



DIAGNÓSTICO

SOBRE O FRATURAMENTO HIDRÁULICO

DA EXPLORAÇÃO DE GÁS NÃO-CONVENCIONAL NO BRASIL – Nov. 2013

I – INTRODUÇÃO

A Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) vem anunciando a 12ª Rodada de Licitações (“Edital de Licitações Para a Outorga dos Contratos de Concessão para Atividades de Exploração e Produção de Petróleo e Gás Natural”, de 23 de setembro de 2013) para os dias 28 e 29 de novembro de 2013, ofertando áreas nos seguintes estados: Amazonas, Acre, Tocantins, Alagoas, Sergipe, Piauí, Mato Grosso, Goiás, Bahia, Maranhão, Paraná e São Paulo. Uma das novidades desta rodada é a oferta de blocos para exploração e produção de petróleo e gás natural em cinco bacias de nova fronteira – Acre-Madre de Dios, Paraná, Parecis, Parnaíba e São Francisco. Vale ressaltar que essas bacias de nova fronteira incluem algumas das regiões de maior sociobiodiversidade do Brasil, com diversos registros de ocorrência de povos indígenas em situação de “isolamento” voluntário, como indicado pela Fundação Nacional do Índio (FUNAI, 2013b; FUNAI, 2013c). Destacamos a existência de terras indígenas já reconhecidas cuja distância com relação aos blocos ofertados nesta 12ª Rodada é de menos de 10 metros (FUNAI, 2013a).

A outra novidade é a exploração de gás não-convencional. Segundo a ANP (2010) gás não-convencional é uma denominação que agrupa diferentes categorias de gás, como o gás alocado em reservatórios a grande profundidade (“deep gas”) ou em águas profundas (“deep water”), em formações muito pouco permeáveis (“tight gas”), gás de xisto (“gas-containing shales”), gás de carvão (“coalbed methane”), gás de zonas geopressurizadas (“geopressurized zones”) e hidratos submarinos e árticos. Segundo esta nota técnica, todas estas categorias são agrupadas sob o rótulo de gás não-convencional por possuírem em comum o fato de serem categorias de “*gás de difícil acesso, e conseqüentemente pouco atrativo economicamente*”. A agência, em nota técnica sobre o método de fraturamento hidráulico publicada em outubro deste ano (ANP, 2013), afirma que na 12ª Rodada de Licitações “*as regras para os futuros concessionários impõem a perfuração de pelo menos um poço até a ‘rocha geradora’, com exceção dos blocos na bacia do Acre, para avaliação do potencial de recursos não convencionais.*” (ANP, 2013).

O principal método usado pela indústria para explorar as reservas de gás não-convencional é o fraturamento hidráulico – conhecido internacionalmente como *fracking*. Este método envolve, após a perfuração de um poço na área a ser explorada, a injeção de grandes quantidades de água, areia e fluidos sob alta pressão para fraturamento ou desintegração de rochas, visando viabilizar a recuperação de gás natural através das fissuras e espaços formados pelo fraturamento. Os fluidos são utilizados com o objetivo de “*criar fraturas e transportar areia e outras substâncias granulares dando suporte a abertura das fraturas. A composição desses fluidos varia de uma simples mistura de água e areia até misturas mais complexas com uma multitude de aditivos químicos.*” (USHR, 2011). Esses compostos químicos são adicionados com diversas funções, incluindo redução da perda do fluido, dissolução de minerais, inibição de corrosão, espessamento e redução de crescimento bacteriano (MICHAELS *et al.*, 2010; ZOBACK *et al.*, 2010; COLBORN *et al.*, 2011; BATLEY & KOOKANA, 2012; GILLEN & KIVIAT, 2012; HOLLOWAY & RUDD, 2013).

O processo de fraturamento hidráulico não é exatamente uma novidade, sendo usado pelo menos desde a década de 1940 nos Estados Unidos (ZOBACK *et al.*, 2010). O fato de que o fraturamento hidráulico já seja utilizado há bastante tempo nos E.U.A. não significa que seus



impactos sejam insignificantes. Vale destacar que para viabilizar o uso do fraturamento hidráulico em larga escala uma série de proteções ambientais tiveram que ser derrubadas nos E.U.A. A indústria petrolífera conta atualmente com amplas dispensas da necessidade de atendimento à legislação ambiental norte-americana¹ (OGAP, 2007). Dentre estas dispensas, a mais diretamente relacionada ao fraturamento hidráulico foi promovida pela "Energy Policy Act" (USHR, 2005), aprovada pelo Congresso dos E.U.A. em 2005. Esta lei decidiu no subtítulo C, seção 233, modificar o "Safe Drinking Water Act" (que trata da qualidade da água potável), excluindo da proteção desta lei a injeção subterrânea tanto de gás natural para estocagem, quanto de fluidos e outros agentes (com exceção do diesel) para fins de fraturamento hidráulico.

Diversos trabalhos científicos indicam o fraturamento hidráulico como causa de uma série de impactos socioambientais, dentre eles profundas mudanças nas paisagens, contaminação do solo, impactos sobre a saúde humana e de animais, sobre a biodiversidade, contaminação do ar, comprometimento quantitativo e qualitativo de recursos hídricos e indução de abalos sísmicos (SUMI, 2005; COLBORN *et al.*, 2011; RAHN & RIHA, 2012; RIDLINGTON & RUMPLER, 2013; SLONECKER *et al.*, 2013). Diversos desses impactos são reconhecidos pelo próprio Grupo de Trabalho Interinstitucional de Atividades de Exploração e Produção de Óleo e Gás (GTPEG) – que reuni técnicos do Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBIO) e do Ministério do Meio Ambiente (MMA), sob coordenação geral do último. Vale destacar que em comparação a uma perfuração convencional para extração de gás a técnica do fraturamento hidráulico é muito mais socioambientalmente impactante, como ficará claro a partir dos estudos a seguir, e conforme apontado pelo próprio GTPEG (MMA, 2013).

A própria ANP (2013), na nota técnica sobre fraturamento hidráulico, reconhece a ocorrência de uma série de graves impactos socioambientais gerados pela técnica de fraturamento hidráulico, mencionando ainda a declaração de moratórias em várias partes do mundo em função desses impactos. Entretanto, esta nota técnica não menciona a ocorrência de abalos sísmicos relacionados ao uso do fraturamento hidráulico, já documentado em diversos trabalhos científicos como demonstraremos a seguir. A agência também não menciona os diversos relatos de explosões em poços de abastecimento de água potável e mesmo em residências nos E.U.A. decorrentes de contaminação do lençol freático por hidrocarbonetos, como o metano, conforme descreveremos a seguir.

Impactos sobre o solo (e conseqüentemente sobre atividades agrícolas), o ar, a paisagem e a saúde humana e animal foram totalmente desconsiderados pela ANP em sua nota técnica. Fica explícito que a ANP desconsiderou quase completamente o parecer técnico do GTPEG que trata da 12ª Rodada de Licitações e da técnica de fraturamento hidráulico (MMA, 2013), documento este que deveria ser uma das principais referências em termos de avaliação de impacto ambiental para produção de qualquer documento oficial do Estado brasileiro sobre fraturamento hidráulico. Além disso, apesar da agência reconhecer a existência de

“relatos de contaminação e outros problemas nas áreas onde estão sendo realizadas as atividades de fraturamento hidráulico, sobretudo nos EUA. [afirma que] Estes casos serviram de referência para a elaboração da Resolução, a medida em que permitiram identificar as causas e as medidas mitigadoras dos danos relatados, de forma a contemplá-los na regulação.” (ANP, 2013).

1 A seguinte legislação foi alterada para dispensar a indústria petrolífera de suas obrigações socioambientais nos E.U.A.: 1) Comprehensive Environmental Response, Compensation, and Liability Act; 2) Resource Conservation and Recovery Act; 3) Safe Drinking Water Act; 4) Clean Water Act; 5) Clean Air Act; 6) National Environmental Policy Act; 7) Toxic Release Inventory under the Emergency Planning and Community Right-to-Know Act.



Assim, a ANP não explicita para a sociedade brasileira que na maioria das vezes as medidas mitigadoras utilizadas nos processos de exploração de petróleo e gás são incapazes de mitigar completamente os impactos gerados, como ficará claro a partir dos resultados dos estudos aqui apresentados. No que diz respeito, p. ex., aos próprios impactos sobre os recursos hídricos, apesar das supostas garantias da indústria do petrolífera do processo de impermeabilização dos poços e da segurança em relação à poluição dos lençóis freáticos, para diversos pesquisadores é evidente que ao bombear grandes quantidades de água contaminada no subsolo as graves consequências socioambientais são inevitáveis (SUMI, 2005; MICHAELS *et. al.*, 2010; RIDLINGTON & RUMPLER, 2013).

Em função dos impactos conhecidos gerados pela exploração de gás não-convencional com o método de fraturamento hidráulico, e mesmo dos impactos desconhecidos ou potenciais, diversos países, estados, departamentos e municípios decretaram a moratória permanente ou temporária do fraturamento hidráulico. O GTPEG menciona moratórias decretadas no estado de Nova Iorque, em Quebec, na França, e em partes da Alemanha (MMA, 2013). Além disso, em alguns locais da Argentina, Espanha, Itália, Irlanda, Nova Zelândia, e na Bulgária, África do Sul, Suíça, Áustria e Austrália foram decretadas moratórias temporárias ou permanentes, tanto pelos impactos comprovados quanto pela falta de informações sobre as consequências do processo de fraturamento hidráulico.

Todas essas moratórias deram-se sob forte mobilização da sociedade civil nesses diversos países, que vem se organizando através de diversas redes e movimentos pela moratória e o banimento permanente do uso do fraturamento hidráulico na exploração de petróleo e gás. No Brasil a Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC) e a Academia Brasileira de Ciência (ABC) encaminharam à Presidência da República carta solicitando que, em função dos impactos socioambientais conhecidos e desconhecidos do método de fraturamento hidráulico, fosse

“sustada a licitação de áreas para exploração de Gás de Xisto, na 12ª Rodada prevista para novembro próximo, por um período suficiente para aprofundar os estudos, realizados por ICTs públicas, sobre a real potencialidade da utilização da fratura hidráulica e os possíveis prejuízos ambientais” (SBPC, 2013).

Renomados geólogos também enviaram uma carta à Presidência da República solicitando uma moratória de pelo menos 5 anos para o uso da técnica de fraturamento hidráulico no Brasil. O documento ressalta a falta de *“qualquer consulta pública, discussão ou diálogo com a comunidade técnica e científica do País”*, questionando a *“pressa de colocar na pauta de licitação a exploração desse tipo de jazida”*. O documento afirma ainda que:

“A exploração de gás de xisto, apesar do sucesso tecnológico e econômico apresentado principalmente nos Estados Unidos, tem sido muito questionada pelos riscos e danos ambientais envolvidos. Enquanto o gás natural e o petróleo ocorrem em estruturas geológicas e nichos próprios, o gás de xisto impregna toda a rocha ou formação geológica. Nesta condição a tecnologia de extração de gás está embasada em processos invasivos da camada geológica portadora do gás, por meio da técnica de fratura hidráulica, com a injeção de água e substâncias químicas, podendo ocasionar vazamentos e contaminação de aquíferos de água doce que ocorrem acima do xisto. Esta é uma grande preocupação dos técnicos e gestores da área de recursos hídricos e meio ambiente. É sabido que os métodos convencionais de perfuração de poços e extração de petróleo ou gás podem acarretar acidentes ambientais e danos aos aquíferos. No caso do gás de xisto, esse risco potencial é ainda maior por causa da técnica utilizada. É o caso das bacias sedimentares brasileiras. É, por exemplo, a situação do Aquífero Guarani, na Bacia do Paraná, a principal reserva de água



subterrânea do Cone Sul, que seria atravessado pelas perfurações e processos de injeção na camada inferior, de xisto.” (ROCHA et. al., 2013, grifo nosso)

O Centro de Trabalho Indigenista (CTI), organização não-governamental reconhecida pela assessoria às populações indígenas em todo o país, em nota sobre a 12ª Rodada de Licitações, também chamou atenção para preocupações quanto à exploração de reservas de gás não-convencional, que somam-se a um complicado cenário de profunda fragilidade socioambiental das áreas a serem licitadas nesta rodada. O documento também aponta a falta de transparência perante a sociedade com o qual o processo vem sendo conduzido pelo governo brasileiro (CTI, 2013).

O presente documento enfoca dois importantes conjuntos de impactos gerados pelo uso da técnica de fraturamento hidráulico na exploração de reservas de gás: a) o comprometimento da quantidade e da qualidade dos recursos hídricos; b) a indução de abalos sísmicos. No entanto, outros impactos associados a estes também serão tratados.

II - IMPACTOS DO FRATURAMENTO HIDRÁULICO SOBRE OS RECURSOS HÍDRICOS

Dentre todos os impactos gerados pelo método de fraturamento hidráulico, Rahn & Riha (2013) destacam que os que afetam o uso dos recursos hídricos e sua contaminação são os mais proeminentes. Os diversos impactos do uso da técnica de fraturamento hidráulico para extração de gás sobre corpos hídricos, incluindo os subterrâneos, encontram-se amplamente documentados na literatura científica (SUMI, 2005; MICHAEL et. al., 2010; ZOBACK, et. al., 2010; CHRISTOPHERSON, 2011; OSBORN et. al., 2011; REINS, 2011; GILLEN & KIVIAT, 2012; RAHN & RIHA, 2012; HANSEN et. al., 2013; JACKSON et. al., 2013). Esses impactos podem comprometer reservatórios de água potável, trazendo sérios riscos para a saúde humana e para a biodiversidade de forma mais ampla (ENTREKIN et al., 2011; BAMBERGER & OSWALD, 2012; GILLEN & KIVIAT, 2012; MCFEELEY, 2012; KIVIAT, 2013; PAPOULIAS & VELASCO, 2013; RIDLINGTON & RUMPLER, 2013).

A partir da literatura científica, podemos classificar os impactos do uso do fraturamento hidráulico sobre os recursos hídricos em: a) impactos sobre a **quantidade** de recursos disponíveis; b) e impactos sobre a **qualidade** dos recursos disponíveis.

Com relação à **quantidade** de água disponível, o **uso de grandes volumes de água** no processo de fraturamento hidráulico (ZOBACK et al., 2010; MCFEELEY, 2012; RAHN & RIHA, 2012; RIDLINGTON & RUMPLER, 2013) pode comprometer a disponibilidade desse recursos. Há registros de uso de 2 a 8 milhões de galão de água por poço perfurado pelo método de fraturamento hidráulico (RAMUDO & MURPHY, 2010; ZOBACK et al., 2010). Zoback e colaboradores (2010) afirmam que *“comparado com a perfuração, que pode utilizar até um milhão de galões de água por poço, o fraturamento hidráulico é um procedimento com intenso uso de água, requerendo de 2 a 8 milhões de galões [de água] por poço fraturado”*. Apesar da ANP (2013) reconhecer o uso de grandes volumes de água pelo fraturamento hidráulico como uma *“questão controversa”*, não deixa claro que este método utiliza muito mais este tipo de recursos do que o método de extração de gás convencional.

Schenck (2013) ressalta que a aquisição de água de para o fraturamento hidráulico pode ter sérios efeitos adversos em áreas remotas e sensíveis, comprometendo a quantidade de água disponível. Ridlington e Rumpler (2013) ressaltam que produtores rurais são os principais impactados pela elevada quantidade de água utilizada no fraturamento hidráulico. O próprio GTPEG apontou preocupações quanto a elevada quantidade de água utilizada no processo de



fraturamento hidráulico, “*particularmente em regiões onde [os recursos hídricos] sejam poucos disponíveis ou cujo uso concorra com outros importantes para a população e atividades econômicas locais*” (MMA, 2013). O GTPEG destaca dentre essas regiões a da Bacia do Parnaíba; mas nós também ressaltamos os sérios impactos que podem ser gerados nas demais bacias, considerando a grande variação sazonal na disponibilidade de água no território brasileiro.

A **qualidade** da água disponível pode ser afetada pelas seguintes características do método de fraturamento hidráulico:

1) Extensa ocupação territorial na exploração de gás pelo método de fraturamento hidráulico. Estradas e demais áreas de estacionamento e manutenção de veículos, áreas para armazenamento de materiais e produtos químicos, infraestrutura de escoamento de gás, e canteiros de apoio a instalação das estruturas de produção de gás, etc., precisam ser construídos, provocando uma intensa mudança na paisagem (ZOBACK *et al.*, 2010; RAHN & RIHA, 2012; SLONECKER *et al.*, 2013). O parecer emitido pelo GTPEG afirma que na exploração de gás não-convencional pelo método de fraturamento hidráulico

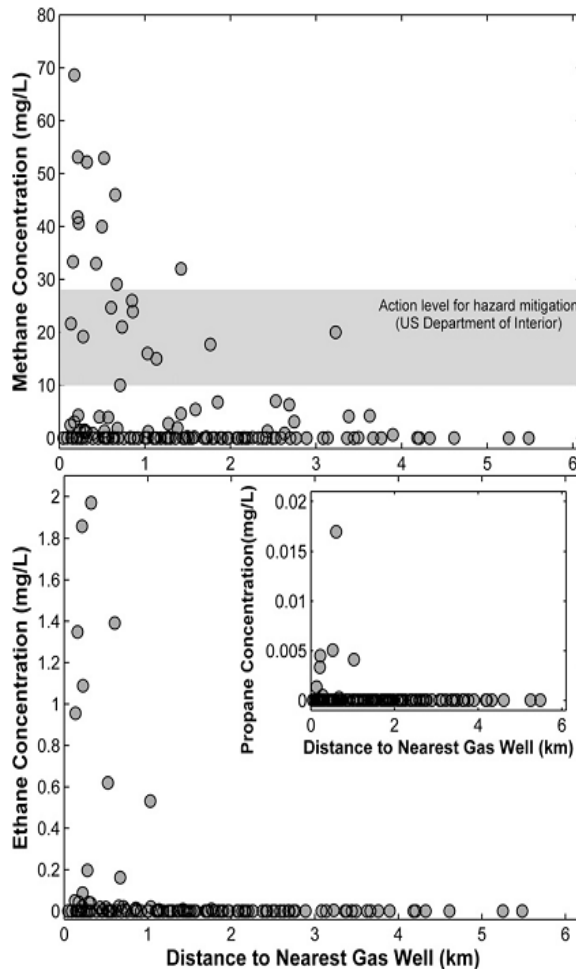
“há uma necessidade de incremento na perfuração de poços dezenas de vezes superior à da produção convencional. Enquanto um poço convencional pode produzir por muitas décadas, no caso do shale gas este horizonte de tempo é da ordem de poucos anos. [...] [os poços de gás não-convencional] se depletam rapidamente, exigindo a instalação em novo local para manter a economicidade do campo e, conseqüentemente, trazendo forte pressão sobre recursos naturais superficiais e grande potencial de modificação do uso e ocupação do solo” (MMA, 2013).

A grande expansão territorial provocada pela exploração do gás não-convencional pode gerar uma série de impactos sobre a qualidade dos corpos d’água e mesmo sobre a quantidade de recursos hídricos disponíveis. Associados a estes impactos, alguns trabalhos apontam outros impactos sobre a biodiversidade, como o aumento da fragmentação de habitats, a possibilidade de introdução de espécies exóticas, a ameaça a espécies de distribuição geográfica restrita, dentre outros possíveis impactos ainda desconhecidos (GILLEN & KIVIAT, 2012; RAHN & RIHA, 2012; KIVIAT, 2013; RIDLINGTON & RUMPLER, 2013).

2) O fraturamento hidráulico das camadas onde encontram-se os reservatórios de gás não-convencional pode gerar fraturas que levem à contaminação do lençol freático e o conseqüente comprometimento de reservatórios de água potável. Michaels e colaboradores (2010), a partir de dados oficiais de órgãos reguladores norte-americanos, relatam registros de ocorrência de migração de gás metano para a superfície do solo após a ocorrência de fraturamento hidráulico em locais onde não havia o registro de afloramentos naturais deste tipo de gás. Segundo os autores, essa migração de gás metano para a superfície está diretamente relacionada à contaminação de reservas de água potável, com registros de ocorrência de explosões de poços destes reservatórios de água. O estudo cita ainda diversos documentos oficiais norte-americanos que relatam a evacuação de residências em regiões de ocorrência de fraturamento hidráulico pela ameaça de explosões devido a esses vazamentos de gás metano. O Departamento de Recursos Naturais de Ohio (ODNR, 2008) relatou ainda a explosão de uma residência em função do confinamento de gás metano em um aquífero, também provocado pelo uso da técnica de fraturamento hidráulico.

O trabalho de Jackson *et al.* (2013) demonstra a correlação entre a exploração de gás através técnica do fraturamento hidráulico e a contaminação da água para consumo humano por metano, etano e propano (todos hidrocarbonetos gasosos). Segundo estes autores a concentração de metano era 6 vezes maior nos poços de água localizados a menos de 1 km dos poços de exploração de gás, enquanto as concentrações de etano nos poços de água a menos de 1 km dos poços de exploração de gás era 23 vezes maior (vide figura 1). Osborn e colaboradores (2011), num estudo também tratando

da correlação entre presença de metano na água consumida pela população local e a exploração de gás através do fraturamento hidráulico, demonstraram uma correlação entre uma maior presença de gás metano na água antes potável em áreas onde ocorria o fraturamento hidráulico comparado com



áreas inativas.

Figura 1: Correlação entre concentração dos gases metano, etano e propano na água consumida pela população da Pennsylvania, nos E.U.A., e a distância entre poços de água para consumo humano e poços de exploração de gás pelo método de fraturamento hidráulico (Fonte: Jackson *et al.*, 2013).

Michaels *et al.* (2010) relatam ainda registros de contaminação do lençol freático subterrâneo, e de corpos d'água superficiais, bem como de reservas de água utilizadas para o consumo humano, não apenas por gás metano, mas também por compostos químicos utilizados no processo de fraturamento hidráulico.

3) A contaminação do lençol freático por compostos antes aprisionados nas camadas geológicas agrava-se pela presença de diversas substâncias nas **composições químicas dos fluidos** utilizados no fraturamento hidráulico que são tóxicas para saúde humana e animal. Segundo Zoback e colaboradores (2010)

“operações de fraturamento hidráulico em formações profundas de gás de xisto podem criar fraturas que se estendem para além da formação alvo até os aquíferos, permitindo



que metano, contaminantes naturalmente presentes na formação, e fluidos de fraturamento migrem da formação alvo para reservas de água potável”.

De acordo com o GTPEG, a possibilidade de contaminação de camadas subterrâneas de água assim como do solo de maneira geral pelos fluidos utilizados no fraturamento hidráulico é maior do que pelos fluidos utilizados na extração de gás convencional, já que

“diferente dos fluidos de perfuração e completação, que são normalmente recuperados após a atividade para uma destinação final adequada, os fluidos de fraturamento são projetados para superar a pressão de poros da rocha, com consequente perda de fluidos para o pacote rochoso em toda a extensão da fratura” (MMA, 2013).

O congresso norte-americano lançou um relatório que menciona o uso de mais de 2.500 produtos utilizados no fraturamento hidráulico entre os anos de 2005 e 2009, por 14 empresas de petróleo e gás, contendo ao menos 750 químicos e outros componentes (USHR, 2011). Esses produtos foram encontrados nos fluidos utilizados no fraturamento hidráulico e também na água produzida resultante. O relatório destaca dentre esses produtos químicos a presença de 29 compostos químicos *“(1) conhecida ou possivelmente carcinogênicos para humanos, (2) reguladas pelo ‘Safe Drinking Water Act’ pelos riscos para a saúde humana, ou (3) listadas como perigosos poluentes do ar no ‘Clean Air Act’”* (USHR, 2011). Dentre as substâncias carcinogênicas para humanos, o relatório ressalta a presença de benzeno, registrando ainda que por questões de propriedade intelectual as empresas de petróleo e gás informaram que *“não possuem acesso a informações sobre os produtos que eles adquiriram de fornecedores dos produtos químicos. Nesses casos, as empresas estão injetando fluidos contendo químicos os quais elas mesmas não são capazes de identificar”* (USHR, 2011); logo, são totalmente incapazes de ao menos identificar possíveis impactos do uso desses produtos, o que agrava ainda mais o cenário dos riscos de contaminação de recursos hídricos e para a saúde humana (MCFEELEY, 2012). O GTPEG também apontou a dificuldade de precisar os impactos desses produtos químicos em função do sigilo sobre sua composição (MMA, 2013).

Interessante destacar que a ANP, em nota técnica divulgada recentemente, afirma que *“[d]urante o fraturamento hidráulico, água contendo aditivos especiais e propantes (elementos que impedem fisicamente o posterior fechamento das fraturas) é bombeada em alta pressão para dentro do poço”* (ANP, 2013), sem no entanto explicitar que dentre esses “aditivos especiais” existem uma série de substâncias altamente tóxicas para humanos e animais.

Colborn e colaboradores (2011), em um estudo sobre os impactos desses compostos químicos sobre a saúde humana, demonstrou que muitas das substâncias utilizadas no processo de fraturamento hidráulico podem causar efeitos negativos de longo prazo sobre a saúde humana que não são imediatamente percebidos. O estudo apontou que 75% desses químicos podem afetar olhos, pelo e órgãos sensoriais, entre 40-50% podem afetar os sistemas nervoso, imune, cardiovascular e fígado, e 37% podem afetar o sistema endócrino. Segundo esses mesmos autores, uma parte desses compostos tóxicos (37%) é volátil, adicionando aos impactos sobre corpos hídricos a poluição atmosférica, que também traz sérios riscos à saúde humana. Zoback *et al.* (2010) também relatam a presença desses compostos orgânicos voláteis nos fluidos de fraturamento hidráulico.

O estudo conduzido por Bamberger e Oswald (2012), incluindo entrevistas com criadores de animais e registros oficiais de instituições públicas, demonstrou que a exposição de humanos, animais domésticos, animais de criação e animais selvagens ao processo de fraturamento hidráulico gera sérios riscos aos mesmos. Esses casos de contaminação estavam relacionados a diferentes etapas do processo de fraturamento hidráulico, incluindo efluentes descartados do processo de fraturamento hidráulico, contato com fluido utilizado no processo de fraturamento, dentre outros.

4) O processo de fraturamento hidráulico **produz grandes quantidades de água de retorno (“flowback”) e de água de produção (“water produced”)**. A água de retorno volta a superfície relativamente rápido, podendo ser em uma pequena parcela reinjetada no poço, enquanto a água de produção (associada aos reservatórios fósseis), contendo uma série de compostos tóxicos, deve ser adequadamente descartada, sob o risco de gerar uma série de impactos sobre os recursos hídricos e solo (ZOBACK *et al.*, 2010; MCFEELEY, 2012).

Esses efluentes contém não apenas os compostos químicos tóxicos presentes no fluido de fraturamento mencionados anteriormente, mas também compostos tóxicos naturalmente presentes no subsolo, como arsênio, bário, mercúrio e elementos radioativos (ZOBACK *et al.*, 2010; ROWAN *et al.*, 2011; RAHN & RIHA, 2012; RIDLINGTON & RUMPLER, 2013). Além disso, esta água descartada tende a conter grandes concentrações de sal (ZOBACK *et al.*, 2010), o que pode gerar uma série de impactos sobre o solo e sobre as atividades agrícolas. Um estudo aponta que o volume de água descartada em função do processo de fraturamento hidráulico pode sobrecarregar a infraestrutura para descarte (LUTZ *et al.*, 2013).

O GTPEG relatou preocupações quanto ao descarte desses efluentes provenientes do processo de fraturamento hidráulico. Destacamos o seguinte trecho:

“A água de produção é a água fóssil associada aos reservatórios de gás e petróleo, muitas vezes produzida com eles. Sua composição pode apresentar metais pesados e ocorrência de elementos com índice de radioatividade natural que requerem especial manejo e disposição. [...] Além dos contaminantes presentes no fluido, a salinidade excessiva é um problema para a disposição em ambiente terrestre” (MMA, 2013).

Ridlington e Rumpler (2013) e Michaels *et al.* (2010), o último estudo utilizando registros oficiais de órgãos públicos, relatam uma série de episódios de contaminação de recursos hídricos nos E.U.A. em função do descarte de efluentes provenientes do processo de fraturamento hidráulico. Apesar dos episódios de descarte totalmente ilegais, muitas vezes direto sobre corpos d’água superficiais, ambos estudos indicam que as tecnologias desenvolvidas para o descarte de efluentes e a proteção de reservas de água potável não garantem que os corpos d’água fiquem livres de contaminação.

No que diz respeito aos impactos gerados pelo processo de fraturamento hidráulico sobre os recursos hídricos, especialmente a possibilidade de contaminação de aquíferos pela produção de fraturas, destacamos profunda preocupação com a possibilidade de contaminação do Aquífero Integrado Guarani/Serra Geral, localizado na região dos blocos ofertados na Bacia do Paraná. O GTPEG (MMA, 2013) e a SBPC também apontaram preocupações quanto ao risco de contaminação deste sistema aquífero, *“a maior fonte de água doce de ótima qualidade da América do Sul”* (SBPC, 2013).

O cenário dos possíveis impactos do fraturamento hidráulico sobre os recursos hídricos agrava-se, segundo o próprio GTPEG, pela total inexistência de informações geológicas sobre as áreas que serão ofertadas no 12ª Rodada de Licitações. Considerando estes impactos, o GTPEG apontou que

“uma avaliação aprofundada sobre os recursos hídricos, integrada aos potenciais reservatórios de gás não convencional e as características geológicas associadas é fundamental para uma tomada de decisão que considera estrategicamente um balanço entre os recursos hídricos e os energéticos, disponíveis em âmbito nacional” (MMA, 2013).

Neste sentido, Rahn e Riha (2012) destacam a importância de análises de impacto ambiental



de grande escala, para além de avaliações focadas em único projeto. Segundo estes autores, essas avaliações de impactos de maior escala devem levar em consideração a cumulatividade e a sinergia dos impactos gerados por diversos empreendimentos. Neste sentido seria totalmente precipitado não só o licenciamento, mas mesmo a disponibilização de áreas para exploração de gás não-convencional sem conhecimentos geológicos mínimos, considerando que os processos de licenciamento ambiental baseados em avaliações de impacto ambientais individualizadas para cada projeto, que praticamente desconsideram a sinergia entre os diversos empreendimentos, ou são profundamente superficiais nessas análises.

III – INDUÇÃO DE ABALOS SÍSMICOS

Diversos estudos científicos relacionam a ocorrência de abalos sísmicos ao início ou à continuidade de empreendimentos onde se utiliza a técnica do fraturamento hidráulico (HOLLAND, 2011; MILLS, 2012; BRIAN, 2013; ELLSWORTH, 2013, SCHULTZ, 2013). O próprio GTPEG apontou preocupações quanto a possibilidade de indução de abalos sísmicos pelo uso do método de fraturamento hidráulico, afirmando que

“ocorrências [de sismos] possivelmente relacionadas ao fraturamento hidráulico já foram registradas nos EUA e na Inglaterra. [...] a injeção da água de descarte do fraturamento hidráulico em poços “depletados” (disposal wells) pode realmente induzir atividades sísmicas. Há mais de uma década que se tem demonstrado que a injeção de água em reservatórios petrolíferos pode ser um evento iniciador de terremotos. A injeção aumenta a pressão de poros na rocha, diminuindo o atrito nos planos da falha. Embora a injeção de água para o fraturamento [hidráulico] se trate de uma atividade diferente da injeção de água em reservatório para estímulo da produção, o princípio físico é o mesmo” (MMA, 2013).

Ressalta-se, como exposto anteriormente, que o processo de fraturamento hidráulico injeta um volume de água, somada a areia e diversos produtos químicos, inclusive tóxicos, muito maior do que em processos convencionais de extração de gás e petróleo. Por isso, a ocorrência de abalos sísmicos é potencialmente muito maior na exploração de hidrocarbonetos pelo método de fraturamento hidráulico.

O trabalho de Ellsworth (2013) demonstra a tendência de aumento de ocorrência de abalos sísmicos nas porções central e leste dos E.U.A., e indica claramente, a partir de diversos outros estudos, a relação entre a aplicação da técnica de fraturamento hidráulico e a ocorrência de abalos sísmicos. Holland (2011) também demonstra uma clara correlação temporal entre a ocorrência a aplicação da técnica de fraturamento hidráulico e a ocorrência de atividade sísmica em Oklahoma. Uma investigação conduzida pela Comissão de de Óleo e Gás de British Columbia, Canadá, conclui que uma série de abalos sísmicos de magnitude igual ou maior a 3.0 M, ocorridos na região no ano de 2009, *“foram causados por injeção de fluido durante o fraturamento hidráulico na proximidade de falhas [geológicas] pré-existentes”* (BCOGC, 2012). Green e colaboradores (2012) também afirmam a correlação entre o registro de sismos de magnitude menor a 3.0 M explicitamente relacionados com o uso da técnica de fraturamento hidráulico próximo a Blackpool, na Inglaterra, durante o ano de 2012; o estudo apontou ainda a preocupação quanto a ocorrência de novos eventos sísmicos caso a técnica volta-se a ser utilizada.

Won-Young (2013) relata a ocorrência de 167 terremotos na área de Youngstown, Ohio, E.U.A., após o início do uso do fraturamento hidráulico. Nesta área, desde 1776 (quando foram iniciadas as observações sísmicas na região da formação geológica *Marcellus Shale*) nunca haviam sido registrados terremotos. A partir de janeiro de 2011 foram registrados 109 terremotos, sendo que



o mais intenso, com magnitude de 3.9 M, ocorreu em dezembro de 2011, um ano após a empresa Northstar ter iniciado o bombeamento dos rejeitos de água no subsolo. Segundo este mesmo estudo após o fechamento do poço não houve mais registros de tremores de terra na região. Destacamos ainda o registro do maior terremoto do estado de Oklahoma, em 2011, e a ocorrência de mais de 180 tremores de pequena magnitude no estado do Texas, entre outubro de 2008 e maio de 2009 (CHOI, 2013).

Conforme o estudo publicado por Van der Elst *et al.* (2013) certas áreas onde foram realizadas injeções de fluidos ficam mais sensíveis a pequenas mudanças causadas pela passagem de ondas sísmicas provenientes de terremotos com magnitude significativa, mas que ocorrem em áreas distantes. Os estudos realizados indicam que nas regiões onde durante décadas são praticadas atividades de injeção de fluidos em subsuperfície, existem pontos que funcionam como “gatilhos” de terremotos. Tudo indica que tais atividades podem desencadear terremotos de maior magnitude do que aqueles já observados naquelas regiões. Segundo o estudo, estes “gatilhos” podem ter efeitos imediatos ou atuarem por décadas após o fraturamento da rocha. As regiões estudadas, no oeste dos Estados Unidos, apresentavam níveis de atividade sísmica relativamente baixos antes do início das atividades de injeção de fluidos.

Apesar de toda a discussão a nível internacional sobre a correlação entre a ocorrência de eventos sísmicos e o uso da técnica do fraturamento hidráulico, a ANP, em sua nota técnica sobre este método de extração de hidrocarbonetos (ANP, 2013) sequer menciona essa questão, desconsiderando por completo o exposto no parecer do GTPEG (MMA, 2013), conforme já mencionado. Como agravante, ressaltamos também o total desconhecimento de características geológicas das áreas ofertadas no 12ª Rodada de Licitações, conforme destacado pelo CTPEG (MMA, 2013), em trecho supracitado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO. 2010. *Nota Técnica nº 09/2010-SCM*.

_____. 2013. *Nota Técnica nº 345/SSM/2013*.

BAMBERGER, M. & OSWALD, R. E. Impacts of Gas Drilling on Human and Animal Health. *New Solutions*, v. 22(1), p. 51-57, 2012.

BATLEY, G. E. & KOOKANA, R. S. Environmental issues associated with coal seam gas recovery: managing the fracking boom. *Environmental Chemical*, 2012, v. 9, p. 425–428

BC OIL & GAS COMMISSION. 2012. *Investigation of Observed Seismicity in the Horn River Basin*. Canada: British Columbia.

CENTRO DE TRABALHO INDIGENISTA. 2013. 12ª Rodada de Licitações de Petróleo e Gás – Agência Nacional de Petróleo despreza normas, procedimentos e direitos estabelecidos. http://www.trabalhoindigenista.org.br/noticia.php?id_noticia=170

CHOI, Charles Q. 2013. *Confirmed: Fracking practices to blame for Ohio earthquakes*. LiveScience.

CHRISTOPHERSON, S. 2011. *The Economic Consequences of Marcellus Shale Gas Extraction: Key Issues*. CaRDI Reports Issue No. 14. Community and Regional Development Institute: New York.

COLBORN, T.; KWIATKOWSKI, C.; SCHULTZ, K. & BACHRAN, M. 2011. Natural Gas Operations From a Public Health Perspective. *Human and Ecology Risk Assessment*, v. 17, p. 1039-



1056.

ELLSWORTH, W. L. 2013. Injection-Induced Earthquakes. *Science*, v. 341, n. 6142.

ENTREKIN, S.; EVANS-WHITE, M.; JOHNSON, B. & HAGENBUCH, E. 2011. Rapid expansion of natural gas development poses a threat to surface waters. *Frontiers in Ecology and the Environment* 9: 503–511

FUNDAÇÃO NACIONAL DO ÍNDIO. 2013a. *Memorando n° 356/CGID/2013*.

_____. 2013b. *Memorando n° 232/CGIIRC/DPT/2013*

_____. 2013c. *OFÍCIO N° 425/2013/DPDS/FUNAI-MJ*.

GILLEN, J. L. & KIVIAT, E. Jennifer L. Gillen and Erik Kiviat (2012). ENVIRONMENTAL REVIEWS AND CASE STUDIES: Hydraulic Fracturing Threats to Species with Restricted Geographic Ranges in the Eastern United States. *Environmental Practice*, v. 14, pp 320-331.

GREEN, C. A.; STYLES, P. & BAPTIE, B. 2012. *Preese Hall shale gas fracturing: Review and recommendations for induced seismicity mitigation*.

HANSEN, E.; MULVANEY, D. & BETCHER, M. *Water Resource Reporting and Water Footprint from Marcellus Shale Development in West Virginia and Pennsylvania*. Earthworks Oil & Gas Accountability Project.

HOLLAND, A. 2011. *Examination of Possibly Induced Seismicity from Hydraulic Fracturing in the Eola Field, Garvin County, Oklahoma*. Oklahoma Geological Survey.

HOLLOWAY, M. D. & RUDD, O. 2013. *Fracking*. Scrivener Pub: Massachusetts. 376 p.

JACKSON, R. B.; VENGOSH, A.; DARRAH, T. H.; WARNER, N. R.; DOWN, A.; POREDA, R. J.; OSBORN, S. G.; ZHAO, K. & KARR, J. G. 2013. Increased stray gas abundance in a subset of drinking water wells near Marcellus shale gas extraction. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America Early Edition*, v. 110, n. 28, p. 1-6.

KIVIAT, E. 2013. Risks to biodiversity from hydraulic fracturing for natural gas in the Marcellus and Utica shales. *Annals of the New York Academy of Sciences*, v. 1286, p. 1–14.

LUTZ, B. D.; LEWIS, A. N. & DOYLE, M. W. Generation, transport, and disposal of wastewater associated with Marcellus Shale gas development. *Water Resour*, v. 49.

MCFEELEY, M. 2012. *State Hydraulic Fracturing Disclosure Rules and Enforcement: A Comparison*. Natural Resources Defense Council.

MICHAEL, C.; SIMPSON, J. L. & WEGNER, W. 2010. *Fractured Communities – Case studies of the Environmental Impacts of Industrial Gas Drilling*.

MILLS, J. A. 2012. *Insights on Induced Seismicity in Ohio from the Youngstown M4.0 Earthquake*. The Ohio State University School of Earth Sciences. Shell Undergraduate Research Experience (SURE) Internships.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. 2013. Parecer do Grupo de Trabalho Interinstitucional de Atividades de Exploração de Petróleo e Gás – GTPEG N° 03.

OIL & GAS ACCOUNTABILITY PROJECT and EARTHQUAKES. 2007. *The Oil and Gas Industry's Exclusions and Exemptions to Major Environmental Statutes*. OGAP: Durango.

OHIO DEPARTMENT OF NATURAL RESOURCES, 2008. *Report on the Investigation of the Natural Gas Invasion of Aquifers in Bainbridge Township of Geauga County, Ohio*.

OSBORN, S. G.; VENGOSH, A.; WARNER, N. R. & JACKSON, R. B. Methane contamination of



- drinking water accompanying gas-well drilling and hydraulic fracturing. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America Early Edition*, v. 108, n. 20, p. 8172–8176.
- PAPOULIAS, D. M. & VELASCO, A. L. 2013. Histopathological Analysis of Fish from Acorn Fork Creek, Kentucky, Exposed to Hydraulic Fracturing Fluid Releases. *Southeastern Naturalist*, 12(4): p. 92-111.
- RAHN, B. G. & RIHA, S. J. 2012. Toward strategic management of shale gas development: Regional, collective impacts on water resources. *Environmental Science & Policy*, v. 17, p. 12-23.
- RAMUDO, A. & MURPHY, S. 2010. *Hydraulic Fracturing—Effects on Water Quality*. Cornell University: New York.
- REINS, L. 2011. The Shale Gas Extraction Process and Its Impacts on Water Resources. *Review of European Community & International Environmental Law*, v. 20, p. 300–312.
- RIDLINGTON, E. & RUMPLER, J. 2013. *Fracking by the Numbers Key Impacts of Dirty Drilling at the State and National Level*. Environment Colorado Research & Policy Center.
- ROCHA, G. A.; HIRATA, R. C. A. & SCHEIBE, L. F. 2013. *Carta à Presidenta Dilma Rousseff*.
- ROWAN, E. L.; ENGLE, M. A.; KIRBY, C. S. & KRAEMER, T. F. 2011. *Radium Content of Oil- and Gas-Field Produced Waters in the Northern Appalachian Basin (USA): Summary and Discussion of Data*. U.S. Geological Survey Scientific Investigations Report 2011–5135.
- SCHULTZ, C. Marcellus Shale fracking waste caused earthquakes in Ohio. *American Geophysical Union*, v. 94(33), p. 296.
- SLONECKER, E. T.; MILHEIM, L. E.; ROIG-SILVA, C. M.; MALIZIA, A. R.; MARR, D. A. & FISHER, G. B. *Landscape Consequences of Natural Gas Extraction in Bradford and Washington Counties, Pennsylvania, 2004 – 2010*. U.S. Geological Survey Open-File Report 2012–1154
- SOCIEDADE BRASILEIRA PARA O PROGRESSO DA CIÊNCIA. 2013. Carta SBPC-081/Dir.
- SUMI, L. 2005. *Our drinking water at risk*. Oil and Gas Accountability Project.
- UNITED STATES HOUSE OF REPRESENTATIVES. 2005. *Energy Policy Act of 2005*.
- UNITED STATES HOUSE OF REPRESENTATIVES COMMITTEE ON ENERGY AND COMMERCE. 2011. *Chemicals used in hydraulic fracturing*.
- VAN DER ELST, N. J.; SAVAGE, H. N.; KERANEN, K. M. & ABERS, G. A. Enhanced Remote Earthquake Triggering at Fluid-Injection Sites in the Midwestern United States. *Science*, v. 341, n. 6142, p. 164-167.
- VELI, J. A. 2010. *Water Management Technologies Used by Marcellus Shale Gas Producers*. United States Department of Energy National Energy Technology Laboratory.
- ZOBACK, M., KITASEI, S. & COPITHORNE, B. 2010. *Addressing the Environmental Risks from Shale Gas Development*. Worldwatch Institute: Washington.
- WON-YOUNG, K. 2013. Induced seismicity associated with fluid injection into a deep well in Youngstown, Ohio. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, v. [118](#).