

12º CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM PETRÓLEO E GÁS



TÍTULO DO TRABALHO:

**LICENCIAMENTO AMBIENTAL NO AVANÇO TECNOLÓGICO:
UMA ANÁLISE DA IMPLEMENTAÇÃO DE SISTEMAS DE GNL
EM PLATAFORMAS MÓVEIS DE PEQUENA ESCALA**

AUTORES:

Marina Ligabue da Silva Siqueira, Giovanna Pereira Chaves, Cristiano Borges, Hirdan Katarina de Medeiros Costa, Edmilson Moutinho dos Santos

INSTITUIÇÃO:

Universidade de São Paulo

LICENCIAMENTO AMBIENTAL NO AVANÇO TECNOLÓGICO: UMA ANÁLISE DA IMPLEMENTAÇÃO DE SISTEMAS DE GNL EM PLATAFORMAS MÓVEIS DE PEQUENA ESCALA

Resumo

A transição energética demanda fontes de energia com menores emissões de gases de efeito estufa, destacando o gás natural tratado como uma solução mais sustentável. No Brasil, ele é abundante no pré-sal, especialmente em plataformas FPSO que possuem unidades de separação óleo-gás, gerando gás rico em hidrocarbonetos. No entanto, a falta de infraestrutura, como gasodutos insuficientes, faz com que o gás seja reinjetado no poço. A proposta de usar plataformas flutuantes de pequena escala, com capacidade de liquefação e armazenamento do gás natural liquefeito (GNL), conhecidas como SSM-FLNG, surge como alternativa para aproveitamento do excedente. Essas plataformas se conectam às FPSO para exportação via navios de GNL, mitigando impactos ambientais. A construção de gasodutos é cara e tem alto impacto ambiental, enquanto os existentes são insuficientes para a demanda crescente. A SSM-FLNG oferece transporte sustentável do gás, reduzindo impactos no oceano. Este artigo analisa estudos e legislações brasileiras e internacionais sobre LNG em Plataformas Móveis, utilizando metodologias analíticas e qualitativas como a revisão bibliográfica com o VOSViewer e análise do Direito do Mar. Considera também a análise dos campos de Búzios e Libras. Resultados principais incluem leis existentes e demandas para implementar esses sistemas, visando aprimoramento com base em estudos internacionais e fatores locais.

Palavras-chave: Gás natural, plataforma flutuante de pequena escala, liquefação de gás natural, offshore, licenciamento ambiental, mercado nacional e internacional.

Abstract

The energy transition demands sources of energy with lower greenhouse gas emissions, highlighting treated natural gas as a more sustainable solution. In Brazil, it is abundant in the pre-salt fields, especially in FPSO platforms that have oil-gas separation units, generating gas rich in hydrocarbons. However, the lack of infrastructure, such as insufficient pipelines, causes the gas to be reinjected into the well. The proposal to use small-scale floating platforms with liquefaction and storage capacity for liquefied natural gas (LNG), known as SSM-FLNG, emerges as an alternative to utilize the surplus. These platforms connect to FPSOs for export via LNG carriers, mitigating environmental impacts. Building pipelines is expensive and has a high environmental impact, while existing ones are insufficient for the growing demand. SSM-FLNG offers sustainable gas transport, reducing oceanic impacts. This article analyzes Brazilian and international studies and legislation on LNG in Mobile Platforms, using analytical and qualitative methodologies such as literature review with VOSViewer and analysis of Maritime Law. It also considers the analysis of the Búzios and Libra fields. Main results include existing laws and demands for implementing these systems, aiming for improvement based on international studies and local factors.

Keywords: Natural gas, small-scale floating platform, natural gas liquefaction, offshore, environmental licensing, national and international market.

Introdução

Com o mercado de GNL em expansão no contexto nacional, as plataformas do tipo FPSO (Floating Production, Storage and Offloading) representam uma alternativa viável para o fornecimento de gás natural com maior flexibilidade no abastecimento e segurança operacional. Esse crescimento ajuda a equilibrar a variabilidade das energias renováveis, atende regiões remotas sem acesso a gasodutos, e facilita o comércio de gás em escala global. Além disso, contribui para a uniformização dos preços das commodities energéticas no mercado internacional.

As plataformas flutuantes de pequena escala, capazes de liquefazer e armazenar GNL, emergem como uma tecnologia inovadora devido à sua capacidade de transportar e armazenar gás natural, um combustível fóssil com menores emissões de dióxido de carbono (Budiyanto et al., 2020; Botão, Costa, Santos, 2023). Essas plataformas móveis, adaptáveis ao modelo offshore, são adequadas para diferentes países que utilizam o gás natural de maneiras diversas (Lee et al., 2014).

Como para qualquer projeto com potencial de geração de danos ambientais, a legislação ambiental brasileira exige uma avaliação detalhada dos impactos associados ao seu desenvolvimento. A Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, conhecida como Política Nacional do Meio Ambiente, e incorporada pela Constituição Federal de 1988, estabelece as diretrizes legais para a construção da infraestrutura necessária à exploração, produção, transporte e armazenamento de gás natural e seus derivados, como o GNL, e suas especificidades serão tratadas na discussão desse artigo. Nesse contexto, a legislação define os parâmetros para o licenciamento ambiental de várias aplicações de GN, desde unidades de processamento até plataformas FPSO e unidades flutuantes móveis de GNL em pequena escala (SSM-FLNG).

Este estudo tem como objetivo compreender os procedimentos e requisitos necessários para o licenciamento ambiental de unidades SSM-FLNG offshore. Utilizando a plataforma do campo de Búzios, na Bacia de Santos – uma das regiões mais produtivas em petróleo e gás natural do Brasil – como estudo de caso, a pesquisa adotou uma análise bibliométrica com conteúdos disponíveis na base de dados Scopus e o software VOSviewer. Essas ferramentas, reconhecidas por sua eficácia, permitiram uma análise bibliométrica multifacetada, abordando os aspectos regulatórios ambientais de empreendimentos offshore relacionados ao gás natural e proporcionando subsídios para um licenciamento ambiental aplicado e eficiente.

Metodologia

Foram aplicadas metodologias analíticas e qualitativas, incluindo uma análise bibliométrica com o auxílio do software VOSviewer e o levantamento de dados secundários para fundamentar e analisar o Direito do Mar. A análise também considerou os campos de Búzios e Libras, que operam sob diferentes regimes fiscais e contratuais. A análise tem como objetivo avaliar os aspectos regulatórios que envolvem o licenciamento ambiental de plataformas offshore e gás natural embarcado, considerando tanto estudos brasileiros quanto internacionais. A pesquisa utilizou dados da plataforma Scopus, uma importante base de dados que oferece uma variedade de conteúdos acadêmicos relevantes, incluindo artigos, livros e periódicos científicos.

O VOSviewer permite a construção e visualização de mapas bibliométricos a partir de dados de fontes como Scopus. Para este artigo, ele foi empregado para construir e visualizar redes

bibliométricas, utilizando as palavras-chave selecionadas "natural gas", "offshore", "regulation" e "environment". Inicialmente, tentou-se utilizar termos mais específicos como "sea law" e "international regulation", mas esses não geraram amostras significativas, levando à substituição por palavras-chave mais abrangentes. Assim, pudemos estabelecer relações de citação entre publicações, colaboração entre pesquisadores e co-ocorrência de termos. Os mapas gerados pelo VOSviewer foram interpretados observando os "nós" que representam a frequência de termos e suas associações, facilitando a identificação de termos importantes e suas relações no corpo da literatura científica.

Através dessa abordagem, este estudo busca uma compreensão detalhada dos procedimentos e requisitos para o licenciamento ambiental de unidades SSM-LNG offshore, fornecendo uma base sólida para a análise regulatória e ambiental e a compreensão do cenário global.

Resultados e Discussão

Neste tópico abordamos as especificações da legislação ambiental brasileira para projetos de unidades SSM-FLNG offshore e apresentamos os resultados da análise bibliométrica realizada com o VOSviewer. A análise destaca as principais tendências e lacunas na literatura científica, oferecendo uma visão das leis atuais e recomendações baseadas em melhores práticas internacionais e insights obtidos da plataforma Scopus.

1. Licenciamento Ambiental e concessão de licenças

Considerando o potencial poluente do gás natural envolvido, especialmente devido à emissão de GEEs em áreas sensíveis como o litoral, a obtenção de licenças ambientais é essencial para sua implementação. Os projetos de GNL em plataformas offshore utilizam uma embarcação FSRU (Unidade Flutuante de Armazenamento e Regaseificação) ancorada a uma plataforma FPSO convencional de produção de petróleo e gás. Para liquefazer o gás natural, é necessário conectar a plataforma a navios SSM-FLNG, permitindo o transporte do gás liquefeito até a costa sem a necessidade de gasodutos entre a plataforma de produção e o litoral. Isso supera a principal limitação dos gasodutos no transporte da produção das plataformas de petróleo e gás nos campos de pré-sal da Bacia de Santos, particularmente no Campo de Búzios, foco deste estudo. Dessa forma, o gás natural excedente ao consumo da plataforma pode ser utilizado comercialmente, seja para geração de energia ou reinjeção.

O EIA/RIMA (Estudo de Impacto Ambiental e Relatório de Impacto Ambiental) é obrigatório de acordo com a Resolução CONAMA 001/86 e deve ser precedido por Termos de Referência elaborados pelo órgão licenciador. A Resolução CONAMA 237/1997 também exige um memorial descritivo das instalações e processos da empresa, além de planos de localização do projeto e hidráulico das tubulações de resíduos.

O IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis) é responsável pelo licenciamento ambiental de instalações portuárias no mar territorial, na plataforma continental ou na zona econômica exclusiva, exceto em águas interiores como rios e lagos, onde a responsabilidade é do governo local, podendo ser transferida para o IBAMA.

Também pode ser necessário obter parecer da Marinha do Brasil sobre segurança da navegação e planejamento hidroviário, além de autorização do IPHAN (Instituto do Patrimônio

Histórico e Artístico Nacional) em caso de áreas com sítios arqueológicos ou interesse histórico, conforme a Instrução Normativa 001/2015 do Ministério da Cultura. Se o projeto envolver áreas federais, a ANTAQ (Agência Nacional de Transportes Aquaviários) pode aceitar um certificado da SPU (Secretaria de Patrimônio da União) sobre a disponibilidade da área, seguindo a Portaria SPU 404/2012. Além disso, é necessário obter consentimento da Autoridade Portuária e da Autoridade Marítima Local, conforme REN 52/2015. Como se trata de uma operação aduaneira, devem ser observadas as normas da Portaria 3518/2011 da Receita Federal do Brasil.

Para construir, expandir e operar terminais de GNL, é necessária autorização prévia da ANP, conforme a Resolução ANP 50/2011 e os procedimentos da Resolução ANP 52/2015. Novos projetos são autorizados em três fases: resumo executivo (similar a uma licença preliminar), Autorização de Construção e Autorização de Operação. O pedido de construção deve ser enviado à ANP, e a operação requer uma licença operacional e outros documentos conforme a REN 52/2015.

O projeto também deve cumprir normas técnicas, como a ABNT NBR 17.505 (Resolução ANP 30/2006) e a Resolução Conjunta ANP/INMETRO 1/2013.

2. Direito do Mar

O Direito do Mar engloba as normas legais que regulam o uso de recursos marítimos, tanto na superfície quanto submersos, abrangendo áreas como transporte internacional, liberdade dos mares, limites do mar territorial, zonas econômicas e preservação ambiental.

As principais convenções que estabelecem essas normas são a Convenção de Genebra de 1958 e a Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar de 1982, conhecida como Convenção de Montego Bay. A primeira definiu os direitos dos estados costeiros em suas águas territoriais, enquanto a segunda ampliou esses conceitos, incluindo zonas econômicas exclusivas e a plataforma continental.

Essas convenções introduziram conceitos como a plataforma continental, que é a extensão do continente até a borda do talude continental, onde os estados costeiros têm direitos soberanos para explorar recursos naturais. A plataforma continental estendida vai além dessa região até 350 milhas náuticas, e sua exploração requer licença e o pagamento de royalties à Autoridade Internacional dos Fundos Marinhos, garantindo que os benefícios sejam compartilhados internacionalmente.

No Brasil, foi submetido em 2004 um pedido às Nações Unidas para estender sua plataforma continental jurídica além das 200 milhas marítimas, abrangendo estados costeiros como Espírito Santo, São Paulo e Rio de Janeiro. Parte dessa proposta foi aceita inicialmente e está em processo de reavaliação pela Comissão de Limites de Plataforma Continental da ONU. O Campo de Búzios, por estar situado a aproximadamente 180 km da costa, se enquadra dentro da plataforma continental, isentando-o da exigência de autorizações de exploração internacionais e do pagamento de royalties para a Autoridade Internacional dos Fundos Marinhos.

Caso a extensão seja aprovada, o país poderá explorar essa nova região, sujeito ao pagamento de royalties. Os royalties são calculados anualmente a partir do sexto ano de produção, começando com uma taxa de 1% do valor ou volume da produção e aumentando gradualmente até atingir 7% no décimo segundo ano. Esta taxa permanece constante a partir de então, com exceção dos recursos utilizados diretamente no processo de exploração.

3. Análise Bibliométrica e contexto global

Uma análise bibliométrica é uma metodologia que combina abordagens quantitativas e qualitativas para utilizar dados bibliográficos na avaliação da produção acadêmica em um campo específico. Neste artigo, a análise bibliométrica é empregada para examinar estudos e legislações relacionadas ao licenciamento ambiental de unidades SSM-FLNG offshore. Usando o software VOSviewer e dados da base Scopus, é possível identificar padrões de publicação, conexões entre termos-chave e tendências de pesquisa, oferecendo uma compreensão abrangente dos aspectos regulatórios e científicos relevantes ao tema.

A investigação da viabilidade da implementação de sistemas de gás natural liquefeito em plataformas tem se tornado cada vez mais relevante como alternativa energética e tecnologia offshore. Busca-se compreender como a regulamentação ambiental se posiciona diante dessas novas possibilidades, o que é demonstrado por meio da análise bibliométrica com dados da plataforma Scopus.

A análise de clusters, ou grupos de palavras-chave, realizada com o software VOSviewer, permite uma compreensão detalhada dos temas destacados nas publicações. Essa técnica de análise de redes ajuda a detectar padrões temáticos e conexões entre conceitos, oferecendo uma visão abrangente do cenário acadêmico sobre o tema. Neste artigo, foram usadas as palavras “natural gas”, “offshore”, “regulation” e “environment”, resultando em 65 publicações científicas, gerando a figura 1, que apresenta clusters de palavras-chave recorrentes utilizadas em produções científicas:

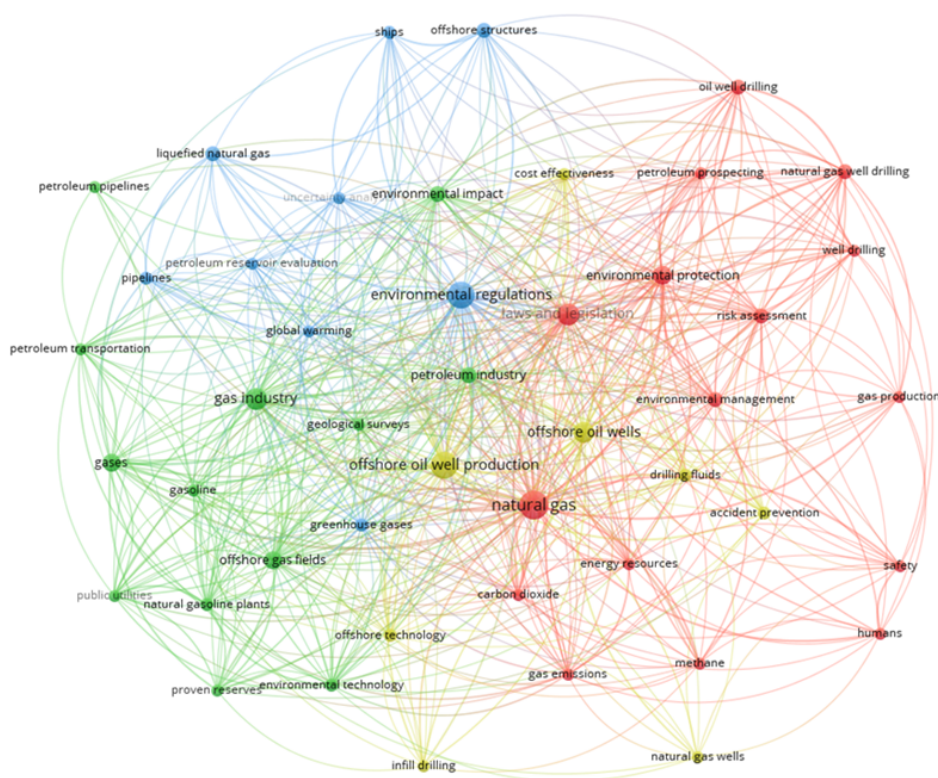


Figura 1 . Cluster das palavras chaves “natural gas”, “offshore”, “regulation” e “environment” criadas a partir do Software VOSviewer. Fonte: Elaboração Própria, 2024.

O cluster revela que termos como "environmental regulations", "offshore structures" e "liquefied natural gas" estão interconectados, refletindo a preocupação acadêmica em como a regulação ambiental se alinha com as necessidades da exploração de gás natural. Yin (2021), em seu artigo "International law regulation of offshore oil and gas exploitation", destaca que as necessidades energéticas globais impulsionam a exploração offshore de gás natural, trazendo externalidades ambientais negativas, e enfatiza a importância de uma regulação centralizada ao invés de legislações nacionais independentes.

As correlações geradas pelo termo "natural gas", destacadas em vermelho, indicam preocupações com a emissão de gases de efeito estufa, como metano e dióxido de carbono, associados à "well drilling". Também há esforços para desenvolver políticas de gestão ambiental que minimizem os impactos. Os resultados demonstram o interesse científico em entender os impactos em diversos setores. Artigos altamente citados se concentram em questões ambientais, especialmente na perfuração de poços para extração de petróleo e gás.

No "Handbook of Liquefied Natural Gas" (2013), os autores discutem a necessidade de um guia para entender como a indústria está desenvolvendo novas fontes de suprimento e tecnologias para operar em ambientes remotos e adversos, como offshore. Veil (2002) analisa o gerenciamento de resíduos da perfuração, comparando a eficácia dos modelos offshore e onshore, e contribuindo para o desenvolvimento de licenciamento focado na análise pós-extração.

Soltanieh et al. (2016) destacam a carência na quantificação das emissões de gases de efeito estufa, sublinhando a necessidade de medidas regulatórias, investimentos e colaboração internacional. Nadim (2008) aborda, além da poluição atmosférica, a proteção da fauna marinha através da Organização Regional para a Proteção do Ambiente Marinho (ROPME), com foco na gestão costeira e prevenção da poluição.

Haider (2020) relaciona a demanda global por petróleo e gás com os esforços das empresas em reduzir custos, introduzir tecnologias inovadoras e melhorar pegadas ambientais, facilitando a transição para energias renováveis, especialmente nos EUA e China.

A literatura mostra que, embora temas como gás natural, modelos offshore e aspectos regulatórios sejam estudados, ainda faltam pesquisas integradas. A regulamentação ambiental é frequentemente voltada para a poluição da extração de petróleo, não abordando a complexidade dos sistemas de GNL. Além disso, a legislação sobre plataformas móveis é pouco estudada, tanto internacionalmente quanto nacionalmente, indicando lacunas que podem atrasar o desenvolvimento de novas tecnologias caso não sejam aperfeiçoadas.

Conclusões

As discussões indicam que as tecnologias mencionadas oferecem uma solução promissora para o uso sustentável do excesso de gás natural tratado. Através de uma análise bibliométrica usando a base de dados Scopus e o software VOSViewer, foi identificado um aumento na produção científica que integra a regulamentação ambiental com as necessidades da indústria de gás, especialmente após 2015, com a implementação da Agenda 2030, ressaltando a importância de políticas de gestão ambiental para mitigar impactos.

A pesquisa também identificou as principais universidades e autores líderes na literatura sobre regulamentação ambiental, tecnologias offshore e gás natural desde os anos 1970, destacando os Estados Unidos, Brasil e Reino Unido como os principais contribuidores para publicações científicas neste campo. As áreas de energia, engenharia e meio ambiente foram os temas mais abordados.

Os resultados mostram um interesse crescente da comunidade científica em explorar os impactos de diferentes setores e como podem ser regulamentados. Entre os estudos mais citados, destacam-se artigos sobre questões ambientais, especialmente relacionadas à perfuração de poços para extração de petróleo e gás. Conclui-se que ainda há uma falta de pesquisas integradas sobre o tema, e que estudos focados na regulamentação ambiental tendem a abordar a poluição da extração de petróleo, sem considerar a complexidade dos sistemas de GNL (gás natural liquefeito). Além disso, a legislação referente às plataformas móveis, tanto nacional quanto internacionalmente, é pouco discutida, evidenciando lacunas que podem atrasar o avanço de novas tecnologias se não forem resolvidas.

O Brasil, em particular, se destaca por suas amplas oportunidades em tecnologias offshore e pela abundância de recursos fósseis em sua costa. Para enfrentar a complexidade das questões regulatórias e avançar no desenvolvimento de seus projetos, o país deve adotar uma abordagem interdisciplinar e considerar as regulamentações ambientais nacionais combinadas com a experiência de outros países, assegurando um desenvolvimento responsável e sustentável dessas tecnologias. Portanto, propõe-se ampliar o estudo e o mapeamento de normas internacionais que possam contribuir para a regulamentação das questões discutidas.

Agradecimentos

Gostaríamos de agradecer pelo apoio da CNOOC Petroleum Brasil Ltd., exaltando a importância estratégica do suporte fornecido pela ANP (Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis) através da regulamentação da taxa de P&D&I (Resolução ANP nº 918/2023). Também agradecemos pelo apoio fundamental da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). A presente publicação reflete apenas as opiniões dos autores e os patrocinadores das bolsas não são responsáveis por qualquer uso que possa ser feito das informações aqui contidas.

Esta pesquisa foi financiada pela CNOOC Petroleum Brasil Ltd., por meio da regulamentação da taxa de P&D&I estabelecida pela ANP (Resolução ANP nº 918/2023). Uma tese de doutorado seminal relacionada a esta pesquisa recebeu suporte da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

Também declaramos nosso agradecimento ao relevante apoio financeiro à pesquisa do programa PRH/ANP/FAPESP, processo 2024/10535-3. Enaltecemos ainda o esforço da ANP em tornar públicos dados da indústria do petróleo no Brasil, em inequívoco incentivo à pesquisa científica em área vital para a consolidação da matriz energética brasileira.

Referências Bibliográficas

- BOTÃO, R.P.; COSTA, H.K.; SANTOS, E.M. Global Gas and LNG Markets: Demand, Supply Dynamics, and Implications for the Future. *Energies* 2023, 16, 5223. <https://doi.org/10.3390/en16135223>, 2023.
- BUDIYANTO, M. A., RIADI, A., BUANA, I. G. N. S., & KURNIA, G. Study on the LNG distribution to mobile power plants utilizing small-scale LNG carriers. *Heliyon*, 6(7). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04538>, 2020.
- HAIDER, W. H. Estimates of total oil & gas reserves in the world, future of oil and gas companies and smart investments by E & P companies in renewable energy sources for future energy needs. **International Petroleum Technology Conference 2020, IPTC 2020**, Dhahran, Arábia Saudita, 2020.
- LEE, D.-H., HA, M.-K., KIM, S.-Y., & SHIN, S.-C. Research of design challenges and new technologies for floating LNG, **International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering**, 6(2), 307–322, 2014.
- MOKHATAB, S.; MAK, J. Y.; VALAPPIL, J. V.; WOOD, D. A. **Handbook of Liquefied Natural Gas**. 2013. 589 p.
- NADIM, F.; BAGTZOGLOU, A. C.; IRANMAHBOOB, J. Coastal management in the Persian Gulf region within the framework of the ROPME programme of action. **Ocean and Coastal Management**, v. 51, n. 7, p. 556–565, 2008.
- SOLTANIEH, M.; ZOHRABIAN, A.; GHOLIPOUR, M. J.; KALNAY, E. A review of global gas flaring and venting and impact on the environment: Case study of Iran. **International Journal of Greenhouse Gas Control**, v. 49, p. 488–509, 2016.
- VEIL, J. A. Drilling Waste Management: Past, Present, and Future. **Proceedings - SPE Annual Technical Conference and Exhibition**, 2002, p. 545–551.
- YIN, C. International law regulation of offshore oil and gas exploitation. **Marine Policy**, v. 123, p. 104294, 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0195925521000019>. Acesso em: 29 jun. 2024