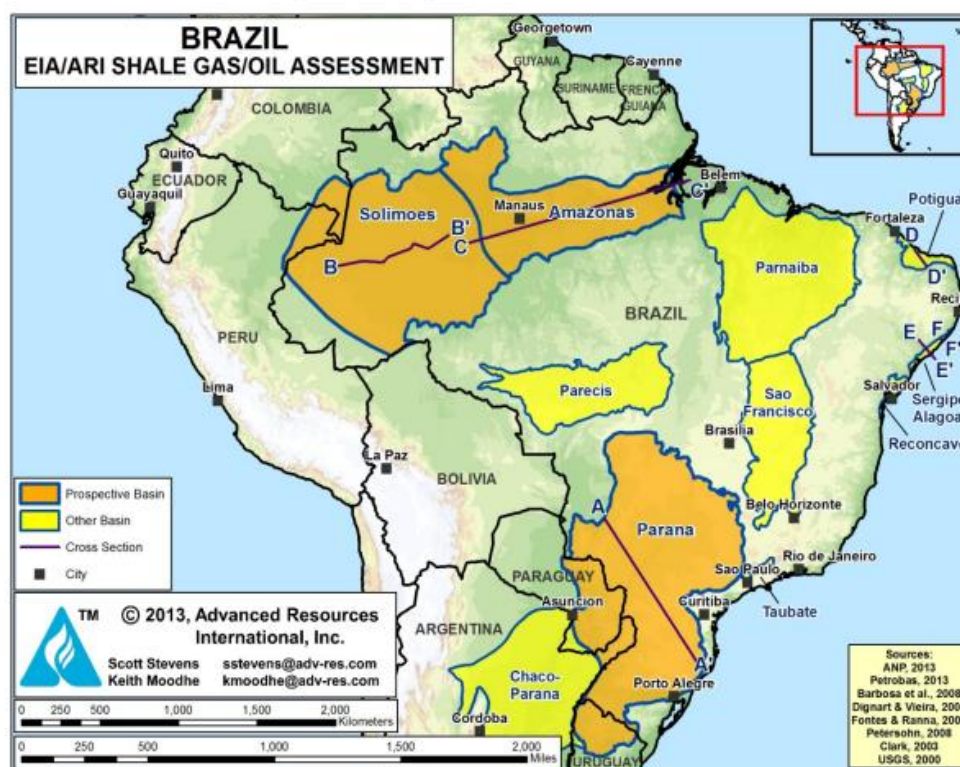


Fonte:EIA,2013.

2.1.4.7 Brasil

No Brasil, as reservas de gás estão localizadas, a sua maioria na Bacia Hidrográfica do Paraná, Solimões e na Bacia do Amazonas. Além das Bacias do Potiguar, Paranaíba, Parecis, Recôncavo, Sergipe-Alagoas, São Francisco, Taubaté e Chaco-Paraná (EIA, 2013), como é visto na Figura 12.

Figura 12: Reservas de gás xisto no Brasil.



Fonte: EIA (2013).

Segundo a EIA (2013), o Brasil é o décimo país que possui maior reserva de gás de xisto em seu território, ficando atrás de países como Argélia e África do Sul, sendo que o país possui cerca de 6,4 trilhões de metros cúbicos de reservas de gás de folhelho.

2.1.5 Fracking no Brasil

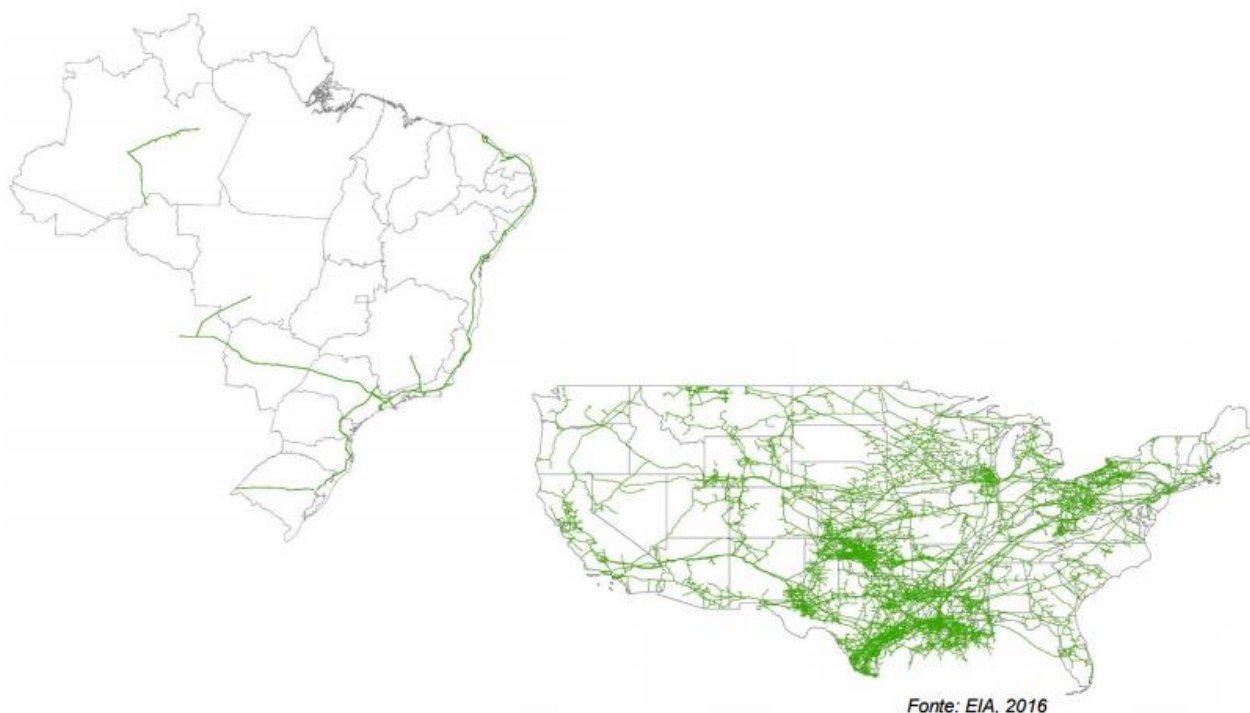
O fraturamento hidráulico no país ainda não é uma técnica muito utilizada e por sua vez, conhecida. Porém, a grande demanda energética do país está em busca de fontes alternativas de abastecimento (SANBERG *et al*, 2014).

No dia 28 de novembro de 2013 aconteceu a 12ª Rodada do Leilão de Gás, realizada pelo Governo Federal com o intuito de oferecer a concessão para a exploração do gás de xisto, prevendo cerca de 240 blocos de unidades de gás não convencional.

Em 2016, o governador do Paraná sancionou uma lei que decreta a suspensão, por dez anos, dos licenciamentos de *Fracking* no estado e os testes sísmicos que vinham ocorrendo desde 2015 pela ANP nas bacias sedimentares do Paraná, nos estados do Paraná, Santa Catarina e São Paulo (ARAÚJO, 2017).

Segundo a ANP (2016), existe uma grande diferença entre o *Fracking* no Brasil e o *Fracking* dos Estados Unidos. Essa diferença é vista, principalmente, com relação a infraestrutura. Os gasodutos dos Estados Unidos possuem mais de 490 mil km, como mostra a Figura 3. Já para o Brasil, os gasodutos são muito pequenos comparados com os Estados Unidos, lembrando que o país norte-americano é o maior produtor de gás de xisto do mundo.

Figura 13: Comparação dos gasodutos do Brasil com os dos Estados Unidos



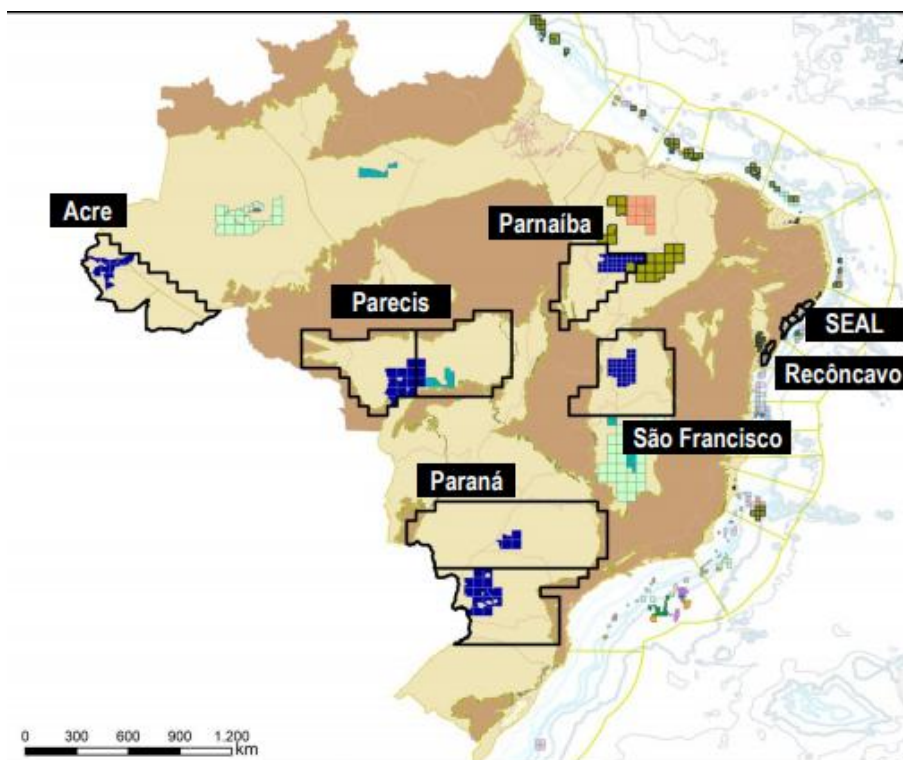
Fonte: EIA (2016).

2.1.5.1 12ª Rodada de licitações da ANP

Segundo a ANP (2013) no dia 07 de agosto de 2013, foi autorizado a 12ª Rodada de licitações pela Resolução CNPE ° 06/2013 e publicada no Diário Oficial da União. A ANP no dia 28 de Novembro de 2013 apresentou os 240 blocos de reservatórios a ser leiloados. Esses blocos estão localizados em 13 setores de 7 bacias sedimentares brasileiras, conforme a figura são elas:

- a) Acre- Madre de Dios;
- b) Paraná;
- c) Parecis;
- d) Paranaíba;
- e) Recôncavo;
- f) São Francisco;
- g) Sergipe-Alagoas;

Figura 14 - Áreas leiloadas pela ANP.



Fonte:ANP,2013.

Na Tabela 2 , pode ser visto o total de blocos que foi disponibilizado e suas áreas totais .

Tabela 2 - Total de Blocos e áreas disponibilizados pela ANP na 12ª Rodada

Bacia	Total de Blocos	Área Total
Acre	9	Aproximadamente 19.720km ²
Parnaíba	32	Aproximadamente 23.500 km ²
São Francisco	36	Aproximadamente 26.000 km ²
Paraná	19	Aproximadamente 49.370 km ²
Parecis	14	Aproximadamente 41.000 km ²
Recôncavo	50	Aproximadamente 1.500 km ²
Sergipe-Alagoas	80	Aproximadamente 2.400 km ²

2.1.5.2 *Fracking* no estado do Paraná

Segundo Mara (2017) um terço de toda a reserva de gás do Brasil está na Bacia Sedimentar do Paraná, atinge os estados do Paraná, São Paulo, Minas Gerais, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. No Paraná cerca de 42% da água consumido em todo o estado é de fontes subterrâneas.

A Bacia do Paraná possui inúmeros indícios de ocorrência de petróleo e gás natural, porém não existe campos produtores (BONDE, 2016).

Existe um movimento de três frentes contra o *fracking* no Brasil (MARA, 2017) :

- Em âmbito federal, existe um projeto de lei do ano de 2013 com autoria do deputado Sarney Filho (Lei 6904) . E também a PL 4118 de 2015 do deputado Marcelo Belinati;
- Em âmbito estadual no Paraná, o estado acaba de sancionar uma lei;
- E em âmbito municipal, cerca de 286 municípios já aprovaram suspensão e proibição contra o *fracking*.

Na figura 14 podemos ver as áreas de risco do *fracking* no Paraná que foram leiloadas e em seguida o nome de todas as cidades que juntas possuem uma população de 2.086.794 habitantes e uma área de 6.216.968 hectares de riscos (Não Fracking Brasil).

Figura 15: Áreas em risco do fracking no paraná.



Fonte:ParanaShop,2016

No estado do Paraná, desde o ano de 1972 existe uma refinaria de Industrialização do Xisto, SIX, que se encontra na cidade de São Mateus do Sul. Durante 24 horas, são retirados cerca de 7 mil toneladas da rocha, por meio de técnicas de mineração, moídas e submetidas em altas temperaturas (ARAIA,2013).

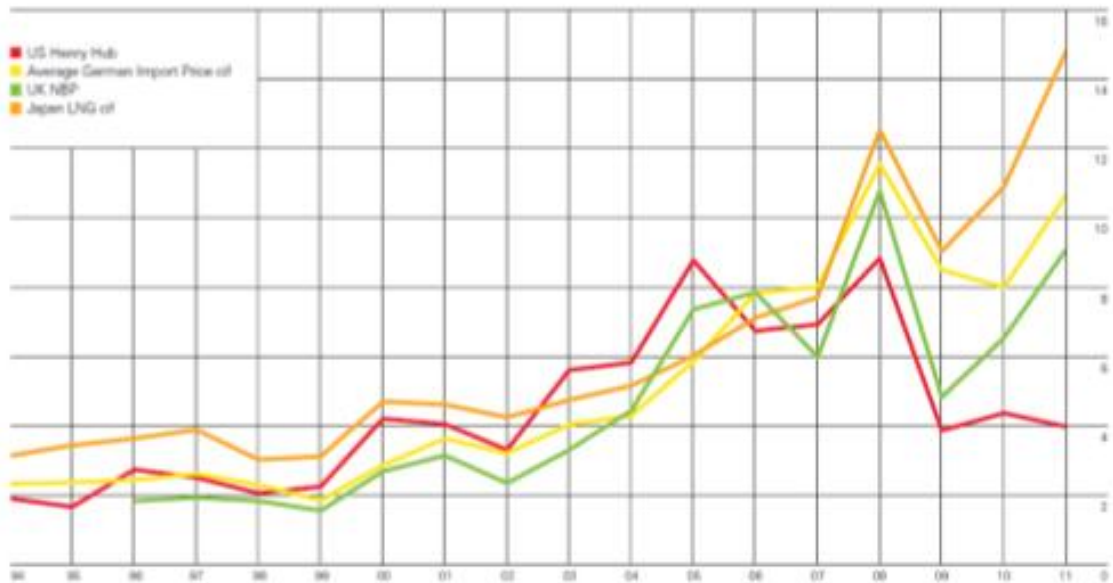
2.1.6 Experiência americana

Segundo Jacomo(2016) os EUA no ano de 2013 foi a região que mais avançou na exploração, desenvolvimento e na produção de reservas de gás convencionais de gás de folhelho do mundo. A sua produção comelou há algumas décadas atrás, porém a partir dos anos 2000 a exploração começou a expandir rapidamente. Sua produção passou de 11 Bcm em 2000 para 241 Bcm em 2010.

O aumento da produção dos EUA resultou de diversos aspectos políticos, econ micos, ambientais, geográficos e tecnológicos para a extração.

Em 2010 a produção de gás natural foi de 603 Bcm, sendo que 23% foram de tipo de gás não convencional. Entre os anos de 2005 e 2010 esse valor cresceu cerca de 45% a.a. Na figura   possível ver o comportamento dos preços de gás nos diferentes mercados.

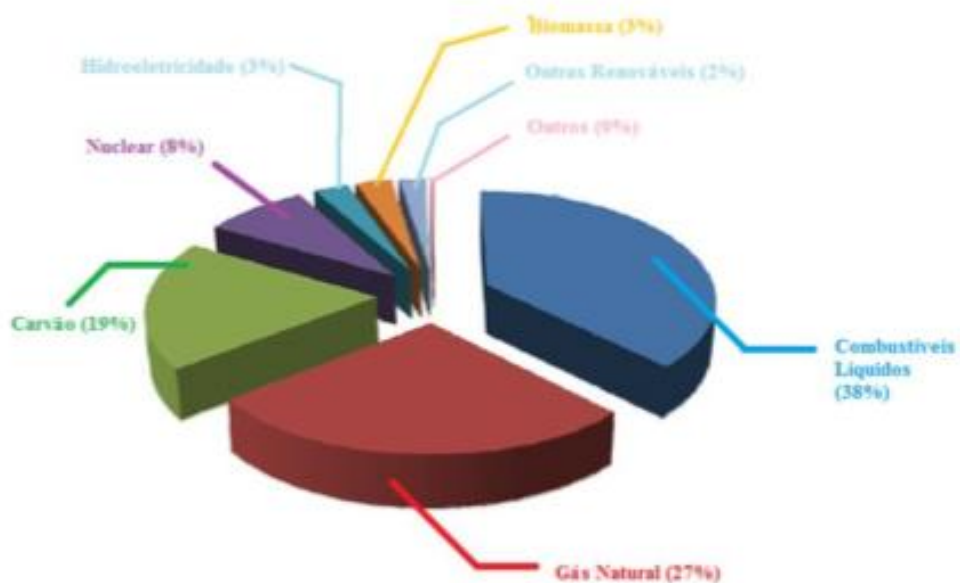
Figura 16: Variação do preço de Gás Natural nos Principais Hubs Internacionais .



Fonte:BP,2012.

O gás natural possui um papel chave em toda a demanda norte-americana. Os combustíveis fósseis, correspondem juntos por 84% de toda a demanda energética do país, conforme a Figura 15, a composição da matriz energética dos EUA.

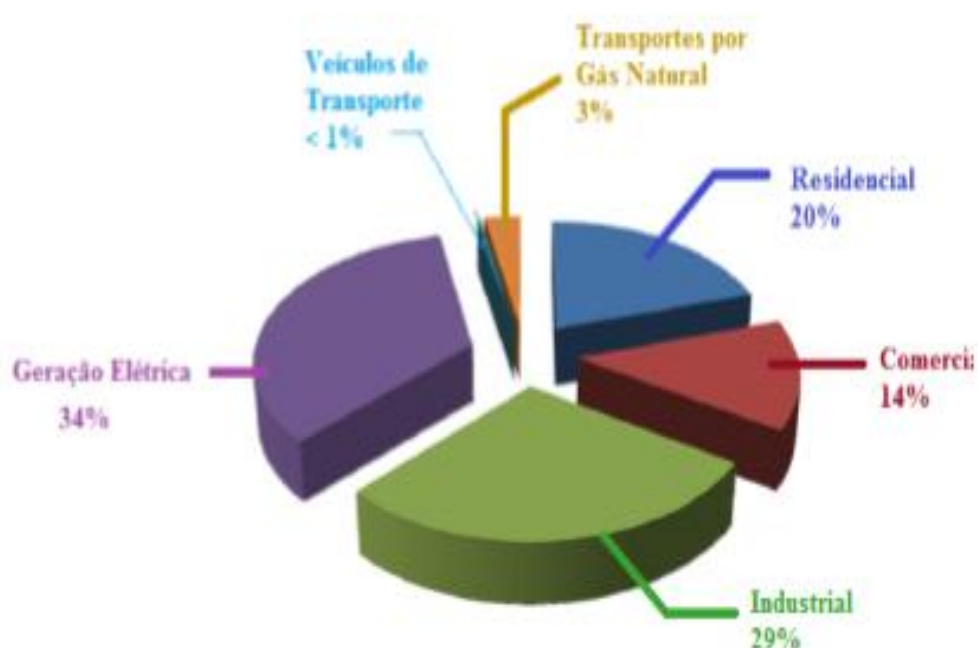
Figura 17: Composição da Matriz Energética dos EUA..



Fonte: EIA,2013.

Existe uma importância quanto a matriz energética nos EUA, o gás natural é utilizado em vários setores da economia do país, conforme pode ser visualizado na figura 17.

Figura 18: Consumo de Energia por setor nos EUA.



Fonte:EIA,2013.

A extração de gás nos EUA, gera novas oportunidades de empregos tanto na perfuração de poço, como na construção de dutos até mesmo na instalações da produção (MELLO JUNIOR, 2015).

Segundo Mello Junior (2015) o número de empregos gerados, devido ao fraturamento hidráulico, graças a exploração de reservatórios não convencionais, era de 2.1 milhões no ano de 2012, porém pode chegar a 3.9 milhões em 2025.

O gás natural segundo Mello Junior (2015) é utilizado em indústrias como a de papel, de metais e de produtos químicos até de processamento de alimentos. Porém não é utilizado somente em indústrias, mais também é usado para aquecer e cozinhas nos setores residenciais e comerciais.

Araia (2013) apresenta os 3 motivos que o governo do ex-presidente Barack Obama considera para apoiar a produção de gás de xisto:

- a) O primeiro é que o gás natural é o menos poluente dos combustíveis, por isso uma vantagem para um país que utiliza carvão e petróleo para gerar energia;
- b) O segundo é a vantagem econômica. O gás natural fez com que o preço do insumo caísse nos EUA de US\$12 para US\$3 por milhões de NTU;
- c) A terceira e ultima razão é a geopolítica, a autossuficiência energética livraria a dependência dos EUA com relação a fornecedores como países árabes ou Venezuela.

CAPÍTULO 3

3.1 METODOLOGIA

3.1.1 Tipo de estudo

Para elaboração deste trabalho, foi realizada uma busca dos conteúdos a serem trabalhados, o qual consistia em uma pesquisa bibliográfica. Fonseca (2002) define uma pesquisa bibliográfica como:

A pesquisa bibliográfica é feita a partir do levantamento de referências teóricas já analisadas, e publicadas por meios escritos e eletrônicos, como livros, artigos científicos, páginas de web sites. Qualquer trabalho científico inicia-se com uma pesquisa bibliográfica, que permite ao pesquisador conhecer o que já se estudou sobre o assunto. Existem, porém pesquisas científicas que se baseiam unicamente na pesquisa bibliográfica, procurando referências teóricas publicadas com o objetivo de recolher informações ou conhecimentos prévios sobre o problema a respeito do qual se procura a resposta (FONSECA, 2002, p.32).

O presente trabalho nos deu uma possível resposta sobre o quanto o processo de *Fracking* pode colocar em risco os corpos hídricos, voltando-se para o estudo dos materiais e métodos utilizados na extração do gás de xisto.

3.1.2 Caracterização da amostra

Conforme delimitado na pesquisa, o trabalho analisou o processo de *Fracking* e os impactos ambientais que a prática provoca aos corpos hídricos. A atividade pode chegar a uma profundidade de 3000 metros, sendo que para que ocorra a perfuração dos poços, é instalada uma tubulação e injetada uma mistura de água com solventes químicos. Tal perfuração é feita para a extração de gás de xisto.

3.1.3 Coleta de dados

As pesquisas bibliográficas aconteceram através de artigos de periódicos e artigos científicos, selecionados através de buscas em banco de dados como *SciElo* e *Science Direct*, além de conteúdos disponíveis na internet, entre outros tipos de fontes disponíveis.

3.1.4 Análise de dados

Os resultados que foram encontrados, foram analisados entre si e posteriormente, apresentados da melhor forma.

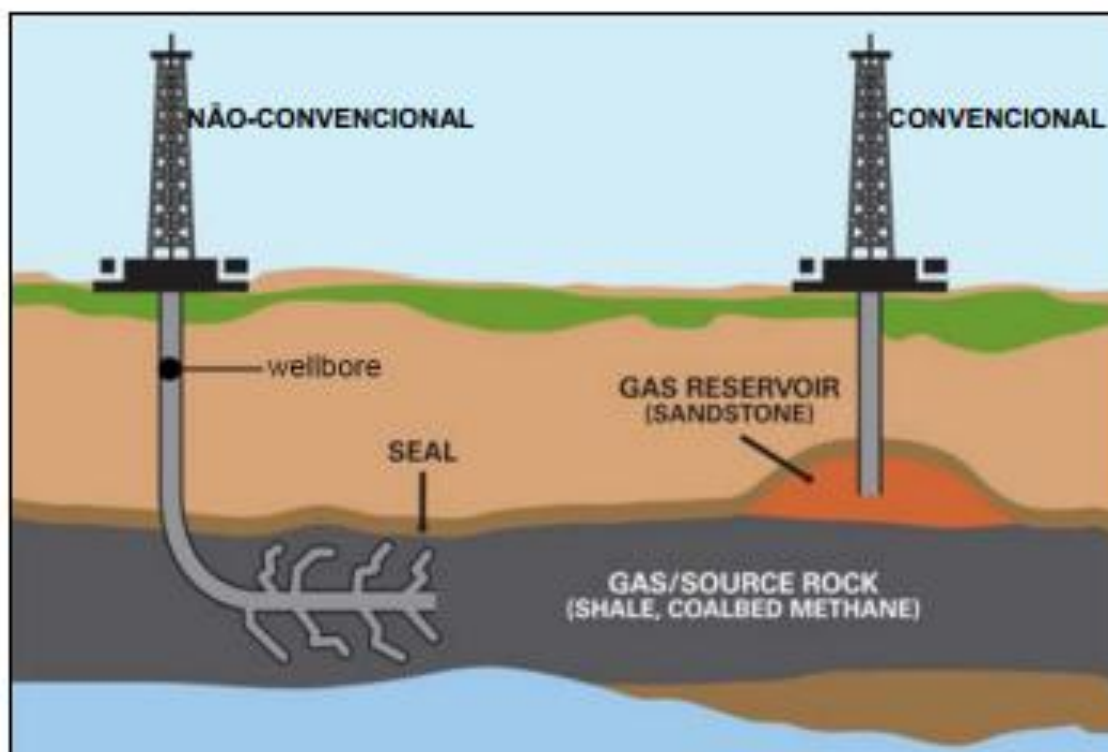
CAPÍTULO 4

4.1 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1.1 Tipos de reservatórios

Segundo Bessa Junior (2014) os reservatórios de gás convencionais são aqueles reservatórios nos qual a extração dos hidrocarbonetos são de fácil remoção,prático e sua extração é economicamente viável. Já os reservatórios de gás não convencionais, a sua extração é mais difícil e por isso necessitam de maiores recursos para a realização da exploração. Na figura 8 pode se ver o esquema da produção de gás natural convencional e não-convencional.

Figura 19 - Esquema dos poços.



Fonte:ANP,2010.

Diferente das reservas convencionais, que são em volume e mais fáceis de desenvolver, os reservatórios não-convencionais tem um volume maior, com uma maior complexidade (BESSA JUNIOR,2014).

4.1.1.1 Reservatórios Não-convencional

Os reservatórios não convencional eles necessitam de mudanças nas características para que ocorra o escoamento do fluido desejado para poço produtor, suba para a coluna de produção e por fim chegue até a superfície, nesse caso, sendo necessário técnicas avançadas para a estimulação do fluido (MELLO JUNIOR,2015).

Mello Junior (2015) relata que outra característica de um reservatório não convencional é a baixa permeabilidade da rocha, por isso que é necessário usar a técnica do fraturamento hidráulico. Os principais reservatórios de gás não convencionais são:

- a) Reservatórios de metano em camadas de carvão - *Coalbed Metano* - ;
- b) Reservatórios em arenitos com baixa permeabilidade - *Tight Sands* - ;
- c) Hidratos de Metano - *Methane Hydrates* - ;
- d) Reservatórios de óleo pesado - *Heavy Oil* - ;
- e) Reservatórios de gás em folhelhos - *Shale Gas* -;

4.1.2 Shale Gas

Shale gás é um gás natural provindo da exploração de Gás Xisto ou Gás de Folhelho. É um gás seco composto basicamente de metanos e outros gases úmidos (Mello Junior,2015).

SANTOS (2013), descreve que o folhelho, conhecido como *shale*, é uma rocha sedimentar argilosa, formada por uma fração granulométrica de argila depositada por decantação em ambientes de baixa energia com laminações paralelas. A composição pode alterar de acordo com a rocha a qual estão ligados, podendo assim variar da coloração vermelha até a coloração preta.

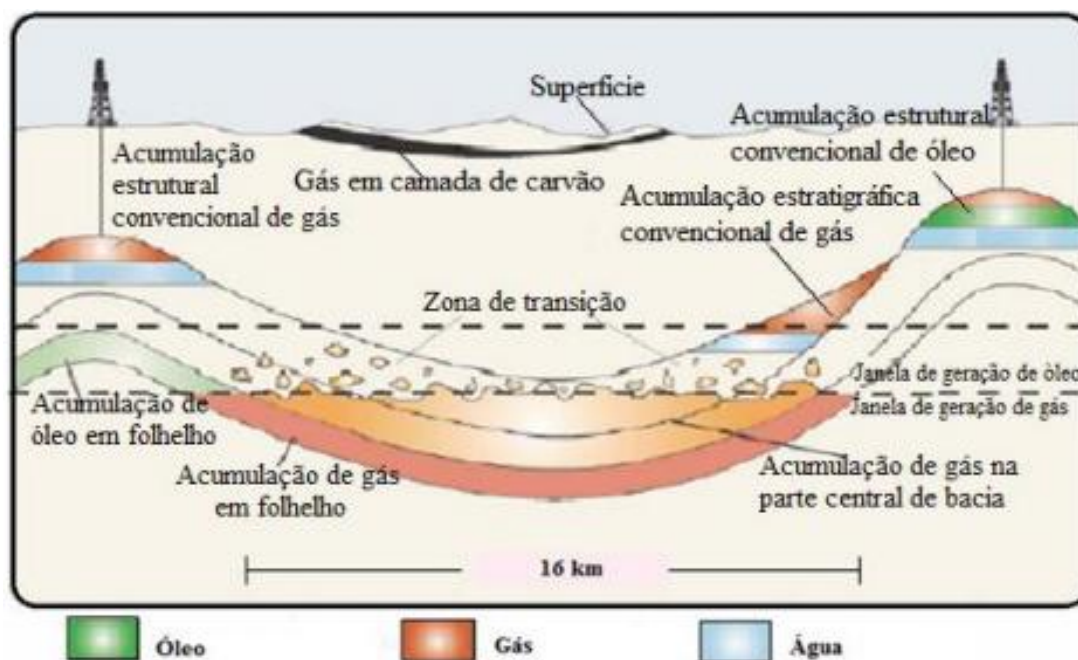
Segundo Ayde(2015) , um folhelho gerador típico com um grande potencial , seria um rico em matéria orgânica e com as seguintes características:

- a) Coloração escura a preta;
- b) Baixa porosidade e permeabilidade;
- c) Conteúdo Orgânico Total(TOC) entre 1-10%(ou mais);
- d) Comumente bem estratificados;
- e) Assinatura de raios gama geralmente maior que 140 API;
- f) Ocorrência de Pirita (lamas anóxica,onde bactérias anaeróbicas foram ativas);
- g) Se há folhelhos fosfatados.

Os reservatórios de gás de folhelhos, são classificados conforme a sua acumulação como plays"contínuos" de gás natural, ou seja, são acumulações que estão difundidas em grandes áreas geográficas (DAS VIRGENS, 2011)

Segundo Das Virgens (2011), essas acumulações contínuas divergem das convencionais de hidrocarbonetos em dois aspectos. Primeiro, eles não dão-se acima de uma base de água e o segundo, eles não são geralmente estratificados por densidade dentro do reservatório, conforme a figura 9.

Figura 20 - Diagrama generalizado mostrando a área de ocorrência de acumulação de gás de forma convencional em traps estruturais e estratigráficas e de forma não convencionais em folhelho.



Fonte:DAS VIRGENS,2011.

Existe uma diferença entre o as fontes convencionais de gás natural e o *shale gas*, é que o *shale gas* possui uma produtividade significativamente maior no seu primeiro ano de produção. Isso se dá graças a maneira como o gás é estocado dentro da rocha. Assim é visto que o gás que se encontra livre na rocha é gerado a altas taxas rapidamente, enquanto o gás que está aprisionado na rocha é produzido lentamente a baixas taxas (MELLO JUNIOR,2015).

4.1.3 O Processo do fraturamento hidráulico

Segundo THOMAS (2001) , o fraturamento hidráulico é uma tecnologia que vem sendo desenvolvida desde a década de 40 e usada em milhões de poços. No presente tempo essa técnica é a mais utilizada e mais eficaz para estimulação de poços

Fracking serve para ampliar as possibilidades de fraturas na rocha dentro de algumas zonas já pré-estabelecidas , seja para cruzar as fraturas naturais ou criar novas fraturas. O fraturamento é fundamental para abrir caminhos para que o gás natural possa fluir para poço (AYERS,2005).

Os tratamentos de fraturamento hidráulico segundo Bessa Junior (2014), são geralmente, na sua maioria dos casos, tendo como um objetivo de elevar o índice de produtividade de um poço produtor ou a taxa de injeção de poços injetores.

4.1.3.1 Perfuração dos poços

A classificação de poços de petróleo segundo Mello Junior (2015), com relação a sua direção pode ser dividida em :

- a) Poços Verticais;
- b) Poços Direcionais;

Os poços verticais são os poços em que seu ponto de origem e seu ponto final estão na mesma reta vertical, mesmo que ocorra uma mudança de trajetória durante o caminho. Já os poços direcionais é aquele poço onde não tem como base uma linha reta vertical, em sua construção final, a ligação entre esses pontos.

Conforme Mello Junior(2015), dentro dos poços Direcionais existe uma subdivisão em:

- a) Poços horizontais;
- b) Poços direcional (*slant well*);

Os reservatórios de gás de xisto, geralmente são construídos por poços horizontais, para que ocorra um melhor aumento entre o contato poço-formação (MELLO JUNIOR, 2015).

4.1.3.2 Poço Horizontal

O primeiro estágio dos poços horizontais, se dá pela perfuração vertical até uma determinada profundidade. Em seguida esse poço é perfurado a um determinado ângulo crescente até esbarrar com um intervalo de um reservatório num plano horizontal. Essa fração do poço é chamada de perna horizontal ou lateral, que no qual permite um aumento de contato do poço com o reservatório em comparação com um poço vertical, já que essa perna horizontal pode chegar a 1200 metros, conforme a figura 10 (AYDE, 2014).

Figura 21 - Visualização de um poços horizontais.



Fonte: Trial, 2013.

Conforme Rocha (2006 *apud* MELLO JUNIOR, 2015) no dias atuais a tecnologia de poços horizontais, vem sendo usada para várias funções na indústria e com um melhor desempenho do que os poços verticais, algumas dessas funções são:

- a) reduzir as quedas de pressão;
- b) reduzir possibilidade de ocorrência de cone de água ou gás, já que a queda de pressão no poço horizontal é menor que aquela que ocorre no poço vertical quando ambos estão produzindo na mesma vazão;
- c) propiciar maior interceptação das fraturas horizontais em reservatórios fraturados e baixas permeabilidade e porosidade;
- d) viabilizar a exploração de formações fechadas ou que contenham óleo pesado, por aumentar a área exposta ao fluxo. Muitas vezes a exploração desses tipos de formação era considerada inviável comercialmente devido às baixas vazões conseguidas pela técnica de perfuração vertical convencional;
- e) aumentar a eficiência das técnicas de recuperação secundária, já que uma maior área de drenagem pode responder melhor à injeção de vapor ou de água;
- f) retardar o avanço do contato óleo-água ou gás-óleo;
- g) aumentar a área exposta ao fluxo de hidrocarbonetos;
- h) viabilizar economicamente a exploração de campos offshore, onde o posicionamento das plataformas marítimas de produção é crítico devido às condições adversas do mar;

4.1.3.3 Fraturamento Hidráulico

Após realizar a perfuração do poço, é preciso deixar ele condições para realizar a produção. As operações destinadas a equipar o poço é denominada de completação. O projeto de completação, especifica o tipo de completação, se o poço será aberto ou revestido, se cimentado e se canhoneado, o número de fraturas e suas geometrias e condutividades (POLI,2014).

Segundo Poli (2014) a completação de um poço de gás de xisto, por fraturamento hidráulico, tem de se iniciar ainda na fase de locação do poço. O Fracking não altera a permeabilidade natural das rochas-reservatórios, porém aumenta o índice de produtividade dos poços graças as seguintes razões:

- a) Modifica o modelo do fluxo, uma área maior do reservatório é exposta ao fluxo para o poço e o fluido passa a percorrer caminhos de menor resistência ao fluxo;
- b) Ultrapassa regiões danificadas;
- c) Pode atingir áreas do reservatório com melhores condições permo-porosas (sweet spots);

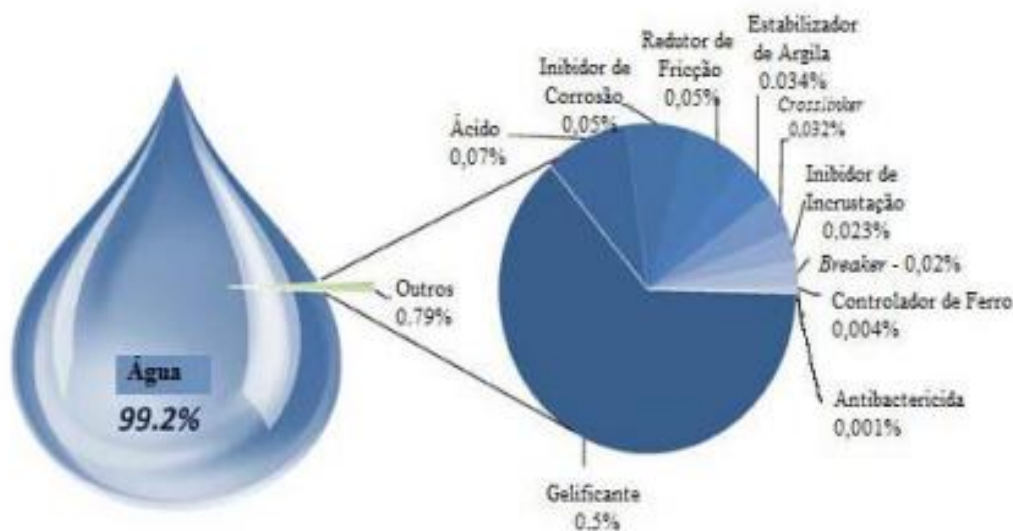
- d) Em reservatórios naturalmente fraturados pode haver interconexão de áreas não produtivas inicialmente.

O processo do fraturamento hidráulico, consiste em bombear um fluido, com um propante sem suspensão, para dentro de poços a uma alta pressão através das perfurações que faz com que a rocha gere várias fraturas. A mistura de líquidos e propante suspenso, tende a encher todas essas fraturas expostas, mantendo elas abertas. Posteriormente a conclusão da fratura o propante fica dentro dela enquanto o fluido escoar de volta para a superfície, mantendo a rocha com fissuras suficientes para que ocorra drenagem do gás (AYDE,2015).

4.1.3.4 Composição do fluido

Segundo Ayde (2015) o fluido de fraturamento é formado por sua maioria de água, conforme a figura 11.

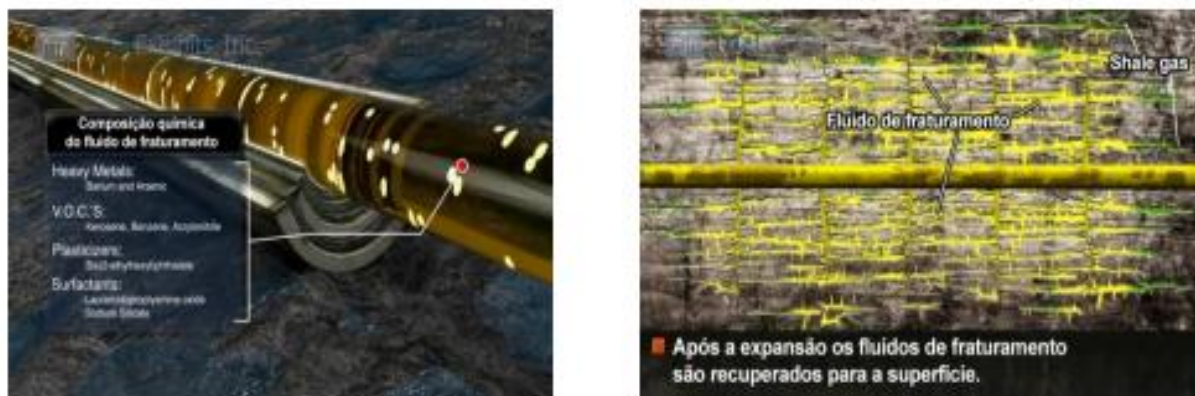
Figura 22 - Composição básica de um fluido base água utilizado nos plays de shale gas nos EUA.



Fonte: Ayde, 2015.

As figura 12 mostram o movimento de fraturamento que existe dentro dos dutos e quando de sua penetração nas rochas, assim gerando as fissuras para que o gás migre até a superfície, graças aos grãos de areia, areias tratadas com resinas, cerâmicas ou outras partículas chamadas de propantes.

Figura 23 - Fluido de fraturamento e o fraturamento das rochas de folhelho.



Fonte: Ayde, 2015.

No figura 13 é possível ver a relação dos componentes e os tipos de aditivos que consistem o fluido de fraturamento, a substância química e a utilização no processo e ainda o volume.

Figura 24 - Substâncias utilizadas no fluido de fraturamento e suas aplicações.

COMPONENTE / TIPO DE ADITIVO	EXEMPLO	PROPOSITO	VOLUME
ÁGUA		TRANSPORTA PROPANTE E PRODUIZIR PRESSÃO	90,000%
PROPANTE	SILICA ou AREIA DE QUARTZO	MANTER FRATURAS ABERTAS 9,5%	9,500%
ÁCIDO	ÁCIDO CLORÍDRICO	DISSOLVER MINERAIS e INICIAR RACHADURA	0,120%
REDUTOR DE ATRITO	POLIACLILAMIDA, ÓLEO MINERAL	MINIMIZAR ATRITO ENTRE FLUIDO E TUDO	0,090%
SURFACTENTE	AUMENTAR A VISCOSIDADE	ISOPROPANOL	0,090%
SAL	CLORETO DE POTÁSSIO	EQUILÍBRIO OSMÓTICO AO MEIO	0,060%
GELIFICANTE	GOMA, HIDROXIMETIL CELULOSE	MANTER PROPANTE EM SUSPENSÃO	0,060%
INIBIDOR DE INCRUSTAÇÕES	ETILONOGLICOL	IMPEDIR INCRUSTAÇÕES NO TUBO	0,400%
TAMPÃO	CARBONATO DE SÓDIO OU POTÁSSIO	AJUSTAR O PH	0,010%
BREAKER	PERSULFATO DE AMONIA	EVITAR AQUEBRA DO POLÍMERO	0,010%
CROSSLINKER	SAIS DE BORATO	MANTER VISCOSIDADE NO AUMENTO DE TEMPERATURA	0,007%
FERRO CONTROLE	ÁCIDO CITRÍCO	EVITAR PRECIPITAÇÃO DE SAIS DE FERRO	0,004%
INIBIDOR DE CORROSÃO	N-DIMETIL FORMAMIDA	EVITA CORROSÃO DO TUBO	0,002%
BIOCIDA	GLUTARALDEÍDO	ELIMINA BACTÉRIAS	0,001%

Fonte: King, 2012 apud Ayde, 2015.

4.1.3.5 Consumo de água

Segundo Argonne (2013) apesar da água ser usada em várias etapas da extração do gás de xisto, normalmente ela é mais consumida durante o estágio de produção, já que é necessário um grande volume de água (8,7- 20,8 milhões de litros) para realizar a fratura hidráulica de um poço.

Cerca de 0,72 a 1,17 milhões de litros de água , também é utilizada para realizar a perfuração e cimentar o poço, durante a construção do poço. Após realizar o fraturamento do poço, cerca de 5% a 20% do volume original do fluido, irá retornar á superfúcie nos primeiros 10 dias, chamado de *flowback* ou água de retorno. Um volume complementar da água, equivalente a 10% até cerca de 300% do volume que foi injetado, irá retornar a superfície como água produzida durante a vida útil do poço(ARGONNE,2013).

O gerenciamento e a reutilização da água são pontos que muitas vezes dependem da qualidade e quantidade de água disponível e acessível. Se o ciclo for acima de 30 anos,assumindo um poço típico, é fraturado hidraulicamente três vezes durante esse período de tempo. A construção e a produção do gás de xisto normalmente consome cerca de 26,4 a 63,3 milhões de litros de água por poço (EPA,2010 apud ARGONNE 2013).

Toda a vez que o gás é produzido, processado, transportado, distribuído e consumido, existe um consumo de água em cada etapa dessas.

Segundo Poli (2013) o processo do fraturamento leva cerca de 180 a 580 m³ de aditivos químicos. Na figura XXX é mostrado o volume de água que é usado no processo de perfuração e no fraturamento hidráulico por poço nos Estados Unidos.

Figura 25 - Volume de água utilizado em um processo do Fracking.

Desenvolvimento de Reservatórios não Convencionais	Volume Médio de Água Potável para Perfuração (Litros)	Volume Médio de Água Potável para Fraturamento (Litros)	Volume Médio de Água Salgada para Fraturamento (Litros)
Barnett	9.436.353	17.412.895	
Eagle Ford	473.176	18.927.060	
Haynesville	2.271.247	18.927.060	
Marcellus	321.760	21.198.307	Crescente
Niobrara	1.135.623	11.356.236	
Horn River (EnCana e Apache)	9.436.353	Insignificante	Acima de 45.424.944

Fonte:Poli,2013.

4.1.4 Impactos Ambientais aos corpos hídricos

A mudança da qualidade da água de um aquífero pode impactar os mananciais superficiais e também vice-versa, dependendo da conexão que existe entre os dois (CTMA,2016).

A possibilidade dos aquíferos estarem contaminados em zonas rasas vem sendo considerada como uma preocupação da sociedade e das agências em relação ao gás de xisto, principalmente na Europa e nos EUA (POLI,2014).

Existe a preocupação de uma possível contaminação da água potável por metano ou outros fluidos na atividade do *fracking*. Essas contaminações podem ocorrer graças a vazamentos subterrâneos do poço até a água potável, por vazamentos acidentais de fluidos de fratura hidráulica para corpos d'água de superfície e também por um descarte inadequado (MELLO JUNIOR,2015).

Existe também a possibilidade de contaminação graças a acidentes com veículos transportadores de produtos químicos e efluentes, armazenamento inadequado de fluidos e fluentes e ventos de perda de controle do poço, chamado de *blowout* (CTMA,2016).

O risco de blowout, está ligado a perfuração em zonas altamente pressurizadas de hidrocarbonetos, e no caso do gás de xisto, a inclusão dos fluidos pressurizados durante todo o processo. Para que possa ser reduzido esse risco é necessário ter informações sobre o subsolo do local (AYDE,2015).

Para as formações mais profundas, a contaminação pode vir a acontecer graças a defeitos no poço. Quando o anular entre o tubo de revestimento e o poço não está adequadamente selado ou até mesmo cimentado durante a perfuração, o metano pode vir a migrar a partir do reservatório pelo anular até aquíferos superficiais onde pode se dissolver na água potável (MELLO JUNIOR,2015).

Segundo CTMA,2016 deve ser determinado a potabilidade da água subterrânea. Geralmente ela apresentar um gradiente natural de salinidade, no qual é correlacionado com a profundidade. Mesmo tendo um valor baixo de salinidade a água perde a condição de ser usada no abastecimento humano. Geralmente os aquíferos que cercam os recursos de gás de xisto apresentam uma alta salinidade e assim não estão liberados para o abastecimento humano.

As águas são particularmente sensíveis a contaminação em função de suas condições, dificultando as ações para uma descontaminação, que em muitos casos chega a ser uma técnica inviável ou até mesmo inviável economicamente (CTMA,2016).

4.1.4.1 Riscos de contaminação das águas devido ao descartes do *flowback*

Flowback é o fluido de fraturamento drenado para a superfície pode ser armazenado de forma imprópria, podendo ocorrer vazamentos no solo, contaminando as águas superficiais e aquíferos por algumas substâncias químicas (AYDE,2015).

Ayde (2015) relata que os riscos de contaminação por substâncias químicas e radioativas como o Urânio, Rádio e o Thórnio. As informações sobre essas substâncias precisam ser exigidas pelos órgãos de controle. No fraturamento o usado volta um líquido que em seguida é separado do gás que é denominado águas produzidas. Existe algumas opções de descarte dos efluentes líquidos, como a injeção em aquíferos salinos subterrâneos, no qual é um método mais utilizados. Existe também a opção de tratamento das águas residuais para reuso.

4.1.4.2 Cuidados necessários para o tratamento

É necessário tomar alguns cuidados quando se diz em tratamento na Estação de Tratamento de Efluentes (ETE), já que o transporte no qual o flowback é transportado, corre o riscos de derramamento até a área de tratamento (AYDE,2015).

Ayde (2015) quando as ETE's estiverem perto de rios e lagos, deve-se levar em conta a legislação, para analisar o quanto de resíduos poderão ser lançados. Em áreas urbanas deve-se tomar um maior cuidado, já pode ocorrer a contaminação de mananciais que iram abastecer as águas potáveis a população.

CAPITULO 5

5.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este presente trabalho teve objetivo de analisar o processo do *fracking*, que é o processo que extrai o *shale gas*, e identificar os impactos ambientais que o mesmo possa causar aos corpos hídricos. Já que essa extração de gás vem recebendo críticas com relação aos impactos ambientais, graças ao seu processo.

As maiores reservas de *shale gas* estão nos Estados Unidos, China e Argentina. O Brasil possui apenas a décima maior reserva de gás natural de todo o mundo.

O *shale gas*, mais conhecido no Brasil como gás de xisto, é um gás convencional que vem de grandes acúmulos de rocha durante longos anos. No país o processo de extração do gás natural, só começou a ser conhecida de verdade, depois da 12ª rodada de licitações da ANP e a partir daí começaram manifestações contra *fracking* em todo o Brasil.

Nos Estados Unidos existe um embate entre as empresas que fazem a exploração do gás natural e os ambientalistas, eles (exploradores) dizem que a técnica utilizada pra extração é super segura. Já os ambientalistas alegam que essa técnica pode vir acarretar grandes impactos não só ambientais como impactos a saúde do ser humano.

A extração de gás trouxe grandes benefícios para a economia norte americana, porém até que ponto a economia pode chegar, sem que o *fracking* possa prejudicar o meio ambiente.

Com o que foi apresentado nesse presente trabalho, pode ser percebido que existe poucas pesquisas realizadas sobre a extração de gás xisto em todo o mundo, porém existe sim um potencial de contaminação aos recursos hídricos graças aos materiais químicos utilizados durante toda a seu processo.

Para que as indústrias possam realizar a exploração no Brasil, na verdade não, só no Brasil e sim em todo o mundo, acredita-se que deva ser realizadas mais pesquisas sobre todo o processo, e se vir a ser identificado algum dano que o mesmo possa estar causando ao meio ambiente e a população, deva ser desenvolver técnicas para sanar todo esse problema.

CAPITULO 6

6.1. SUGESTÕES PARA TRABALHO FUTUROS

Como sugestões para trabalhos futuros, é analisar não só os riscos de contaminação aos corpos hídricos, e sim a todos os outros riscos ambientais causados pelo fraturamento hidráulico.

REFERÊNCIAS

AGUILERA, R. **Uncoventional gas explotation**. 2014.

AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO (ANP) . **Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis**. Disponível em: <[http:// www.anp.gov.br](http://www.anp.gov.br)>. Acesso em: 25 mar. 2017.

ANP . **12ª Rodada de Licitação**. Disponível em: <[http:// www.anp.gov.br](http://www.anp.gov.br)>. Acesso em: 3 ago. 2017.

ANP .**Apresentação 12ª Rodada de Licitações**. Disponível em: < http://www.brazil-rounds.gov.br/arquivos/Seminarios_R12/apresentacao/r12_01_areas_em_oferta.pdf >. Acesso em: 3 ago. 2017.

ANP. **Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis**. Disponível em: <[http:// www.anp.gov.br](http://www.anp.gov.br)>. Acesso em: 10 mar. 2017.

ARAIA, E. **Esta pedra vai mudar o mundo ?**. Disponível em: < <http://www.revistaplaneta.com.br/esta-pedra-vai-mudar-o-mundo/>>. Acesso em: 13 ago. 2017.

ARAUJO, J. B. **O fracking bate à porta**. Brasil, 2017. Disponível em <: <http://www.gazetadopovo.com.br/opinioao/artigos/ofracking-bate-a-porta0ac5y78m52w70n63deyfmou3>> acesso em: 25.mar2017.

ARGONNE NATIONAL LABORATORY. **Hydraulic Fracturing and Shale gas production: Technology, Impacts and Regulations**. EUA. 2013. Disponível em:<https://www.afdc.energy.gov/uploads/publication/anl_hydraulic_fracturing.pdf>.Acesso em 07 ago.2017.

AYDE,S. **Análise das possibilidades de desenvolvimento do Shale Gas no Brasil com base na experiência dos Estados Unidos.** Disponível em <: <http://200.144.182.130/iee/sites/default/files/Salim%20Ayde.pdf>> acesso em :01ago.2017.

AYERS, W.B. JR.: PETE 612: **Unconventional Reservoirs**. Course Notes, Texas A&M University, 2005.

BESSA JUNIOR.F.P. **Análise da recuperação em reservatório de gás com baixa permeabilidade(tight gas) através do fraturamento hidráulico.** Disponível em:< https://repositorio.ufrn.br/jspui/bitstream/123456789/13002/1/FranciscoPBJ_DISSERT.pdf>. Acesso em 1 ago.2017.

BONDE. **ANP diz que busca por petróleo no Paraná não agride meio ambiente.** Disponível em: < <http://www.bonde.com.br/bondenews/parana/anp-diz-que-busca-por-petroleo-no-parana-nao-agride-meio-ambiente-410072.html>>. Acesso em: 15 ago. 2017.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. **Portaria no 420, de 28 de dezembro de 2009.** Aprova o Regimento Interno do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA.

CASTRO, R. A. **Estudo da aplicação do fraturamento hidráulico em reservatórios de baixa permeabilidade com características da bacia do paraná.** Natal, 2015.

COMITÊ TEMÁTICO DE MEIO AMBIENTE (CTMA) . **Aproveitamento de Hidrocarbonetos em Reservatórios Não Convencionais no Brasil.**Brasil.2016.

COSTA, F.N. **Extração de Gás de Xisto nos Estados Unidos: Ameaça ao Meio Ambiente.** 2012. Disponível em < <https://fernandonogueiracosta.wordpress.com/2012/12/17/extracao-de-gas-de-xisto-nos-estados-unidos/>>. Acesso em: 25 mar de 2017.

EPA. **United States Environmental Protection Agency.** Disponível em: < <https://www.epa.gov/>>. Acesso em: 25 mar. 2017.

FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica.** Fortaleza: UEC, 2002. Apostila.

FUNPAR. **United States Environmental Protection Agency**. Disponível em: < http://www.funpar.ufpr.br:8080/rup/process/workflow/environm/co_pilot.htm/>. Acesso em: 25 mar. 2017.

GAMA, M. **Coalização alerta para perigos da busca por gás e petróleo no norte pioneiro**. Disponível em: < <http://www.bonde.com.br/bondenews/parana/coalizacao-alerta-para-perigos-da-busca-por-gas-e-petroleo-no-norte-pioneiro-410001.html>>. Acesso em: 15 ago. 2017.

HERZOG, C.P. **Cidades para todos**. Rio de Janeiro, 2013.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **Key world energy statistics**, 2013, Paris, 2013.

JACOMO, J.CP. **Os Hidrocarbonetos Não Convencionais: Uma análise da Exploração do Gás de Folhelho Na Argentina á Luz da Experiência Norte- Americana**. Rio de Janeiro, 2014.

MAESTRI, R. **O que é o petróleo e o gás apertado e porque o pré-sal é tão importante. (Parte I)**. 2014. Disponível em: <<http://blogln.ning.com/forum/topics/o-que-o-petr-leo-e-o-g-sapertado-e-porque-o-pr-sal-t-o>>. Acesso em: 09 mai. 2017.

MELLO JUNIOR, C.A. **Estudo sobre os impactos ambientais envolvidos na utilização da técnica de fraturamento hidráulico na exploração do shale gas nos Estados Unidos**. Disponível em: < <http://www.repositorio.uff.br/jspui/bitstream/1/809/1/Carlos%20Alberto%20de%20Mello%20Junior.pdf>>. Acesso em: 01 ago. 2017

MILLER, J. R.; SPOOLMAN, S. E. **Environmetal science**. 2010. Disponível em < <https://www.ptbeach.com/cms/lib/NJ01000839/Centricity/Domain/76/environmental%20text%20book.pdf>> Acesso em 25.mar.2017.

MONTGOMERY, C. T.; SMITH, M. B; **Hydraulic Fracturing: History of an Enduring Technology**. Disponível em: <<http://www.ourenergypolicy.org/wp-content/uploads/2013/07/Hydraulic.pdf>>. Acesso em: 19 mar. 2017.

OLIVEIRA, A. A. **Seleção de poços para operações de estimulação utilizando inteligência artificial**. Rio de Janeiro, 2012.

PADILHA, A. C. M.; GOLLO, S. S; SILVA, M. N; **Estudos na Cadeia Produtiva do Biodiesel**. Unipampa, 2012.

PARANASHOP. **Paraná é o primeiro estado do país a proibir o "fracking"**. Disponível em: < <http://paranashop.com.br/2016/12/parana-e-o-primeiro-estado-do-pais-a-proibir-o-fracking/>>. Acesso em: 15 ago. 2017.

POLI, M. **Recursos energéticos não convencionais: aspectos tecnológicos e expansão da produção de shale gas**. Disponível em: < <http://www.repositorio.uff.br/jspui/bitstream/1/512/1/Monografia%20Mariane%20de%20Poli.pdf>>. Acesso em: 3 ago. 2017.

RIBEIRO, W.C. **Gás "de xisto" no Brasil: uma necessidade?** São Paulo, 2014.

SANBERG, E.; GOCKS, N. R. A. AUGUSTIN, S. ; VEDANA, L.A. ; DA SILVA, C.T.P. ; **Aspectos ambientais e legais do método fraturamento hidráulico no Brasil**. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE QUALIDADE AMBIENTAL, 9, 2015. Porto Alegre, Anais... Porto Alegre: ABES-RS, 2015. v. 14, (sem páginas).

SANTOS, P. R. D. **Análise de Viabilidade Econômica da Produção de Shale Gas: Um Estudo de Caso em Fayetteville**. Universidade Federal Do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

SPRINGS. **Tecnologia de extração de gás de xisto tem alto custo ambiental**. Disponível em: < <http://economia.estadao.com.br/noticias/geral,tecnologia-de-extracao-de-gas-de-xisto-tem-alto-custo-ambiental,183038e>>. Acesso em: 16 ago. 2017.

THOMAS, J. E. et al, **Fundamentos de Engenharia de Petróleo**. Editora Interciência, 2001.

UNEP. **United Nations Environment Programme**. Disponível em: < <http://www.unep.org/>>. Acesso em: 25 mar. 2017.

VIRGENS, G. B., Revisão Bibliográfica dos Folhelhos com Gás da Formação Barnett, Texas, Eua: Um Exemplo de Reservatório Não Convencional. Disponível em :<
http://www.twiki.ufba.br/twiki/pub/IGeo/GeolMono20111/gildegleice_virgens_2011.pdf>.
Acesso em: 8 ago.2017.