

UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
PEI/PGA

RELATÓRIO DE SUPORTE AOS “POLICY MAKERS” PARA SUBSIDIAR POLÍTICAS PÚBLICAS DE INCENTIVO AO ARMAZENAMENTO DE ENERGIA/RESÍDUOS COM O USO DO SUBSOLO NO BRASIL

Elaborado por:

George Augusto Batista Câmara
Anna Luisa Abreu Netto
Roberto José Batista Câmara
José Célio Silveira Andrade

Uma Ação do Projeto:

**O USO DO SUBSOLO PARA O ARMAZENAMENTO DE ENERGIA NO ESTADO DA
BAHIA: PERCEPÇÃO PÚBLICA DAS TECNOLOGIAS, ANÁLISE DO MARCO
REGULATÓRIO BRASILEIRO VIGENTE E IDENTIFICAÇÃO DE LACUNAS**

Coordenado por:

George Augusto Batista Câmara
Projeto CNPq nº: 408130/2018-0

Realização:

Grupo de Pesquisa: Governança para Sustentabilidade e Gestão de Baixo Carbono (GpS)
Escola Politécnica da UFBA: Programa de Engenharia Industrial (PEI)

Maio/2020

Financiado por:



Realização:



Sumário

1. INTRODUÇÃO	3
2. AS TECNOLOGIAS PARA O ARMAZENAMENTO DE ENERGIA/RESÍDUOS COM O USO DO SUBSOLO	6
2.1. Armazenamento de Resíduos com ênfase em Dióxido de Carbono.....	6
2.2. Armazenamento Energético	8
3. SITUAÇÃO REGULATÓRIA BRASILEIRA PARA AS TECNOLOGIAS DE ARMAZENAMENTO DE ENERGIA/RESÍDUOS COM O USO DO SUBSOLO.....	10
4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS PARA A PESQUISA DE PERCEPÇÃO PÚBLICA DO USO DO SUBSOLO PARA ARMAZENAMENTO DE ENERGIA/RESÍDUOS NO ESTADO DA BAHIA.....	14
4.1. Objetivos	15
5. RESULTADOS E RECOMENDAÇÕES	16
5.1. Pesquisa de Percepção Pública de CCS na Bahia	16
5.2. Pesquisa de Percepção Pública de Armazenamento de Energia na Bahia	23
5.3. Recomendações.....	24
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	29

REFERÊNCIAS

Citação:

Câmara, G.A.B., Netto, A.L., Câmara, R. J. B., Andrade, J. C.. **RELATÓRIO DE SUPORTE AOS “POLICY MAKERS” PARA SUBSIDIAR POLÍTICAS PÚBLICAS DE INCENTIVO AO ARMAZENAMENTO DE ENERGIA/RESÍDUOS COM O USO DO SUBSOLO NO BRASIL.** Realização do Grupo de Pesquisa de Governança para Sustentabilidade e Gestão de Baixo Carbono (GpS) da Escola de Administração da UFBA e do Programa de Engenharia Industrial (PEI) da Escola Politécnica da UFBA. Salvador/Bahia/Brasil. Maio de 2020.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, existem muitos usos para os reservatórios geológicos e esses usos podem estar relacionados às diversas finalidades, desde as mais nobres como armazenar energia as menos nobres como o armazenamento de resíduos. No passado, o foco do uso de um reservatório geológico estava limitado à exploração (retirada) de recursos como petróleo e gás natural ou commodities minerais. O uso dos reservatórios geológicos ganhou importância diferenciada após a utilização em grande escala das tecnologias de Armazenamento de Hidrogênio e/ou Gás Natural (Power-to-Gas - P2G) e de Energia utilizando o Ar Comprimido (Compressed Air Energy Storage - CAES), que se auxiliam à geração de energia renovável, em especial a eólica e a solar, conectada a um conceito de rede inteligente (Smart Grids).

Com essa nova realidade a decisão do uso de tecnologias que possam impactar na integridade dos reservatórios geológicos como as tecnologias de EOR (Enhanced Oil Recovery - Recuperação Avançada de Petróleo) ou Fracking necessitam de uma análise aprofundada, já que seu impacto no reservatório pode impedir o uso futuro de outras opções muitas vezes mais nobres. Essas tecnologias estão sendo pesquisadas e desenvolvidas há muito tempo.

O Fracking ou faturamento foi introduzido na indústria de petróleo e gás natural desde a década de 40, numa perspectiva de aumento da produção e revolucionou a indústria petrolífera dos Estados Unidos. Atualmente existem controvérsias quanto às questões ambientais dessa tecnologia principalmente na sua utilização em reservatórios não convencionais.

Assim como o Fracking as tecnologias de EOR não são tão novas na indústria de petróleo e gás, basicamente são compostas pela injeção de alguma substância no reservatório geológico no intuito de repressurizá-lo obtendo assim um ganho produtivo. As substâncias mais utilizadas nessa injeção são o Dióxido de Carbono (CO₂) e polímeros.

Algumas dessas tecnologias podem impactar as estruturas geológicas dos reservatórios, e isso pode comprometer seu uso futuro. Esse comprometimento pode dificultar a utilização futura da estrutura como um armazenador de energia ou como armazenador de resíduo. Um exemplo de armazenagem de resíduo é o armazenamento geológico do CO₂ utilizado em função dos impactos que o CO₂ causa na atmosfera sendo ele um Gás de Efeito Estufa (GEE).

As tecnologias de armazenamento de energia com o uso do subsolo vêm ganhando destaque com o aumento do uso das energias renováveis, em especial para a geração eólica e solar, pois existe um desafio no uso delas que é gerenciar o impacto da intermitência e não

despachabilidade, resultando assim numa necessidade crescente de tecnologias de armazenamento de energia em larga escala.

A intermitência da geração da energia elétrica via energia eólica ou solar pode causar problemas na rede, desequilíbrio entre a oferta e demanda e pôr fim à adequação da energia gerada no sistema. A integração do armazenamento de energia no sistema elétrico permite uma maior flexibilidade do lado da oferta de energia e pode mitigar a intermitência e a variação da carga.

Num mercado de energia em que as estratégias estão associadas a soluções inseridas numa realidade de Smart Grids faz-se necessário ter como base as questões relacionadas à segurança energética e à flexibilidade da rede. O uso do subsolo como opção de armazenamento de energia ou de resíduos se torna então fundamental. Tecnologias como Fracking ou EOR podem alterar as características do reservatório geológico, o que pode comprometer usos futuros devido ao possível impacto nas estruturas geológicas ou mudanças nas suas propriedades físico-químicas. Vale destacar que existem outras tecnologias e fins para o uso dos reservatórios geológicos como o Armazenamento de Resíduos Nucleares e Industriais que não foram foco da pesquisa desse projeto.

A definição do uso futuro do reservatório geológico é fundamental para a decisão da tecnologia a ser aplicada para aumento da produção de petróleo e gás natural. Informações técnicas sobre os reservatórios, como sísmica, características do fluido, temperatura, profundidade, além de questões regulatórias, sociais como a percepção pública, geográficas e ambientais, são fundamentais para a seleção e o processo de tomada decisão da tecnologia a ser aplicada. Essas informações devem servir como critérios na escolha do melhor uso futuro dos reservatórios.

Vale destacar a proximidade do contexto em que estão inseridas as tecnologias para o uso dos reservatórios geológicos e em função disso esse estudo abrange tanto as tecnologias para o uso de armazenamento de energia como as de armazenamento de CO₂ (seja via a tecnologia CO₂-EOR ou focada em só armazenamento como o CCS). Toda a parte de seleção (*screening*) e caracterização (incluindo as áreas ambientais, sociais e técnica) de *sites* para se tomar a decisão da implantação de um projeto com um reservatório geológico são extremamente similares e por uma questão de segurança do projeto devem ser levadas em conta as experiências anteriores e tecnologias aplicadas.

A relação com a escolha da tecnologia para o uso do subsolo perpassa por diversos fatores, contudo vale ressaltar a importância das questões sociais. De forma geral, a comunidade tem sido favorável dessas tecnologias haja vista que elas podem acarretar algum tipo de benefício. Contudo, existem exemplos em que a participação popular foi crítica para o cancelamento do uso da tecnologia. Segundo Terwel et al. (2012):

“Em maio de 2007, o governo holandês anunciou uma chamada para dois projetos de demonstração de armazenamento de CO₂ na Holanda. A Shell enviou uma proposta. O projeto proposto pela Shell incluiu o transporte (através de tubulações) de CO₂ produzido em sua refinaria em Pernis e o armazenamento subsequente do CO₂ em dois campos de gás natural depletados, situados em Barendrecht - uma cidade de aproximadamente 46.000 habitantes localizada a 17 km de Pernis. Uma quantia de 30 milhões de euros financiada pelo governo foi alocada para o projeto. Em novembro de 2010, no entanto, o novo governo decidiu cancelar o projeto. Em uma carta para notificar o parlamento, o Ministro de Assuntos Econômicos, Agricultura e Inovação declarou que essa decisão foi parcialmente motivada pela falta de apoio ao projeto entre o público local”.

Outro exemplo da participação popular na tomada de decisão sobre um projeto de uma tecnologia para o uso do subsolo ocorreu com o Projeto Castor de Armazenamento de gás natural na Espanha, segundo Ruiz-Barajas et al. (2017):

“Em 5 de setembro de 2013, três dias após o início da injeção de gás, iniciou-se uma sequência sísmica com um número importante de micro-terremotos. Alguns dos eventos foram sentidos pela população, criando uma grande preocupação pública. Portanto, em 16 de setembro de 2013, a injeção de gás foi interrompida...Um ano depois (em 4 de outubro de 2014), após diferentes avaliações de risco e de acordo com relatórios geológicos e sismológicos, o governo espanhol aprovou um decreto real para a interrupção temporária do projeto (período de hibernação). Além disso, foi advertido que esta situação poderia ser revertida para “fechar, desmontar ou explorar a instalação sem o perigo de um terremoto perceptível” no futuro, se isso fosse recomendado em estudos técnicos específicos’.

Diversos são os instrumentos legais utilizados pelos países que abrigam projetos de uso do subsolo, seja para armazenamento de resíduos seja para produzir energia. Faz-se importante destacar a peculiaridade do CO₂ nesse contexto. Na condição do seu uso para o incremento da produção de hidrocarbonetos ele pode ser considerado como uma matéria-prima do processo produtivo, já para os projetos que visam o seu armazenamento ele é considerado um resíduo industrial oriundo de fontes de emissões antrópicas. Embora o seu uso em EOR tenha o foco na produção, ainda assim existe um percentual acumulado no fundo do reservatório ao longo da vida útil do projeto.

Algumas iniciativas regulatórias dos países que abrigam o maior número de projetos e das organizações são importantes para a estruturação de um marco regulatório sólido de um país que pretende usar em larga escala essas tecnologias. Uma questão importante destacada por Stone et al (2009) é a participação da comunidade nos projetos que utilizam o subsolo como local de armazenamento, segundo ele:

A implicação social do uso de estruturas de armazenamento subterrâneo existentes ou fabricadas é de grande importância para qualquer comunidade local específica. No Reino Unido, existe um

forte pensamento coletivo entre o público de que esse esquema é aceitável, a menos que afete sua localidade. Isso é descrito como uma atitude NIMBY (not in my back yard - não no meu quintal) ou, mais apropriadamente, no caso de armazenamento subterrâneo, uma atitude NUMBY (not under my back yard – não embaixo do meu quintal)! Isso já resultou na formação de um grupo de ação para impedir o desenvolvimento de cavernas subterrâneas de armazenamento de gás natural em Thornton, Yorkshire; onde 20 cavernas de armazenamento de gás natural estão pendentes de aprovação (Beutel & Black 2005). Suas preocupações são baseadas nos exemplos em que o gás natural vazou das áreas de armazenamento subterrâneo (por exemplo: Evans 2009; Miyazaki 2009).

Percebe-se que a aceitação pública é um ponto importante para o uso das tecnologias relacionadas ao subsolo. Com isso, esse estudo buscou verificar a viabilidade de armazenamento de energia (gás natural, hidrogênio e ar comprimido) e do armazenamento de CO₂ no estado da Bahia, do ponto de vista regulatório, tecnológico e de percepção pública.

2. AS TECNOLOGIAS PARA O ARMAZENAMENTO DE ENERGIA/RESÍDUOS COM O USO DO SUBSOLO

Considerando a importância da integridade do reservatório geológico e suas propriedades químicas e físicas para os novos usos, as tecnologias para aumentar a produção precisam considerar essa nova realidade. A utilização dos reservatórios geológicos para armazenamento de energia e de resíduos, em especial de CO₂, é algo amplamente difundido no mundo.

2.1. Armazenamento de Resíduos com ênfase em Dióxido de Carbono

O termo Captura, Utilização e Armazenamento de Carbono (CCUS) está sendo usado pela literatura recente. Existem muitos conceitos diferentes para as tecnologias CCS ou CCUS. Portanto, é importante definir o conceito de CCUS usado neste estudo. Seguindo o conceito de Hasan et al. (2015):

“Enquanto a maioria dos estudos considerava as atividades de CCS ou CCUS, poucos consideravam a captura e utilização de CO₂ ao mesmo tempo. Neste trabalho, introduzimos o conceito de uma rede de cadeia de suprimentos de captura e utilização de CO₂ (CCU) para capturar CO₂ das plantas de origem e utilizar o CO₂ antropogênico para fins avançados de recuperação de óleo. Embora o objetivo de uma rede da cadeia de suprimentos da CCUS seja reduzir as emissões de CO₂, o objetivo da rede da cadeia de suprimentos da CCU é maximizar a receita ou o lucro da utilização do CO₂. Portanto, as cadeias de suprimentos da CCU são impulsionadas por fatores econômicos, enquanto as cadeias de suprimentos da CCUS são motivadas principalmente pelos benefícios ambientais por meio da redução de emissões.”

Captura, Utilização e Armazenamento de Carbono (CCUS)

De forma geral, existem alguns usos industriais para o CO₂ capturado, contudo nesse estudo o foco está centralizado no uso do CO₂ para a EOR já que esta tecnologia usa o reservatório geológico como ambiente destino do CO₂ com o intuito de aumentar a produção.

O uso pela indústria de petróleo e gás natural de muitas substâncias para melhorar a produção não é recente. As atividades de CO₂-EOR começaram na indústria de petróleo e gás natural dos Estados Unidos nos anos 70, por exemplo, a Chevron Company iniciou em 1972 com 9 poços e em 2014 tinha 503 poços (Jishun et al., 2015). Em especial, a importância do armazenamento de CO₂ no subsolo ou no oceano para combater o aumento de CO₂ na atmosfera foi apontada por Marchetti, em 1977.

A Agência Internacional de Energia (IEA, 2019¹) estima que existem cerca de 375 projetos de EOR operando globalmente, produzindo pouco mais de 2 milhões de barris por dia (MB/d) de petróleo.

Captura, Transporte e Armazenamento de Carbono (CCS)

O armazenamento do CO₂ pode ser feito via algumas opções, mas esse estudo trata unicamente do armazenamento em reservatórios geológicos do CO₂, denominado também de CCS. As tecnologias para o armazenamento do CO₂, conhecidas e desenvolvidas até os dias atuais, são basicamente três: o armazenamento em grandes profundidades nos oceanos, a carbonatação mineral e o armazenamento em reservatórios geológicos (IPCC, 2005). O CCS foi uma tecnologia reconhecida pelo Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC, 2018) como uma tecnologia importante para fins de mitigação/redução de CO₂ na atmosfera:

“Essas reduções podem ser alcançadas através da combinação de tecnologias e práticas novas e existentes, incluindo eletrificação, hidrogênio, matérias-primas sustentáveis de base biológica, substituição de produtos e captura, utilização e armazenamento de carbono (CCUS). Essas opções são tecnicamente comprovadas em várias escalas, mas sua implantação em larga escala pode ser limitada por restrições econômicas, financeiras, humanas e institucionais em contextos específicos e características específicas de instalações industriais em larga escala.”

De acordo com Meadowcroft e Langhelle (2009), houve um estímulo à tecnologia CCS pela IEA no início dos anos 90 devido à criação do Programa de Pesquisa e Desenvolvimento de Gases de Efeito Estufa e, neste momento, redes internacionais ativas da indústria, academia e governo promoveram o entendimento sobre o CCS.

Um marco para análises e pesquisas sobre tecnologias para capturar, transportar e armazenar CO₂ em reservatórios geológicos foi a publicação do Relatório Especial sobre Captura e Armazenamento de Dióxido de Carbono pelo IPCC em 2005. O IPCC (2005) definiu o CCS como um processo que consiste em de separar, coletar e concentrar o CO₂ emitido por

¹ Informações obtidas no site da IEA: www.iea.org, acessado em 01 de dezembro de 2019. As definições dos tipos de EOR também foram extraídas do site da IEA e são referências para as figuras a seguir.

fontes estacionárias; transportá-lo para um local de armazenamento adequado; e armazená-lo no local por um longo período, isolando-o da atmosfera.

De acordo com o Laboratório Nacional de Tecnologia da Energia (banco de dados de CCS da NETL) até abril de 2018, havia 305 projetos de CCS em todo o mundo, com 299 locais identificados. Os 299 projetos localizados no local incluem 76 projetos de captura, 76 de armazenamento e 147 para captura e armazenamento em mais de 30 países em 6 continentes. Embora vários projetos ainda estejam na fase de planejamento e desenvolvimento e muitos tenham sido concluídos, 37 estão capturando e/ou injetando CO₂ ativamente.

2.2. Armazenamento Energético

O uso de reservatórios geológicos para fins energéticos não é uma atividade tão recente. O armazenamento de gás natural (USG) foi desenvolvido em 1916 e é diretamente aplicável ao armazenamento de hidrogênio (Italiana em IEAGHG, 2012). Já a tecnologia para o armazenamento energético por ar comprimido em reservatórios geológicos é mais recente, segundo Budt et al. (2016):

“A ideia fundamental de armazenar energia elétrica por meio de ar comprimido remonta ao início da década de 1940... No entanto, até o final da década de 1960, o desenvolvimento do armazenamento de energia por ar comprimido (CAES) não era realizado nem na ciência nem na indústria. Isso pode ser atribuído à falta de necessidade de armazenamento de energia conectado à rede. Ele mudou na década de 1960 com a introdução da geração de carga de base em forma de energia nuclear e usinas de carvão cada vez maiores a carvão de linhita... Em 1969, a necessidade de armazenamento em quantidade no norte da Alemanha levou à decisão de desenvolver uma planta CAES nessa região específica”.

Power-to-Gas (P2G) e Natural Gas Storage (NGS)

As tecnologias de *Power-to-Gas* (P2G) tem como base a conversão de energia, normalmente a energia gerada por fontes renováveis como a eólica e a solar, em gases combustíveis como o metano ou hidrogênio. Além disso, pode-se inserir nesse universo a Estocagem Subterrânea de Gás Natural (ESGN ou Natural Gas Storage – NGS), haja vista que para esse estudo o importante é o ambiente de armazenagem do gás, o subsolo. Na grande maioria dos usos, o gás armazenado no subsolo tem como finalidade a geração de energia elétrica ou o calor.

Matos et al. (2019) apontam três métodos P2G para a obtenção de gás sendo que todos usam eletricidade para dividir a água em hidrogênio (H₂) e oxigênio (O₂) por eletrólise e o principal método para o armazenamento em reservatórios geológicos é o que combina o H₂ com

o dióxido de carbono (CO₂) e converte os dois gases em metano (CH₄). O estudo da HyUnder², uma iniciativa europeia para o armazenamento de H₂ no subsolo, denomina o gás produzido a partir do H₂ de Gás Natural Sintético (GNS ou Synthetic Natural Gas – SNG).

As opções de armazenamento são geralmente ditadas pela geologia regional e pelas necessidades operacionais. Reservatórios depletados de gás/petróleo, aquíferos e cavernas de sal são os três principais tipos de usos atuais do armazenamento geológico de gás natural. Outras instalações de armazenamento geológico, como minas abandonadas e cavernas de rochas revestidas, não têm grande relevância em escala mundial (Ozarslan, 2012).

Em se tratando especificamente sobre o armazenamento geológico do H₂ ele é indicado para determinadas situações (Ozarslan, 2012):

“...ele deve ser considerado em conexão com o uso de grandes quantidades de hidrogênio e para suavizar as flutuações na demanda de hidrogênio, bem como para armazenamento e regeneração de energia elétrica a partir de fontes de energia renováveis intermitentes, como eólica e solar. A tecnologia de armazenamento e as condições operacionais da Armazenamento Comprimido de Hidrogênio comprimido (ACH ou Compressed Hydrogen Gas Storage - CHGS) em cavernas de sal são semelhantes ao gás natural”.

O armazenamento geológico do hidrogênio puro tem sido feito em três cavernas de sal, uma no Reino Unido em Teesside, desde 1972, e em outras duas nos Estados Unidos perto da costa do Golfo no Texas, desde 1983 (HyUnder, 2014).

No que diz respeito ao armazenamento geológico de gás natural (*Natural Gas Storage* - NGS), ele tem sido usado para diversos fins pelos países como a busca pelo ajuste de questões referentes à sazonalidade, atendimento ao pico de demanda e segurança do fornecimento, dentre outros. Entre os países que usam tecnologia NGS em larga escala destacam-se os Estados Unidos e alguns países europeus. Nesses países, as atividades de NGS já possuem estruturas regulatórias definidas.

Compressed Air Energy Storage (CAES)

A ideia de armazenar energia elétrica via ar comprimido remonta a década de 40 tendo como principal marco a patente F.W. Gay, depositada no escritório americano de patentes - US Patent Office (Budt et al., 2016). Atualmente, existem duas plantas em escala industrial gerando energia via a compressão de ar em cavernas de sal no mundo, a de Huntorf na Alemanha e a de McIntosh nos Estados Unidos, além de outras iniciativas e projetos em menor escala sendo desenvolvidos ao redor do mundo.

² O projeto HyUnder, iniciado no verão de 2012 e durou por 24 meses, teve o intuito de abrir o caminho para futuras demonstrações e implantação de sites de armazenamento de H₂ no subsolo em toda a Europa. Ver site do projeto: <http://hyunder.eu/> acessado em 20 de março de 2020.

Com o aumento da geração de energia elétrica via Fontes de Energia Renováveis a necessidade pela implantação de sistemas de armazenamento de energia em larga escala tem sido uma questão crítica dentro do sistema de geração de energia elétrica de um país.

As soluções para diminuir os problemas causados pela saída variável de recursos intermitentes passam por adicionar o armazenamento de energia ao sistema. A utilização do subsolo como espaço para armazenamento de energia em grande escala é uma realidade para países europeus e nos Estados Unidos, além de uma opção muito interessante para o desenvolvimento de novas tecnologias.

3. SITUAÇÃO REGULATÓRIA BRASILEIRA PARA AS TECNOLOGIAS DE ARMAZENAMENTO DE ENERGIA/RESÍDUOS COM O USO DO SUBSOLO

Mesmo abrigando projetos com o uso das tecnologias de armazenamento de energia/resíduos o país ainda não conta com um arcabouço regulatório robusto. Isso se dá em virtude de diversas questões como:

- Na atual estrutura regulatória federal do país a responsabilidade para regular essas tecnologias é de mais de um agente regulador;
- Não existe uma exigência de controle das emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) como em alguns países o que impulsiona a utilização das tecnologias de CCS e CCUS em larga escala;
- O mercado ainda não demanda ações estruturantes para o armazenamento de energia, contudo com o crescimento da geração via eólica e solar existirá uma necessidade natural de aplicação de tecnologias de armazenamento de energia.

De forma geral, as tecnologias para o armazenamento de resíduos/energia com o uso do subsolo no Brasil ainda estão num estágio inicial se comparado às demais nações que têm histórico de uso em larga escala dessas tecnologias. A seguir são apresentados os estágios em que se encontram as tecnologias no Brasil além de um levantamento da situação do Fracking, pois mesmo não sendo foco do estudo fez-se importante realizar esse levantamento para identificar a percepção de atores importantes a respeito do uso em larga escala dessas tecnologias.

Segundo a experiência internacional, a revitalização de uma bacia madura passa pela utilização de Tecnologias de EOR. Os principais diplomas regulatórios que orientam as atividades de injeção de fluidos nos reservatórios no Brasil são:

- A Resolução ANP nº 47/2014 que tem como objetivo, definir termos relacionados com os recursos e reservas de Petróleo e Gás Natural; estabelecer diretrizes para a elaboração do Boletim Anual de Recursos e Reservas (BAR); e, aprovar o Regulamento Técnico de Estimativa de Recursos e Reservas de Petróleo e Gás Natural (RTR), documento anexo que estabelece critérios para sua estimativa, classificação e categorização.

- A Resolução ANP nº 17/2015 que tem objetivo aprovar o Regulamento Técnico do Plano de Desenvolvimento de Campos de Grande Produção, o Regulamento Técnico da Revisão do Plano de Desenvolvimento de Campos de Grande Produção e o Regulamento Técnico do Plano de Desenvolvimento de Campos de Pequena Produção.

- A Portaria ANP nº 100/2000 que aprova o Regulamento Técnico do Programa Anual de Produção (PAP) para os campos de Petróleo e Gás Natural e dispõe sobre as questões relacionadas com o acompanhamento e fiscalização das atividades de produção. Cabe destacar que o PAP estabelece os procedimentos, os fundamentos e o conteúdo mínimo do Programa de um campo petrolífero ou gaseífero, de que trata o Contrato de Concessão e define procedimentos para aprovação, execução e revisão do referido Programa. Ele é aplicado às etapas de desenvolvimento e produção, da Fase de Produção e aos poços submetidos a testes de longa duração durante a Fase de Exploração, devidamente aprovados pela ANP. Conter informações, em abrangência e profundidade, suficientes para permitir à ANP avaliar a concordância do mesmo com o Plano de Desenvolvimento ou Complementar, aprovados para o campo ou, se for o caso, com a sua última revisão aprovada pela ANP. E por fim, deve incluir, além das previsões de produção de petróleo, gás natural e água, as previsões de movimentação de petróleo, de gás natural e de água, a discriminação da previsão de queimas e perdas de gás natural, a previsão de injeção de fluidos especiais nos reservatórios com a finalidade de recuperação melhorada e produção e descarte de resíduos sólidos oriundos do processo de produção.

No que diz respeito à técnica de Fracking, ela vem sendo utilizada pela indústria petrolífera desde a década de 40. A operação de estimulação de poço através do seu faturamento é utilizada para melhorar a permeabilidade da formação, principalmente após a operação de perfuração que danifica parte da drenagem do poço. Por outro lado, nos últimos 10 anos essa operação vem sendo utilizada pela indústria para colocar rochas geradoras em produção, também denominado de reservatórios não convencionais. Segundo a Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP, 2014) faturamento hidráulico em reservatórios não convencionais significa:

“Técnica de injeção de fluidos pressurizados no poço, em volumes acima de 3.000 m³, com objetivo de criar fraturas em determinada formação cuja permeabilidade seja inferior a 0,1mD (mili Darcy), viabilizando a recuperação de hidrocarbonetos contidos nessa formação”.

Essa é uma das técnicas que vem sendo utilizada para a revitalização de bacias maduras: produção de óleo e gás natural através de reservatórios não convencionais. O país referência na exploração e produção de óleo e gás por esses reservatórios são os Estados Unidos. Segundo a International Energy Agency (IEA, 2017):

“Os Estados Unidos são indiscutivelmente o motor do crescimento da produção global de gás de xisto com a produção atingindo mais de 445 bcm em 2016 e foi projetado um aumento para 800 bcm até 2040”.

No Brasil, a utilização de reservatórios não convencionais em campos maduros e marginais ganharam maior importância com o REATE e as demais iniciativas para impulsionar a exploração e produção em terra. Segundo Delgado e Febraro (2018):

“Tendo em vista esse novo cenário de reativação de campos terrestres, o debate acerca da utilização das técnicas de fraturamento, ou estimulação hidráulica, poderá retornar no Brasil. O motivo é o fato de que o processo, também chamado de hidrofraturamento ou fracking, é uma técnica geralmente usada em campos novos ou em campos que já atingiram seu pico de produção ou possuem baixa permeabilidade, apresentando baixo fator de recuperação, como no caso do Recôncavo”.

Contudo, o contexto atual não é favorável para a utilização dessas técnicas no país. Segundo a Confederação Nacional da Indústria (CNI, 2015):

“A inadequação do arcabouço institucional brasileiro para a exploração de gás não convencional fica clara quando se analisa o recente processo de judicialização das atividades de fraturamento hidráulico brasileiro”.

Pontos críticos como o incentivo à pesquisa e as discussões regulatórias estão sendo deixadas em segundo plano. Delgado e Febraro (2018) aponta que:

“Além da precariedade em pesquisas para a identificação de recursos, o país ainda enfrenta outros desafios de ordem regulatória, ambiental e de infraestrutura na exploração do ambiente onshore. Uma primeira questão a ser resolvida é a falta de agilidade na tomada de decisão. Os processos para obtenção de licenças ambientais, por exemplo, passam por órgãos ambientais e fiscalizadores das esferas nacionais e estaduais e são, em certa medida, morosos e pouco eficientes. Não obstante esse processo, mesmo após emitidas as licenças, outros tipos de embargos à atividade exploratória podem ser colocados.”

Em 2016, a ANP (2016) publicou o relatório sobre o aproveitamento de hidrocarbonetos em reservatórios não convencionais no Brasil. O relatório integra o Projeto MA-09 do Comitê Temático de Meio Ambiente (CTMA) do Programa de Mobilização da Indústria Nacional de Petróleo e Gás Natural (PROMINP). Dentre vários pontos levantados nas conclusões e recomendações gerais do relatório da ANP a questão regulatória foi abordada da seguinte forma:

“Sobre o aparato regulatório, é importante que se atente para as especificidades da atividade do fraturamento hidráulico quanto às questões de contaminação dos aquíferos

e solos, a informação ao público, a garantia de integridade dos poços e o manejo sustentável dos resíduos que retornam à superfície após as operações, os quais deverão ter sua disposição final equacionada”.

Destaca-se que mesmo com a Resolução ANP nº 21, de 10 de abril de 2014 em vigor, o relatório da ANP (2016) sugere a possibilidade de refinamentos da resolução além de procedimentos passíveis de inclusão em futuras normas ambientais.

As discussões sobre a possibilidade de utilização da ESGN no Brasil ganharam força com a construção do gasoduto Bolívia- Brasil (GasBol) quando se verificou a possibilidade da ESGN ao longo da sua extensão. Em publicação feita por Goraieb et al. (2005) pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) onde foram apresentados estudos para o uso da ESGN no Brasil tendo como foco a Bacia do Paraná é levantada a questão de que o projeto e a construção do gasoduto deveria ter sido feita associada a ESGN como forma de reduzir os riscos de interrupção de suprimento.

O armazenamento de gás natural no Brasil é uma atividade que vem sendo realizada na produção de hidrocarbonetos com o objetivo de estocar o gás produzido, tendo basicamente como foco a melhoria da recuperação de óleo e a estocagem para uso futuro do gás. Atualmente, a regulamentação principal que traça as diretrizes para esse tipo de atividade é a Resolução ANP 17 de 2015.

O projeto pioneiro de Estocagem Subterrânea de Gás Natural (ESGN) brasileiro é do Campo de Santana na Bacia do Recôncavo (STOGAS, 2015). Em documento da ANP (2016), o Projeto de Estocagem Subterrânea de Gás Natural do Campo de Santana compreende na constituição do volume de gás de base e na gestão do volume de gás útil nos arenitos contidos nos compartimentos C1 e C2 e terá a capacidade de injetar até 1,4 MMm³/dia e entregar ao mercado até 2,7 MMm³/dia.

Vale ressaltar que, na regulamentação atual, não existe uma previsão de utilização de reservatórios exauridos para o armazenamento de recursos energéticos e não energéticos (exceto Estocagem de Gás Natural como visto). Segundo a Portaria 100 de 2000, que aprova o Regulamento Técnico do Programa Anual de Produção para os campos de Petróleo e Gás Natural, no item 9 do seu Regulamento Técnico sub item 9.2 “Devem ser informados os volumes e tipos de fluidos especiais a serem injetados nos campos, tais como CO₂, N₂, vapor ou polímeros” e 9.3, no item “Outros” deve ser informado qualquer fluido não especificado no item anterior, incluindo nesta categoria a possível injeção de petróleos leves. Deve ser especificado no Anexo 1 o tipo de fluido especial que foi enquadrado nesta categoria.

4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS PARA A PESQUISA DE PERCEPÇÃO PÚBLICA DO USO DO SUBSOLO PARA ARMAZENAMENTO DE ENERGIA/RESÍDUOS NO ESTADO DA BAHIA

A pesquisa de percepção pública do uso do subsolo para o armazenamento de energia/resíduos no estado da Bahia foi feita de duas formas. Uma via a aplicação de questionários e outra via entrevista.

Para a pesquisa voltada para a tecnologia de CCS a estruturação desses instrumentos de coleta foi feita tendo como base uma pesquisa em instrumentos de coletas de pesquisas de percepção pública do CCS ao redor do mundo. A revisão bibliográfica para a elaboração dos instrumentos foi apresentada em congresso técnico em 2016³.

A metodologia do para tal elaboração foi composta por uma pesquisa exploratória, descritivo-analítica sobre o tema que privilegiou estratégias e técnicas de pesquisa tanto qualitativa como quantitativa. Tratou-se de um estudo de revisão não sistemática da literatura onde os principais artigos publicados contiveram as palavras-chave “public perception of CCS”, “CCS public acceptance”, “public participation and CCS”, dentre outras variações. A partir destes foram revistos os artigos primários em bola de neve até o esgotamento dos assuntos abordados. Com isso foram elaborados dois instrumentos de coleta, sendo um para as entrevistas de campo e outro que foi aplicado via internet.

Já para o armazenamento de energia com o uso do subsolo, como de praxe foi realizada uma revisão bibliográfica, momento que foi analisada toda a teoria existente sobre estas tecnologias, especialmente quanto à legislação e quanto à percepção pública. No segundo momento, utilizou-se, enquanto abordagem metodológica, o estudo de caso. Para que a tecnologia de armazenamento de energia no subsolo fosse devidamente caracterizada, a regulamentação apropriada definida e a percepção pública analisada, uma imersão em um caso representativo fez-se necessário.

O caso estudado em profundidade foi o projeto com tecnologia convencional CAES em Huntorf, na Alemanha. Pelo fato de ser o mais antigo projeto de CAES no mundo a importância em entender as suas dificuldades de instalação e de operação são extremamente relevantes para as análises e propostas apresentadas nesse estudo. Inclusive para verificar as questões relacionadas à vida útil de um empreendimento com tais características. Isso teve um impacto

³ Netto, A.L., Câmara, G., Andrade, J. C., Rocha, P. (2016). Projetos de Captura e Armazenamento de CO2 uma Visão Sobre a Percepção Pública. In: Rio Oil and Gas Expo and Conference - Instituto Brasileiro do Petróleo. Rio de Janeiro, Brasil

direto nas questões regulatórias propostas. A visita às instalações assim como as entrevistas foram feitas em setembro de 2019. No estudo de caso, realizou-se uma triangulação entre diferentes tipos de coleta de dados baseada na observação, em entrevistas e na análise de documentos.

Na observação realizada na planta do projeto, na Alemanha, foram verificados os procedimentos, as características do projeto, dentre outras coisas. Já as entrevistas foram realizadas com pessoas que participam do projeto e os questionamentos tiveram três focos diferentes: as características tecnológicas do projeto; a legislação alemã referente a este tipo de tecnologia, aprofundando em problemas na legislação, para que se faça um comparativo com a legislação brasileira; e a percepção pública da tecnologia, sendo relevante as práticas dos gestores do projeto para relacionamento com a população e os problemas que tiveram para implementação da tecnologia. Por fim, foi realizada a análise de documentos tendo como base, mas se restringindo a eles: leis, decretos, portarias, relatórios, estudos, documentos de projetos, dentre outros. A triangulação foi realizada através da análise conjunta das três técnicas de coleta de dados, comparando e associando as informações obtidas.

Após a análise do estudo de caso de Huntorf foi elaborado um Roteiro de Entrevista que se encontra no anexo desse estudo e aplicado em atores chaves no estado da Bahia. Os principais achados dessa pesquisa estão listados no capítulo a seguir desse estudo.

4.1. Objetivos

Basicamente, o principal objetivo desse estudo foi verificar a viabilidade de armazenamento de energia (gás natural, hidrogênio e ar comprimido) em reservatórios geológicos no estado da Bahia, do ponto de vista regulatório, tecnológico e de percepção pública, estendendo-se essa verificação para as tecnologias de armazenamento de resíduos, em especial para o armazenamento de CO₂.

Adicionalmente a esse objetivo principal mais outros 03 (três) foram estruturados e balizaram as ações da pesquisa:

- Identificar as lacunas existentes no arcabouço regulatório vigente no Brasil e na Bahia sobre o uso do subsolo para armazenamento de energia, utilizando gás natural, hidrogênio e ar comprimido, tendo como referência a experiência internacional;
- Verificar a percepção pública mundial de projetos de armazenamento de energia com o uso do subsolo e possíveis problemas com a implantação da tecnologia;

- Propor medidas visando o aprimoramento da regulamentação brasileira e práticas de relação com o público.

Em suporte aos objetivos estabelecidos, uma ação estratégica importante inserida nas atividades do estudo foi a pesquisa de percepção pública sobre CCS no estado da Bahia. Essa ação ganhou relevância porque os projetos iniciais de armazenamento de CO₂ em reservatórios geológicos da Petrobras foram feitos aqui na Bahia e entendeu-se que o público teria um maior conhecimento sobre essa tecnologia, associado a isso, percebeu-se o desconhecimento das tecnologias de armazenamento de energia com uma ressalva para a ESGN em algumas situações.

5. RESULTADOS E RECOMENDAÇÕES

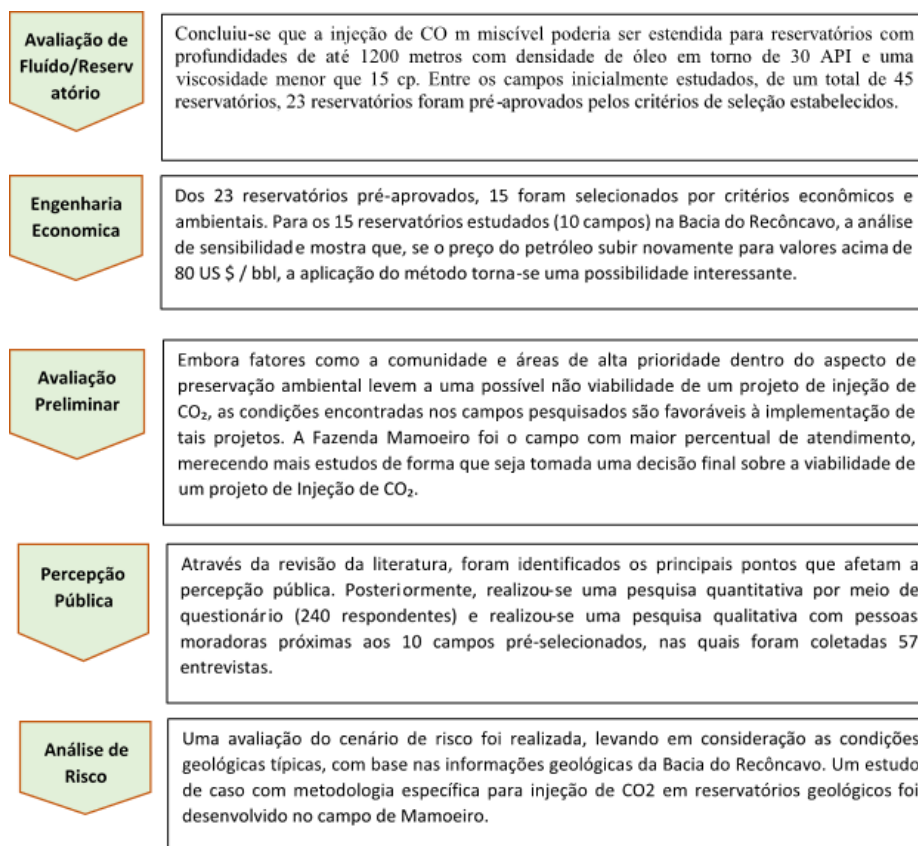
A seguir são apresentados os resultados obtidos com a aplicação das pesquisas de percepção pública de CCS e Armazenamento de Energia no estado da Bahia sendo que a pesquisa de CCS foi aplicada em campo e via internet. Já a pesquisa de Armazenamento de Energia foi feita por meio de entrevista com atores chaves do estado que tinham relação ao tema.

5.1. Pesquisa de Percepção Pública de CCS na Bahia

A pesquisa de campo de percepção pública de CCS na Bahia seguiu uma lógica estruturada e se orientou nos trabalhos anteriores do grupo de pesquisa. O foco principal da pesquisa foram os campos da Bacia do recôncavo. Como nem todos os campos são candidatos a abrigar um projeto de injeção de CO₂ foi realizado um *screening* (seleção) para identificar os campos candidatos e posterior a isso aplicar a pesquisa nos arredores desses campos. A aplicação da pesquisa de percepção pública faz parte de um projeto maior de aplicação de ferramentas e técnicas nos campos da Bacia do Recôncavo com o intuito de verificar o potencial da bacia para abrigar projetos de injeção de CO₂. Vários trabalhos foram publicados pelo grupo de pesquisa que conduziu esse estudo.

A Figura 01 a seguir apresenta o fluxo das ações realizadas no processo de avaliação da capacidade da Bacia do Recôncavo de abrigar projetos de injeção de CO₂. Ela apresenta as atividades realizadas via pesquisas e a compilação dos resultados obtidos em cada atividade.

Figura 01: Atividades e resultados obtidos nas etapas de verificação da capacidade da Bacia do Recôncavo em abrigar projetos de injeção de CO₂.



Fonte: Câmara e Netto (2019)⁴

Ao todo foram realizadas 240 pesquisas de percepção pública utilizando as seguintes formas de coleta: aplicação de questionário via internet e aplicação do questionário via entrevista pelo entrevistador ou preenchimento pelo próprio entrevistado (esta última modalidade foi mais utilizada na fase de validação da ferramenta de coleta dos dados).

Das 240 pesquisas 64 foram entrevistas sendo que 57 foram realizadas com pessoas que estavam nas comunidades localizadas nos arredores dos campos. Os campos se encontravam nos seguintes municípios: Entre Rios, São Sebastião do Passé, Araças, Cardeal da Silva, Itanagra, Catu e Pojuca. O Quadro 01 a seguir apresenta os campos selecionados, os municípios onde eles se encontram e a quantidade de entrevistas realizadas nos arredores dos campos.

⁴ Figura/Quadro originais em inglês e apresentados no Workshop: “Carbon Capture, Storage and Use and Bioenergy: Joint Event of Brazilian and Dutch Universities”, realizado nos dias 25 e 26 de fevereiro de 2019 em São Paulo – SP. Organizado pelo Instituto de Energia e Ambiente (IEE) e o Research Center for Gas Innovation (RCGI) ambos da Universidade de São Paulo (USP).

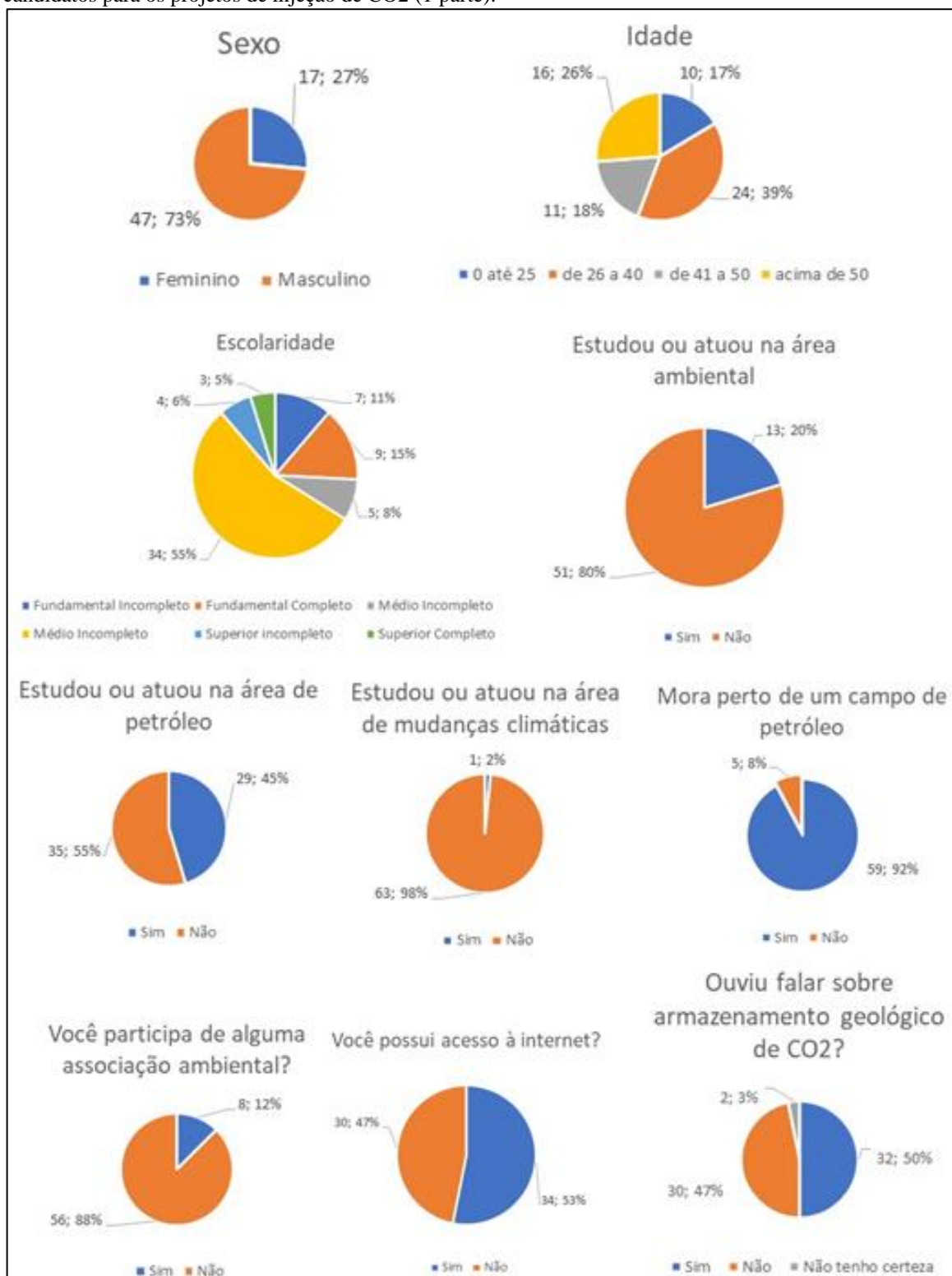
Quadro 01: Relação entre os objetivos e estratégias metodológicas aplicadas no estudo

Campo	Município	Quantidade (N)
Araças Leste	Entre Rios	4
Fazenda Mamoeiro	Entre Rios	2
Fazenda Azevedo Oeste	Entre Rios	5
Beija Flor	São Sebastião do Passé	4
Bom Lugar	Araças	8
Juriti	Cardeal da Silva	5
Miranga Leste	Itanagra	3
Rio Santana	Catu	3
Rio Una	Catu	20
Vale do Quiricó	Pojuca	3
Total		57

Fonte: Câmara e Netto (2019)¹⁴

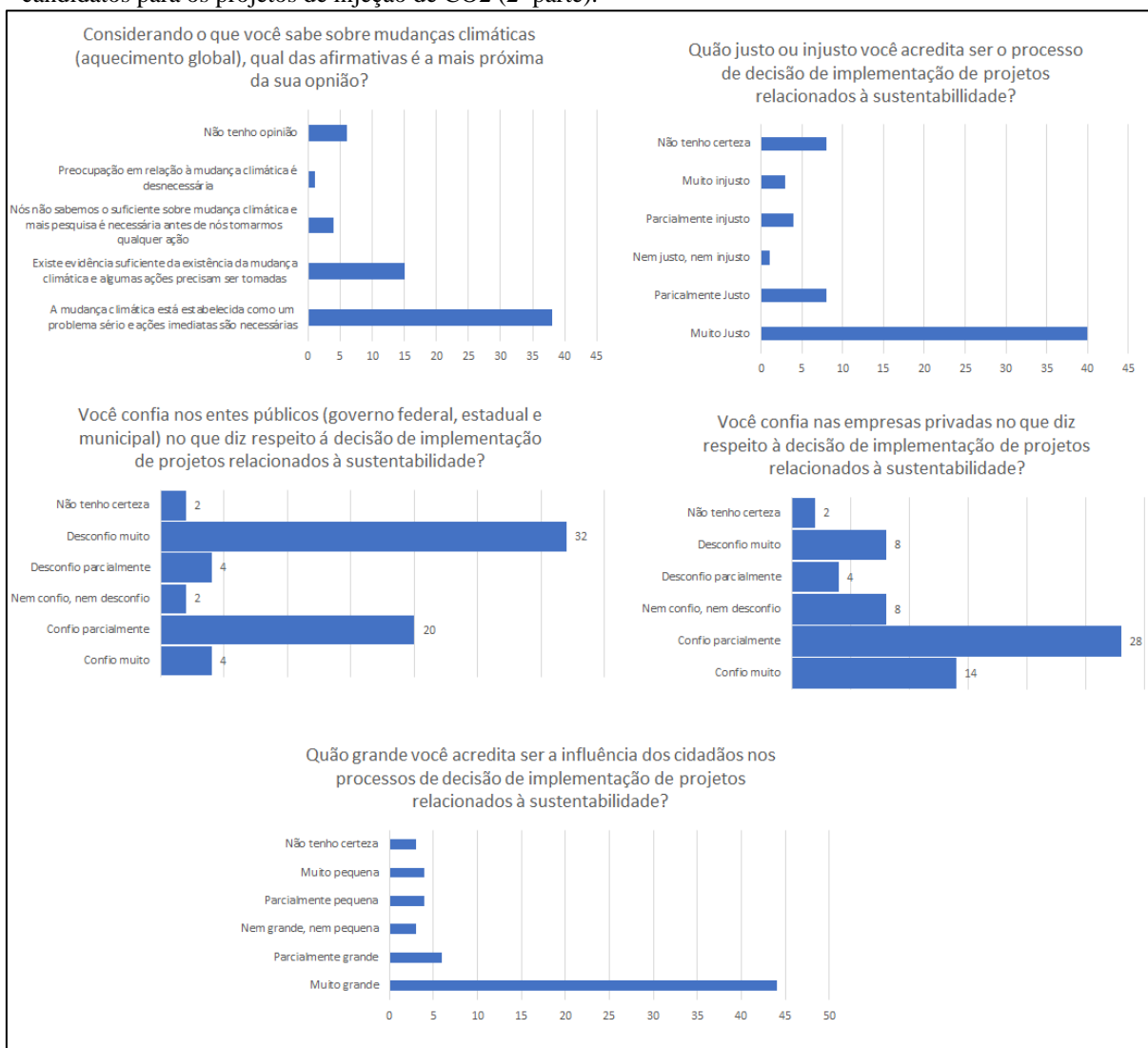
As Figuras 02 e 03 apresentam os resultados das entrevistas de campo realizadas.

Figura 02: Resultados das 64 entrevistas de campo realizadas nos municípios onde se encontram os campos candidatos para os projetos de injeção de CO2 (1ª parte).



Fonte: elaboração própria

Figura 03: Resultados das 64 entrevistas de campo realizadas nos municípios onde se encontram os campos candidatos para os projetos de injeção de CO2 (2ª parte).

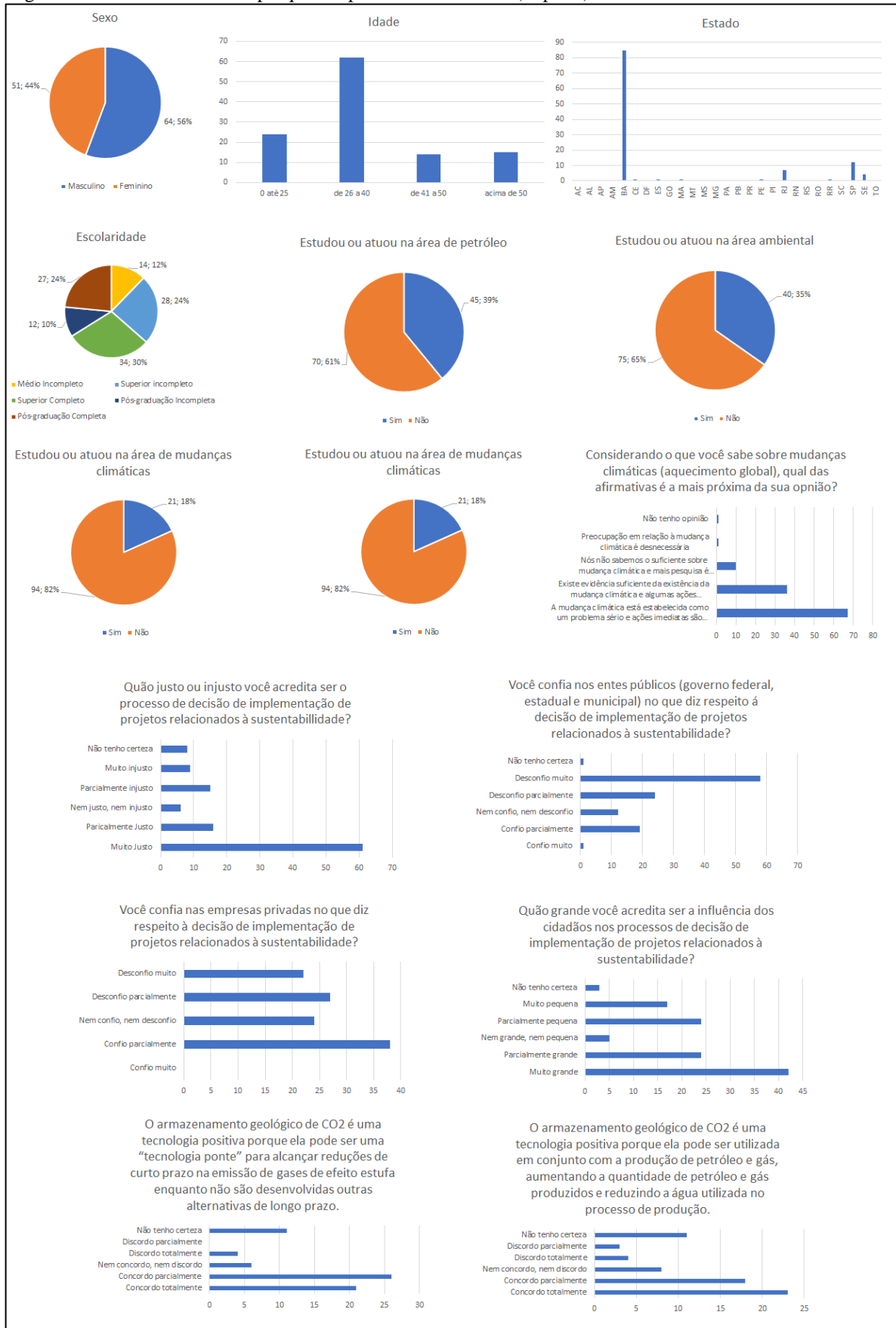


Fonte: elaboração própria

Pode-se sintetizar os resultados conforme os gráficos apresentados e alguns pontos chamam a atenção como a necessidade de realizar ações de combate as mudanças climáticas, a percepção de ser muito justa a decisão para a implementação de projetos relacionados à sustentabilidade, a desconfiança no poder público no que diz respeito a decisão para a implementação de projetos relacionados à sustentabilidade, por outro lado, a confiança nas empresas do setor privado para implementar projetos relacionados à sustentabilidade e por fim os pesquisados acreditam com muita intensidade na influência dos cidadãos nos processos de decisão na implantação de projetos relacionados à sustentabilidade.

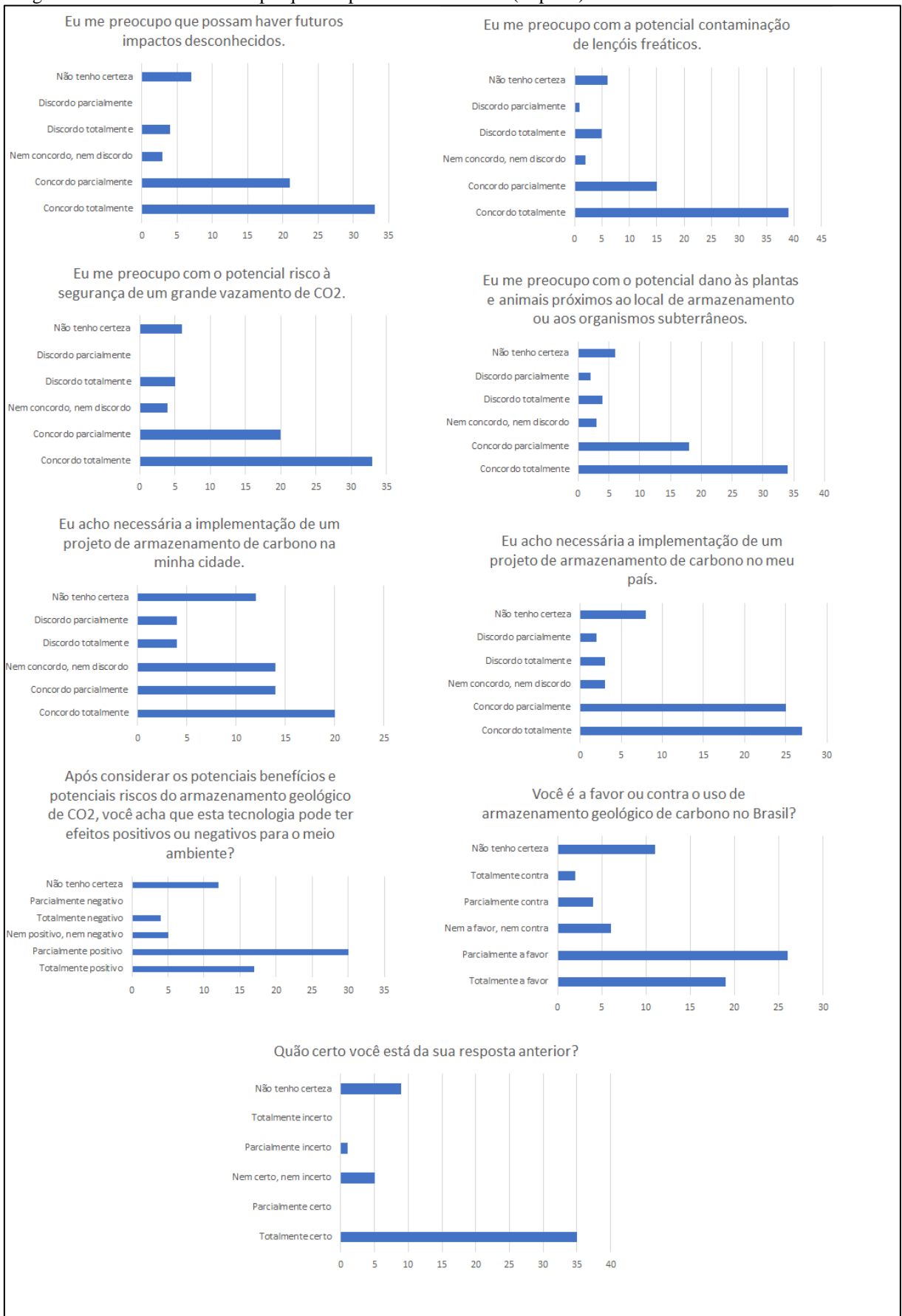
As Figuras 04 e 05 apresentam os resultados das entrevistas aplicadas via internet.

Figura 04: Resultados das 115 pesquisas aplicadas via internet (1ª parte).



Fonte: elaboração própria

Figura 05: Resultados das 115 pesquisas aplicadas via internet (2ª parte).



Fonte: elaboração própria

Diversos pontos podem ser observados nos resultados das pesquisas aplicadas via internet, entretanto vale destacar:

- O nível de escolaridade dos entrevistados;
- A grande parte incluída na faixa etária de 26 a 40 anos;
- Algumas respostas têm uma tendência muito similar as das entrevistas de campo, como a falta de confiança no poder público e a influência do cidadão no processo de decisão para a implantação de projetos voltados para a sustentabilidade;
- De certa forma reconhecem que o CCS é uma tecnologia que pode ajudar no combate às emissões de CO₂;

Um aspecto que cabe uma análise mais profunda é a importância dada à implantação de projetos de armazenamento de carbono na sua cidade e no seu país. Percebe-se que a quantidade respostas com as opções “Não tenho certeza”, “Discordo parcialmente”, “Discordo totalmente” e “Nem concordo nem discordo” aumentaram significativamente na pergunta referente à sua cidade em relação à pergunta voltada para o seu país. Isso não indica um efeito “Não no meu jardim” mais merece uma pesquisa mais aprofundada sobre esse assunto junto à comunidade.

5.2. Pesquisa de Percepção Pública de Armazenamento de Energia na Bahia

A elaboração do roteiro de entrevista para a percepção pública do armazenamento de energia na Bahia seguiu o descrito anteriormente. Vale destacar que nas entrevistas feitas com as pessoas no projeto visitado de Huntorf na Alemanha não foram identificadas barreiras referentes à aceitação do projeto pela comunidade nem nos tempos atuais nem no momento da sua construção, na década de 70.

Foram entrevistadas pessoas que atuam em agências reguladoras, em órgãos de governo do estado da Bahia, agências/bancos de fomento, pesquisadores/comunidade acadêmica e pessoas vinculadas ao setor produtivo, em especial à indústria de petróleo e gás natural.

Como a entrevista teve o foco voltado para a análise qualitativa das respostas, alguns itens tiveram podem ser destacados, sendo eles:

- A falta de conhecimento dos entrevistados a respeito das tecnologias de armazenamento de energia com a utilização de reservatórios geológicos;
- A relação, de certa forma positiva, na implantação dessas tecnologias com as comunidades onde estarão abrigados possíveis projetos; e,

- A importância do estabelecimento de políticas públicas para o incentivo à implantação de projetos de armazenamento de energia com a utilização de reservatórios geológicos no estado da Bahia.

De forma geral, não é identificada nenhuma barreira que seja considerada como crítica para o uso das tecnologias de armazenamento de energia com a utilização de reservatórios geológicos no estado da Bahia com as pessoas entrevistadas. Contudo, faz-se importante destacar novamente o desconhecimento do público sobre tecnologias, o que de certa forma pode impactar nas respostas fornecidas.

5.3. Recomendações

As recomendações identificadas nesse estudo para a elaboração de um marco regulatório bem estruturado que abriguem as tecnologias de armazenamento de resíduos/energia com o uso do subsolo estão elencadas a seguir com os devidos comentários associados a elas:

- Ampliar o conhecimento da população sobre o potencial do uso do subsolo como uma opção para abrigar projetos de armazenamento de resíduos/energia.

A educação/informação da população é um ponto crucial no processo de tomada de decisão de implantação de um projeto das tecnologias de armazenamento/energia com o uso do subsolo. Associado a isso, a disponibilidade de informações e acesso a essas informações é outra questão que está atrelada ao desenvolvimento de uma consciência crítica sobre o uso dessas tecnologias.

As ferramentas de popularização do conhecimento sobre essas tecnologias podem ser as tradicionais como a elaboração de material didático para as futuras gerações, produção de conhecimento digital, produção de material técnico para suportar as decisões da comunidade e por fim o acesso à internet.

- Ampliar o conhecimento dos atores chaves no processo decisório sobre as tecnologias e o potencial do uso do subsolo como uma opção para abrigar projetos de armazenamento de resíduos/energia.

Numa primeira iniciativa para verificar a percepção pública dos atores sobre as tecnologias de armazenamento de resíduos/energia com o uso do subsolo, que foi um dos focos desse estudo, foi possível verificar a ausência de conhecimento prévio, em especial das tecnologias de CAES e P2G, das pessoas entrevistadas. Essa falta de conhecimento pode impactar na tomada de decisão dos atores numa perspectiva de uso em larga escala dessas

tecnologias. Ações como workshops e produção de material explicativo poderia ser de grande valia para orientar esse público.

- Realização de pesquisas de percepção pública mais aprofundadas junto aos diversos públicos como as comunidades, os órgãos públicos, agentes financeiros, o setor privado, a academia, dentre outros.

O processo de implantação dessas tecnologias precisa de uma maturação junto a diversos atores. Faz-se importante saber qual o conceito e posicionamento dos deles para se ter um diagnóstico correto da percepção pública dessas tecnologias. A experiência internacional aponta para a necessidade de um conhecimento mais aprofundado sobre a percepção pública dessas tecnologias antes da implantação/uso das mesmas para que não se tenha uma indisposição entre os atores e a comunidade.

Conforme o descrito nesse estudo, situações em que ocorreram a suspensão ou cancelamento dos projetos como na Espanha, na Holanda e no Reino Unido, podem ter impacto no uso das tecnologias de armazenamento de resíduos/energia, inclusive com repercussão negativa da imagem dos principais atores, em especial o governo, a academia e o setor privado, junto a comunidade e da sociedade civil em geral. Com isso, a realização de pesquisas de percepção pública é um instrumento que pode munir tais atores envolvidos de informações que devem auxiliar no processo de tomada de decisão.

- Necessidade de domínio das tecnologias de armazenamento de resíduos/energia.

É notório o uso em larga escala das tecnologias de armazenamento de resíduos/energia por diversos países. Esse uso ganha escala em função da estratégia de cada país, em especial, junto ao setor de geração de energia. Percebe-se que mesmo as tecnologias de armazenamento de resíduos (em destaque armazenamento de CO₂), têm o seu uso associado ao setor energético.

Há a necessidade, no Brasil e em especial na Bahia, de dominar tais tecnologias no intuito do estado se preparar para uma possível necessidade de aumento de demanda energética, em função de diversos fatores, em destaque o aumento da geração de energia via eólica e solar no estado (já que essas tecnologias de geração têm problemas críticos relacionados à despachabilidade e intermitência que podem ser resolvidos com o armazenamento) e a presença de reservatórios geológicos com grande potencial para o uso das tecnologias de armazenamento de energia com o uso do subsolo.

O incentivo para a implantação das tecnologias de armazenamento energia com o uso do subsolo na Bahia e por consequência no Brasil perpassa pela implantação de políticas de incentivo do setor público para o setor privado, como a redução/isenção de impostos e taxas.

Outra ação que poderia ser incentivadora para o uso em larga escala dessas tecnologias é a estruturação de um mercado de créditos de carbono que reconhecesse a implantação das tecnologias de armazenamento de resíduos/energia como mitigadoras/redutoras de emissões de GEE. O lançamento do Renovabio pela ANP, que é uma espécie de mercado de carbono, levanta a possibilidade de incentivo do uso em larga escala dessas tecnologias.

Por outro lado, pode-se considerar que a atuação do poder público com políticas de taxação de emissões de resíduos como os GEE pode ser um fator impulsionador para a implantação de projetos de CCS no estado e no país. Haja vista que essa é uma situação que ocorre em alguns países em especial na Noruega que abriga um dos maiores e mais antigos projetos de CCS do mundo.

- Aproveitamento da estrutura regulatória existente

Em diversos países o aproveitamento ou os ajustes da estrutura regulatória do setor de petróleo e gás para o uso em larga escala das tecnologias de armazenamento de resíduos/energia é um ponto em comum. Isso se dá com maior intensidade para as tecnologias de CCS em especial para países que estão familiarizados com a implantação de projetos de EOR, em especial de EOR com CO₂.

Tal situação também pode ser identificada no Brasil onde existiram e estão em operação projetos de injeção e CO₂ em reservatórios geológicos. Percebe-se que além dos projetos de injeção de CO₂ as iniciativas de projetos de ESGN também seguiriam os tramites regulatórios estabelecidos no arcabouço do setor petrolífero. Contudo, é notória as lacunas existentes no marco regulatório para o uso em larga escala dessas tecnologias, haja vista que o arcabouço não foi estruturado pensando na possibilidade do uso em larga escala delas.

Já para o uso de tecnologias como o CAES e o P2G a situação é mais complexa. Isso em virtude da uma zona nebulosa referente à qual autoridade competente deveria regular essas tecnologias. Em função da estrutura estabelecida atualmente no Brasil e a atuação das agências reguladoras existentes, há no mínimo uma questão a ser equacionada no que diz respeito ao uso em larga escala dessas tecnologias que é a sobreposições de responsabilidades da ANP, Agência Nacional de Mineração (ANM) e a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) quando se

trata das tecnologias de CAES e de P2G. Isso se dá em função do próprio caráter e as peculiaridades das tecnologias.

Entende-se também que para essas duas tecnologias haverá a necessidade de estabelecer regulamentos específicos para o uso em larga escala delas, seja no âmbito federal como estadual. Um exemplo a ser seguido é o estabelecido nos Estados Unidos e em especial nos estados do Texas e da Califórnia, com destaque para o Texas que tem uma regulação específica para a construção de cavernas para fins de armazenamento energético como o visto anteriormente nesse estudo.

- Inserção de pesquisas de percepção pública como uma atividade a ser feita num projeto de uma tecnologia de armazenamento de resíduos/energia na etapa de concepção do projeto.

Os projetos para a implantação das tecnologias de armazenamento de resíduos/energia são normalmente de alta monta. Para se evitar “surpresas” no decorrer das suas etapas faz-se necessário se ter a maior quantidade de informações possíveis dos atores envolvidos e em especial da comunidade onde estará abrigado o projeto. Destaca-se que a realização de pesquisas de percepção pública e a aceitação de um projeto dessas tecnologias na comunidade venha a garantir a execução do projeto até o seu final previsto.

Os resultados da pesquisa de percepção pública e a anuência da comunidade servem de indicadores sociais do projeto, contudo não são garantia da manutenção da aceitação do projeto. Vale destacar que situações fora do planejado na aplicação dessas tecnologias podem alterar de forma radical a percepção pública da comunidade, por exemplo, a aparição de abalos sísmicos, acidentes industriais, a falta de controle e segurança operacional que ocasionem incidentes com as comunidades, dentre outros.

Não existe uma relação direta nas regulações internacionais dessas tecnologias com as questões de percepção pública, mas existe um trâmite a ser percorrido para a aprovação de seus projetos que precisam ser cumpridos e normalmente passam por uma validação da comunidade, como o exemplificado para cavernas de P2G no Reino Unido.

Aqui no Brasil existem as audiências públicas conduzidas pelos órgãos ambientais para determinados tipos de empreendimento que de certa forma conta com a participação da comunidade. Seria importante a obrigatoriedade da realização dessas audiências para os projetos de armazenamento de energia/resíduos com o uso do subsolo e uma pesquisa de percepção pública na etapa de concepção desses tipos de projetos junto à comunidade envolvida para subsidiar a tomada de decisão na audiência pública.

- Incentivos a projetos pilotos

A realização de projetos pilotos dessas tecnologias é um ponto fundamental para a estruturação de um arcabouço regulatório robusto e que traga confiança para que sejam feitos investimentos do setor privado no uso em larga escala das tecnologias de armazenamento de resíduos/energia com o uso do subsolo.

A forma como foram desenvolvidas as tecnologias de CAES nos Estados Unidos e na Alemanha pode servir de referência para os projetos a serem desenvolvidos na Bahia e em outros estados da União. Conforme o já destacado nesse estudo, os dois países adotaram estratégias diferentes. Enquanto na Alemanha o desenvolvimento da tecnologia ficou sob a condução do setor privado, nos Estados Unidos ele foi conduzido pelo setor de pesquisa e tendo o suporte financeiro federal na implantação dos projetos pilotos.

Vale destacar que o número atual de iniciativas de projetos de CAES em larga escala nos Estados Unidos é maior do que o da Alemanha. Talvez um formato híbrido da forma de condução experimentada pelos dois países seja uma boa prática a ser adotada no Brasil. Isso em virtude de se perceber pontos positivos e negativos em ambas as estratégias. Se pelo lado alemão as tecnologias CAES foram implantadas de forma pioneira desde a década de 70 e por consequência disso o país deteve o domínio da tecnologia, por outro lado, se observa o amadurecimento das pesquisas nos Estados Unidos e a introdução no mercado delas nos dias atuais.

- Aproveitamento da estrutura de fornecimento do setor de óleo e gás natural

Um dos pontos importantes a ser destacado nesse estudo é o possível aproveitamento da cadeia existente de fornecimento do setor de óleo e gás natural no estado da Bahia e por consequência da cadeia de fornecimento do setor petrolífero estabelecida no país. Diversas são as atividades existentes na indústria de exploração e produção de petróleo e gás natural que podem ser aproveitadas no desenvolvimento e uso em larga escala das tecnologias de armazenamento de resíduos/energia em reservatórios geológicos.

É certo que esse aproveitamento já é algo natural para as tecnologias de CCS e CCUS (EOR com CO₂) e a ESGN, mas nas demais tecnologias há a necessidade de se desenvolver conhecimento e depois difundir o conhecimento adquirido para a cadeia de fornecimento. Um exemplo claro disso é o domínio do conhecimento do comportamento do ar comprimido ou gases como o H₂ em reservatórios exauridos de hidrocarboneto.

Outro ponto importante é a construção de uma caverna numa formação salina para armazenamento de energia. Mesmo que a extração de salgema seja uma atividade já realizada há anos no Brasil a construção desses tipos de cavernas requer um domínio tecnológico específico, pois as mesmas devem atender a requisitos técnicos minuciosamente estabelecidos nos regulamentos técnicos.

Associado ao aproveitamento da cadeia de fornecimento já estabelecida do setor petrolífero há o desafio do desenvolvimento das Micro e Pequenas Empresas (MPEs) e Empresas de Pequeno Porte (EPPs) para atenderem as demandas da implantação de um projeto das tecnologias de armazenamento de resíduos/energia com o uso do subsolo. Isso se faz importante na medida que uma boa parte da cadeia de fornecimento estabelecida é formada pelas MPEs e EPPs no estado da Bahia.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A importância de se dominar as tecnologias que utilizam o subsolo como ambiente para armazenar resíduos, em especial CO₂, e energia, com o foco em gás natural, hidrogênio e ar comprimido, é crítica em função do suporte que essas tecnologias podem fornecer ao setor energético de um país. Esse estudo se voltou para verificar a viabilidade das tecnologias de armazenamento de resíduos e de energia em reservatório geológicos no estado da Bahia, do ponto de vista regulatório, tecnológico e de percepção pública, utilizando algumas ferramentas de coleta de dados. Com o processamento e análise dos dados coletados pode-se chegar a algumas conclusões que respondem aos objetivos definidos em sua estrutura metodológica.

Inicialmente foi feita a caracterização das tecnologias de armazenamento de resíduos e energia com o uso do subsolo e em seguida o levantamento do status no mundo das mesmas. Posterior a isso, foram identificados os principais projetos dessas tecnologias no mundo e respectivamente os países que abrigam esses projetos. Essa identificação dos países foi relevante para que fosse feita uma pesquisa aprofundada nas regulações deles e com isso ter o entendimento de como são reguladas essas tecnologias. Verificou-se que a percepção pública nos países que abrigam projetos de armazenamento de resíduos e energia com o uso do subsolo é um ponto relevante, inclusive podendo chegar ao cancelamento de alguns deles, e que a percepção é um tema que deve ser tratado de forma especial no intuito de minimizar possíveis problemas com a implantação das tecnologias.

Foram identificadas lacunas no arcabouço regulatório vigente no Brasil e na Bahia sobre o uso do subsolo para armazenamento de resíduos e energia, pode-se chegar a essa conclusão

tendo como referência a experiência internacional. Contudo, é compreensível a presença dessas lacunas, em especial para o armazenamento de energia, em função da inexistência de projetos no estado e no país dessas tecnologias. Já as lacunas regulatórias para as tecnologias de armazenamento de resíduos, com o olhar no tema percepção pública, não são tão compreensíveis já que o estado abrigou projetos de injeção de CO₂ na Bacia do Recôncavo e na esfera nacional, o país abriga um dos maiores projetos mundiais dessa tecnologia.

Com os dados coletados, processados e analisados, pode-se propor medidas visando o aprimoramento da regulamentação brasileira e práticas de relação com o público. Para tanto, teve-se a experiência internacional como referência nas propostas e buscou-se ajustar as práticas internacionais às práticas já realizadas no estado da Bahia e no Brasil. É importante destacar como uma das questões mais críticas identificadas na pesquisa e nesse estudo a falta de conhecimento do público em geral sobre as tecnologias de armazenamento de resíduos e energia com o uso do subsolo. Esse desconhecimento foi notório em todos os setores pesquisados o que leva a uma tendência de tomada de decisão sem aprofundamento no tema, o que pode ser impactante em diversos aspectos.

De forma geral, a grande conclusão que se pode chegar após esse estudo é a necessidade da difusão do conhecimento sobre as tecnologias estudadas com o intuito de subsidiar as decisões que estão sendo tomadas no momento presente e as que podem ser tomadas no futuro.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCMBUSTÍVEIS – ANP (2016). Aproveitamento de hidrocarbonetos em reservatórios não convencionais no Brasil / Programa de Mobilização da Indústria Nacional de Petróleo e Gás Natural. Comitê Temático de Meio Ambiente. Brasília: PROMINP/CTMA - Projeto MA 09, 2016.

AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCMBUSTÍVEIS – ANP (2014). requisitos a serem cumpridos pelos detentores de direitos de Exploração e Produção de Petróleo e Gás Natural que executarão a técnica de Fraturamento Hidráulico em Reservatório Não Convencional. Resolução nº021/2014.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO GÁS NATURAL E BIOCMBUSTÍVEIS - ANP (2016). Plano de Desenvolvimento do Campo de Santana, 2016. Disponível em: http://www.anp.gov.br/images/planos_desenvolvimento/Santana.pdf. Acesso em: 12 mai. 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO GÁS NATURAL E BIOCMBUSTÍVEIS - ANP (2000). Portaria ANP Nº 100, de 21.6.2000 – Disponível em: <http://anp.gov.br>. Acesso em: 12 mai. 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO GÁS NATURAL E BIOCMBUSTÍVEIS - ANP (2014). Resolução ANP Nº 47, de 3.9.2014 – Disponível em: <http://anp.gov.br>. Acesso em: 12 mai. 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS - ANP (2015). Resolução ANP Nº 17, de 23.3.2015 – Disponível em: <http://anp.gov.br>. Acesso em: 12 mai. 2020.

BUDT, M., WOLF, D., SPAN, R., & YAN, J. (2016). A review on compressed air energy storage: Basic principles, past milestones and recent developments. *Applied Energy*, 170, 250-268.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA (2015). Gás natural em terra: uma agenda para o desenvolvimento e modernização do setor. – Brasília: CNI, 2015. 95 p.: il.

DELGADO, F. E FEBRARO, J. (2018). Caderno Opinião - O Programa REATE e a Desmistificação do Fraturamento Hidráulico no Brasil. FVG Energia. Janeiro de 2018.

GORAIEB, C. L., IYOMASA, W., & APPI, C. (2005). Estocagem subterrânea de gás natural: tecnologia para suporte ao crescimento do setor de gás natural no Brasil. São Paulo: IPT–Institute of Technological Research of São Paulo.

HASAN, M. F., FIRST, E. L., BOUKOUVALA, F., & FLOUDAS, C. A. (2015). A multi-scale framework for CO₂ capture, utilization, and sequestration: CCUS and CCU. *Computers & Chemical Engineering*, 81, 2-21.

HyUnder (2014). Assessment of the potential, the actors and relevant business cases for large scale and seasonal storage of renewable electricity by hydrogen underground storage in Europe – HyUnder. Grant agreement no.: 303417. Executive Summary 23 June 2014, (http://hyunder.eu/wp-content/uploads/2016/01/D8.1_HyUnder-Executive-Summary.pdf). Acessado em 20 de março de 2020.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC (2005). Special Report on Carbon Dioxide Capture and Storage. Cambridge: Cambridge University Press, Cambridge, 2005. Preparado pelo Grupo de Trabalho III do IPCC.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC. (2018). Summary for Policymakers. In: Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield (eds.)]. World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland, 32 pp.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY – IEA. (2019). Commentary: Whatever happened to enhanced oil recovery?. By Christophe McGlade; Glenn Sondak and Mei Han in 28 November 2018.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY - IEA (2017), Outlook for Natural Gas, IEA, Paris <https://www.iea.org>.

ITALIANA, F.W. (2012). Operating Flexibility of Power Plants with CCS. IEA GHG Report.

JISHUN, Q. I. N., HAISHUI, H. A. N., & XIAOLEI, L. I. U. (2015). Application and enlightenment of carbon dioxide flooding in the United States of America. *Petroleum Exploration and Development*, 42(2), 232-240.

MARCHETTI, C. (1977). "On geoengineering and the CO₂ problem." *Climatic change* 1.1: 59-68.

MATOS, C. R.; CARNEIRO, J. F.; SILVA, P. P. (2019). Overview of Large-Scale Underground Energy Storage Technologies for Integration of Renewable Energies and Criteria for Reservoir Identification, *Journal of Energy Storage*, v. 21, p. 241-258, 2019.

MEADOWCROFT, J. R., & LANGHELLE, O. (2009). *Caching the carbon*. Edward Elgar Publishing.

NETTO, A.L, CÂMARA, G., ANDRADE, J. C., ROCHA, P. (2016). Projetos de Captura e Armazenamento de CO₂ uma Visão Sobre a Percepção Pública. In: Rio Oil and Gas Expo and Conference - Instituto Brasileiro do Petróleo. Rio de Janeiro, Brasil

OZARSLAN, A. (2012). Large-scale hydrogen energy storage in salt caverns. *International Journal of Hydrogen Energy*, 37(19), 14265-14277.

RUIZ-BARAJAS, S., SHARMA, N., CONVERTITO, V., ZOLLO, A., & BENITO, B. (2017). Temporal evolution of a seismic sequence induced by a gas injection in the Eastern coast of Spain. *Scientific reports*, 7(1), 1-15.

STOGAS ARMAZENAMENTO DE GAS NATURAL S.A. – STOGAS (2018). In: Seminário de ESGN realizado pela ANP em 11 de Set. de 2015. Apresentação da STOGAS. Disponível em: http://www.anp.gov.br/images/Institucional/Eventos/ESGN/apresentacaoStogas_seminario_esgn.pdf . Acessado em: 25 de Dez. de 2018.

STONE, H. B., VELDHUIS, I., & RICHARDSON, R. N. (2009). Underground hydrogen storage in the UK. *Geological Society, London, Special Publications*, 313(1), 217-226.

TERWEL, B. W., TER MORS, E., & DAAMEN, D. D. (2012). It's not only about safety: Beliefs and attitudes of 811 local residents regarding a CCS project in Barendrecht. *International Journal of Greenhouse Gas Control*, 9, 41-51.