

UNIVERSIDADE SANTA CECILIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AUDITORIA AMBIENTAL

KARINA FARIA SANTOS

**Aspectos Jurídicos da Captura e Armazenamento de CO₂
no Brasil - Desafios e Oportunidades**

SANTOS

2021

KARINA FARIA SANTOS

**Aspectos Jurídicos da Captura e Armazenamento de CO₂
no Brasil - Desafios e Oportunidades.**

Dissertação apresentada a
Universidade Santa Cecília como parte
dos requisitos para obtenção de título
de Mestre em Auditoria Ambiental, sob
a orientação do Profa. Dra. Alessandra
Aloise de Seabra.

SANTOS

2021

661.8 Santos, Karina Faria.
S235a Aspectos Jurídicos da Captura e Armazenamento de CO2 no Brasil - Desafios e Oportunidades. / Karina Faria Santos. 2021. 64 f.

Orientador: Profa. Dra. Alessandra Aloise de Seabra.

Dissertação (Mestrado)-- Universidade Santa Cecília, Programa de Pós-Graduação em Auditoria Ambiental, Santos, SP, 2021.

1. Pré Recuperação avançada de petróleo. 2. Mecanismo de Desenvolvimento imposto. 3. Sequestro de carbono. I. Seabra, Alessandra Aloise de. II. Aspectos Jurídicos da Captura e Armazenamento de CO2 no Brasil - Desafios e Oportunidades.

DEDICATÓRIA

Aos meus primeiros mestres, meus pais, com amor!

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, minhas almas gêmeas, pela vida, pelos valores transmitidos, amor e apoio incondicional.

Ao meu namorado Mike pelo suporte e parceria durante o curso e na vida e pelos momentos de lazer aos quais abdiquei em função da presente pesquisa. Muito obrigada!

Ao meu irmão, familiares e amigos que sempre acreditaram no meu objetivo, pelo carinho e toda positividade.

À professora Dra. Lúcia Maria Teixeira, pelo incentivo determinante para conclusão do curso e da presente pesquisa e a Universidade Santa Cecília pela estrutura disponibilizada para ajudar a construir sonhos.

A professora Dra. Alessandra Aloise de Seabra, minha orientadora, pelo direcionamento e companhia nessa jornada, primordiais para o desenvolvimento dessa pesquisa.

Aos professores do Programa de Auditoria Ambiental da Unisanta por toda experiência e conhecimentos compartilhados, em especial aos professores Dra. Luciane Alves Maranhão, Dr. Fábio Giordano, Dr. Luciano Pereira de Souza e Dra. Milena Ramires.

Aos colegas do curso pelo convívio e aprendizado em especial aos integrantes do grupo de pesquisa CCS pela colaboração e disponibilização de materiais de pesquisa.

Ao apoio de todos que de forma direta ou indireta contribuíram para o desenvolvimento da presente pesquisa.

À CAPES pelo apoio.

EPÍGRAFE

“Muitas pessoas dizem que o intelecto é o que faz um grande cientista. Elas estão erradas: é o carácter”.

Albert Einstein

RESUMO

A responsabilidade humana decorrente da emissão de gases de efeito estufa vem sendo amplamente debatida em atendimento ao princípio das responsabilidades comuns porém diferenciadas, o qual prevê a responsabilização das nações de acordo com suas contribuições históricas para o regime climático, tornando-se sinônimo de justiça social. Os esforços políticos internacionais deram origem a compromissos assumidos por diversos países na mitigação dos efeitos das mudanças climáticas. Tendo em vista a impossibilidade de adequação dos atuais modelos de produção aos prazos estabelecidos pelo orçamento atmosférico global vigente a partir do Acordo de Paris, a tecnologia de sequestro de carbono apresenta-se como importante instrumento de transição entre uma economia carbonizada e um modelo econômico mais verde. A presente pesquisa analisou o modelo jurídico da tecnologia de captura e armazenamento de carbono (CCS) utilizado nos Estados Unidos tendo em vista que o país desenvolve a atividade há 50 anos, razão pela qual detém 14 das 28 instalações em atividade consideradas de larga escala no mundo. Paralelamente, foi analisada a legislação petrolífera brasileira, dada a experiência nacional na produção de petróleo em águas profundas e ultraprofundas, e na técnica de recuperação avançada de petróleo (EOR) que consiste em injeção de carbono em reservatórios para liberação do petróleo residual e armazenamento do CO₂. A partir de uma abordagem jurídica e da utilização de instrumentos como banco de dados da Agência Internacional de Energia, Instituto Global de CCS, relatórios oficiais obtidos junto a órgãos nacionais, além da legislação correspondente, verificou-se que a tecnologia CCS representa grande oportunidade para o Brasil em razão da tecnologia e estrutura provenientes de seus empreendimentos petrolíferos, além do potencial geológico e das bacias existentes. O desenvolvimento da atividade é capaz de aliar benefícios ambientais com geração de emprego e renda. Entretanto, a falta de legislação Federal ainda é o principal entrave no desenvolvimento da atividade, em que questões como participação da sociedade civil mediante consultas públicas, acesso à informação, monitoramento de instalações e transferência de responsabilidade são indispensáveis no estabelecimento da segurança jurídica e social capaz de atrair investimentos. Neste sentido, apresenta-se como resultado da pesquisa, de forma colaborativa, minuta de projeto de lei para regulamentação da atividade através da Política Energética como instrumento para a promoção da captura e armazenamento de carbono no Brasil.

Palavras-chave: Recuperação avançada de petróleo. Mecanismo de Desenvolvimento imposto. Sequestro de carbono.

ABSTRACT

Legal Aspects of CO₂ Capture and Storage in Brazil - Challenges and Opportunities

Human responsibility arising from the emission of greenhouse gases has been widely debated in compliance with the principle of common but differentiated responsibilities, which provides for the accountability of nations according to their historical contributions to the climate regime, becoming synonymous with social justice. . International political efforts have given rise to commitments made by several countries to mitigate the effects of climate change. In view of the impossibility of adapting the current production models to the deadlines established by the global atmospheric budget in force since the Paris Agreement, carbon sequestration technology presents itself as an important instrument of transition between a carbonized economy and a more economical model. green. The present research analyzed the legal model of carbon capture and storage technology (CCS) used in the United States, considering that the country has been operating for 50 years, which is why it has 14 of the 28 active installations considered to be large-scale in the country. world. At the same time, Brazilian petroleum legislation was analyzed, given the national experience in oil production in deep and ultra-deep waters, and in the advanced oil recovery technique (EOR), which consists of carbon injection in reservoirs for the release of residual oil and storage of oil. CO₂. From a legal approach and the use of instruments such as the database of the International Energy Agency, the Global Institute of CCS, official reports obtained from national agencies, in addition to the corresponding legislation, it was found that CCS technology represents a great opportunity for Brazil due to the technology and structure derived from its oil projects, in addition to the geological potential and the existing basins. The development of the activity is able to combine environmental benefits with job and income generation. However, the lack of Federal legislation is still the main obstacle in the development of the activity, in which issues such as participation of civil society through public consultations, access to information, monitoring of facilities and transfer of responsibility are indispensable in the establishment of legal and social security capable of attracting investments. In this sense, it is presented as a result of the research, in a collaborative way, draft bill for regulation of the activity through the Energy Policy as an instrument for the promotion of carbon capture and storage in Brazil.

Keywords: Advanced oil recovery. Development Mechanism imposed. Carbon sequestration.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Série histórica das emissões de GEEs na América Latina	17
Figura 2. Série histórica de emissões de CO ₂ no mundo por fonte de energia	17
Figura 3. Técnica de recuperação avançada de petróleo	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Série histórica de emissões totais no Brasil por setores	16
Tabela 2. Transferência de responsabilidade em projetos de larga escala em operação no mundo	25
Tabela 3. Instalações de larga escala nos Estados Unidos.....	32
Tabela 4. Resoluções da Agência Nacional de Petróleo	38
Tabela 5. Portaria 234/03 ANP	41

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AILAC	- Associação Independente da América Latina e do Caribe
ANP	- Agência Nacional de Petróleo
CAIT	- <i>Climate Data Explorer</i>
CCS	- <i>Carbon Capture and Storage</i>
CFCs	- Clorofluorcarbonos
CH ₄	- Metano
CO ₂	- Dióxido de carbono
COP3	- Conferência das Partes III
ECO92	- Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento 1992
EOR	- <i>Enhanced Oil Recovery</i>
EPA	- Agência de Proteção Ambiental
GCCSI	- <i>Global CCS Institute</i>
GEE	- Gases do efeito estufa
H ₂ CO ₃	- ácido carbônico
HB	- <i>House Hill</i>
HFCs	- Hidrofluorcarbonos
IEA	- <i>International Energy Agency</i>
ISA	- Programa de Incentivos por Serviços Ambientais
N ₂ O	- óxido nitroso
NDC	- Contribuição Nacionalmente Determinada
NETL	- <i>National Energy Technology Laboratory</i>
NH ₃	- Amônia
NO _x	- óxidos de nitrogênio
ONGS	- Organizações não Governamentais
PEMC	- Política Estadual de Mudanças Climáticas
PNRH	- Política Nacional de Recursos Hídricos
ProPSA	- Programa Estadual e Pagamentos por Serviços Ambientais
SB	- <i>Senate Bill</i>
SEEG	- Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa

- SF₆ - Hexafluoreto de enxofre
- SISA - Sistema Estadual de Incentivos a Serviços Ambientais
- SO_x - óxidos de enxofre
- UIC - Programa de Controle de Injeção Subterrânea
- UNFCCC - Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	14
MATERIAL E MÉTODOS	20
CAPÍTULO 1. POLÍTICAS GLOBAIS FACE AOS EFEITOS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS	21
CAPÍTULO 2. PANORAMA GLOBAL DO CCS.....	25
CAPÍTULO 3. O PIONEIRISMO AMERICANO EM MATÉRIA DE CCS: UM ESTUDO DE CASO	28
CAPÍTULO 4. SITUAÇÃO JURÍDICA DO CCS NO BRASIL	34
CAPÍTULO 5. A LEGISLAÇÃO DO PETRÓLEO BRASILEIRA COMO INSTRUMENTO DE FOMENTO AO CCS	36
RESULTADOS.....	44
DISCUSSÃO	47
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	52
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	53

INTRODUÇÃO

A exploração desordenada dos recursos naturais em velocidade superior a capacidade de recuperação do meio ambiente (MORAIS *et al.*, 2017), bem como o crescimento populacional, a essencialidade econômica dos recursos ambientais, a necessidade de matérias-primas cada vez mais caras e escassas, o consumismo conspícuo e não sustentável da classe média (ZUCATELLI *et al.*, 2013), além dos processos de industrialização, são responsáveis pela crescente emissão de gases do efeito estufa, dentre esses o carbono (CO_2), causante do efeito estufa e consequentemente, do aumento da temperatura na Terra (SANTOS, FERREIRA e SOTTA, 2017).

Os gases de efeito estufa - GEE naturais são encontrados na atmosfera terrestre e tem por função bloquear parte da radiação infravermelha, são fundamentais na manutenção da temperatura na Terra, pois caso contrário esta seria cerca de 30°C menor (STOCKER *et al.*, 2013; COSTA e AMARAL., 2014). Vale salientar que os GEEs mais relevantes são: o vapor de água (H_2O), o dióxido de carbono (CO_2), o metano (CH_4), óxidos de nitrogênio (NO_x), óxidos de enxofre (SO_x), amônia (NH_3), óxido nitroso (N_2O) (URQUIAGA *et al.*, 2010), clorofluorcarbonos (CFCs), hidrofluorcarbonos (HFCs) e hexafluoreto de enxofre (SF_6) (COELHO *et al.*, 2014). Dentre esses o mais abundante é o CO_2 , além de ser o grande responsável pelo aquecimento global (CÔRTEZ, ROCHA e SABIÃO, 2019).

O dióxido de carbono é um composto cuja representação química é CO_2 , o qual apresenta demanda crescente após a revolução industrial por conta da necessidade de utilização de carvão e outras fontes de energia (ESTEVES, ALVES e SESSO FILHO, 2017). O carbono possui um ciclo natural envolvendo processos físicos, químicos, biológicos e geológicos e é produzido através de atividade metabólica de seres vivos, em relação ao estado físico pode ser encontrado na forma gasosa, sólida, líquida e supercrítica, não tem cor, odor e não é inflamável (OLIVEIRA, 2016).

Uma das consequências das emissões de dióxido de carbono além do aquecimento global, é a acidificação dos oceanos, capaz de provocar um colapso ambiental, pois uma vez absorvido pelos oceanos o CO_2 dá origem ao ácido carbônico (H_2CO_3), causando diminuição do pH das águas e interferindo em especial nos recifes

que são atingidos por processos de erosão com consequente perda da defesa natural frente a fenômenos causados pela hidrodinâmica das ondas (SODRÉ, SILVA e MONTEIRO, 2016). Essa intervenção antropogênica pode causar perturbação na cadeia alimentar, em especial nos níveis tróficos mais baixos (LASSO, 2019).

Entre outras consequências das emissões antrópicas de CO₂ está o aumento de temperatura, fenômenos como tornados, derretimento das camadas de gelo, perda de biodiversidade, diminuição da qualidade da água, do ar, da biosfera acidificação dos oceanos (ARTAXO, 2014) erosão das praias e inundação de manguezais bem como pode afetar populações vulneráveis a essas mudanças (MELE *et al.*, 2015). Essas alterações, por sua vez, causam impactos nos sistemas socioeconômicos e tem relação direta com problemas relacionados a saúde humana, devido a incidência de doenças infecciosas e respiratórias promovendo essas populações vulneráveis ao status de refugiados climáticos (SILVA e GUETTER, 2015).

O número de refugiados climáticos já é maior do que aqueles provenientes de guerras e conflitos armados (BORRÀS PENTINAT, 2006). De acordo com dados do *Internal Displacement Monitoring Center* de 2008 a 2014, desastres climáticos obrigaram mais de 184,6 milhões de pessoas a deixarem suas casas temporária ou permanentemente (INTERNAL DISPLACEMENT MONITORING CENTRE, 2015). Estima-se que até o ano de 2050, esse número chegará a 200 milhões de refugiados ambientais. A maior parte desses refugiados são provenientes de países pobres, onde a população é forçada a emigrar de seu habitat em decorrência da degradação ambiental, cujos efeitos tornam insuportáveis sua permanência (ANTHONY, 2015).

Na agricultura, a emissão de Gases do Efeito Estufa, entre eles o carbono, advêm de ações como desmatamento, aplicação de fertilizantes, queima de resíduos vegetais, combustíveis fósseis e pecuária extensiva (URQUIAGA *et al.*, 2010; FEARNSIDE, BARBOSA e PEREIRA, 2013). Devido à grande importância da agricultura para economia brasileira, atualmente, este setor é responsável por grande volume de emissão de Gases do Efeito Estufa no país, nesse sentido é de grande relevância o adequado manejo ecológico do solo, com especial destaque para a produção de cana-de-açúcar (SOUZA, 2019).

De acordo com a série histórica de emissões totais no Brasil (Tabela 1) é possível constatar um aumento em todos os setores ao longo das duas últimas décadas, exceto no setor de Mudança de Uso da Terra e Florestas que apresentou uma queda de cerca de 25%. Entretanto, importa ressaltar o fato de que o

desmatamento ainda é o principal responsável pela emissão dos gases de efeito estufa.

Tabela 1. Série histórica de emissões totais no Brasil por setores.

Série histórica de emissões totais no Brasil por setores				
	1990	2000	2010	2018
Energia	192.752.107	289.925.402	373.671.670	407.916.097
Processos Industriais	51.467.747	74.133.208	95.548.484	101.233.912
Mudança de Uso da Terra e Florestas	1.124.346.508	1.439.286.491	958.642.491	845.912.581
Agropecuária	336.634.125	385.495.895	473.519.232	492.166.292
Resíduos	25.121.339	47.167.391	75.295.327	91.892.835

Fonte: Adaptado Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa – SEEG Brasil

Nas Américas a emissão de Gases do Efeito Estufa é liderada pelos Estados Unidos, país que apresenta índice três vezes superior ao Brasil (Figura 1). Ambos os países tiveram o ápice de emissão registrado em 2005 e, nos anos seguintes, apresentaram um declínio acentuado nas emissões. A Associação Independente da América Latina e do Caribe – AILAC, grupo composto por Chile, Colômbia, Costa Rica, Guatemala, Honduras, Panamá, Paraguai e Peru, tem metas ambiciosas no intuito de estimular equilíbrio nas negociações referentes às mudanças climáticas. O grupo possui taxa de emissão de GEEs 50% inferior à do Brasil, bem como apresentam taxa de emissões per capita inferior à média global (EDWARDS *et al.*, 2017).

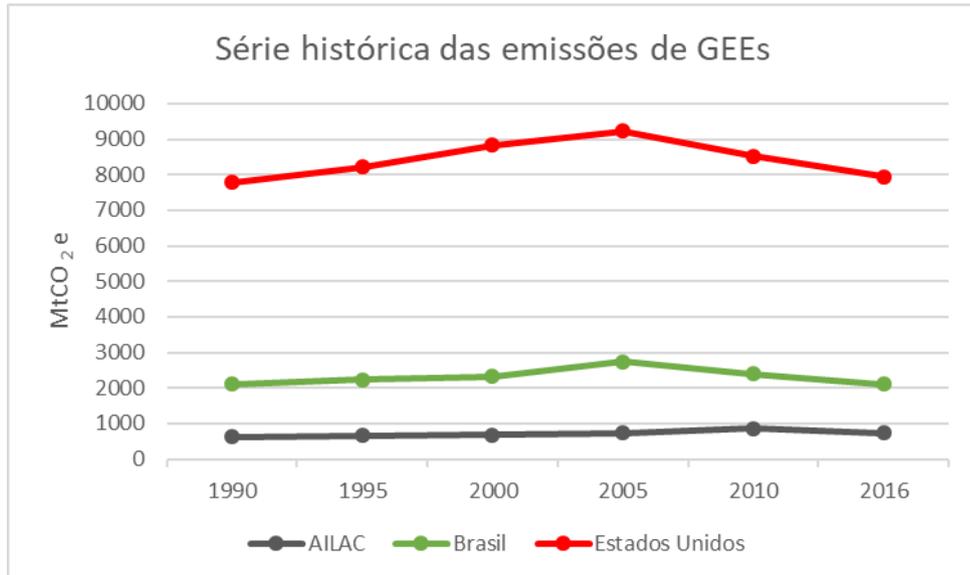


Figura 1. Série histórica das emissões de GEEs na América Latina
Fonte: Adaptado: Climatewatch/Climate Data Explorer (CAIT)

Segundo dados recentes da Agência Internacional de Energia (Figura 2), a queima de carvão é a principal responsável pelas emissões de carbono no mundo, volume este que, entre os anos 2000 e 2010 praticamente dobrou.

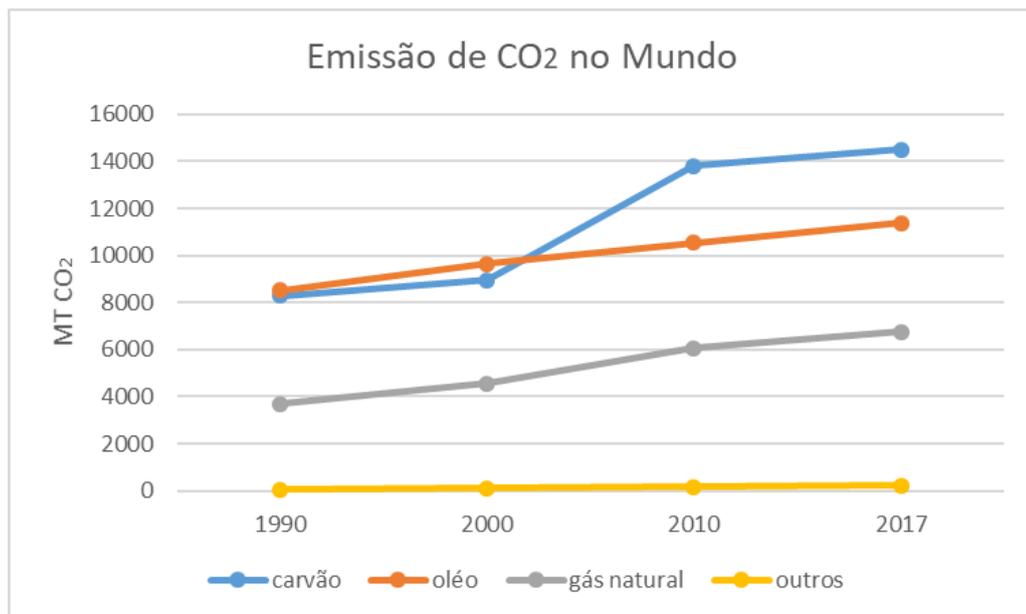


Figura 2. Série histórica de emissões de CO₂ no mundo por fonte de energia
Fonte: adaptado: *International Energy Agency* - IEA

Estados Unidos e China são os países com as maiores taxas de emissão no mundo e devido às novas políticas, têm adotado a utilização de fontes renováveis como forma de reduzir seus índices de emissão de CO₂ (FEIJÓ e RANGEL, 2018).

Na Europa esse processo também é tendência, destaque para a Alemanha a qual liderou esse declínio, conseguindo reduzir, segundo a IEA, em 8% seus índices de emissão de CO₂. O Brasil tem adotado políticas energéticas de modo a incentivar a utilização de energias renováveis, tornando o setor menos dependente de carbono (IEA, 2020).

Assim sendo, constituem verdadeira emergência climática ações capazes de mitigar os efeitos das mudanças climáticas, nesse sentido o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas destaca como instrumento para o enfrentamento da crise climática em todos os cenários mitigatórios a captura e armazenamento de carbono como forma de atendimento ao Acordo de Paris. Trata-se de tecnologia desenvolvida através de um processo integrado para capturar e separar o carbono advindo de indústrias e usinas geradoras de energia para injeção em espaço poroso de formações geológicas profundas (KETZER *et al.*, 2015).

O processo é considerado por órgãos internacionais como Instituto Global de CCS como tecnicamente maduro, é composto das etapas de captura e separação, transporte, armazenamento e monitoramento do CO₂ injetado, sendo que a etapa de armazenamento pode ser feita através de campos de óleo e gás, formações salinas e camadas de carvão (MONTEIRO JUNIOR, 2015).

Tendo em vista o prazo relativamente curto para o atingimento das metas voluntárias as quais o Brasil se comprometeu perante o Acordo de Paris, a tecnologia de sequestro de carbono apresenta-se como ação viável no cenário econômico, social e ambiental brasileiro (COSTA, 2018), bem como é o instrumento capaz de auxiliar no cumprimento do orçamento atmosférico global (PEIXER, 2019). Além de instrumento para mitigação das mudanças climáticas, a tecnologia é capaz de propiciar geração de empregos e redução de custos na indústria energética.

Como forma de contribuir à promoção da atividade no Brasil, o presente trabalho aborda a importância do aspecto regulatório como principal desafio da atividade de captura e armazenamento de carbono, trazendo como hipótese a possibilidade de adequação da Política Energética no desenvolvimento da legislação brasileira para o CCS, dadas as experiências bem-sucedidas, para equalizar demandas ambientais, econômicas e sociais.

A pesquisa traz no capítulo 1 uma descrição dos tratados internacionais, os quais nas últimas décadas tornaram-se resultado de intensas discussões políticas em razão dos efeitos que as mudanças climáticas vêm causando ao meio ambiente,

economia e sociedade. No capítulo 2 apresenta-se um panorama global do CCS, apresentando as instalações em escala comercial em atividade pelo mundo, seus aspectos regulatórios, destacando a transferência de responsabilidade do operador para o poder público, que se dá entre 10 e 50 anos.

No capítulo 3, utilizando uma abordagem jurídica, é feito um estudo de caso, onde a atividade de CCS é analisada a partir da experiência dos Estados Unidos, país detentor de importante e pioneira tecnologia, com grande parte das instalações em larga escala no mundo. Nesse sentido, a pesquisa apresenta a regulamentação em nível federal, fundada na Lei de Água Potável e traz as especificidades das normas dos principais Estados que utilizam a atividade, a fim de buscar reflexão quanto as experiências adquiridas.

No capítulo 4, em que pese a falta de legislação a nível federal no Brasil, é feita avaliação das principais normas com implicações para a atividade de CCS, correlacionando-os com questões de responsabilização ambiental. Nesse sentido a presente dissertação destaca o pioneirismo da Política Estadual de Mudanças do Clima de São Paulo demonstrando compromisso com a causa climática.

O capítulo 5 traz uma revisão das principais normas editadas pela Agência Nacional de Petróleo as quais propomos sua utilização como forma de refletir para desenvolvimento técnico da atividade dada a experiência e estrutura da indústria petrolífera nacional, em especial disposições referentes a responsabilização do operador e penalidades aplicáveis.

A discussão traz uma análise comparativa das disposições específicas dos Estados Unidos com os instrumentos nacionais aplicáveis em especial as normas relacionadas a água e a importância da utilização da estrutura petrolífera tendo em vista que a atividade se desenvolveu essencialmente através da EOR, para ao final propor a regulamentação da atividade através da Política Energética.

A relevância do tema encontra justificativa na medida em que a meta estipulada pelo Brasil perante o Acordo de Paris é no sentido de reduzir as emissões de gás carbônico em 37% em relação às emissões de 2005, sendo a data limite o ano de 2025, com indicativo de reduzir em 43% as emissões até 2030 constituindo prazo exíguo levando em consideração que o desenvolvimento da atividade do país ainda é incipiente.

A fim de auxiliar no enfrentamento dos desafios impostos pelo Regime Internacional de Mudanças Climáticas através das metas estabelecidas pelo

orçamento climático global e, considerando a essencialidade da tecnologia CCS na transição entre a atual economia carbonizada e uma economia mais verde – o presente trabalho tem como objetivo desenvolver uma análise jurídica da situação do CCS no Brasil como forma de contribuir na construção da regulamentação da atividade no país. A partir da análise da experiência norte-americana em CCS e da indústria do petróleo brasileira- ambas bem-sucedidas - o trabalho tem por objetivo específico propor, de forma colaborativa, subsídios para inclusão da atividade como instrumento de mitigação na Política Energética Brasileira, através de um projeto de lei.

MATERIAL E MÉTODOS

O procedimento técnico utilizado será a pesquisa bibliográfica que tem como parâmetros materiais científicos disponibilizados em artigos, tratados internacionais e documentos oficiais, bem como apresenta regulamentações dos mais diversos órgãos ambientais nacionais e internacionais, como forma de investigação científica. Associado a pesquisa bibliográfica, este trabalho se utilizará de pesquisa documental.

O método utilizado nesta pesquisa consiste em analisar dados de fontes oficiais, em especial dados disponíveis em plataformas oficiais como da *International Energy Agency* (IEA), do Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa (SEEG Brasil), *National Energy Technology Laboratory* (NETL) e *Global CCS Institute* (GCCSI), bem como utilização de Convenções, Protocolos e legislações internas dos Estados Unidos e Brasil em especial a Política Nacional de Mudanças do Clima e relatórios técnicos internacionais de agências públicas e privadas como forma de fornecer elementos para a comparação entre as normas.

A presente dissertação analisa o arcabouço jurídico da atividade petrolífera nacional em especial a Lei nº 9.478/97, Política Energética Nacional, e resoluções da Agência Nacional de petróleo para citar temas correlatos ao CCS como responsabilidades e monitoramento das instalações, segurança operacional e procedimentos para descomissionamento para sugerir a importância dessa indústria para o CCS.

No que diz respeito a abordagem o presente trabalho pode ser classificado como pesquisa qualitativa que permite a compreensão e interpretação dos fatos e do objeto de investigação, buscando significado nos dados encontrados (MINAYO, 2016;

SANTOS, 2018), já quanto a finalidade, a pesquisa mais indicada e adotada ao presente estudo é a de natureza descritiva que se alinha facilmente a análise de fenômenos sociais (JACOBSEN, 2017) e que auxilia em um método de interpretação do mundo (DENZIN e LINCOLN, 2006).

Ao longo do presente trabalho é realizada uma abordagem jurídica no intuito de discutir a tecnologia de sequestro de carbono, disponibilidade e especificidade de normas jurídicas para atender aos compromissos climáticos assumidos internacionalmente. Com referência à legislação atinente ao armazenamento de CO₂ é feita análise crítica, envolvendo pesquisas bibliográficas que descrevem a tecnologia de sequestro de carbono e legislação ambiental. Por fim, quanto ao tipo, pode-se classificar como pesquisa aplicada, ou seja, com interesses práticos (ENCINAS e SANTANA, 2019) com a proposição, mediante projeto de lei como resultado da presente dissertação, de regulamentação da atividade através da Política Energética.

CAPÍTULO 1. POLÍTICAS GLOBAIS FACE AOS EFEITOS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS.

A discussão climática teve seu marco inicial na esfera política mundial a partir da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano em 1972 na Suécia. Também conhecida como Conferência de Estocolmo, trata-se da primeira reunião a nível global com abordagem ao tema ambiental, abrindo caminhos para novas discussões sobre a temática do clima (PESSINI e SGANZERLA, 2016).

Em 1992 a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento - ECO92, reuniu representantes de 178 países e cerca de 1.400 Organizações Não Governamentais (ONGs), na cidade do Rio de Janeiro, reconhecidamente um ponto de partida na discussão para conciliar o desenvolvimento socioeconômico com a proteção aos recursos naturais. A Conferência alcançou repercussão global e contribuiu para conscientização ecológica discutindo a redução de padrões de consumo e consolidando-se como uma etapa de negociação internacional complexa (SCHERER, FRANCO e FERNADES, 2016).

A ECO92 deu origem a importantes documentos oficiais como a Carta da Terra, Agenda 21, Declaração de Princípios sobre Florestas, Convenção sobre Diversidade Biológica, Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação

e a mais relevante delas dentro do tema ora abordado, a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC) que estabeleceu reuniões periódicas para analisar o cumprimento das medidas assumidas - Convenção das Partes – COP (BASSO e DELFINO, 2015).

A Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças do Clima dá origem ao Regime Climático, regime ambiental global mais abrangente, promovendo normatização que transcende fronteiras (SOUZA e CORAZZA, 2017). Ela reconhece que os efeitos das mudanças climáticas são uma preocupação de toda a humanidade e que os países desenvolvidos detêm a maior parcela de emissão de gases do efeito estufa. Por outro lado, convenção também traz reflexão no sentido de que a redução abrupta da emissão dos gases pode provocar problemas econômicos e sociais às nações. O Brasil foi o primeiro país a assinar a Convenção, sendo incorporada ao ordenamento jurídico em 29 de maio de 1994 (OLIVEIRA, MIGUEZ e ANDRADE, 2018).

Durante a Conferência das Partes III (COP3) em 1997, originou-se o protocolo de Kyoto e apesar de não ratificado pelos Estados Unidos (COSTA e ALVES, 2016), passou a vigorar a partir do ano de 2005 após ratificação da Rússia, oportunidade na qual cumpriu-se o requisito da confirmação dos países membros responsáveis por no mínimo 55% das emissões globais (SANTOS, 2014). Com objetivo de conquistar comprometimento das nações em reduzir as emissões de GEEs em 5,2% (KURIYAMA e ABE, 2018) e obter comprometimento de estruturas internacionais a fim de reduzi-los, o Protocolo, teve por objetivo promover o desenvolvimento limpo nos países em desenvolvimento que não foram obrigados a assumir compromissos (RABELO, 2019).

Países desenvolvidos pertencentes ao Anexo I, entre eles Noruega, Espanha, Austrália, Reino Unido e Estados Unidos, comprometem-se ao cumprimento das metas estabelecidas no documento. A partir desse protocolo impulsionaram-se as preocupações com as mudanças climáticas nas esferas da ciência e da política mundial (MORAIS *et al.*, 2017) com proposições de ações mitigatórias como redução nas emissões, créditos carbono e sequestro de carbono, oportunidade em que esta última medida passou a ser prevista em documento oficial internacional, tornando-se a partir de então difundida (BRACHTVOGEL *et al.*, 2018).

O Protocolo de Kyoto estabeleceu em seu artigo 12 o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) com o objetivo de assistir às Partes não incluídas no

Anexo I a conquistar o desenvolvimento sustentável e assistir as Partes pertencentes ao Anexo I ao cumprimento de suas metas, considerando cada tonelada de carbono não emitida ou retirada da atmosfera para ser objeto de negociação no mercado mundial e dessa forma criar um atrativo com viés econômico como auxílio a promoção do desenvolvimento sustentável.

Os países do Anexo I, como maiores emissores deveriam cumprir as metas previstas. O regime climático é construído com a contribuição do princípio das responsabilidades comuns, porém diferenciadas (SOUZA e CORAZZA, 2017) no qual os países mais desenvolvidos e industrializados, de acordo com as respectivas emissões históricas, devem assumir responsabilidades e promover ações de mitigação imediatas (STEVENSON, 2013), como forma de resposta internacional conforme a capacidade econômica e social de cada um deles.

A partir da Conferência de Bali em 2007 esse princípio vem alcançando novos contornos de maneira que países desenvolvidos passaram a reclamar em face de países subdesenvolvidos, em especial Brasil, China e Índia, o cumprimento de medidas mitigatórias (MICHAELOWA e MICHAELOWA, 2015), ainda que estes países não estivessem obrigados ao cumprimento das metas compulsórias por não pertencerem ao anexo I (SOUSA, 2014).

Essas discussões produziram documentos internacionais que trazem a captura e armazenamento de carbono (CCS) como medida mitigatória. O Protocolo de Londres - emenda à Convenção sobre Prevenção da Poluição Marinha por Alijamento de Resíduos trouxe a possibilidade de injeção de carbono em estruturas geológicas seguras no fundo do mar. Porém a exportação de CO₂ permaneceu proibida, passando a ser prevista a partir de 2009 através de emenda a depender da ratificação das demais partes, o que nunca ocorreu (GASPAR, 2014). Através dos esforços de Noruega e Holanda, com endosso do Reino Unido, foi editada Resolução para Aplicação Provisória da Emenda de Exportação, com o apoio de vários países.

Vale ressaltar a importância desse protocolo, considerando tratar-se do único documento em escala global a prever o armazenamento de carbono em formações geológicas no ambiente marítimo (DIXON, GARRETT e KLEVERLAAN, 2014), possibilitando exploração transfronteiriça da atividade, como por exemplo do consórcio de indústrias no porto de Antuérpia, projeto que irá contribuir com os objetivos climáticos da Bélgica, Holanda e Europa de maneira geral.

Como política internacional climática que propõe medidas mitigatórias, o Acordo de Paris entrou em vigor no ano de 2016 e foi assinado por 196 países até o prazo limite de abril de 2017. Prevê, entre outros pontos, a colaboração financeira dos países desenvolvidos em favor dos países emergentes para que estes possam traçar medidas mitigatórias (VITAL, 2018). Propõe, também um modelo no qual combina proposições vinculantes e outras de cumprimento facultativo de cooperação internacional, com metas voluntárias e individuais (BODANSKY, 2016).

Neste acordo os países do Anexo I do então protocolo de Kyoto e países emergentes, entre eles o Brasil, assumem compromissos (SOUZA e CORAZZA, 2017), porém não foram previstas sanções para os casos de não conformidade (PAIVA *et al.*, 2017). O Brasil, por sua vez, foi o único país em desenvolvimento a fixar meta de mitigação (OLIVEIRA, 2019).

A responsabilidade humana com relação às mudanças climáticas têm sido alvo de discussões considerando países desenvolvidos e subdesenvolvidos e suas respectivas extensões (RIBEIRO, 2015). Nesse sentido o acordo constitui força tarefa global em prol dos problemas climáticos (SOLTANIAN e DAI, 2017). As metas brasileiras no Acordo de Paris foram assumidas por meio de Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC), com ambiciosas metas de redução fixadas em índices de 37% e 43% para os anos de 2025 e 2030 respectivamente, observando como parâmetro as emissões registradas no ano de 2005 (RATHMANN *et al.*, 2017). Em recente revisão das metas climáticas o Brasil não avançou em seus compromissos mantendo para 2025 as metas fixadas na edição do Acordo que se deu em 2015.

Apesar dos tratados internacionais e das metas assumidas, a atividade ainda carece em alguns países, assim como no Brasil, de um modelo jurídico capaz de definir os interesses referentes a proteção ambiental, as necessidades das operadoras e demais preocupações da sociedade. Este cenário de indefinição reflete em incertezas que desestimulam a realização de investimentos econômicos no mercado global de CCS (GLOBAL CCS INSTITUTE, 2019).

Essa abordagem comercial quanto a responsabilização pode proporcionar aos setores público e privado maiores incentivos, em especial as relativas ao setor de seguros, para que os operadores possam gerenciar seus passivos, uma vez que, havendo política de redução de riscos as oportunidades de financiamentos serão maximizadas (BECK, 2020).

CAPÍTULO 2. PANORAMA GLOBAL DO CCS

Atualmente existem 65 projetos em larga escala pelo mundo sendo 28 em operação (GLOBAL CCS INSTITUTE, 2020), desses a maioria está localizado nos Estados Unidos, outros projetos estão em construção com destaque para China, Canadá e Reino Unido. O Instituto Global de CCS considera como instalações de larga escala, plantas com capacidade de produzir 800 milhões de toneladas de CO₂ (MtCO₂) por ano para usinas a carvão ou 400 MtCO₂ demais instalações industriais (ROMEIRO-CONTURBIA, 2014). De acordo com estudos feitos pelo Instituto Global de CCS são necessárias implantação de 2.000 novos projetos até 2040 para que as metas assumidas no Acordo de Paris sejam atingidas. Nesse sentido, posicionamento político e investimentos financeiros representam a base do desenvolvimento e regulamentação da atividade (GLOBAL CCS INSTITUTE, 2019).

Como suporte à atividade, a União Europeia e países como Estados Unidos, Canadá e Austrália preveem em seus instrumentos normativos questões como propriedade, responsabilidades do operador durante o funcionamento da planta, transferência de responsabilidades e suas respectivas condições e escopo, bem como requisitos de segurança financeira (GEORGIEVA,.2017). A Diretiva Europeia merece destaque, pois classifica as obrigações do operador em responsabilidade com referência a medidas corretivas, responsabilidade em decorrência de danos ambientais e responsabilidade por danos climáticos, bem como impõe ao operador a necessidade de garantias financeiras, embora não aborde o tema do transporte transfronteiriço (HEFFRON *et al.*, 2018).

A experiência australiana bem-sucedida com o Projeto Gorgon, utiliza para a captura de CO₂ a prática adquirida no processamento de gás e a experiência da indústria petrolífera para o armazenamento (STALKER, 2019). Com início em 2019, representa o maior projeto em larga escala em atividade no mundo, criando muitos postos de trabalho, além de importante injeção na economia australiana (GLOBAL CCS INSTITUTE, 2019).

A regulamentação da captura e armazenamento de carbono nos países com instalações em larga escala em especial Estados Unidos, Canadá, Austrália e Noruega é bem desenvolvida em vários aspectos da atividade, em especial quanto a transferência de responsabilidade (Tabela 2) a qual constitui um dos pontos capazes

de fomentar a confiança de investidores, à medida que estabelece maior grau de segurança jurídica (WEBER, 2018).

Ao assumir a responsabilidade o Estado também evita prejuízos no caso de extinção da pessoa jurídica, a qual pode, durante o exercício de suas atividades, contribuir com fundo, administrado pelo Estado, a ser empregado em eventual incidente que represente prejuízo ao meio ambiente e a sociedade. A transferência de responsabilidade também tem o condão de liberar o operador para novos investimentos em outros empreendimentos.

Tabela 2- Transferência de responsabilidade em projetos de larga escala em operação no mundo.

Transferência de responsabilidade em projetos de larga escala em operação no mundo				
País	projetos em operação	Instrumento jurídico	Ano	Prazo mínimo para transferência de responsabilidade
Arábia Saudita	1	-	-	-
Austrália	1	Lei de petróleo offshore e armazenamento de GEE	2006	15 anos após o fechamento e demonstrada a estabilidade das instalações.
Brasil	1	-	-	-
Canadá	2	Estatuto de CCS de Alberta	2010	10 anos após o encerramento das injeções
Catar	1	-	-	-
China	1	-	-	-
Emirados Árabes	1	-	-	-
Estados Unidos	12	Regulamento EPA	2010	50 anos após o encerramento das injeções
Noruega	2	Diretiva Europeia	2009	20 anos

Fonte: Elaborado pela autora. Adaptado Global CCS Institute, 2019.

A falta de definição dos níveis de responsabilidade para o impacto de passivos ainda é o maior obstáculo a nível global para investimentos e desenvolvimento da atividade em especial em países subdesenvolvidos. Além da transferência da responsabilidade do operador para o Estado, regulamentação referente a requisitos específicos para licenciamento, monitoramento, medidas de prevenção e corretivas, bem como requisitos para encerramento das atividades são essenciais para o desenvolvimento das atividades em escala industrial nos próximos anos (GLOBAL CCS INSTITUTE, 2019).

CAPÍTULO 3. O PIONEIRISMO AMERICANO EM MATÉRIA DE CCS: UM ESTUDO DE CASO

Líder na utilização da tecnologia, a atividade de captura e armazenamento de CO₂ é desenvolvida nos Estados Unidos há quase 50 anos. País possui cerca de 13.000 poços autorizados, dos quais 6.000 estão em atividade, possui ainda importante quantidade de carbodutos. Em nível federal, o armazenamento de carbono envolve regulamentos da Agência de Proteção Ambiental, Lei de Água Potável Segura e segurança de poços. Já a propriedade do solo é regulada a nível estadual, levando em consideração diferentes abordagens (CONINCK e BENSON, 2014).

As atividades de armazenamento subterrâneo nos Estados Unidos são normatizadas pela Agência de Proteção Ambiental – EPA, as instalações de Sequestro de carbono são monitoradas e as quantidades sequestradas são reportadas a EPA, agência reguladora, que fixou requisitos federais para o armazenamento geológico de Carbono e instituiu o Programa de Controle de Injeção Subterrânea (UIC) (CELIA, 2017). Baseado na Lei de Água Potável Segura americana o principal objetivo é proteger fontes subterrâneas de água potável (COSTA, 2014), não havendo, entretanto, previsão de níveis de tolerância de contaminação (DIXON, MCCOY e HAVERCROFT, 2015). Para licença a EPA prevê ainda monitoramento do local por um período de 50 anos pós-injeção.

A Lei da Água Potável Segura entrou em vigor em 1980 e atualmente prevê seis classes de poços para injeção, sendo os poços de classe VI, para armazenamento de CO₂, os que apresentam requisitos mais rigorosos para concessão da licença, a qual será liberada pelo Programa de Controle de Injeção Subterrânea, entre outros requisitos, mediante comprovação de monitoramento e

integridade dos poços (OUDINOT *et al.*, 2018). Apesar da competência federal para a matéria, o governo tem por prerrogativa delegar a responsabilidade ao Estado que solicitar autoridade de execução primária (primazia) e comprovar cumprimento dos requisitos previstos na seção 1422 da referida Lei de forma a garantir a integridade das fontes de água potável, neste caso o programa UIC da EPA poderá conceder primazia total ou parcial, neste último caso com compartilhamento de responsabilidade perante a EPA (SCHROEDER, HARTO e CLARK, 2016).

As políticas estaduais de captura e armazenamento de carbono são diversas e buscam mitigar os impactos das emissões de dióxido de carbono. As questões abordadas referem-se, em grande parte, a direitos de superfície, responsabilidade por danos das instalações e competência para regulamentação (POLLAK, PHILLIPS e VAJJHALA, 2011)

No Estado de Montana o Projeto do Senado – *senate bill* (SB) 498 de 2009 autoriza a regulamentação do CCS por parte do Conselho de Conservação de Petróleo e Gás, e, de acordo com a referida norma o CO₂ não é considerado substância poluente ou perigosa. O Estado fica autorizado a responsabilizar-se pelos locais de armazenamento geológico sendo a responsabilidade transferida para o Estado após a emissão de um certificado de conclusão, emitido mediante constatação de estabilidade do CO₂ injetado. A norma prevê a criação de um fundo para responsabilização do Estado, a cada exercício fiscal as taxas serão recolhidas e destinadas ao monitoramento do reservatório. O operador só não será obrigado a constituir o fundo caso assuma a responsabilidade do projeto por tempo indeterminado (JAVEDAN, 2013)

A política estadual de CCS em Illinois SB 1704 de, 2007 prevê a responsabilização do Estado apenas no caso de projetos da *FutureGen Alliance*, bem como concede incentivo fiscal isentando o referido projeto de imposto sobre unidades geradoras elétricas. O projeto da *FutureGen Alliance*, resultado de parceria público-privada, teve por objetivo aprimorar e demonstrar a viabilidade da tecnologia de forma a tornar-se um paradigma no mundo, gerando empregos, contribuindo para economia e beneficiando seus cidadãos. A fim de fomentar a tecnologia, o Estado exige que 25% da eletricidade utilizada em Illinois sejam provenientes de usinas de carvão que utilizem a tecnologia de sequestro de CO₂ iniciado em 2006, atualmente o projeto está encerrado (GILMORE *et al.*, 2016).

Em Louisiana, de acordo com projeto da câmara – *House Hill* (HB) 661 de 2009, o Departamento de Recursos Naturais é quem tem competência para regular o armazenamento de CO₂, sendo a responsabilidade no período de operações do operador, que estará liberado desta no prazo de 10 anos após o término da injeção. Caso o operador não comprove a integridade de seu reservatório o Estado assumirá apenas a propriedade, a responsabilidade permanecerá do operador (ALDRICH e KOERNER, 2011).

O Estado de *Oklahoma* considera que o sequestro de carbono é de interesse público (SB1765) e confere ao seu Departamento de Qualidade Ambiental a responsabilidade pelo armazenamento em todos os tipos de formações (SB 610). Nesse caso, para as atividades de instalação e operação o operador deve obter certificados de conveniência e necessidade públicas, bem como aprovação da localização das instalações. Esse certificado não poderá ser cedido, vendido ou arrendado sem prévia autorização. Essa política estadual tem por objetivo promover um programa coordenado para armazenamento de dióxido de carbono em consonância com a lei federal de água potável (JAVEDAN, 2013).

Em vigor desde 1991, no Texas, a legislação (HB 1356), permite que os operadores se tornem titulares de domínio eminente. Não serão permitidas no Estado construção das instalações e início das atividades sem emissão de certificado. A solicitação desse certificado prevê entre outros requisitos: uma descrição com a localização, tipo de instalação, justificativa da necessidade de instalação, declaração de impacto ambiental referente a tubulações de transmissão de CO₂, quantidade mensal armazenada ou transportada, data prevista para encerramento das operações e comprovação de capacidade financeira para manutenção do projeto (ALDRICH e KOERNER, 2011).

No Estado de *Wyoming* a política estadual prevê a competência do Departamento de Qualidade Ambiental para regulamentação referente a sequestro de carbono (HB 90). Também há previsão (SB 1) de financiamento para pesquisas na área e responsabilização do operador por quaisquer fatos relativos ao sequestro de carbono (HB 58). O Estado confere ao proprietário da superfície a propriedade do meio poroso, isto significa que na ocasião da transmissão dos direitos de superfície o espaço poroso também será transmitido (DAVIES, UCHITEL e TANANA, 2012).

Em 2009 entrou em vigor no Estado da Virginia norma que prevê a proibição de sequestro de CO₂ sem permissão, apresentando exigências como: Descrição da

geologia da área onde que será feita a injeção de dióxido de carbono, inclusive com a descrição de atributos petrofísicos; Caracterização da área de injeção e dos aquíferos que podem ser afetados; Descrição das instalações e documentação que ateste que o requerente possui todos os direitos legais (POLLAK e PHILLIPS, 2009); Plano de monitoramento para avaliar a retenção de CO₂ na área. Para assegurar o cumprimento dos requisitos a legislação prevê sanções civis, administrativas e criminais (HB 2860, 2009).

O país possui 14 das 28 instalações em operação de grande escala do mundo (Tabela 3) e mais 12 instalações em desenvolvimento, as quais deverão entrar em operação até 2022, já que os incentivos financeiros e créditos fiscais federais existentes constituem oportunidade de crescimento para a atividade (SANCHEZ, 2018). Os projetos de CCS utilizados são, em sua maioria, advindos da indústria petrolífera para aumento da recuperação de petróleo (EOR), porém outros ramos da indústria como as usinas de carvão, aço, indústria do cimento e fertilizantes vem utilizando a tecnologia para obtenção de melhores resultados (ROMASHEVA E ILINOVA, 2019).

Tabela 3- Instalações de larga escala nos Estados Unidos.

Instalações de CCS em larga escala em operação nos Estados Unidos					
Instalação	início das operações	Indústria	capacidade de captura (Mtpa)	tipo de captura	tipo de armazenamento
<i>Illinois Industrial Carbon Capture and Storage</i>	2017	produção de etanol	1	separação industrial	armazenamento geológico
<i>Petra Nova Carbon Capture*</i>	2017	geração de energia	1.4	pós-combustão	recuperação avançada de óleo
<i>Coffeyville Gasification Plant</i>	2013	produção de fertilizantes	1	separação industrial	recuperação avançada de óleo
<i>Air Products Steam Methane Reformer</i>	2013	produção de hidrogênio para refinaria de óleo	1	separação industrial	recuperação avançada de óleo
<i>Arkalon CO₂ Compression Facility</i>	2009	Produção de etanol	0,29	Separação industrial	recuperação avançada de óleo
<i>Core Energy CO₂-EOR</i>	2003	Processamento de gás natural	0,35	separação industrial	recuperação avançada de óleo
<i>Lost Cabin Gas Plant*</i>	2013	processamento de gás natural	0.9	separação industrial	recuperação avançada de óleo
<i>Century Plant</i>	2010	processamento de gás natural	5.0	separação industrial	recuperação avançada de óleo e armazenamento geológico

<i>Bonanza BioEnergy CCUS EOR</i>	2012	Produção de etanol	0.10	Separação industrial	recuperação avançada de óleo
<i>PCS Nitrogen</i>	2013	Produção de fertilizantes	0.30	Separação industrial	recuperação avançada de óleo
<i>Great Plains Synfuels Plant and Weyburn-Midale</i>	2000	gás natural sintético	3.0	separação industrial	recuperação avançada de óleo
<i>Shute Creek Gas Processing Plant</i>	1986	processamento de gás natural	7.0	separação industrial	recuperação avançada de óleo
<i>Enid Fertiliser</i>	1982	produção de fertilizantes	0.2	separação industrial	recuperação avançada de óleo
<i>Terrell Natural Gas Processing Plant (Formerly Val Verde Natural Gas Plants)</i>	1972	processamento de gás natural	0.4	separação industrial	recuperação avançada de óleo

*operações suspensas

Fonte: Elaborado pela autora – Adaptado: *Global CCS Institute*

CAPÍTULO 4. SITUAÇÃO JURÍDICA DO CCS NO BRASIL

Em âmbito interno, a Constituição Federal de 1988, trata o meio ambiente, como bem jurídico tutelado, garantindo sua proteção como forma de preservação para a presente e futuras gerações. O Direito Ambiental como ciência interdisciplinar, prevê sanções administrativas, cíveis e penais, para infratores, pessoas físicas ou jurídicas, regulando de maneira geral ações antrópicas que possam interferir no meio ambiente (BRASIL, 1988). Porém a atividade de CCS, a qual apresenta-se incipiente no país, atualmente é realizada sem regulamentação específica em nível federal. Questões relativas a responsabilização são inerentes e a normatização de grande relevância para prática da atividade (CUPERTINO, 2019).

O direito privado clássico conferiu ao proprietário do solo direitos sem limites, *usque ad inferos et usque ad coelos*, de forma que incumbia ao mesmo o impedimento a sua utilização. Vale ressaltar a evolução da propriedade que migrou de uma concepção individualista e ilimitada, como direito de primeira geração, para uma concepção em que a sua utilização é direcionada ao cumprimento de uma função social (direito de segunda geração), para alcançar como direito de terceira geração a concepção ambientalista. Nesse aspecto o cunho mitigatório da técnica confere relevância diferenciada ao direito de propriedade sobre o qual pesa grave hipoteca social (RODRIGUES e ARAUJO, 2017).

O Código Civil confere direito de propriedade em altura e profundidade úteis ao seu exercício, nesse sentido diversos julgados do STJ confirmam que a titularidade da propriedade não é plena, porém como forma de controle do Estado sobre o direito de propriedade, diferentemente dos Estados Unidos que segue o modelo da *common law* (COSTA *et al.*, 2019), o Código Civil prevê em seu artigo 1230 exceção a propriedade quanto as jazidas e minas (BRASIL, 2002).

Entretanto, a restrição material ao direito de propriedade não abrange recursos injetados no subsolo (COSTA *et al.*, 2019). Nesse sentido a normatização das fases de escopo do projeto, instalação, monitoramento e encerramento das atividades é de grande relevância para o enquadramento de futuras responsabilizações e suas extensões, tendo em vista que é capaz de conferir segurança jurídica às relações estabelecidas em torno da atividade, a qual poderá responsabilizar tanto o ente privado, quanto o ente público de forma individual, subsidiária e solidária no caso de comprovada culpa "*in vigilando*".

Em que pese a falta de regulamentação em nível federal, a lei nº 12.187, que institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima – PNMC, representa grande avanço, pois como maneira de comprometer-se voluntariamente ante as mudanças climáticas, estabeleceu princípios, objetivos, diretrizes e instrumentos, levando em consideração o contexto socioeconômico, bem como distribuindo o ônus entre setores, populações e comunidades (KIESSLING, 2019). Entretanto, essa importante técnica mitigatória objeto do presente estudo, não está prevista entre as medidas da política brasileira do clima (KETZER *et al.*, 2015).

Em contrapartida, o Estado de São Paulo, de forma pioneira, trouxe a previsão da atividade de sequestro de carbono, através da Política Estadual de Mudanças Climáticas – PEMC a qual prevê a possibilidade de estoque de carbono em reservatórios subterrâneos de petróleo e gás, aquíferos salinos, formações geológicas, solos e biomassa, bem como apresenta objetivos específicos como fomento a projetos de sequestro de carbono e ampliação dos estoques já existentes. A PEMC reconhece a tecnologia CCS e apresenta o sequestro de carbono como um instrumento eficaz no enfrentamento dos efeitos das mudanças climáticas, promovendo compromisso do Estado de São Paulo com a causa climática (SÃO PAULO, 2009).

Em que pese não haver legislação federal específica para atividade de sequestro de carbono, a Lei nº 13.577 de 2009 do Estado de São Paulo, a qual dispõe sobre diretrizes e procedimentos para a proteção da qualidade do solo e gerenciamento de áreas contaminadas prevê de forma pormenorizada instrumentos de proteção como auditorias, seguros ambientais, plano de remediação e estabelecimento de critérios de qualidade, bem como instrumentos econômicos como o Fundo Estadual para Prevenção e Remediação de Áreas Contaminadas (FEPRAC), vinculado à Secretaria de Meio Ambiente e voltado a defesa do solo.

As infrações administrativas-ambientais previstas nessa lei sujeitam o infrator a penalidades como multa, embargo e demolição. A previsão de responsabilidade solidária entre causador da contaminação, proprietário da área, superficitário, posseiro ou beneficiário, inclusive com a possibilidade de desconsideração da personalidade jurídica, confere à lei efetividade na responsabilização e proteção ambiental (ROMEIRO-CONTURBIA, 2014).

O país possui grande potencial para aumento da atividade de armazenamento de dióxido de carbono devido aos reservatórios geológicos existentes, como campos

de petróleo, camadas de carvão e aquíferos salinos (CÂMARA *et al.*, 2016). Apesar das disposições da Política Paulista a inexistência de lei federal específica para regulamentação da atividade ainda é o principal entrave para a expansão no país visto que questões como limite de responsabilização e monitoramento podem gerar inúmeras demandas judiciais. A edição de norma federal específica para disciplinar a atividade, com previsão de estudos, avaliações e auditorias, bem como responsabilização civil, administrativa e penal, pode proporcionar segurança jurídica e contribuir para o desenvolvimento da atividade e mitigação das mudanças climáticas (ALMEIDA *et al.*, 2017).

CAPÍTULO 5. A LEGISLAÇÃO DO PETRÓLEO BRASILEIRA COMO INSTRUMENTO DE FOMENTO AO CCS

No Brasil a inexistência de lei específica para regulamentação da atividade de captura e armazenamento de carbono é um entrave para o desenvolvimento da atividade no país, pois a existência de lei aplicável ao caso concreto confere segurança jurídica a sociedade (PORTO e WERL, 2015). Grande parte dos projetos de CCS no mundo estão localizados em reservatórios de petróleo (ALMEIDA *et al.*, 2017), por sua capacidade de retenção de fluidos, razão pela qual considerando a similitude das atividades a presente dissertação aponta a atividade petrolífera como um possível modelo técnico-jurídico para o desenvolvimento da atividade de CCS no país. (MACHADO, 2015).

Neste contexto, a estrutura operacional petrolífera adquirida e o volume das atividades no país possibilitou desenvolvimento da regulamentação da atividade petrolífera, a qual pode ser considerada abrangente. A utilização da referida legislação como instrumento de promoção do CCS no Brasil pode proporcionar auxílio no processo de desenvolvimento e regulamentação do CCS. Tendo em vista as características operacionais das atividades a fonte primária mais adequada é o arcabouço legal do petróleo (MONTEIRO JUNIOR, 2015).

A Lei Federal nº 9.478/97, a qual institui a Política Energética Nacional e regulamenta atividades relativas ao petróleo, tem particularidades e objetivos os quais se alinham a atividade de captura e armazenamento de carbono, dentre eles a mitigação das emissões de GEEs e de poluentes nos setores de energia e de transportes, investimentos em infraestrutura para estocagem de biocombustíveis.

A Política Energética prevê direito de exploração terrestre, mar territorial, plataforma continental e zona econômica exclusiva como parte do domínio da União, a administração destes fica reservada a Agência Nacional de Petróleo (ANP) a qual é responsável pela regulação das atividades integrantes da indústria do petróleo, gás natural e biocombustíveis no país, entre elas a fiscalização de acesso aos gasodutos e exercício da atividade de estocagem de gás natural, para tanto possui Resoluções (Tabela 4) com abordagens analíticas para cada vertente da atividade, as quais podem ser utilizadas como parâmetro para discussão e futura regulamentação do CCS, tendo em vista as previsões que vão desde o licenciamento da atividade até situações relacionadas ao descomissionamento (BRASIL, 1997).

Tabela 4– Resoluções da Agência Nacional de Petróleo.

Resoluções ANP			
Ano	Número	Matéria regulamentada	Principais obrigações do operador e concessionário
2007	3	Licenciamento ambiental	<ol style="list-style-type: none"> 1. o princípio das atividades deve ser comunicado a ANP no prazo de 10 dias contados do início das atividades. 2. a renovação e prorrogação das licenças devem ser comunicadas a ANP com 30 dias de antecedência.
2009	44	Comunicação de incidentes	<ol style="list-style-type: none"> 1. comunicação imediata a ANP de incidentes. 2. enviar informações e conceder acesso a ANP de dados e documentos durante a investigação. 3. Relatório detalhado do incidente com descrição do mesmo, consequências e providências adotadas.
2010	2	Segurança operacional	<ol style="list-style-type: none"> 1. Dispor de sistema de gestão que atenda às práticas do Sistema de Gerenciamento da Integridade Estrutural em campos terrestres de Produção de Petróleo e Gás Natural (SGI). 2. providenciar auditoria do sistema de gestão da segurança operacional. 3. Apresentar Documentação de Segurança Operacional (DSO) com 90 dias de antecedência para o início da produção.

2016	46	Segurança operacional para integridade de poços	<ol style="list-style-type: none"> 1. Dispor de sistema de gestão que atenda ao Regulamento Técnico do Sistema de Gerenciamento da Integridade de Poços (SGIP). 2. Manter atualizadas as informações de poços de acordo com critérios da ANP. 3. Conceder acesso irrestrito à fiscalização da ANP.
2019	784	Autorização operacional de instalação de armazenamento	<ol style="list-style-type: none"> 1. para obtenção de autorização de operação são necessários entre outros documentos: comprovante de propriedade do local das instalações, alvará de funcionamento expedido pela prefeitura, alvará de vistoria do corpo de bombeiros e laudo de integridade dos tanques. 2. manter atualizados os documentos quando da obtenção da autorização.
2020	817	Procedimentos para descomissionamento	<ol style="list-style-type: none"> 1. Submeter Programa de Descomissionamento de Instalações (PDI) à aprovação da ANP. 2. apresentar PDI e Estudo de Justificativas para o Descomissionamento (EJD) de instalações marítimas. 3. submeter Relatório de Descomissionamento de Instalações (RDI), no prazo de 180 dias após a conclusão de PDI.

A atividade de sequestro de carbono utilizando instalações petrolíferas em todo o mundo é tendência e os investimentos para as próximas décadas já são realidade. A Petrobrás é pioneira em investimentos na tecnologia de CCS no Brasil e opera o maior projeto de Recuperação Melhorada de Petróleo (*Enhanced Oil Recovery* - EOR) em zona *offshore*, no campo LULA (CARNEIRO *et al.*, 2015). A Política Energética trouxe disposições, as quais apresentam a preocupação do legislador com a questão da mitigação dos efeitos das mudanças climáticas, com previsão específica de recursos para o meio ambiente, mitigação e adaptação as mudanças climáticas (BRASIL, 1997).

No âmbito da Lei do Petróleo, a exploração da atividade sujeita o concessionário a responsabilidade civil por eventuais danos decorrentes em face da União, conferindo poder de polícia ambiental a ANP (OLIVEIRA, 2016) já confirmado pelo Superior Tribunal de Justiça no Recurso Especial de nº 1.142.377 – RJ. O poder público, por sua vez, pode ser responsabilizado de forma solidária, a qual é decorrente do princípio da precaução e necessidade de vigilância do Estado.

O instituto da responsabilização civil pressupõe imposição legal do dever de reparação, que nem sempre é suficiente para reverter o processo ambiental ao *status quo ante*, motivo pelo qual essas reparações são rotineiramente convertidas em compensações monetárias (COLUCCI, 2019). Nesse sentido, a ANP editou a Portaria 234/2003 (Tabela 5), com previsão de procedimentos para imposição de penalidades as quais variam desde um viés monetário até a possibilidade de rescisão do contrato com o concessionário. A possibilidade de imposição de penalidades ao operador por descumprimento no dever de cuidado pode ser avaliada pelo mercado de seguros como um ponto positivo à atividade (ANP, 2003).

Tabela 5- Portaria 234/03 ANP.

Portaria 234/03 ANP						
Conduta	Penalidade aplicável					
	Advertência	Multa	suspensão das atividades	Interdição	apreensão de bens	rescisão do contrato
deixar de cumprir disposições do contrato de concessão	✓	-	-	-	-	caso a conduta não seja corrigida dentro do prazo determinado pela ANP.
deixar de entregar cópias dos dados e relatórios em decorrência do contrato de concessão	✓	-	-	-	-	caso a conduta não seja corrigida dentro do prazo determinado pela ANP.
deixar de pagar as participações governamentais	✓	-	-	-	-	caso a conduta não seja corrigida dentro do prazo determinado pela ANP.

Estender atividade relativa a exploração de petróleo e gás natural fora da área de concessão.	-	R\$100.000,00	Quando a multa não corresponder à vantagem auferida em decorrência da infração ou quando as operações causarem risco as instalações, meio ambiente ou saúde humana.	✓	✓	caso a conduta não seja corrigida dentro do prazo determinado pela ANP.
deixar de suspender as operações quando determinado pelo contrato de concessão, pela legislação ou pela ANP.	-	R\$100.000,00	Quando a multa não corresponder à vantagem auferida em decorrência da infração ou quando as operações causarem risco as instalações, meio ambiente ou saúde humana.	✓	✓	caso a conduta não seja corrigida dentro do prazo determinado pela ANP.
Construir ou ampliar as instalações sem autorização necessária.	-	R\$100.000,00	Quando a multa não corresponder à vantagem auferida em decorrência da infração ou quando as operações causarem risco as instalações, meio ambiente ou saúde humana.	✓	✓	caso a conduta não seja corrigida dentro do prazo determinado pela ANP.

exercer atividade sem contrato de concessão.	-	R\$500.000,00	Quando a multa não corresponder à vantagem auferida em decorrência da infração ou quando as operações causarem risco as instalações, meio ambiente ou saúde humana.	✓	✓	caso a conduta não seja corrigida dentro do prazo determinado pela ANP.
deixar de atender às normas de segurança operacional	-	R\$500.000,00	Quando a multa não corresponder à vantagem auferida em decorrência da infração ou quando as operações causarem risco as instalações, meio ambiente ou saúde humana.	✓	✓	caso a conduta não seja corrigida dentro do prazo determinado pela ANP.

Fonte: Elaborado pela autora. Adaptado ANP

Para efeito de fiscalização de eventuais condutas lesivas ao funcionamento do Sistema Nacional de Estoques de Combustíveis, classificado como utilidade pública, a Lei 9.847/99 prevê regras para atividades como armazenamento, estocagem e transporte de biocombustíveis com sanções de natureza administrativa, civil e penal (PINHEIRO, FERREIRA e DUTRA, 2016). A possibilidade de desconsideração da personalidade jurídica representa maior nível de controle da Agência Nacional de Petróleo perante os operadores (BRASIL, 1999).

Como parte integrante da Política Energética Nacional, a Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio) sancionada em 2017 tem por objetivo a oferta de energia sustentável e segura, para contribuir com os compromissos assumidos no Acordo de Paris e a exemplo da lei 9.847/99 (AMARAL, 2018), possui disposições como procedimentos e responsabilidades para credenciamento (BRASIL, 2017), as quais podem contribuir para futura regulamentação a nível federal da atividade de CCS no Brasil, tendo em vista a experiência adquirida pela indústria petrolífera (COSTA, 2018).

RESULTADOS

De acordo com a análise de documentos, artigos científicos, dados de órgãos e legislações nacionais e internacionais, este trabalho apresenta como principais resultados:

- A captura e armazenamento de carbono como importante técnica climática mitigatória capaz de atender a um orçamento climático urgente cuja estrutura econômico-industrial global ainda está distante.
- A capacidade de reduzir os custos que a associação das técnicas de CCS e EOR pode proporcionar para implantação da tecnologia, tendo em vista o número de empreendimentos petrolíferos no Brasil.
- Oportunidade de geração de empregos, renda e tecnologia que o setor do CCS poderá trazer ao país.
- A necessidade de regulamentação a nível federal para dirimir conflitos, incentivar a implantação da atividade e o aumento da participação da sociedade civil.

Em que pese a iniciativa para propositura de projetos de lei ter seus requisitos previstos no art. 61 da Constituição Federal, a apresentação de projeto de lei é

possível através do banco de ideias da Câmara por parte de qualquer cidadão, essa manifestação poderá ser consultada por parlamentares e sociedade civil. Nesse sentido esse trabalho apresenta minuta de projeto de lei para alteração da política Energética.

Projeto de Lei nº ____ de 202_

Altera a Lei nº 9.478, de 06 de agosto de 1997 (Política Energética Nacional), para incluir a captura e armazenamento de carbono como instrumento para mitigação dos efeitos das mudanças climáticas.

Congresso Nacional decreta:

Art. 1º Esta Lei acrescenta inciso XIX ao art. 1º, da Lei nº 9.478, de 06 de agosto de 1997 (Política Energética Nacional), de modo a instituir a captura e armazenamento de carbono como instrumento para auxiliar no enfrentamento dos efeitos das mudanças climáticas, nas condições que especifica.

Art. 2º A Lei nº 9.478, de 06 de agosto de 1997, passa a vigorar com a seguinte alteração:

Art. 1º.
.....

XIX- Mitigar os efeitos das mudanças climáticas através da tecnologia de captura e armazenamento de carbono como forma de compatibilizar o desenvolvimento socioeconômico e preservação do meio ambiente, asseguradas entre outras medidas:

- a) Participação da Sociedade Civil mediante consultas públicas e transparência para acesso à informação;
- b) Fomento a obtenção de financiamentos para desenvolvimento da atividade no país;
- c) Criação de fundo intergeracional para destinação de recursos;
- d) Propriedade ao operador da área do CO₂ injetado nos casos de armazenamento *onshore*;

- e) Apresentação, por parte do operador, de plano de emergência, comunicação de incidentes e relatórios de monitoramento perante os órgãos públicos para fins de fiscalização;
- f) Garantia de transferência de responsabilidade para o poder público após o encerramento das injeções e demonstrada a estabilidade das instalações, como forma de tornar a atividade economicamente viável e atrativa a investidores.

Art. 3. Esta Lei entra em vigor noventa dias após a data de sua publicação.

Justificativa do projeto de lei

A extração de combustíveis fósseis e sua queima para a atmosfera se dá em tempo incompatível com os processos biológicos e geológicos de sequestro de carbono e de manutenção do equilíbrio da composição atmosférica.

As tecnologias de energia renovável ainda não estão suficientemente maduras para a substituição da utilização dos combustíveis fósseis, nesse sentido a tecnologia de armazenamento de carbono é crucial para um estado de transição.

Tendo em vista as metas assumidas pelo Brasil perante o Acordo de Paris para mitigação das mudanças climáticas em curto espaço de tempo, apresentamos a captura e armazenamento de carbono como alternativa tecnicamente viável levando em consideração a estrutura dos diversos empreendimentos petrolíferos.

A falta de regulamentação é o principal entrave para o desenvolvimento da atividade, nesse sentido os países desenvolvidos vêm editando estruturas regulatórias capazes de prever responsabilidades do operador e do poder público, para dessa forma incentivar o crescimento da atividade, a qual tem grande potencial econômico e social, inclusive para geração de emprego e renda.

A regulamentação da captura e armazenamento de carbono através da Política Energética é de elevada relevância como instrumento para o auxílio no enfrentamento dos efeitos das mudanças climáticas, pois pode promover entendimento e cooperação entre as esferas pública e privada, auxiliar na aceitação pública e incentivar a obtenção de financiamentos para a atividade.

DISCUSSÃO

As emissões antrópicas de carbono constituem responsabilidade global, nesse sentido o princípio das responsabilidades comuns porém diferenciadas deve ser interpretado com cautela à medida que países com os maiores índices de emissões são aqueles que através de seus processos industriais abastecem o comércio mundial, como no caso da China. Nesse sentido, como forma de justiça social as responsabilidades precisam ser partilhadas pelas nações para que os resultados do consumismo impulsionem o desenvolvimento de ações mitigatórias ambientais, em especial a captura e armazenamento de carbono, capaz de oferecer benefícios a economia e sociedade, constituindo o tripé de sustentabilidade.

A cooperação entre países tem como objetivo incentivar um crescimento menos carbonizado destes últimos, a partir da transferência de tecnologias e financiamentos, buscando assim a construção de um modelo econômico mais verde nesse processo de desenvolvimento econômico. Dentre os resultados dessas propostas cooperativas, encontramos o MDL - Mecanismo de Desenvolvimento Limpo, estabelecido no Protocolo de Kyoto em seu artigo 12 com objetivo de assistir às Partes não incluídas no Anexo I a conquistar o desenvolvimento sustentável e assistir as Partes pertencentes ao Anexo I ao cumprimento de suas metas, considerando cada tonelada de carbono não emitida ou retirada da atmosfera objeto de negociação no mercado mundial, criando um atrativo com viés econômico como auxílio a promoção do desenvolvimento sustentável (VIDIGAL, 2016).

A pesquisa, a promoção e o desenvolvimento de tecnologias de sequestro de carbono – CCS foram estabelecidas pelo Protocolo de Kyoto, em seu artigo 2, 1, IV, mas a possibilidade de inclusão do CCS no MDL surge na Conferência do Clima de Cancún, e sua efetivação na COP de Durban. Dentre os requisitos essenciais na hospedagem de um projeto de CCS sob o MDL, está a existência de legislação doméstica específica, além da necessária submissão de carta de acordo com o secretariado da Convenção Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança Climática. No Brasil, a ausência dessa legislação, impede que o CCS seja inserido no MDL, pois se trata de um dos requisitos essenciais de hospedagem exigidos na COP de Durban. Nesse caso, estariam impedidas as negociações dos créditos de carbono gerados pelo CCS no mercado.

Uma vez atendido tal requisito, a atividade se torna economicamente vantajosa à medida que pode gerar Reduções Certificadas de Emissões (RCE), como forma de ativo financeiro transacionável, portanto (CUPERTINO, 2019). Essa oportunidade de retorno financeiro pode ser maximizada com a regulamentação própria para cada uma das etapas da atividade em especial a questão do armazenamento, para tornar-se atrativa a investidores.

As instalações de captura e armazenamento de carbono que operam em larga escala estão localizadas, em sua maioria, nas Américas, em especial nos Estados Unidos que possuem estruturas políticas fortes e apoio do setor público, o país utiliza há mais de 50 anos a tecnologia (MONTEIRO JÚNIOR, 2015). Possui estrutura regulatória a qual trata o tema de maneira pormenorizada, onde cada Estado dispõe sobre situações específicas de acordo com suas particularidades. A EPA, órgão regulador, é atuante e sob a égide da Lei de Água Potável disciplina a classificação de poços tendo por principal objetivo garantir a segurança e integridade das operações para evitar contaminação do solo e do lençol freático (DIXON, MCCOY e HAVERCROF, 2015).

A responsabilidade civil norte americana está bem definida, com a responsabilização do operador durante o período das atividades, que deve obter licença junto a EPA, assumindo o Estado no período pós-injeção a responsabilidade (CELIA, 2017). Fatores como estrutura regulatória eficiente, aliada a processos de licenciamento e sinergia com a indústria petrolífera conferem a atividade segurança jurídica, maior credibilidade junto a empresas de seguros e aceitação pública, permitindo o desenvolvimento da atividade e evitando a judicialização (KAPETAKI e SCOWCROFT, 2017).

O país representa a vanguarda da atividade e sua respectiva normatização (ROMEIRO-CONTURBIA, 2014), a relativa flexibilização da legislação, a qual permite a esfera federal delegar aos Estados a responsabilidade concedendo a primazia e a possibilidade de adaptar critérios de profundidade para injeção de CO₂ de acordo com as diversas características geológicas, são fatores que colaboram com o desenvolvimento da atividade, vez que permite ao respectivo Estado agir de acordo com suas particularidades (SCHROEDER, HARTO e CLARK, 2016).

Diferentemente do que ocorre nos EUA em que a atividade de sequestro de carbono tem como norma principal a Lei de Água Segura, no Brasil a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), instituída pela lei nº 9.433/97, é silente quanto a

regulamentação decorrente de atividades de CCS (MARTINS *et al.*, 2018). A PNRH tem por principal característica seu caráter descentralizador, instituindo um sistema de cooperação entre União, Estados e sociedade civil para fins de gestão integrada na mesma linha do disposto pela Constituição (VILLAR, 2016), porém tendo em vista as características geográficas nacionais alguns aquíferos podem estender-se a áreas pertencentes a mais de um Estado, podendo causar conflitos de normas e interesses, os quais só poderão ser resolvidos por norma federal (MARTINS *et al.*, 2018).

A previsão por parte da Agência Nacional de Águas (ANA) para proteção dos recursos hídricos com relação a atividade é imprescindível, pois o tema é de suma relevância para sua gestão e proteção do meio ambiente. No caso da indústria petrolífera os resíduos gerados nas atividades *onshore* decorrentes da exploração, devem ter tratamento diferenciado para que estes não contaminem recursos hídricos, em especial cascalhos de perfuração, areia e outros materiais radioativos (GOMES, 2014), pois podem influenciar de maneira direta na potabilidade de aquíferos (IFC, 2017a). No caso da ANP a portaria nº 100/2000, a qual trata de questões operacionais e econômicas dispõe de maneira sucinta sobre a previsão de produção e movimentação de água produzida associada na qual o operador deve informar a destinação da água transferida (ANP, 2000).

A Resolução do CONAMA nº 398/2008, a qual institui Plano de Emergência Individual para incidentes de poluição por óleo em águas sob jurisdição nacional discorre de maneira eficiente sobre a questão da atividade de perfuração com influência relacionada as águas nacionais e pode ser utilizada como parâmetro em estudos futuros para criação de um marco regulatório para o CCS tendo em vista a previsão referente a responsabilidade do operador em apresentar dados concernentes a identificação da instalação com os tipos de reservatórios e seus acessos, informações e procedimentos para resposta a incidentes e encerramento de operações. (ASLAN, PINTO e OLIVEIRA, 2018).

Além da regulamentação relacionada ao impacto da atividade nos recursos hídricos, eventual marco regulatório também deverá considerar impactos das atividades ao solo, esses podem ser provenientes das etapas de descarregamento de equipamentos, perfuração de poços, estocagem, obras de terraplanagem e detonação de explosivos, podendo causar geração de material particulado, ruídos e alteração da qualidade do solo. No caso do solo estudos de impacto ambiental e socioeconômicos, podem constituir instrumentos de grande auxílio para o estabelecimento de uma

sinergia entre as ações voltadas a proteção do meio ambiente e a ocupação do solo (MONTEIRO e JERONIMO, 2012).

Nesse sentido, mais uma vez, o arcabouço jurídico do petróleo é capaz de fornecer subsídios para o desenvolvimento da atividade e sua respectiva regulamentação, a experiência adquirida ao longo das últimas décadas tem relação direta com a indústria petrolífera (ADU, ZHANG e LIU, 2019) e a captura e armazenamento de carbono associada a EOR pode ter seus custos compensados tornando a tecnologia benéfica tanto para a indústria petrolífera, a qual tem sua produção aumentada, quanto para a mitigação das mudanças climáticas (WRIGHT, 2018).

A utilização da EOR para o CCS (Figura 3) já é considerada pelo Departamento de Energia dos Estados Unidos como tecnologia segura e comprovadamente adequada a aumentar a produção de petróleo, não por coincidência a regulamentação da atividade neste país foi construída com base no conhecimento adquirido pela indústria e petróleo e gás (OMBUDSTVEDT e JAROY, 2018).

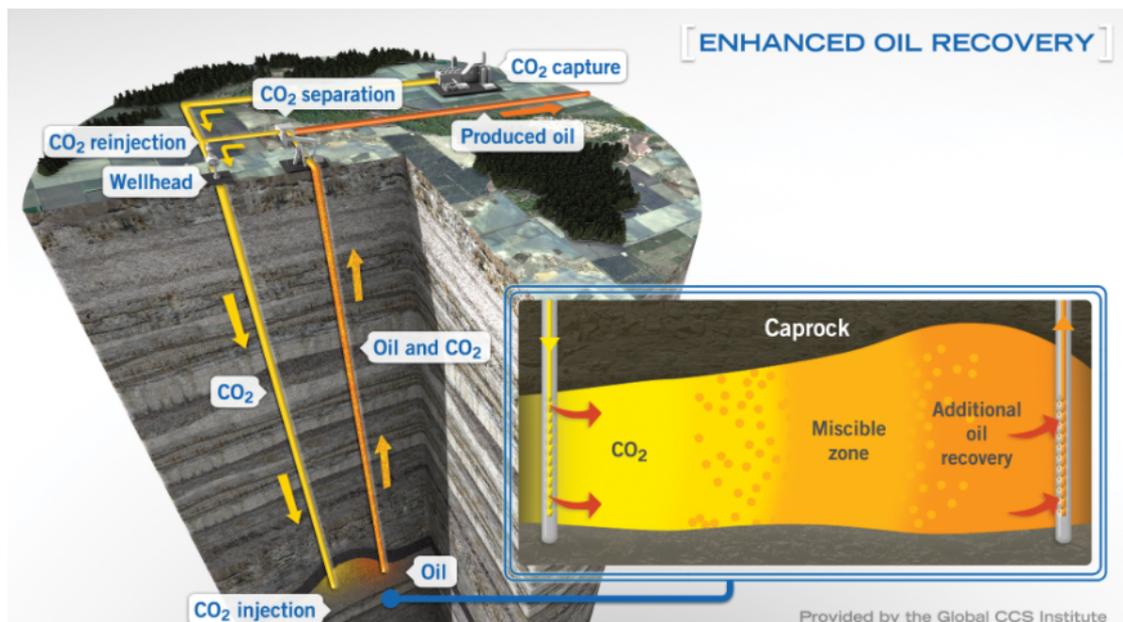


Figura 3. Técnica de recuperação avançada de petróleo.

Fonte: Global CCS Institute, 2019.

Nesse mesmo sentido, o trabalho entende que a experiência petrolífera brasileira, é capaz de fornecer subsídios de ordem técnica, social e normativa, pois com a maximização da produção de petróleo e minimização do uso de CO₂ a atividade passa a ter não só o viés mitigatório, mas transforma-se em atividade

economicamente rentável capaz de atrair investimentos e desenvolvimento econômico e social (NUÑEZ-LÓPEZ e MOSKAL, 2019). No Brasil, projetos de EOR já foram desenvolvidos na bacia do Recôncavo, sendo o campo de Buracica utilizado desde 1987 (KETZER *et al.*, 2015).

A Bacia de Santos está estrategicamente localizada próxima a região que concentra as maiores emissões de GEE no país, possui rede de dutos com alta capacidade para o transporte de carbono o que pode significar redução de custos quando comparada a outras modalidades de transporte (KETZER *et al.*, 2015). Nesse sentido, a Bacia de Santos pode apresentar-se como alternativa na pesquisa por reservatórios, sendo o campo de Merluza o qual está em fase final de exploração, oportunidade a ser considerada devido a características geológicas como: porosidade, permeabilidade, formação tectônica estável e profundidade, bem como pela infraestrutura existente, como gasodutos, podendo representar economia de investimentos para o empreendimento petrolífero (CIOTTA, 2019).

Tendo em vista a cooperação que a indústria petrolífera pode oferecer, o Brasil - país de proporções continentais que possui instalações em todas as regiões encontra grande oportunidade para o desenvolvimento da atividade com inúmeras refinarias e gasodutos em operação. Porém, a falta de norma Federal no Brasil ainda é o principal entrave, que traz como consequências a falta de esclarecimento e aceitação pública deficiente (HARGREAVES, 2019).

A aceitação pública é um desafio em todo o mundo e é primordial para instalação de atividades em escala comercial (WENNERSTEN, SUN e LI, 2015), porém estudos demonstram que ainda é baixo o nível de conscientização pública referente a tecnologia (CHEN *et al.*, 2015) exceto em países em que há dependência do setor de combustíveis fósseis (SEIGO *et al.*, 2014) onde argumentos relacionados a economia podem se sobrepor a questões dos efeitos das mudanças climáticas (WHITMARSH, XENIAS e JONES, 2019), mas o fator regional deve ser ressaltado, pois populações que moram em áreas próximas a instalações demonstram resistência ao desenvolvimento da atividade em sua propriedade. No Brasil tendo em vista a inexistência de múltiplas plantas, a questão da opinião pública ainda não está difundida, o que poderá no futuro, influenciar de maneira direta o financiamento da atividade (BRAUN, 2017).

O projeto de Lei Complementar 559/2018 em tramitação da Câmara dos Deputados, propõe a instituição do “*carbono tax*” na forma de Contribuição de

Intervenção no Domínio Econômico, prevendo dentre suas possibilidades de aplicação, a conversão das receitas para o financiamento de projetos de sequestro de carbono, representando importante iniciativa de discussão federal capaz de aliar mitigação climática e desenvolvimento econômico e social, na formação de um desenvolvimento sustentável.

Tendo em vista que o principal fator que motiva a atividade, a qual tem altos custos, é a possibilidade dos retornos financeiros que esta pode proporcionar, disposições regulatórias como a lei 12.114/09 podem estimular o crescimento de instalações. A lei institui o Fundo Nacional Sobre Mudanças do Clima que inclui na Política Energética disposições para destinar recursos para apoio a projetos, estudos e financiamento de empreendimentos voltados à mitigação das mudanças climáticas. Essas disposições constituem oportunidade aos gestores dos empreendimentos com a associação das técnicas que além da majoração da produção de petróleo, podem obter financiamentos e contribuir com a mitigação das mudanças climáticas.

Neste cenário, o presente trabalho conclui pela a regulamentação da captura e armazenamento de carbono através da Política Energética, como instrumento mitigatório para promover a expansão em escala industrial da atividade no país, regulamentando requisitos específicos para o licenciamento, monitoramento, medidas de prevenção, armazenamento, procedimentos para encerramento das atividades, bem como na promoção de um fundo intergeracional (CUPERTINO, 2019) capaz de garantir destinação de receitas a eventuais acidentes e disposições referentes ao mercado de seguro de responsabilização civil e garantia de respeito a opinião pública (REIS, LUPI e ROCHA, 2019).

Considerações Finais

A tecnologia de captura e armazenamento de carbono é reconhecidamente um instrumento capaz de auxiliar no enfrentamento dos efeitos das mudanças climáticas causadas pela emissão de gases do efeito estufa. Nesse sentido, diversos países têm adotado a tecnologia como forma de equalizar seus objetivos econômicos e minimizar fenômenos ambientais. O Brasil tem grandes oportunidades para explorar a atividade utilizando a experiência adquirida com a indústria petrolífera, bem como suas instalações para desenvolver a atividade em escala comercial alcançando geração emprego, renda e cumprindo as metas climáticas estipuladas.

Tendo em vista que a atividade foi inserida pelas Nações Unidas no Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) o CCS pode gerar créditos de carbono que podem ser negociados no mercado, tornando a atividade economicamente viável à medida que podem gerar Reduções Certificadas de Emissões (RCE), como forma de ativo financeiro, transacionável. Essa oportunidade de retorno financeiro pode ser maximizada com a regulamentação própria para cada uma das etapas da atividade em especial a questão do armazenamento, para tornar-se atrativa a investidores.

Neste trabalho, com base na experiência internacional norte americana bem-sucedida e no direito comparado, restou evidente a necessidade de previsão normativa no Brasil como um grande desafio para fomentar a atividade, em especial disposições referentes a responsabilização civil para conferir segurança jurídica e social como ponto de partida na atração de investimentos. Nessa seara, a partir da análise jurídica desenvolvida, entende-se que a Política Energética é o instrumento adequado para a regulamentação da captura e armazenamento de carbono. Para tanto, a presente pesquisa apresenta como colaboração em forma de projeto de lei os principais pontos discutidos e relevantes para a atividade. Vale ressaltar que o presente estudo de forma colaborativa não pretende esgotar o tema, o qual carece de estudos mais aprofundados em suas diversas vertentes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADU, E.; ZHANG, Y.; LIU, D. *Current situation of carbon dioxide capture, storage, and enhanced oil recovery in the oil and gas industry. The Canadian Journal of Chemical Engineering*, v. 97, n. 5, p. 1048-1076, 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE PETROLEO. Portaria nº 234. Institui Regulamento que define o procedimento de imposição de penalidades. 2003.

ALDRICH, E. L.; KOERNER, C. *Assessment of Carbon Capture and Sequestration Liability Regimes. The Electricity Journal*, v. 24, n. 7, p. 35-48, 2011.

ALMEIDA, J. R. L.; ROCHA, H. V.; COSTA, H. M.; SANTOS, E. M.; Rodrigues, C. F.; SOUSA, M. J. L. *Analysis of Civil Liability Regarding CCS: The Brazilian Case. World*, v. 3, 4, p. 4, 2017.

AMARAL, Aurélio. Regulação do RenovaBio. RENOVBIO: Próximos Passos. Rio de Janeiro: **FGV Energia**, 2018.

ARAÚJO, G. M. Função Ambiental da Propriedade: uma proposta conceitual. **Veredas do Direito: Direito Ambiental e Desenvolvimento Sustentável**, v. 14, n. 28, p. 251-276, 2017.

ARTAXO, P.. Mudanças climáticas e o Brasil. **Revista USP**, n. 103, p. 8-12, 2014.

ASHWORTH, P.; WADE, S.; REINER, D.; LIANG, X. *Developments in public communications on CCS*. **International Journal of Greenhouse Gas Control**, v. 40, p. 449-458, 2015.

ASLAN, J. F.; PINTO, A. E. M.; OLIVEIRA, M. M; Poluição do meio ambiente marinho: um breve panorama dos princípios, instrumentos jurídicos e legislação brasileira. Planeta Amazônia: **Revista Internacional de Direito Ambiental e Políticas Públicas**, n. 9, p. 175-186, 2018.

BASSO, A. P.; DELFINO, L. O.; Mercado de carbono e a (in) definição da natureza jurídica dos créditos de carbono na legislação brasileira. **Revista de Direito Ambiental e Socioambientalismo**, v. 1, n. 1, p. 126-180, 2015.

BECK, L.. *Carbon capture and storage in the USA: the role of US innovation leadership in climate-technology commercialization*. **Clean Energy**, v. 4, n. 1, p. 2-11, 2020.

BODANSKY, D. *The legal character of the Paris Agreement*. **Review of European, Comparative & International Environmental Law**, v. 25, n. 2, p. 142-150, 2016.

BRACHTVOGEL, C.; FERNANDES, A. D. Q.; NIEDACK, L. O. C.; PEREIRA, Z. V.; PADOVAN, M. P.; Sistemas agroflorestais biodiversos: potencial para sequestro de carbono. In: Embrapa Agropecuária Oeste-Artigo em anais de congresso In: SEMINÁRIO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO NO CAMPO, 3.; SEMINÁRIO DE AGROECOLOGIA DE MATO GROSSO DO SUL, 7.; ENCONTRO DE PRODUTORES AGROECOLÓGICOS DE MATO GROSSO DO SUL, 6.; Seminário de sistemas agroflorestais em bases agroecológicas de MATO GROSSO DO SUL, 3., 2018, Campo Grande, MS. Sistemas agroflorestais agroalimentares, sociobiodiversidade, saúde, educação: desafios e perspectivas. Campo Grande, MS,. AGROECOL 2018.

BRASIL. **Lei Federal nº 9.478**, de 6 de agosto de 1997. Dispõe sobre a Política Energética Nacional, as atividades relativas ao monopólio do petróleo, institui o Conselho Nacional de Política Energética e a Agência Nacional do Petróleo e dá outras providências. Brasília. 1997.

BRASIL. **Lei Federal nº 10.406**, de 10 de janeiro de 2002. Institui o Código Civil. Brasília, 2002.

BRASIL. **Lei Federal nº 9.847**, de 26 de outubro de 1999. Dispõe sobre a fiscalização das atividades relativas ao abastecimento nacional de combustíveis. Brasília, 1999.

BRASIL. **Lei Federal nº 13.576**, de 26 de dezembro 2017. Dispõe sobre a Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio) e dá outras providências. Brasília, 2017.

BRAUN, C.; *Not in my backyard: CCS sites and public perception of CCS. Risk Analysis*, v. 37, n. 12, p. 2264-2275, 2017.

CÂMARA, G. A. B.; BATISTA, A., CARVALHO; L. F. D. J.; ANDRADE J. C. S.; ROCHA, P. *The use of CCS technologies in large scale: an analysis of the brazilian legal framework. Brazilian Journal of Petroleum and Gas*, v. 10, n. 4, 2016.

CARNEIRO, J.; CARNEIRO, J.; GONÇALVES, A.; IGLESIAS, R.; MONIZ, C.; BORGES, M.; MOTA, G.; MANUEL, A.; PEREIRA, E.; *Captura e armazenamento de CO2 na comunidade de países de língua portuguesa: oportunidades e desafios. Escola de Ciências e Tecnologia, Universidade de Évora*. 2015.

CARVALHO, L. L. A Responsabilidade Civil do Estado Brasileiro perante os Riscos para o Meio-Ambiente do Sequestro Geológico de Carbono. **Caderno Virtual**, v. 1, n. 22, 2010.

CELIA, M. A. *Geological storage of captured carbon dioxide as a large-scale carbon mitigation option. Water Resources Research*, v. 53, n. 5, p. 3527-3533, 2017.

CHEN, Z. A.; LI, Q.; LIU, L. C.; ZHANG, X.; KUANG, L.; JIA, L.; LIU, G. *A large national survey of public perceptions of CCS technology in China. Applied Energy*, v. 158, p. 366-377, 2015.

CIOTTA, M. R. **Estudo de possibilidades para armazenar CO2 em reservatórios geológicos offshore na Bacia de Santos**. 2019 Tese. (Mestrado em Energia) - Universidade de São Paulo, São Paulo 2019.

COLUCCI, C. F. P. Breves apontamentos sobre os elementos da responsabilidade civil. **Revista Direito Civil**, v. 1, n. 1, p. 43-54, 2019.

CONINCK, H.; BENSON, S. M. *Carbon dioxide capture and storage: issues and prospects. Annual review of environment and resources*, v. 39, p. 243-270, 2014.

CÔRTEZ, D. A; ROCHA, E. M. D; SABIÃO, R. M. Biodigestor para a produção de Biogás e Biofertilizante com Utilização de Dejetos Suínos. **Psicologia e Saúde em debate**, v. 5, n. Supl. 1, p. 8-9, 2019.

COSTA, F. S.; AMARAL, E. F. Inventário de emissões antrópicas e sumidouros de gases de efeito estufa do estado do Acre: ano-base 2012. Embrapa Acre-Livro técnico **INFOTECA-E**, 2014.

COSTA, I. V. L. **Proposta de Estrutura Regulatória para Sequestro Geológico de CO2 no Brasil e uma Aplicação para o Estado do Rio de Janeiro**. 2014. Tese. (Doutorado em Planejamento Energético) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

COSTA, H. K. M.; MUSARRA, R. M. L. M.; SILVA, I. M. M.; CARVALHO, R. N.; CAVALCANTE, I. L., CUPERTINO, S. A.; *Legal Aspects of Offshore CCS: Case Study–Salt Cavern. Polytechnica*, v. 2, n. 1, p. 87-96, 2019.

COSTA, H. K.; MUSARRA, R. M. L. M.; *Law Sources and CCS (Carbon Capture and Storage) Regulation in Brazil. International Journal of Advanced Engineering Research and Science*, v. 7, n. 2, 2020.

COSTA, I. V. L. Sequestro geológico de co2. **FGV Energia**, p. 01-09.2018.

COSTA, V. C. S. P. A; ALVES, J. E. D;. A Regulação das Emissões de Gases de Efeito Estufa no Brasil no Contexto da Governança Global do Clima. Anais, p. 1-21, 2016.

CUPERTINO, S. A. **A responsabilidade civil na estocagem de carbono no Brasil**. 2019. Tese. (Doutorado em Planejamento Energético). Universidade de São Paulo. São Paulo, 2019.

DAVIES, L.; UCHITEL, K., R., J.; TANANA, H; *Carbon Capture and Sequestration: A Regulatory Gap Assessment. The University Of Utah*, 2012.

DIXON, T; MCCOY, S. T.; HAVERCROFT, I. *Legal and regulatory developments on CCS. International Journal of Greenhouse Gas Control*, v. 40, p. 431-448, 2015

DIXON, T; GARRETT, J; KLEVERLAAN, E. *Update on the London Protocol–developments on transboundary CCS and on geoengineering. Energy Procedia*, v. 63, p. 6623-6628, 2014.

DENZIN, N. K.; LINCOLN, Y. S. Introdução: a disciplina e a prática da pesquisa qualitativa. In: DENZIN, N. K.; LINCOLN, Y. S. (Orgs.). O planejamento da pesquisa qualitativa: teorias e abordagens. 2. ed. Porto Alegre, **Artmed**, 2006.

FEIJÓ, G. R.; RANGEL, J. J. A. Análise do comportamento das emissões de dióxido de carbono (CO2) do Brasil e de outros países por meio da Identidade de Kaya e do Perfil de Emissões. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 46, p. 1-22, 2018.

SANTOS, R. C. C.; SANTOS, S. C; LINHARES, R. N.; Revisão da Literatura sobre uso das Tic no Processo da Pesquisa Científica no Brasil. **Simpósio Internacional de Educação e Comunicação-SIMEDUC**, n. 9, 2018.

DUARTE, E. R.; REIS, L.C.; Estudo prévio do impacto ambiental e econômico na propriedade e os princípios constitucionais ambientais. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental**, v. 13, n. 3, p. 10-17, 2019.

EDWARDS, G.; ADARVE, I. C.; BUSTOS, M. C., ROBERTS, J. T.; *Small group, big impact: how ALLAC helped shape the Paris Agreement. Climate Policy*, v. 17, n. 1, p. 71-85, 2017.

ENCINAS I. J.; SANTANA, O. A. O trabalho científico na metodologia científica. Universidade de Brasília. Brasília 2019.

ESTEVEES, E. G. Z.; ALVES, A. F.; SESSO FILHO, U. A.; Análise da decomposição estrutural da emissão de CO₂: 1995 a 2009. **Análise**, v. 38, n. 42, p. 22. 2017.

FALWELL, P. *State Policy Actions to Overcome Barriers to Carbon Capture and Sequestration and Enhanced Oil Recovery*. **Center for Climate and Energy Solutions**, v. 2050, p. 2101, 2013.

FEARNSIDE, P. M.; BARBOSA, R. I.; PEREIRA, V. Barreto. Emissões de gases do efeito estufa por desmatamento e incêndios florestais em Roraima: fontes e sumidouros. **Revista Agro@ambiente On-line**, v. 7, n. 1, p. 95-111, 2013.

FERNANDES, A. M.; BRUCHÊZ, A.; D'ÁVILA, A. A. F.; CASTILHOS, N. C.; OLEA, P. M.; Metodologia de pesquisa de dissertações sobre inovação: Análise bibliométrica. **Desafio Online**, v. 6, n. 1, 2018.

FERREIRA, F. G. B. Dos Métodos de Integração Normativa e a Superação Parcial do Art. 4 da LINDB. **Conteúdo Jurídico**, 2014.

GASPAR, H. A. C. **Captura e Armazenamento de CO₂**. 2014. Tese. (Mestrado em Energia e Bioenergia). Faculdade de Ciências e Tecnologia. Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2014

GEORGIEVA, S. Z. *Regulatory limitations and global stakeholder mapping of carbon capture and storage technology—a legal and multi-level perspective analysis*. Tese. (Doutorado) *Imperial College London*, 2017.

GILMORE, T.; BONNEVILLE A.; SULLIVAN C.; KELLEY M.; APPRIOU D.; VERMEUL V.; WHITE S.; ZHANG F.; BJORNSTAD B.; CORNET F.; GERST J.; GUPTA N.; HUND G.; HORNER J.; LAST G.; LANIGNAN D.; OOSTROM M.; MCNEILC.; MOODY M.; ROCKHOLD M.; ELLIOTT M.; SPANE F.; STRICKLAND C.; SWATZ L.; THORNE P.; BROWN C.; HOFFMANN J.; HUMPHREYS K; *Characterization and design of the FutureGen 2.0 carbon storage site*. **International Journal of Greenhouse Gas Control**, v. 53, p. 1-10, 2016.

GLOBAL CCS INSTITUTE. *GLOBAL STATUS OF CCS: TARGETING CLIMATE CHANGE*. Austrália. 2019.

GOMES, A. P. P. **Gestão ambiental da água produzida na indústria de petróleo: melhores práticas e experiências internacionais**. 2014. Tese. (Mestrado em Planejamento Energético) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2014.

HARGREAVES, F. M. **Opções de mitigação das emissões de gases de efeito estufa na indústria de petróleo e gás natural brasileira**. 2019. Tese. (Mestrado em Planejamento Energético) - Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2019.

HEFFRON R. J.; DOWNES L.; BYSVEEN M.; BRAKSTAD E. V.; MIKUNDA T., NEELE F.; EICKHOFF C., HANSTOCK D.; SCHUMANN D.; *OWNERSHIP, Risk and*

the law for a CO₂ transport network for carbon capture and storage in the European Union. **Journal of Energy & Natural Resources Law**, v. 36, n. 4, p. 433-462, 2018.

IFC, 2017-a. *Environmental, health and safety guidelines for onshore oil and gas development. 2007 version vs 2017 draft revised version. International Finance Corporation – World Bank Group*, p. 52, 2017

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. *Carbon Capture and Storage: Legal and Regulatory Review, 2th ed. International Energy Agency, Paris, France*. 2011.

JACOBSEN, A. L. Perfil metodológico de pesquisas elaboradas no âmbito das instituições de ensino superior brasileiras: uma análise de publicações feitas pela revista ciências da administração. 2017.

JAVEDAN, H.; *Regulation for Underground Storage of CO₂ Passed by US States. Working paper. Massachusetts Institute of Technology, Carbon Capture and Sequestration Technologies Program*. 2013. Disponível em: <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.397.1828&rep=rep1&type=pdf>. Acesso em: 8 nov. 2020.

KAPETAKI, Z.; SCOWCROFT, J. *Overview of carbon capture and storage (CCS) demonstration project business models: Risks and enablers on the two sides of the Atlantic. Energy Procedia*, v. 114, p. 6623-6630, 2017.

KETZER, J. M.; MACHADO, C. X.; ROCKETT, G. C.; IGLESIAS, R. S.; **Brazilian Atlas of CO₂ capture and geological storage**. 2015.

KIESSLING, C. *Internalización del principio de las responsabilidades comunes, pero diferenciadas: interpretaciones desde la sociedad civil brasileña. Letras Verdes, Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales*, n. 25, p. 8-28, 2019.

KURIYAMA, A.; ABE, N. *Ex-post assessment of the Kyoto Protocol—quantification of CO₂ mitigation impact in both Annex B and non-Annex B countries. Applied Energy*, v. 220, p. 286-295, 2018.

LANGLET, D. *Exporting CO₂ for Sub-Seabed Storage: The Non-Effective Amendment to the London Dumping Protocol and Its Implications. The International Journal of Marine and Coastal Law*, v. 30, n. 3, p. 395-417, 2015.

LASSO, J. C. T. **Acidificação oceânica e variação interanual de co₂ antropogênico no estreito de bransfield, Antártica**. 2019. Tese. (Mestrado em Oceanologia)- Universidade Federal do Rio Grande. Rio Grande do Sul. 2019

LAVRATTI, P. C.; PRESTES, V. B. Diagnóstico de legislação: identificação das normas com incidência em mitigação e adaptação às mudanças climáticas—Desastres. São Paulo: **Instituto Planeta Verde**, p. 1-49, 2010.

LUPION, M.; JAVEDAN, H.; HERZOG, H. **Challenges to Commercial Scale Carbon Capture and Storage: Regulatory Framework. Massachusetts Institute of Technology. Cambridge**. 2015.

MACHADO, C. X. **Potencial brasileiro para implementação de projetos de armazenamento geológico de carbono da biomassa a partir de usinas de álcool**. Tese. (Doutorado em Engenharia e tecnologia de materiais) - Porto Alegre. 2015.

MARTINS, M. E.; MARTINS, M. D. F.; CRUZ, J. C., ROCHA, A. L. C.; Análise integrada da gestão de águas subterrâneas contaminadas com a política de recursos hídricos: nuances legais e desafios. **Águas Subterrâneas**, 2018.

MELE, J. T. W.; SOUZA, P. P. M.; JÚNIOR, R. R. N.; BARRELLA, W., RAMIRES, M.; Biomassa vegetal e sequestro de carbono: estudo de caso através de trabalho de campo realizado no município de Santos. **Unisanta BioScience**, v. 4, n. 5, p. 52-63, 2015.

MICHAELOWA, A.; MICHAELOWA, K.; *Do rapidly developing countries take up new responsibilities for climate change mitigation?*. **Climatic Change**, v. 133, n. 3, p. 499-510, 2015.

MINAYO, Maria Cecília de Souza. Fundamentos, percalços e expansão das abordagens qualitativas. **Investigação qualitativa: inovação, dilemas e desafios**, v. 3, p. 17-48, 2016.

MONTEIRO JÚNIOR, J. V. **A regulação do sequestro geológico de carbono como instrumento de fomento ao desenvolvimento na indústria do petróleo brasileira**. Tese (Mestrado em Direito) - Universidade do Rio Grande do Norte. Natal. 2015

MONTEIRO, C. A. S.; JERÔNIMO, C. E. M. Atividades de exploração de petróleo on shore: aspectos e impactos ambientais, 2012.

MORAIS, Y. C. B.; ARAÚJO, M. D. S.; MOURA, M. S. B.; GALVÍNCIO, J. D.; MIRANDA, R. D. Q.; Análise do Sequestro de Carbono em áreas de Caatinga do Semiárido Pernambucano. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 32, n. 4, p. 585-599, 2017.

NUÑEZ-LÓPEZ, V.; MOSKAL, E. *Potential of CO₂-EOR for Near-Term Decarbonization*. **Frontiers in Climate**, v. 1, p. 5, 2019.

OLIVEIRA, G. M. T. S.. **Roteiro tecnológico (roadmap) da captação, utilização e armazenamento de dióxido de carbono (CCUS) em Portugal**. Tese. (Doutorado em Ciências da Terra) - Universidade Fernando Pessoa. Porto 2016.

OLIVEIRA, A. S.; MIGUEZ, J. D. G.; ANDRADE, T. C. M. A. A Convenção sobre mudança do clima e o seu Protocolo de Quioto como indutores de ação. **Repositório do IPEA**. 2018.

OLIVEIRA, A S. A Liderança dos Países Desenvolvidos no Acordo de Paris: reflexões sobre a estratégia do *Naming and Shaming* dentro do Balanço-Global. **Sequência**, n. 81, p. 155-180, 2019.

OLIVEIRA, R.S. **A teoria do risco integral aplicada à responsabilidade civil ambiental no caso chevron**. Tese. (Mestrado em Direito). Universidade Católica de Santos. Santos. 2016.

OMBUDSTVEDT, I.; JARØY, A. G.; *International standards support commercial deployment of CCS and CO2-EOR*. In: *14th Greenhouse Gas Control Technologies Conference Melbourne*. p. 21-26. 2018.

LOUDINOT, A.; RIESTENBERG, D.; ESPOSITO, R.; TRAUTZ, R.; *Demonstration of Non-Endangerment at the SECARB Anthropogenic Test Site*. **Southern States Energy Board**, 2018.

PAIVA, I.; CASTRO, N. J.; CLARO, V. M.; HUBACK, V.; CABRAL, S.; SARNEY, M. Mudanças Climáticas e Energia Renovável: Desafios e Oportunidades do Setor Elétrico no Âmbito dos Compromissos Pré-2020 da UNFCCC. In: *New Energy Landscape: Impacts for Latin America, 6th ELAEE/IAEE Latin American Conference*. **International Association for Energy Economics**, 2017.

PEIXER, J. F. B. **A contribuição nacionalmente determinada do Brasil para cumprimento do Acordo de Paris: metas e perspectivas futuras**. Tese. (Doutorado em Direito). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2019.

PESSINI, L.; SGANZERLA, A.; Evolução histórica e política das principais conferências mundiais da ONU sobre o clima e meio ambiente. **Revista Iberoamericana de Bioética**, n. 1, 2016.

PINHEIRO, M. A.; FERREIRA, J. M.; DUTRA, R. C. D.; Avaliação dos resultados das resoluções da ANP sobre estoques obrigatórios de combustíveis. **ANP**. 2016.

POLLAK, M.; PHILLIPS, S. J.; VAJJHALA, S.; Política de captura e armazenamento de carbono nos Estados Unidos: Uma nova coalizão tenta mudar a política existente. **Mudança Ambiental Global**, v. 21, n. 2, p. 313-323, 2011.

POLLAK, M. F.; PHILLIPS, S. J. *State Policy on Geologic Sequestration: 2009 Update*. 2009.

PORTELA, M. G.; LEITE, L. F. C. Emissões de GEE pela agricultura: o caso dos cultivos de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 18, p. 377-388 2016.

PORTO, T. H. F.; WERL, C. C. A inafastabilidade da jurisdição e o desafio do poder judiciário em decidir quando da ausência ou obscuridade da legislação aplicável ao caso concreto. **Colóquio de Ética, Filosofia Política e Direito**, n. 2, 2015.

RABELO, C. M. P. O mercado de carbono chinês: formatação e perspectivas. Tese. (Pós-Graduação em Direito Ambiental), 2019.

- RATHMANN, R.; ARAUJO, R. V.; CRUZ, M. R.; MENDONÇA, A. M.; Trajetórias de mitigação e instrumentos de políticas públicas para alcance das metas brasileiras no acordo de Paris. **Ministério da Ciência Tecnologia e Inovações e Comunicações**, 2017.
- REIS, C. R.; LUPI, A. L. P. B.; ROCHA, D. C. C. Considerações sobre a responsabilidade civil solidária por dano ambiental. **Revista Direito UFMS**, v. 5, n. 1, 2019.
- RIBEIRO, W. C. Mudanças climáticas, realismo e multilateralismo. **Terra Livre**, v. 1, n. 18, 2015.
- RODRIGUES, J. A. F.; ARAUJO, P. S. R. Dano ambiental em áreas inativas de petróleo e gás: Responsabilidade ambiental dos agentes públicos e privados; análise à luz da doutrina e jurisprudência. **Revista Direito Ambiental e Sociedade**, v. 7, n. 1, 2017
- ROMASHEVA, N.; ILINOVA, A. CCS projects: How regulatory framework influences their deployment. **Resources**, v. 8, n. 4, p. 181, 2019.
- ROMEIRO-CONTURBIA, V. R. S. **Carbon capture and storage legal and regulatory framework in developing countries: Proposals for Brazil**. Tese. (Doutorado em Energia) - Universidade de São Paulo. São Paulo, 2014.
- SANCHEZ, D. L. Implantação a curto prazo de captura e seqüestro de carbono de biorrefinarias nos Estados Unidos. **Anais da Academia Nacional de Ciências**, v. 115, n. 19, p. 4875-4880, 2018.
- SANTOS, K. P. C.; FERREIRA, J. F. C.; SOTTA, E. D. Os créditos de carbono no Estado do Amapá, Brasil: uma abordagem preliminar. **PRACS: Revista Eletrônica de Humanidades do Curso de Ciências Sociais da UNIFAP**, v. 10, n. 1, p. 109-121, 2017.
- SANTOS, V. F. **Os resultados do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo no Brasil: primeiro período do Protocolo de Quioto 2014**. Trabalho de Conclusão de Curso. (curso de Gestão Ambiental) Universidade de Brasília. Brasília 2014.
- SÃO PAULO. Lei Nº 13.798, de 9 de novembro de 2009. Institui a Política Estadual de Mudanças Climáticas – PEMC. São Paulo, 2009.
- SCHERER, L.; FRANCO, M.; FERNANDES, S. B. V. Eco-92: nuances, avanços e interrogações. **UNIJUI**. 2016.
- SCHROEDER, J. N.; HARTO, C. B.; CLARK, C. E. *Analysis of state and federal regulatory regimes potentially governing the extraction of water from carbon storage reservoirs in the United States*. **International Journal of Greenhouse Gas Control**, v. 54, p. 566-573, 2016.
- SEIGO, S. L. O., ARVAI, J., DOHLE, S., SIEGRIST, M. *Predictors of risk and benefit perception of carbon capture and storage (CCS) in regions with different stages of*

deployment. *International Journal of Greenhouse Gas Control*, v. 25, p. 23-32, 2014.

SILVA, M. E. S.; GUETTER, A. K. Mudanças climáticas regionais observadas no estado do Paraná. *Terra livre*, v. 1, n. 20, p. 111-126, 2015.

SIMPLÍCIO, C. G.; CASTRO, C. R. Responsabilidade Civil do Estado pela Concessão de Licença Ambiental. *Revista de Direito Ambiental e Socioambientalismo*, v. 1, n. 1, p. 208-230, 2015.

SODRÉ, C. F. L.; SILVA, Y. J. A.; MONTEIRO, I. P.; Acidificação dos Oceanos: fenômeno, consequências e necessidade de uma Governança Ambiental Global. *Revista Científica do Centro de Estudos em Desenvolvimento Sustentável da UNDB*. p. 1-16, 2016.

SOLTANIAN, M. R.; DAI, Z. *Geologic CO 2 sequestration: progress and challenges. Geomechanics and Geophysics for Geo-Energy and Geo-Resources*, p. 221–223. 2017.

SOUSA, L. V. C. **Efeitos de políticas climáticas sobre o bem-estar econômico no Brasil e em países do anexo I do protocolo de Quioto**. Tese. (Mestrado em Economia) - Universidade Federal de Viçosa. Viçosa. 2014.

SOUZA, M. C. O.; CORAZZA, R. I. Do Protocolo Kyoto ao Acordo de Paris: uma análise das mudanças no regime climático global a partir do estudo da evolução de perfis de emissões de gases de efeito estufa. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, v. 42, 2017.

SOUZA, J. L. Reciclagem e sequestro de carbono na agricultura orgânica. In: Anais Fertibio. p. 12, 2019.

STOCKER, T. F.; QIN, D.; PLATTNER, G. K.; TIGNOR, M. M. B.; ALLEN, S. K.; BOSCHUNG, J.; NAUELS, A.; XIA, Y.; BEX, V.; MIDGLEY, P. M. IPCC, 2013: Climate Change 2013: *The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom; New York, NY, USA*, 1535 p. 2014.

STALKER, L. *CCS in Australia: Activities and Lessons Learned. ASEG Extended Abstracts*, v. 2019, n. 1, p. 1-1, 2019.

STEVENSON, H. **Institutionalizing Unsustainability: The Paradox of Global Climate Governance**. Disponível em: <https://escholarship.org/uc/item/4zp9f66p>. Acesso em 06 março de 2021.

TCVETKOV, P.; CHEREPOVITSYN, A.; FEDOSEEV, S. *The changing role of CO2 in the transition to a circular economy: review of carbon sequestration projects. Sustainability*, v. 11, n. 20, p. 5834, 2019.

URQUIAGA, S.; ALVES, B. J. R.; JANTALIA, C. P.; BODDEY, R. M.;

Variações nos estoques de carbono e emissões de gases de efeito estufa em solos das regiões tropicais e subtropicais do Brasil: uma análise crítica. **Embrapa Agrobiologia**, p. 12-21. 2010.

UNITED STATES OF AMERICA. State of Illinois. Senate Bill 1704 (2007). Disponível em: <https://ilga.gov/legislation/fulltext.asp?DocName=09500SB1704&GA=95&SessionId=50&DocTypeId=SB&LegID=19896&DocNum=1704&GAID=8&SpecSess=&Session=>. Acesso em: 10 nov. 2020.

UNITED STATES OF AMERICA. State of Louisiana. Senate Bill 661 (2009)
Disponível em:
<https://ilga.gov/legislation/fulltext.asp?DocName=09500SB1704&GA=95&SessionId=50&DocTypeId=SB&LegID=19896&DocNum=1704&GAID=8&SpecSess=&Session=>
Acesso em: 10 nov. 2020.

UNITED STATES OF AMERICA. State of Montana. Senate Bill 498. Disponível em: <https://leg.mt.gov/bills/2009/billpdf/SB0498.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2020.

UNITED STATES OF AMERICA. State of Oklahoma.. Senate Bill 610 (2009)
Disponível em:
<http://www.oklegislature.gov/BillInfo.aspx?Bill=SB610&Session=0900>. Acesso em: 10 nov. 2020.

UNITED STATES OF AMERICA. State of Virginia. House Bill 2860 (2009).
Disponível em:
http://www.legis.state.wv.us/bill_status/bills_text.cfm?billdoc=HB2860%20ENR%20SUB.htm&yr=2009&sesstype=rs&i=2860. Acesso em: 10 nov. 2020.

UNITED STATES OF AMERICA. State of Wyoming. House Bill 58 (2009). Disponível em: <http://legisweb.state.wy.us/2009/Bills/HB0058.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2020.

VILLAR, P. C. As águas subterrâneas e o direito à água em um contexto de crise. **Ambiente & Sociedade**, v. 19, n. 1, p. 83-100, 2016.

VITAL, M. H. F. Aquecimento global: acordos internacionais, emissões de CO₂ e o surgimento dos mercados de carbono no mundo. **BNDES**. v. 24, n.48, p. 167-244, 2018.

WEBER, V. *Uncertain liability and stagnating CCS deployment in the European Union: Is it the Member States' turn?*. **Review of European, Comparative & International Environmental Law**, v. 27, n. 2, p. 153-161, 2018.

WENNERSTEN, R; SUN, Q.; LI, H;. *The future potential for Carbon Capture and Storage in climate change mitigation—an overview from perspectives of technology, economy and risk*. **Journal of cleaner production**, v. 103, p. 724-736, 2015.

WHITMARSH, L.; XENIAS, D; JONES, C. R. Framing effects on public support for carbon capture and storage. **Palgrave Communications**, v. 5, n. 1, p. 1-10, 2019.

WRIGHT, A. ***Economics of CCS CO₂-EOR and permanent CO₂ sequestration in the UKCS***. 2018. Tese. (Doutorado) University of Aberdeen. 2018.

Zucatelli, P. J.; MENEGUELO, A.; SILVA, C.; GIURIATTO, J.
Simulação do Sequestro Geológico do Dióxido de Carbono (CO₂). Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Espírito Santo. São Mateus, 2013.