

GOVERNANÇA CORPORATIVA COMO FERRAMENTA DO GERENCIAMENTO DE RISCOS NA INDÚSTRIA DO PETRÓLEO

Armando Cesar Gonçalves de Moraes Junior (*), Eduardo Linhares Qualharini

Universidade Federal do Rio de Janeiro – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental.
armandomoraesjr@poli.ufrj.br

RESUMO

Embora o gás de xisto seja explorado há mais de um século, foi na década atual que sua extração, especialmente nos Estados Unidos, cresceu exponencialmente. Estimulados pelos altos preços do barril de petróleo e pela independência energética, os Estados Unidos, empregando técnicas de fraturamento hidráulico e perfuração horizontal, assumiram a posição de maior produtor mundial de gás. Tão forte quanto o crescimento da exploração desse recurso veio a preocupação com os impactos econômicos, ambientais e sociais que isso poderia gerar. Este artigo investiga como a gestão participativa, por meio da governança de risco, tem sido empregada e quais os desafios que ela ainda enfrenta.

1 linha em branco, fonte Times New Roman, tamanho 10

PALAVRAS-CHAVE: Governança de risco, Produção Sustentável; Gerenciamento de risco, Indústria de Petróleo; Gás de xisto.

INTRODUÇÃO

A indústria de óleo e gás vem gerindo seus processos de modo a torná-lo sustentável frente às crescentes e ininterruptas demandas que o governo e a sociedade têm apresentado. Proporcionar um ambiente seguro para as pessoas que laboram em suas instalações, garantir a continuidade do negócio, preservar os recursos naturais circunvizinhos, interagir com a comunidade local etc. são elementos de governança corporativa cada vez mais presentes neste segmento industrial.

Di Giulio e Ferreira (2013) apontam que os elementos de governança de risco, adotados pelas corporações, fundamentam-se num processo decisório coletivo, onde os agentes não governamentais e governamentais são envolvidos na busca por soluções que atendam a complexidade da demanda.

Renn (2008) sustenta que o processo participativo da governança de riscos está alicerçado em 6 pilares, a saber: 1) envolvimento de representantes dos diferentes grupos sociais; 2) empoderamento de todos os atores na participação e construção do discurso; 3) processo de construção conjunta do problema a ser enfrentado; 4) proposição de uma compreensão comum da magnitude do risco, das opções de gerenciamento e a inclusão de múltiplas opções que representem os diferentes interesses das partes envolvidas; 5) condução de um fórum para o processo de tomada de decisão e 6) possibilidade de construção de interface entre aqueles que participam da decisão e os que a implementam.

OBJETIVOS

Este trabalho investiga quais ações de governança corporativa e avaliação de riscos socioambientais estão sendo empregados na indústria de óleo e gás norte americana e quais as principais dificuldades que têm sido encontradas na sua implementação.

Para tanto, foram selecionados nove artigos que discorrem sobre a indústria de óleo e gás dos EUA, associados a fatores-chaves, como: “Governança de risco”, “Avaliação Ambiental de Estratégias Corporativas”, “Produção Sustentável” e “Sistemas de Gerenciamento de Riscos”. Por ser o maior produtor de petróleo mundial, segundo o Instituto Brasileiro de Petróleo, Gás e Biocombustíveis (IBP, 2018), este estudo focou na indústria norte-americana.

Cada artigo apresenta as principais ações que as empresas envolvidas no setor do óleo e gás estão desenvolvendo para colaborar de maneira responsável com a sociedade e o meio ambiente, visando à manutenção sustentável do negócio. Por fim, é feita uma análise geral dos principais elementos em comum aos artigos, tendo em vista as questões mais relevantes e as estratégias que se desenvolvem neste segmento industrial.

METODOLOGIA

O presente trabalho fundamenta-se numa pesquisa bibliográfica e foi estruturado em 6 etapas, a saber:

- Etapa 1: Pesquisa nas bases de dados Web of Science, por meio do Portal Periódicos Capes/MEC, dos artigos que fundamentarão a pesquisa;
 Etapa 2: Separação dos artigos relevantes através de palavras-chave específicas e intervalo de tempo de interesse;
 Etapa 3: Correlação das palavras-chaves escolhidas com a Indústria de interesse –exploração/produção de óleo e gás norte-americana;
 Etapa 4: Contextualização e fundamentação teórica;
 Etapa 5: Identificação das práticas de governança corporativa e de gestão de riscos empregadas;
 Etapa 6: Análise crítica dos artigos e conclusão.

As palavras chave utilizadas foram: ‘Risk governance’; ‘Environmental Assessment of Corporate Strategies’; ‘Sustainable Production’ e ‘Risk Management Systems’, todas associadas através do conector “and” ao termo chave ‘oil and gas industry’. O intervalo de tempo definido foi de 5 anos; desta maneira a busca limitou-se à artigos publicados entre os anos de 2014 e 2019.

Foram selecionados 9 artigos em que se observou maior compatibilidade com o conteúdo pretendido a ser estudado e que abordassem a temática em indústrias norte-americanas, publicados em 7 periódicos distintos, entre os anos de 2014 e 2019. Todos os artigos foram publicados em revistas de âmbito internacional com classificação Qualis A1 e A2, nas áreas Engenharias I, III e Ciências Ambientais - consulta realizada na plataforma Sucupira/Portal Qualis. A seleção dos artigos é apresentada no quadro 1, abaixo:

Quadro 1. Lista de artigos selecionados para o estudo. Fonte: Elaboração Própria, 2020.

Título do artigo	Periódico	Ano	Classificação Qualis
Risks and Risk Governance in Unconventional Shale Gas	Environmental Science & Technologies, Vol.48(15), pp. 8289-8297	2014	A1
The Capacity of States to Govern Shale Gas Development Risks	Environmental Science & Technologies, Vol.48(15), pp. 8376-8387	2014	A1
Public and Stakeholder Participation for Managing and Reducing the Risks os Shale Gás Development	Environmental Science & Technologies, Vol.48(15), pp. 8388-8396	2014	A1
Eliciting public concerns about an emerging energy technology	Energy Research & Social Science, Vol.8, pp. 139-150	2015	A1
Stakeholder influence and the diffusion of eco-efficiency practices in the natural gas exploration and production industry	International Journal of Energy Sector Management, Vol.10(1), pp. 56-68	2016	A2
The insurance industry and unconventional gas development Gaps and recommendations	Energy Police, Vol.94, pp. 331-335	2016	A1
Debating Unconventional energy social, political and economic implications	Annual Review on Environment and Resources, Vol.42, pp. 241-266	2017	A1
The Dual Importance of Political Identity in Environmental Governance The Case of Oil and Gas Policy in Colorado	Society and Natural Resources, Vol.31(11), pp. 1230-1247	2018	A2
Economic, social, and environmental evaluation of energy development in the Eagle Ford shale play	Science of the Total Environmental, Vol.646, pp.1601-1614	2019	A1

RESULTADOS

Risco é o vocábulo empregado para mensurar, de forma geral, a probabilidade de um evento materializar-se, torna-se real. Desta maneira, pode ser utilizado em diversos cenários, como político, social, ambiental, empresarial etc. Assaf Neto (2003) exemplifica dizendo que os riscos permeiam as atividades empresariais e relacionam-se com a probabilidade de

ocorrência de determinados resultados em relação ao que dela se espera. Silva, Granemann e Fischer (2018) afirmam que os riscos são inerentes às atividades empresariais e que gerenciá-los possibilita proporcionar uma melhor performance à organização.

Como meio para se antecipar a um resultado não desejado, a gestão de riscos assume relevância como ferramenta para minimização de prejuízos e redução de ocorrências com potencial de impacto nas operações da organização (HOPE, 2002).

De acordo com Consiglio et al. (2019), o gerenciamento de riscos corporativos pode ser definido como um sistema intrínseco ao planejamento estratégico dos negócios, composto por processos contínuos e estruturados – governança corporativa – responsável por manter esse sistema vivo e em funcionamento. Por meio desses processos, a organização pode mapear oportunidades de ganhos e reduzir a probabilidade e o impacto das perdas. É, desta maneira, um sistema integrado para conduzir o apetite à tomada de riscos no ambiente de negócios para alcançar os objetivos definidos.

Para gerir riscos de maneira apropriada, uma organização precisa estabelecer premissas claras acerca do seu sistema de gestão. A governança corporativa, que segundo o Instituto Brasileiro de Governança Corporativa (IBGC, 2015) é o sistema pelo qual as empresas e demais organizações são dirigidas, monitoradas e incentivadas, envolvendo os relacionamentos entre sócios, conselho de administração, diretoria, órgãos de fiscalização e controle e demais partes interessadas, mostra-se um mecanismo eficaz para tal fim.

De acordo com relatório recente da International Energy Agency (IEA) - The World Energy Outlook (WEO) 2019 – quase 60% da capacidade instalada de geração de energia no mundo é não renovável, ou seja, de origem fóssil, sobretudo carvão, óleo e gás, conforme figura 1.

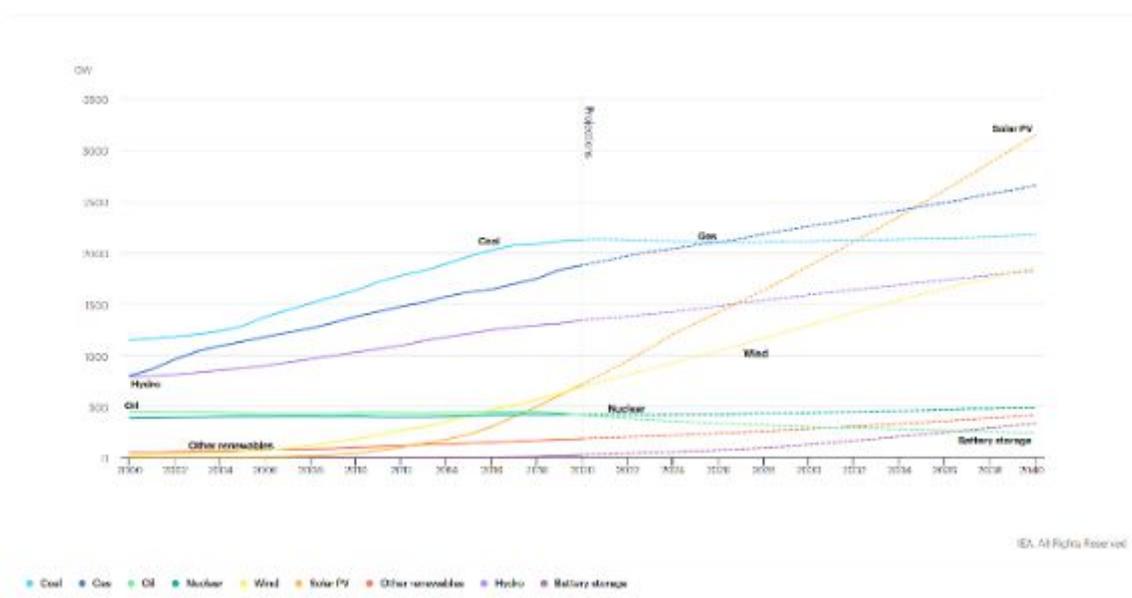


Figura 1: Capacidade instalada de geração de energia por fonte no cenário de novas políticas, 2000-2040

Os Estados Unidos da América (EUA), de acordo com o Observatório do Setor do Instituto Brasileiro de Petróleo, Gás e Biocombustíveis (IBP, 2019), apontava na liderança da produção mundial de petróleo, conforme figura 2.

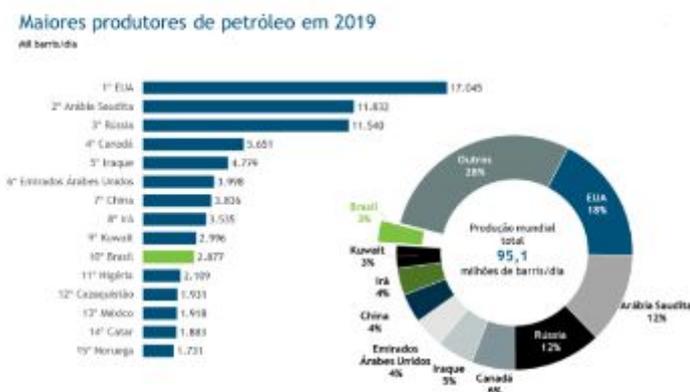


Figura 2: Maiores produtores mundiais de petróleo

Não obstante, segundo publicação da Internacional Energy Agency, em 2019, a produção global de gás natural atingiu um novo recorde de 4,088 trilhões de metros cúbicos, um aumento de 3,3% em relação a 2018, conforme figura 3. Dentro da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), os Estados Unidos, que é um dos 37 países signatários, tiveram o maior aumento relativo da produção, 10,3%, mantendo a posição histórica de maior produtor do grupo, conforme figura 4.

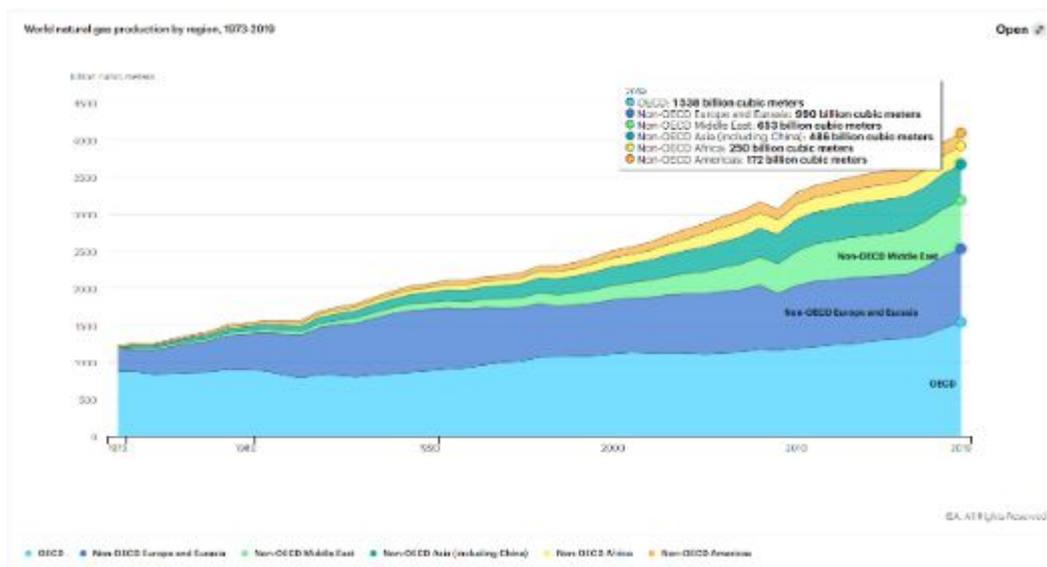


Figura 3: Produção Mundial de gás natural por região, 1973-2019

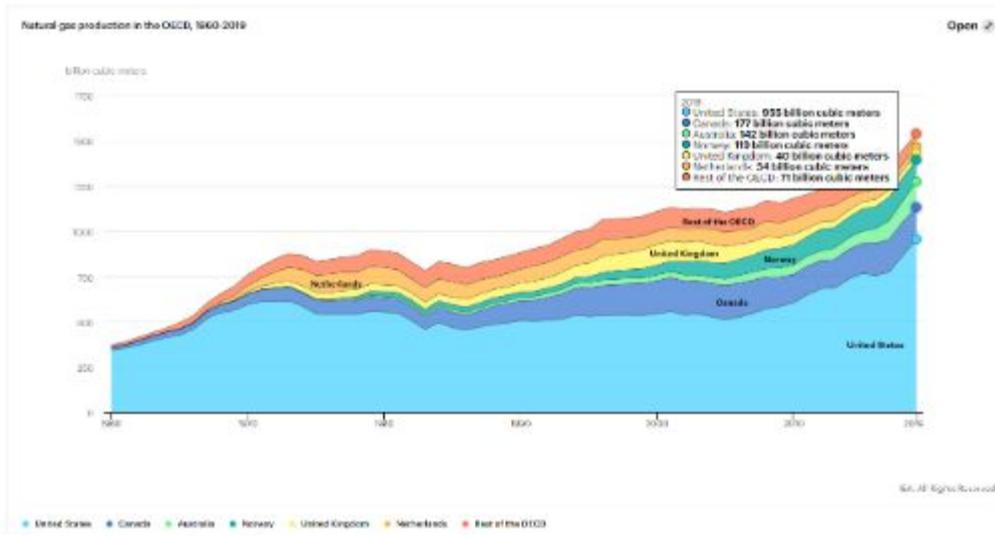


Figura 4: Produção de gás natural na OCDE, 1960-2019

Ainda segundo a IEA (2019), a demanda global por gás natural aumentou 1,5% em relação a 2018, chegando a 3986 bilhões de metros cúbicos, sendo o décimo ano consecutivo de aumento.

Os países da OCDE registraram um aumento na demanda de 1,9%, embora isso tenha ocorrido inteiramente nos países americanos da OCDE, especialmente os Estados Unidos e o Canadá. A demanda por gás natural também aumentou 1,1% em países não pertencentes à OCDE.

Muito embora se tenha histórico da produção de óleo de rochas sedimentares denominadas xistos argilosos desde 1820 e de gás oriundo desses reservatórios, em escala significativa, a partir da década de 70, nos EUA (VALLE, 2014), foi na presente década que um salto expressivo na produção desse recurso colocou os EUA como líder na produção mundial de gás.

Segundo Chen e Xu (2019), de 2000 a 2016, a participação na produção de gás de xisto dos EUA aumentou de cerca de 3% para 48% da produção total de gás natural.

O gás de xisto ou gás de folhelho, também conhecido no vernáculo inglês como shale gás, é um gás natural obtido de formações de xisto em forma de folha, frequentemente em profundidades superiores a 1.500 metros. Os xistos são rochas sedimentares de granulação fina que consistem em partículas do tamanho de lodo e argila que foram depositadas há centenas de milhões de anos atrás como lama rica em orgânicos no fundo de mares antigos e planícies de maré. Durante longos períodos geológicos, o gás gerado nos folhelhos migrou para camadas de rocha mais permeáveis, formando os chamados reservatórios convencionais de hoje - depósitos de gás que são facilmente explorados através da perfuração convencional (ENCYCLOPÆDIA BRITANNICA, 2019). No entanto, muito gás ainda está contido nas “rochas-fonte” de xisto, requerendo técnicas não convencionais, ou seja, distintas daquelas empregadas para escoamento de óleo e gás nas produções onshore o offshore mundo afora. Por esta razão o gás de xisto é frequentemente chamado, também, de ‘gás não convencional’.

Sua exploração ocorre através de uma técnica chamada de fraturamento hidráulico. Segundo Livy et al. (2018), o desenvolvimento dessa tecnologia somada à perfuração horizontal levaram ao boom da extração de gás natural de xisto visualizada na última década. Embora essas tecnologias tenham o potencial de transformar o setor de energia nos Estados Unidos e ofereçam benefícios econômicos por meio de preços mais baixos da energia, elas também geram impactos negativos na saúde humana e ao meio ambiente. Chen e Xu (2019) acrescentam que embora esses avanços tenham contribuído para colocar os EUA na posição que se encontra, também levou a um aumento na preocupação com os impactos nos recursos hídricos nas áreas de produção. Segundo eles, o impacto mais comum relatado na qualidade da água na Pensilvânia foram casos de gás natural migrando para o abastecimento de água.

A figura 5, obtida no domínio eletrônico da IEA (2020), registra o sistema de mapeamento de energia dos EUA e mostra a localização dos campos de gás de xisto (rosa) e os poços de gás perfurados na região (azul).



Figura 5: Sistema de mapeamento de energia dos EUA – reservas de gás de xisto (rosa) e poços de produção de gás (azul)

Small et al. (2014), em um de seus trabalhos pioneiros sobre o gás de xisto, aponta que o grande crescimento na produção deste gás nos EUA trouxe consigo preocupações maiores, sobretudo com os impactos sócio ambientais decorrentes do emprego da perfuração horizontal, do fraturamento hidráulico e do uso de diversas substância química nos fluidos utilizados. Sobremaneira, destaca que a indústria norte-americana de óleo e gás é composta por empresas multinacionais de perfuração e produção, como a ExxonMobil, Shell e Chevron, mas também por centenas de outras pequenas empresas, que exploram, por vezes, um único poço. Isso faz com que este mercado tenha organizações com diferentes capacidades técnicas e experiências e distintos objetivos em relação à segurança, saúde, meio ambiente, relacionamento com a comunidade etc. Oito tipos distintos de riscos são identificados na pesquisa: 1) riscos operacionais, que incluem os riscos à saúde dos trabalhadores; 2) riscos aos recursos aquíferos; 3) riscos à qualidade do ar; 4) impactos nas mudanças climáticas; 5) impactos ecológicos; 6) efeitos na saúde pública; 7) efeitos sócio- econômicos e às comunidades vizinhas e 9) riscos cumulativos e sinérgicos.

A abordagem governamental na indústria de gás do xisto nos EUA é descentralizada, com aplicação de políticas e regulação concentrada nas autoridades estatais e locais. Esta concepção, ao mesmo tempo que se apresenta benéfica, com práticas orientadas a realidade do local, tem também seus desafios, pois muitos estados não dispõem, como outros que atuam neste segmento há mais tempo, de expertise no setor. Isso provoca, ademais, práticas regulatórias diferentes sobre a mesma temática em diferentes estados.

Quatro oportunidades em governança corporativa foram identificadas na pesquisa: a) códigos de certificação e padrões voluntários de melhores práticas entre as empresas que atuam no setor, como forma de disseminação dos erros e soluções de sucesso empregadas em outras empresas que atuam na mesma área, tendo os mesmos desafios e oportunidades de melhoria; b) planos de desenvolvimento abrangentes – com especificação da locação de poços, rotas de gasodutos e apoio logístico, recursos de monitoramento etc., já aplicados nos estados do Colorado e de Maryland, sendo voluntário no primeiro e mandatório no segundo; c) uso inovador de recursos econômicos, com a aplicação de taxas para capacitação da estrutura de governança local, custeio do sistema público de saúde e infraestrutura de comunidades afetadas. O sistema também poderia ser utilizado para fortalecer as culturas de segurança e meio ambiente empresariais bem como para criar mecanismos que impeçam que os poços empobrecidos sejam abandonados, levando a riscos futuros e d) avaliação de cenários possíveis para uma governança de risco expandida. Neste caso, a atuação do governo seria de maneira mais expandida, abordando implicações de riscos interestaduais do desenvolvimento do xisto e proporcionado a formalização das melhores práticas, além de incentivar a gestão de riscos mais consistente e eficaz em todo o setor, por meio do suporte à coleta e compartilhamento de dados.

Wiseman (2014) esclarece em seu estudo que as questões de governança costumam surgir na vanguarda do diálogo público quando algo muda: desenvolvimento de uma nova tecnologia ou expansão de atividade industrial para uma nova região, chamando a atenção para a abordagem de governança do status quo. Segundo ela, o crescimento na produção do gás de xisto na última década retrata este aspecto. Tal como identificado no trabalho de Small et al. (2014), a autora ratifica que os estados são os reguladores mais ativos do desenvolvimento de petróleo e gás devido a várias grandes isenções federais e alocações históricas de autoridade aos estados. Eles, no entanto, não estão totalmente equipados ou motivados para assumir adequadamente essa tarefa. Outros atores figuram neste cenário: entidades privadas participam da revisão estatal dos regulamentos ambientais de petróleo e gás natural, assim como grupos sem fins lucrativos, como o Fundo de Defesa Ambiental, sugerindo a indústria práticas aprimoradas de óleo e gás.

Os gap ou lacunas na regulação estadual são elementos fortíssimos de dissociação de práticas de governança mais eficazes em óleo e gás identificado nos EUA. Os estados, na liberdade que assumem para executar ou delegar às lideranças locais políticas de preservação ambiental na indústria de produção de gás do xisto, atuam com diretrizes distintas: uns mais restritivos, outros mais permissivos e, em muitos casos, simplesmente não se manifestam. Iniciativas diversas se fazem necessárias em virtude, tanto das lacunas nas regulamentações quanto em relação a criticidade que assumiram na época que foram escritas (muitas delas foram redigidas quando o cenário era distinto do da última década), para que a governança de risco no desenvolvimento de gás seja mais eficiente. Muitos governos locais estão adicionando ou alterando regras, como Fort Worth e Arlington, Texas e o Condado de Santa Fe, Novo México, implementando requisitos relativamente amplos de proteção ambiental.

Alguns riscos são identificados na perfuração e produção de poços de gás de xisto: a) erosão e sedimentação de poços; b) impactos das águas superficiais e subterrâneas por conta de derramamentos, vazamentos, explosões de poços e descarte inadequado; c) impactos das águas subterrâneas devido à impropriedade de poços e disposição de resíduos; d) quantidade de água; e) sismicidade induzida a partir de poços de eliminação e remoção; f) poluição do ar; g) remoção inadequada de resíduos e h) segurança ocupacional.

North et al. (2014) assegura que o gás de xisto é um “combustível de transição” para uma economia renovável, devido ao seu baixo custo e ao fato de emitir cerca de metade do CO₂ que o carvão produz por kWh quando usado para gerar eletricidade. Quando queimado, distintivamente do carvão ou óleo, polui menos a atmosfera, o que resulta em malefícios menores à saúde pública, contribuindo menos, também, para o aquecimento global.

Sua produção é vista sob duas óticas: a) benéfica, porque ajuda o desenvolvimento social econômico de muitas comunidades onde é inserido, principalmente as rurais; diminui a dependência norte-americana de mercados externos; gera emprego e renda, dentre outros e b) maléfica, porque aumenta, como sub produto do processo, a quantidade de resíduos gerados; riscos associados às tecnologias e meio de emprego difíceis de serem caracterizados ou cujos efeitos ainda não se conheça; as comunidades das cidades em expansão experimentam mudanças demográficas e econômicas radicais que afetam os serviços públicos e, em algumas áreas, alteram significativamente o modo de vida local etc.

A governança de riscos nas indústrias que produzem gás de xisto, que pelas suas características apresentam controvérsias tecnológicas e ambientais, tem recomendação do Conselho Nacional de Pesquisa para que seja realizada com participação do público. Essa participação, no entanto, apresenta desafios. Primeiro, o conhecimento é distribuído de maneira desigual.

Os atores do setor tiveram uma grande vantagem em relação as outras partes interessadas e afetadas no conhecimento da tecnologia. Segundo, as atividades de desenvolvimento de gás de xisto são dispersas. Nos Estados Unidos, o desenvolvimento de gás envolve muitas empresas, grandes e pequenas, e está ocorrendo em muitos estados e localidades diferentes, e as operações são abrangidas por várias unidades reguladoras. Além disso, por conta dos arrendamentos e mudanças dos locais de perfuração e produção, parte dos atores é modificada, dificultando que aprendam com experiências de outros lugares. Terceiro, no contexto do desenvolvimento de gás de xisto, muitos sistemas reguladores restringem o envolvimento do público a audiências públicas formais e períodos de comentários sobre regulamentos propostos, caminhos que não promovem o diálogo, o aprendizado e a construção de acordos. A participação popular, analítica-deliberativa, em todas as fases do estudo de risco e tomada de decisões, tal como recomendado nos relatórios da National Research Council (NRC) de 1996 e 2008, é urgentemente necessária no desenvolvimento do gás do xisto, especialmente em regiões, incluindo os estados dos EUA produtores desse gás, onde haja desconfiança da indústria e dos órgãos reguladores.

Israel et al. (2015) afirmam que a governança de riscos surgiu como uma abordagem que envolve a avaliação técnica de riscos, mas a posiciona no contexto de uma política e enquadramento sociológico da questão do risco. O primeiro passo no processo de governança rápida é a pré-avaliação ou a identificação dos tipos de problemas que podem exigir análise, incluindo os identificados pelas partes interessadas e afetadas (PIA). As PIA, de acordo com o relatório da NRC de 1996, já citado por North et al. (2014), é ponto chave para alinhar o foco da avaliação técnica de riscos às exigências da tomada de decisão democrática. Em sua investigação, Israel et al. (2015) entrevistou 361 pessoas de 24 estados, distribuídos por todo território nacional, no entanto, mais concentradamente, naqueles estados em que a produção de gás de xisto é mais intensa, como Nova York, Ohio, West Virginia, Pennsylvania e Colorado. Foi adotado o processo de amostragem de bolas de neve, baseado em sementes extraídas de pesquisas em sites do Facebook e páginas da internet, que se mostrou uma abordagem replicável possível. Para os autores, o valor dessa abordagem para a governança de riscos no desenvolvimento de gás de xisto pode ser visto comparando as preocupações relatadas pelos entrevistados com os resultados de esforços não relacionados de avaliação de riscos lideradas por especialistas. Entre as preocupações citadas em relação a governança corporativa, figuram: Cultura e práticas corporativas – 57; Regulamentos – 148; Informação – 125; Sistemas jurídicos – 40; Justiça distributiva – 23 e Participação política – 25. Entre os impactos causados ao meio ambiente, a parcela entrevistada declarou, como elementos preocupantes: impactos ambientais genéricos; impactos ambientais no ar; impactos ambientais na água, impactos ambientais no solo; impactos ecológicos; impactos no clima global e impactos à saúde humana.

O resultado da pesquisa aponta que muitos riscos identificados pela PIA não foram, comparativamente a outros estudos desenvolvidos por especialistas, mapeados. Um processo analítico-deliberativo, desta maneira, com participação mais abrangente dos grupos interessados, na opinião dos pesquisadores, é a melhor maneira de garantir que os riscos certos obtenham o tipo certo de consideração.

Houser (2016) destaca inicialmente em seu trabalho que embora economicamente bem-vinda, a perfuração de gás natural apresenta problemas de poluição e regulamentação e cria preocupações para os proprietários de terras onde essa atividade se desenvolve, mas não tão somente a eles. Um grupo maior de partes interessadas neste processo se apresenta, como os próprios industriais, os funcionários destas empresas, os governos estaduais e local, acionistas, grupos ambientais, etc. Seu trabalho investiga se as essas pressões das instituições e das empresas participantes do setor de óleo e gás são mais específicas nas práticas de eficiência ecológica, ou se esses tipos de melhorias são principalmente influenciados internamente. Considerando que as práticas de eco eficiência produzem benefícios tanto para a empresa quanto para o meio ambiente, os gerentes das empresas podem estar mais inclinados a buscá-las. Ser mais eficiente neste negócio significa impor menos pressão sobre o meio ambiente, com mudanças de processos e produtos para reduzir desperdícios na fonte, redução no uso de energia e materiais, conservação de água de ciclo e aumento da eficiência no uso de combustíveis.

Houser (2016) conclui que as partes interessadas institucionais desempenham um papel de destaque na indústria produtora de gás natural, especialmente devido às preocupações ambientais e sociais que acompanham esse tipo de desenvolvimento. Com tecnologia e práticas exploratórias relativamente novas e talvez outras ainda em surgimento, o setor enfrenta um escrutínio cada vez maior de reguladores e de outros participantes institucionais, o que está alinhado com pesquisas anteriores focadas no papel dos atores institucionais do setor quando do início de desenvolvimento. A constatação de que práticas de eco eficiência são impulsionadas principalmente pelos atores internos da empresa está em linha com pesquisas anteriores desenvolvidas no setor de recursos naturais. As partes interessadas internas não incluem apenas funcionários e gerência, mas também fornecedores e investidores. Da mesma forma, órgãos reguladores e ONG são vistos como uma dimensão única da influência das partes interessadas nas práticas de eco eficiência. Como as ONG tendem a ter recursos e meios insuficientes para disciplinar as empresas, é provável que elas escolham um caminho indireto através de organizações reguladoras para influenciar as práticas da indústria. Em relação aos órgãos de regulação, os autores apontam que parte da influência que exercem pode ser mais coercitiva do que colaborativa, conforme evidenciado pelo mandato emitido pelo Departamento de Proteção Ambiental da Pensilvânia em abril de 2011, onde as

operadoras deixarão de fornecer seus resíduos em estações de tratamento de águas residuais municipais, que aumentaram rapidamente a reciclagem de águas residuais desde então.

Wetherell (2016) investiga em seu trabalho como uma das partes interessadas (seguradoras) no processo de produção de gás não convencional se comporta no mercado norte americano. Segundo ele, poucas empresas de produção de gás estão seguradas por danos ambientais especificamente. Grande parte dessa escassez de cobertura é causada pela total relutância das seguradoras em realizar cobertura para as empresas deste segmento. O produto com maior destaque para as empresas de produção de gás de xisto é o ‘responsável por prejuízos ambientais’ (Environmental Impairment Liability - EIL) que fornece cobertura por danos a outras partes causados por condições de poluição originárias de um poço. As políticas de EIL são limitadas pela necessidade de as seguradoras serem capazes de quantificar riscos e conhecer os possíveis danos que uma reclamação possa trazer para a seguradora. Como para muitos riscos mapeados neste segmento industrial as informações são ainda imprecisas e de extrema incerteza, verifica-se essa falta de vontade das seguradoras em realizar coberturas. Para elas, essa incerteza é grande demais para cobrar prêmio razoável.

Ademais, segundo o autor, por causa do chamado “risco moral público”, áreas com medo desproporcional sobre fraturamento hidráulico, método empregado na produção de gás não convencional, têm maior probabilidade de processar essas empresas por danos à saúde e ao meio ambiente que não foram realmente causados pelas atividades da empresa, encarecendo o prêmio e dificultando a oferta deste produto.

Soluções participativas por parte de outro público de interesse podem auxiliar este processo. Os governos podem subsidiar efetivamente o seguro dessas empresas estabelecendo um limite para responsabilidade por eventos catastróficos. Exemplos como o governo federal fez com a Lei Price Anderson para energia nuclear, a Lei Nacional de lesões por Vacinas na Infância para vacinas manufaturadas e o Apoio ao Antiterrorismo através da Lei de Tecnologias eficazes para o desenvolvimento tecnológico antiterrorista. Uma outra solução é a formação, por parte das indústrias produtoras de gás de xisto, de companhias de seguros mútuas ou associações semelhantes à Associação Mútua Europeia para a Indústria Nuclear e à Nuclear Electric Insurance Limited, ambas que são entidades privadas de propriedade do tomador do seguro entre as empresas de energia nuclear. Estes acordos fornecem seguro a indústria e incentivam o monitoramento por pares que pode levar a reduções de risco definitivas.

Segundo Neville et al. (2017), o aumento da produção de gás de xisto nos EUA influenciou os mercados e preços de energia, embora de maneiras diferentes. A expansão da produção de gás aumentou seu suprimento no mercado regional e, sem um mercado global, reduziu os preços do gás doméstico. Essa redução nos preços facilitou a mudança das usinas de carvão para usinas a gás, beneficiando consumidores e incentivando a expansão do setor manufatureiro que utiliza gás como matéria-prima.

Os autores identificaram, em seu estudo, três fatores que explicam a variação da regulação do emprego do faturamento hidráulico na produção de gás não convencional entre países e dentro deles. Primeiro, a priorização relativa da segurança energética versus questões ambientais. Nos países em que a segurança energética é priorizada em relação a proteção ambiental, o emprego do faturamento hidráulico procedeu na ausência de novos marcos regulatórios. Nos Estados Unidos, o gás de xisto foi considerado uma oportunidade para melhorar a recuperação econômica e a segurança energética doméstica. Um segundo fator que impulsionou a variação Inter jurisdicional da regulamentação do emprego do faturamento hidráulico pode ser atribuído a estruturas de propriedade de direitos minerais e distribuição de royalties. Nos Estados Unidos, os direitos de exploração mineral estão vinculados às parcelas de terra e podem ser divididos para que os direitos minerais sejam controlados por alguém que não seja o detentor dos direitos de superfície. Como resultado, as licenças para exploração podem e geralmente são concedidos a empresas privadas que não são proprietárias de terras e que podem tirar proveito do subsolo, independentemente da opinião dos proprietários de terras. Este regime flexível de propriedade de direitos minerais é citado como um dos principais fatores que possibilitam o desenvolvimento do xisto nos Estados Unidos. O terceiro fator está associado aos riscos relativos ao processo de produção do gás e as percepções desses riscos. O estudo apontou que as percepções acerca do desenvolvimento de gás de xisto também são influenciadas pela propriedade dos detentores de direitos não-minerais tendendo a ver o gás de xisto mais negativamente. Alguns estudos descobriram desconfiança no petróleo e na indústria de gás entre as comunidades, embora a confiança na indústria tenha sido inversamente correlacionada com as percepções de risco dos entrevistados.

Em seu trabalho, Neville et al. (2017) identificaram que o federalismo norte americano atuou como o principal fator de resultados regulatórios do xisto, uma vez que a regulamentação do petróleo e gás foi transferida para os estados desde o início da regulamentação de petróleo e gás na década de 1930. Segundo eles, os estados também mantiveram autoridade reguladora com a introdução de regulamentos ambientais federais na década de 1970; além disso, em muitos casos, a indústria conseguiu obter isenções às normas ambientais federais. Um programa, adotado em 24 estados e desenvolvido por duas instituições não governamentais, a Ground Water Protection Council e o Interstate Oil and Gas Compact Commission, chamado “Fracfocus”, é exemplo do emprego de regulamentação privada como estratégia de governança corporativa.

Estudos de Mayer et al. (2018) apontam que a regulamentação estadual acerca da exploração não convencional de gás se dá em virtude de brechas na legislação federal sobre a matéria. Segundo eles, alguns estados como a Pensilvânia e o Colorado têm uma regulamentação que apoia a expansão da perfuração; outros, entretanto, como Nova York, proibiram o emprego do fraturamento hidráulico. No Colorado, que é o estudo alvo de sua pesquisa, a governança local é especialmente contestada - o governo do estado e a indústria de petróleo e gás processaram cidades que tentaram proibir a perfuração dentro dos limites da cidade. A pesquisa investigou o apoio público a políticas para regular o desenvolvimento não convencional de petróleo e gás. Os resultados indicaram que o apoio à regulamentação por parte dos conservadores é maior e eles são menos propensos a apoiar políticas restritivas. Isso porque possuem uma percepção de riscos mais baixa, visão de benefícios associados mais alta e maior confiança na indústria de petróleo e gás.

A pesquisa de Mohtar et al. (2019) investiga a relação entre água, energia e sistemas de transporte, usando a crescente atividade de fraturamento hidráulico na região de folhelhos de Eagle Ford, no sudoeste do Texas. Eles identificam os aspectos econômicos (produção de óleo e gás, taxas governamentais recolhidas em função da atividade, deterioração de estradas, salários pagos a funcionários e benefícios fiscais indiretos), sociais (empregos, frota de caminhões empregada e acidentes decorrentes do transporte) e ambientais (quantidade de água requerida e produção de CO2 equivalente) derivados da exploração do xisto no Texas e criam uma ferramenta para determinar a sustentabilidade geral de cada cenário considerando as várias saídas, cada uma das quais é atribuído um valor entre 0 e 1, permitindo ao usuário realizar um diálogo com especialistas, formuladores de políticas etc. para determinar as prioridades de cada saída. A ferramenta foi intitulada por WET (Water, Energy and Transportation) e sua representação gráfica está na figura 6. De acordo com os pesquisadores, quando empregada, a ferramenta produzirá um gráfico de barras mostrando quais cenários são mais favoráveis ou sustentáveis, considerando os pesos escolhidos.

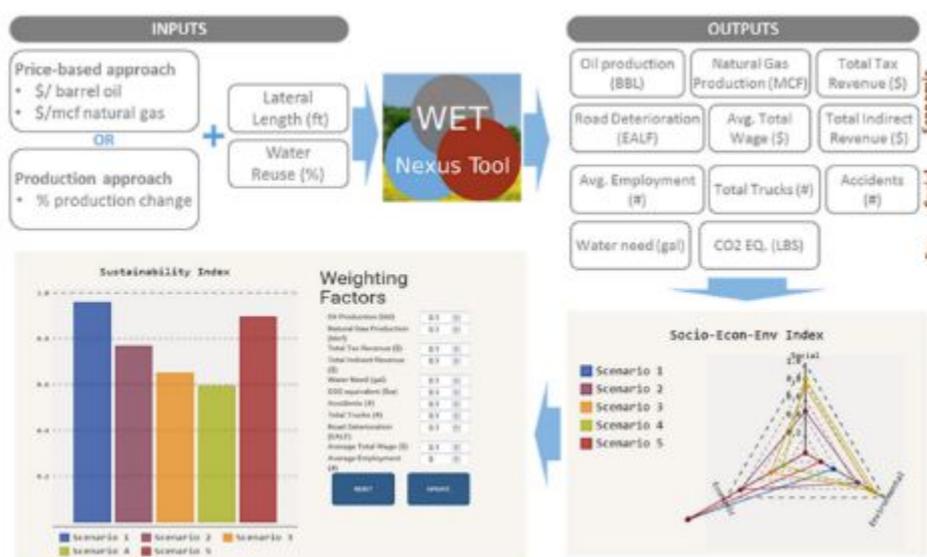


Figura 6: Ferramenta WET (Water, Energy and Transportation)

De forma geral, a ferramenta permite ao usuário comparar rapidamente diferentes cenários de produção de petróleo e gás, útil para os formuladores de políticas interessados em otimizar o setor e para os operadores de campo que buscam o maior lucro possível.

A busca para superar a crise pela qual passou nos anos de 2008 e 2009, somada a extensa reserva de hidrocarbonetos em rochas de folhelhos no nordeste e sudoeste de seu território, mais a tentativa de fortalecimento de sua matriz energética, com a independência em fontes de combustíveis, foram fatores preponderantes para que os EUA se tornassem o maior produtor de gás mundial, a frente da Rússia, na última década, sobretudo com o boom experimentado a partir de 2013.

A extração desses recursos, igualmente de origem fóssil, tal como o carvão mineral, que é largamente empregado na produção industrial, representa, para muitos, um meio de transição para utilização de recursos renováveis (North et al., 2014). O IEA (2019) faz uma projeção da matriz energética mundial até 2040 e prevê que a utilização de gás como fonte de energia se igualará ao carvão em 2026. Hoje, o carvão lidera a geração mundial de energia. As projeções são, ainda, que em 2032 o emprego da energia solar se igualará ao carvão e que em 2035 produzirá a mesma quantidade, em GW, que o gás natural. A energia eólica tem a mesma curva de crescimento. Menos poluente que o carvão, o gás natural gera menos CO2 para o ambiente (SINGH et al., 2014), (Gioda, 2018) e por isso é considerado uma etapa para se alcançar a geração de energia mais limpa. Há, entretanto, diversas críticas em relação a maneira que esse tipo especial de gás – o shale gas – é produzido, sobretudo nos EUA. O emprego do fracking ou faturamento hidráulico associado à perfuração

horizontal – pelo fato de haver pouco conhecimento sobre os impactos diversos à saúde das pessoas e ao meio ambiente – é visto com grande desconfiança. A governança de riscos nesse setor, segundo os autores citados neste trabalho, apresenta lacunas, sobretudo na participação dos agentes interessados ou partes potencialmente afetadas.

Uma análise estruturada do status quo mostra que, embora a produção de hidrocarboneto oriundo de rochas de folhelhos nos EUA seja secular, o emprego da técnica de fraturamento hidráulico, sobretudo nos volumes dos últimos anos, é novo. Isso desenvolve o interesse e fomenta investigações, segundo Wiseman (2014), sobre governança de riscos. Em primeiro lugar, as organizações que realizam a exploração possuem diferentes portes – pequenas e multinacionais –, distintas capacidades técnicas e acesso a tecnologias, além de recursos financeiros em montantes díspares. Isso pode resultar numa gestão de riscos e processos mais eficazes por parte de algumas e inapropriadas para outras. Os agentes interessados nessa estrutura são os profissionais que lá laboram. Para os que possuem liderança, além da preocupação com o resultado financeiro do negócio, apresentam preocupações com a imagem da organização, que, segundo Small et al. (2014) e Wiseman (2014), podem ser afetadas pelo risco ao meio ambiente e a saúde pública que as atividades podem provocar, além, muitas vezes, da alteração da paisagem e das interferências em serviços públicos. Os funcionários têm especial preocupação com sua saúde enquanto manipuladores dos diversos tipos de produtos, seja no processo ou como subprodutos da atividade, que devem manipular.

Em relação aos riscos, o estudo de Israel et al. (2015) evidencia a importância de outros agentes neste processo, que muitas vezes são negligenciados, seja pelo governo, através de órgãos de regulação ou das próprias empresas, que não compartilham informações ou permitem sua participação nos mecanismos de tomada de decisão, com audiências públicas e etc. Os moradores das regiões onde a exploração acontece revelaram uma visão de riscos, embora não especializada, mais profunda do que aquelas apresentadas nos estudos das empresas, com orientação para impactos econômicos, sociais e ambientais. Seu envolvimento, desta maneira, é mister para mapeamento adequado dos riscos, com ponderações mais apropriadas para cada elemento considerando a importância que assume em cada extrato, seja ambiental ou de outra natureza, numa dada região. Sua participação, também, é apontada como importante por Wiseman (2014) e North et al. (2014) na elaboração de políticas públicas de regulação. Outro agente que assume importância na gestão corporativa neste segmento é a ONG. São representações participativas de diversos coletivos da sociedade que discutem as melhores práticas considerando os cenários onde estão inseridas. Tem tamanho variado, podendo ser local, nacional ou internacional. Houser (2016) identificou que as ONG se associam a órgãos reguladores para implantar melhores práticas na indústria. Um agente especial identificado por Wetherell (2016) foi a companhia de seguros. Seu estudo, em linha com as investigações de Wiseman (2014) e North et al. (2014), mostra que o não envolvimento da comunidade na gestão de riscos e em sua governança gera medo desproporcional sobre os riscos envolvidos na atividade e isso pode levar ao ajuizamento de ações contra as empresas produtoras de gás de xisto por motivos que não tenham sido causados pela atividade de perfuração e produção do gás. Isso gera incertezas e dificuldades na quantificação de risco de modo a viabilizar a mensuração dos danos e, a partir daí, gerar prêmios razoáveis para este tipo de indústria. Por este motivo, poucas empresas de produção de gás de xisto estão seguradas para danos ambientais. Isso é de extrema importância pois, sendo uma nova tecnologia, cujos efeitos dos riscos ainda não estão bem definidos, a não cobertura por seguros, somada a capacidade financeira limitada de algumas empresas, podem resultar na dificuldade de reparação de danos ao meio ambiente que por ventura ocorram. Incentivos do governo para preenchimento desta lacuna se fazem necessários. Uma solução, já adotada na indústria nuclear, é a criação de seguros por parte das próprias empresas, com fiscalização entre os participantes. Além de temporariamente preencher esta lacuna que se apresenta é uma forma de a indústria do setor buscar as melhores práticas e policiar umas às outras.

Não menos importante, apresenta-se o governo, através das agências reguladoras ou responsáveis pela outorga de perfuração/produção, como uma das partes interessadas. Nos EUA, especialmente, este agente é substancialmente criticado nos estudos de Small et al. (2014), Wiseman (2014), North et al. (2014), Houser (2016), Neville et al. (2017) e Mayer et al. (2018) em virtude, essencialmente, da descentralização das políticas de regulação. O governo federal, desde 1930, transferiu a regulação para a autoridade estadual, o que gerou, entre os diversos estados produtores de gás de xisto, uma diferenciação nas políticas estabelecidas. Estados com produção pretérita convencional de óleo e gás detinham experiência na temática, o que proporcionou a adoção de políticas mais assertivas; outros, com o boom da produção nas rochas de folhelhos, ou tiveram posicionamentos mais permissivos ou sequer se posicionaram sobre diversos aspectos desse modelo de produção. Alguns estados, como por exemplo Nova Iorque, não permitiu o emprego do fraturamento hidráulico para produção do gás de xisto. Um elemento positivo deste modelo de política é que permite ao estado, mais próximo da realidade que se apresenta, desenvolver programas mais apropriados para sua região, mas gera, entretanto, uma pluralidade de políticas distintas e, por vezes incompatíveis umas com as outras, dentro do território estadunidense. Isso pode ser considerado ainda pior quando se leva em conta que os limites das reservas de gás não respeitam fronteiras da superfície, o que pode levar algumas empresas a adotar práticas impostas pelo governo distintas quando da exploração de um mesmo campo de gás. Não obstante, estudo de Mayer et al. (2018) identificou que conservadores são menos propensos a políticas restritivas, devido a uma percepção de risco baixa e alta visão de benefícios associados. Isso funciona como um elemento adicional de diferenciação de ações regulatórias pelos estados, dependendo da orientação política dominante.

CONCLUSÕES

O fraturamento hidráulico, como técnica para produção de gás e óleo de rochas de xisto nos EUA, já está consolidado. É necessário, com especial atenção, rever a forma como as políticas de regulação estão sendo estabelecidas. Se os estados detêm autonomia para regular, que sejam, por imposição a indústria, avaliados mecanismos de uniformização da gestão dos riscos, prioritariamente. Regulamentos privados, como a adoção do banco de dados de produtos químicos – o Fracfocus – é um esboço da possibilidade de reunir informações importantes, muito embora ainda necessite de aprimoramento, neste segmento. O governo pode avaliar, paralelamente a adoção de políticas que estendam a participação popular na governança de riscos, de modo a clarificar os possíveis resultados deste modelo de produção, taxas que viabilizem a fiscalização ou criação de fundos para reparação de possíveis danos ambientais. Incentivos a codificações voluntárias, com selos de qualidade e programas de gestão privados, podem ser avaliados como mecanismo para gestão de informações importantes entre as indústrias. Fortalecer a atuação de organismos não governamentais, com incentivo a elaboração participativa de programas com as melhores práticas observadas também se apresenta como ferramenta para gestão corporativa dos processos. Encomendar estudos que avaliem distâncias seguras de mananciais para uso do fraturamento hidráulico bem como para avaliação da competição dos recursos hídricos superficiais e seus impactos nas comunidades circunvizinhas é imperativo. A federalização da regulação, tal como acontece em diversos países, inclusive o Brasil, deve ser avaliada considerando a importante participação que este cenário assumiu na última década, com gestão colaborativa dos estados, sobremaneira na fiscalização.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ASSAF NETO, Alexandre. **Finanças corporativas e valor**. São Paulo: Atlas, 2003
2. CHEN, Yan; XU, Jintao. **The Shale Gas Boom in the Us: Productivity Shocks and Price Responsiveness**. Journal of Cleaner Production. Volume 229, pp. 399-411, 2019.
3. CONSIGLIO, Angélica; Pereira, Clóvis; Maiolino, Francisco; Ribeiro, Jerri; Vetere, Renato. **Divulgação de Riscos Corporativos e da Política de Riscos da Companhia**. INSTITUTO BRASILEIRO DE GOVERNANÇA CORPORATIVA (IBGC). Consulta a homepage oficial. Disponível em: <[https://conhecimento.ibgc.org.br/Lists/Publicacoes/Attachments/24030/Paper%20Divulgacao%20de%20Riscos%20-%20Rev_CdC%20IBGC_Versao%20Final%20vers%C3%A3o_07.03.2019%20-%20vers%C3%A3o%20final.docx%20\(1\).pdf](https://conhecimento.ibgc.org.br/Lists/Publicacoes/Attachments/24030/Paper%20Divulgacao%20de%20Riscos%20-%20Rev_CdC%20IBGC_Versao%20Final%20vers%C3%A3o_07.03.2019%20-%20vers%C3%A3o%20final.docx%20(1).pdf)>. Acesso em: 05 ago. 2020.
4. DI GIULIO, Gabriela Marques; FERREIRA, Lucia da Costa. **Governança do risco: uma proposta para lidar com riscos ambientais no nível local**. Revista Desenvolvimento e Meio Ambiente, v. 28, p. 29-39, 2013. Editora UFPR.
5. ENCYCLOPÆDIA BRITANNICA, 2019. Consulta a homepage pelo portal de periódico CAPES. Disponível em <<https://academic-eb-britannica.ez24.periodicos.capes.gov.br/levels/collegiate/article/shale-gas/571289>>. Acesso em: 06 set. 2020.
6. GIODA, Adriana. **Comparação Dos Níveis De Poluentes Emitidos Pelos Diferentes Combustíveis Utilizados Para Cocção E Sua Influência No Aquecimento Global**. Química Nova. Volume 41 (8), pp. 839-848, 2018.
7. HAUSER, Simon. **Stakeholder Influence and the Diffusion of Eco-Efficiency Practices in the Natural Gas Exploration and Production Industry**. International Journal of Energy Sector Management, Vol.10(1), pp.56-68, 2016.
8. HOPE, Warren T. **Introdução ao Gerenciamento de Riscos**, Rio de Janeiro, FUNENSEG, 2002.
9. INSTITUTO BRASILEIRO DE GOVERNANÇA CORPORATIVA (IBGC) 2015. Consulta a homepage oficial. Disponível em: <<http://www.ibgc.org.br>>. Acesso em: 15 ago. 2020.
10. _____. **Código das melhores práticas de governança corporativa**. 5. ed. São Paulo: IBGC, 2015.
11. INSTITUTO BRASILEIRO DE PETRÓLEO, GÁS E BIOCUMUBUSTÍVEIS (IBP) 2019. Consulta a homepage oficial. Disponível em: < <https://www.ibp.org.br/observatorio-do-setor/snapshots/maiores-produtores-mundiais-de-petroleo-em-2019/>>. Acesso em: 10 set. 2020.
12. INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, "Natural gas production in the OECD, 1960-2019", IEA, Paris. Disponível em: <<https://www.iea.org/reports/natural-gas-information-overview>>. Acesso em: 15 set. 2020.
13. _____. World Energy Outlook (WEO) 2019. Disponível em: <<https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2019>>. Acesso em: 15 set. 2020.
14. ISRAEL, Andrei L.; Wong-Parodi, Gabrielle; Webler, Thomas; Sternd, Paul C. **Eliciting Public Concerns About An Emerging Energy Technology: The Case Of Unconventional Shale Gas Development In The United States**. Energy Research & Social Science. Volume 8, pp. 139-150, 2015.
15. LIVY, Mitchell R; Gopalakrishnan, Sathya; Allen, H. Klaiber; Roe, Brian E. **The impact of intensity on perceived risk from unconventional shale gas development**. Journal of Environmental Management. Volume 218, pp. 630-638, 2018.

16. MAYER, Adam; Shelley, Tara O'Connor. **The Dual Importance of Political Identity in Environmental Governance: The Case of Oil and Gas Policy in Colorado.** Society & Natural Resources. Vol. 31 (11), pp. 1230–1247, 2018.
17. MOHTAR, Rabi H.; Shafieezadeh, Hamid; Blake, John; Daher, Bassel. **Economic, Social, and Environmental Evaluation of Energy Development in the Eagle Ford Shale Play.** Science of the Total Environment. Volume 646. pp. 1601-1614, 2019.
18. NEVILLE, Kate J.; Baka, Jennifer; Gamper-Rabindran, Shanti; Bakker, Karen; Andreasson, Stefan; Vengosh, Avner; Lin, Alvin; Singh, Jewellord Nem; Weinthal, Erika. **Debating Unconventional Energy: Social, Political, and Economic Implications.** Annual Review of Environment and Resources. Volume 42, pp. 241-266, 2017.
19. NORTH, D. Warner; Stern, Paul C.; Webler, Thomas; Field, Patrick. **Public and Stakeholder Participation for Managing and Reducing the Risks of Shale Gas Development.** Environmental Science & Technology, Vol.48(15), pp. 8388-8396, 2014
20. RENN, O. **Risk governance: coping with uncertainty in a complex world.** London: Earthscan, 2008.
21. SINGH, P.; Gundimeda, H.; Stucki, M. **Environmental Footprint Of Cooking Fuels: A Life Cycle Assessment of Ten Fuel Sources Used in Indian Households.** International Journal of Life Cycle Assessment. Volume 19 (5), pp. 1036-1048, 2014.
22. SILVA, Márcia Zanievicz da; GRANEMANN, Claudiane Michaltchuk; FISCHER, Dalana. **Evidenciação de riscos e a relação com a governança corporativa em concessionárias de rodovias Brasileiras.** Brazilian Journal of Development. vol 4, No 4, p. 1359-1378, 2018.
23. SMALL, Mitchell J.; Stern, Paul C.; Bomberg, Elizabeth; Christopherson, Susan M.; Goldstein, Bernard D.; Israel, Andrei L.; Jackson, Robert B.; Krupnick, Alan; Mauter, Meagan S.; Nash, Jennifer; North, D. Warner; Olmstead, Sheila M.; Prakash, Aseem; Rabe, Barry; Richardson, Nathan; Tierney, Susan; Webler, Thomas; Wong-Parodi, Gabrielle; Zielinska, Barbara. **Risks and Risk Governance in Unconventional Shale Gas Development.** Environmental Science & Technology, Vol.48(15), pp.8289-8297, 2014.
24. VALLE, Arthur. **Da revolução do Gás não convencional nos EUA tendo como substrato uma interferência governamental persistente, no estímulo a atividade econômica e no fomento as inovações tecnológicas afetas ao setor.** Dissertação de Mestrado apresentada ao programa de Pós graduação em Administração Pública da FGV. Rio de Janeiro, 2014.
25. WETHERELL, Daniel; Evensen, Darrick. **The Insurance Industry and Unconventional Gas Development: Gaps and Recommendations.** Energy Policy, Volume 94, pp. 331–335, 2016.
26. WISEMAN, Hannah J. **The Capacity of States to Govern Shale Gas Development Risks.** Environmental Science & Technology, Vol.48(15), pp. 8376-8387, 2014.
27. WODA, Josh; Wen, Tao; Oakley, David; Yoxtheimer, David; Engelder, Terry; Castro, M. Clara; Brantley, Susan L. **Detecting And Explaining Why Aquifers Occasionally Become Degraded Near Hydraulically Fractured Shale Gas Wells.** Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS). Volume 115 (49), pp. 12349-12358, 2018.