

**IMPACTOS AMBIENTAIS DA EXPLORAÇÃO DO GÁS NATURAL NA BACIA DO RIO
PARNAÍBA NO SUL DO ESTADO DO PIAUÍ**

**ENVIRONMENTAL IMPACTS OF NATURAL GAS EXPLORATION IN THE PARNAÍBA
RIVER BASIN IN THE SOUTH OF THE STATE OF PIAUÍ**

 <https://doi.org/10.63330/aurumpub.060-004>

Mauricio Batista de Lira

Licenciatura plena em Química pela Universidade Federal do Piauí (UFPI)
Uruçuí Piauí - PI, Brasil

Marco Aurélio da Silva Coutinho

Mestre em Engenharia dos Materiais pelo Instituto Federal do Piauí (IFPI), Docente da Secretaria
Estadual de Educação do Piauí (SEDUC-PI), Teresina-PI, Brasil
E-mail: drmarcoareliocoutinho@gmail.com
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/6930641108982221>
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6703-2854>

Jardes Figuerêdo do Rêgo

Doutor em Química pela Instituição de formação
Docente: Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Docente Centro Universitário Afya Coordenação do Curso de Engenharia Civil Teresina - PI
E-mail: jardes.rego@afya.com.br
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/0930923807805772>
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8066-5077>

Milton Batista da Silva

Doutor em Ciências com ênfase em Química Analítica (UFSCar)
Docente da Universidade Federal do Piauí (UFPI)
Coordenador do Curso de Lic. em Química-EAD
E-mail: nnotlim2025@gmail.com
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/4056099092803481>
ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-0115-010X>

Fabio Adriano Santos e Silva

Doutor em Engenharia Agrônoma pelo Instituto Federal do Piauí (IFGoiano),
Supervisor de Eixo AGRO, Secretaria Estadual do Piauí (SEDU-PI), Teresina-PI, Brasil
E-mail: fabioagro13@gmail.com
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/0671246282153160>
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6440-179X>

Wiury Chaves de Abreu

Docente de Química no (IFMA), Doutor em Química Inorgânica pela UFPI
Chefe do Departamento de Extensão e Relações Institucionais do IFMA Campus Timon
E-mail: wiury.abreu@ifma.edu.br
Lattes: <https://lattes.cnpq.br/5621351995306236>
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9889-7124>

Tânia Patrícia Silva e Silva

Mestre em Engenharia dos Materiais pela Universidade Federal do Piauí (UFPI)

E-mail: tania.patricia@ufpi.edu.br

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/0147541416824939>

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3468-5808>

Leanne Silva de Sousa

Doutorado e Mestrado em Química Inorgânica pela Universidade Federal do Piauí (UFPI), Professora e Coordenadora de Pesquisa, Pós-graduação e Inovação do Instituto Federal de Educação Ciência e

Tecnologia do Piauí (IFPI)Brasil

E-mail: leannesilva@ifpi.edu.br

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/6699468921628794>

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3574-9313>

José Nathanniel Chagas Barbosa

Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho (CESVALE), Docente do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí (IFPI-PI), Supervisor Educacional da Secretaria Estadual do

Piauí (SEDU-PI), Teresina-PI, Brasil

E-mail: Nathanniel.21@gmail.com

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/6930641108982221>

Joilson Silva Costa

Licenciatura em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual do Piauí

Especialista em Gestão Escolar, Faculdade FACUMINAS

E-mail: prof.joilsoncosta@gmail.com

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/4188391222749309>

Francisco Cardoso Figueiredo

Doutor em Biotecnologia UFPI, Mestrado em Ciências dos Materiais

Professor titular da Universidade Federal do Piauí

E-mail: franciscofigueiredo@ufpi.edu.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2938-6480>

Raylane Mayra Veras Andrade

Licenciatura plena em Química - Universidade Federal do Piauí

E-mail: raylane.andrade@ufpi.edu.br

ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-3358-6463>

Patrick Wilson Soares Sales

Graduação em Licenciatura Plena em História (UESPI)

Especialização em Especialização em Docência do Ensino Superior (UESPI)

Especialização em Especialista em Docência para Educação Profissional e Tecnológica (IFPI)

E-mail: patrickwssales@gmail.com

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/1329969187217245>

Mauricio Batista de Lira | Marco Aurélio da Silva Coutinho | Jardes Figuerêdo do Rêgo | Milton Batista da Silva | Fabio Adriano Santos e Silva | Wiury Chaves de Abreu | Tânia Patrícia Silva e Silva | Leanne Silva de Sousa | José Nathannyel Chagas Barbosa | Joilson Silva Costa | Francisco Cardoso Figueiredo | Raylane Mayra Veras Andrade | Patrick Wilson Soares Sales | Diniz Lopes dos Santos | Alcides Alexandre Moreira Cruz | Bernardo Ferreira Pinto

Diniz Lopes dos Santos

Especialista em Geografia - Proteção Ambiental - (UFPI)
Especialista em Educação do Campo - Instituto Antonino Freire - (ISEAF), Especialista em PROEJA-
(IFPI), Especialista em Docência em Educação Profissional e Tecnológica - (IFPI)
Docente da Secretaria Estadual de Educação do Piauí (SEDUC-PI)
E-mail: dinizlopes@yahoo.com.br
Lattes: <https://lattes.cnpq.br/7324534099864039>

Alcides Alexandre Moreira Cruz

Graduado em Engenharia Mecânica - UFPI
Especialista em Engenharia e Gerenciamento de Manutenção
E-mail: alcidesalexandre2010@hotmail.com
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/6208520310582185>

Bernardo Ferreira Pinto

Mestre em Química pela Universidade Federal do Piauí (UFPI), Técnico de laboratório na Universidade
Federal do Piauí (UFPI), Teresina-PI, Brasil
E-mail: bernardoferreira@ufpi.edu.br
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/4903698634338833>
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3092-7574>

Resumo

O gás natural é um combustível fóssil constituído predominantemente por metano, além de pequenas quantidades de outros hidrocarbonetos leves, sendo considerado uma importante fonte energética para diversos setores da economia mundial. Nas últimas décadas, sua utilização tem aumentado significativamente devido à elevada eficiência energética e às menores emissões atmosféricas quando comparado a outros combustíveis fósseis, como o carvão mineral e o óleo combustível. Entretanto, sua exploração e produção podem ocasionar impactos ambientais relevantes, especialmente em regiões ecologicamente sensíveis. Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo analisar os principais impactos ambientais decorrentes da exploração do gás natural na Bacia do Rio Parnaíba, localizada no sul do estado do Piauí, destacando os aspectos relacionados aos recursos hídricos, à vegetação, à fauna, ao solo e às comunidades locais. A metodologia adotada consistiu em uma pesquisa bibliográfica de caráter qualitativo, fundamentada na análise de livros, artigos científicos, dissertações, teses, legislações ambientais e documentos técnicos disponíveis em bases de dados nacionais e internacionais. Além da contextualização histórica, foram abordadas a origem geológica do gás natural, sua composição química, sua importância econômica e os fatores políticos relacionados à expansão dessa matriz energética no Brasil. Os resultados evidenciam que, embora o gás natural seja frequentemente considerado um combustível de transição para uma economia de menor emissão de carbono, sua exploração pode provocar alterações significativas no meio ambiente, incluindo supressão da cobertura vegetal, fragmentação de habitats naturais, riscos de contaminação de águas superficiais e subterrâneas, emissões atmosféricas, geração de

resíduos e interferências sobre a biodiversidade local. Por outro lado, a atividade também apresenta benefícios econômicos, como geração de empregos, aumento da arrecadação de tributos, fortalecimento da infraestrutura regional e ampliação da oferta energética. Conclui-se que a exploração do gás natural na Bacia do Rio Parnaíba deve estar associada ao cumprimento rigoroso da legislação ambiental, ao monitoramento contínuo dos impactos e à adoção de práticas sustentáveis capazes de conciliar o desenvolvimento econômico com a conservação dos recursos naturais e a qualidade de vida das populações envolvidas.

Palavras-chave: Bacia do Rio Parnaíba; Exploração de hidrocarbonetos; Gás natural; Impactos ambientais; Sustentabilidade.

Abstract

Natural gas is a fossil fuel composed predominantly of methane, along with small amounts of other light hydrocarbons, and is considered an important energy source for various sectors of the global economy. Over the past decades, its use has increased significantly due to its high energy efficiency and lower atmospheric emissions compared with other fossil fuels, such as coal and fuel oil. However, its exploration and production may cause significant environmental impacts, particularly in ecologically sensitive regions. In this context, the present study aimed to analyze the main environmental impacts resulting from natural gas exploration in the Parnaíba River Basin, located in the southern region of the state of Piauí, Brazil, with emphasis on effects related to water resources, vegetation, wildlife, soil, and local communities. The methodology consisted of a qualitative bibliographic review based on the analysis of books, scientific articles, dissertations, theses, environmental legislation, and technical documents available in national and international databases. In addition to providing a historical overview, the study addressed the geological origin of natural gas, its chemical composition, its economic importance, and the political factors associated with the expansion of this energy source in Brazil. The findings indicate that, although natural gas is often regarded as a transitional fuel toward a lower-carbon economy, its exploration may result in significant environmental changes, including vegetation removal, habitat fragmentation, potential contamination of surface and groundwater resources, atmospheric emissions, waste generation, and adverse effects on local biodiversity. On the other hand, this activity also provides important economic benefits, such as job creation, increased tax revenues, strengthened regional infrastructure, and expanded energy supply. It is concluded that natural gas exploration in the Parnaíba River Basin should be conducted in strict compliance with environmental regulations, supported by continuous environmental monitoring and the adoption of sustainable practices capable of reconciling economic development with the conservation of natural resources and the improvement of the quality of life of the affected populations.

Keywords: Environmental impacts; Hydrocarbon exploration; Natural gas; Parnaíba River Basin; Sustainability.

1 INTRODUÇÃO

No mundo moderno, a procura por combustíveis mais eficazes e menos poluente, incentiva à pesquisa a fim de suprir a demanda energética existente. A tendência aponta elementos sobre o gás natural, que é um combustível fóssil, constituído de hidrocarbonetos leves, com predominância do metano em sua composição.

O Gás Natural possui diversas formas de utilização, a principal finalidade da distribuição é para o consumo energético. A Scgás (2012) detalha as principais formas de utilização do gás canalizado nos seguintes segmentos: residencial; comercial; industrial; automotivo.

Esse gás é de grande relevância por ser citado como uma fonte de energia limpa, segura e econômica, além de poder ser usado como combustível, na indústria e no mercado de trabalho. Dentre esses fatores, o gás natural tem por benefício o fato de ser mais econômico e menos poluente do que outros combustíveis.

Neste contexto existem benefícios econômicos, políticos e sociais advindos da exploração de gás não convencional (Branco, 2013). Os principais benefícios estão na melhora da segurança e eficiência energética, a diminuição nos preços dos combustíveis, criação de empregos e a utilização de um combustível menos poluente, em comparação aos demais combustíveis fósseis (Branco, 2013).

Segundo dados da EPE (2012) a média diária de produção de gás natural era de 65,9 milhões de metros cúbicos/dia, com volume importado de 28,7 milhões de metros cúbicos/dia. Assim a participação do gás natural na matriz energética neste ano atingiu 10%, porém houve um aumento na demanda industrial de 8% sendo que os principais setores são o da cerâmica (12,9%), ferro-gusa e aço (11,2%) e química (6,4%) (EPE, 2012).

Hoje há grande preocupação quanto ao risco ambiental envolvido no método de faturamento hidráulico (U. S. DOE, 2009; Branco, 2013), porém recursos como estes são importantes na busca de autossuficiência energética de um país.

Assim, no presente estudo foi abordado conteúdos históricos do gás natural, composição, origem, fatores econômicos e políticos que envolvem o uso desse hidrocarboneto que, ao longo dos anos, vem se destacando entre os demais combustíveis.

Assim, percebemos através deste estudo a urgente necessidade de promover estratégias voltadas para os cuidados com o meio de forma a difundir de vez a ideia de preservação do meio ambiente como forma de preservação da própria raça humana e de seu habitat natural.

A metodologia utilizada nesse trabalho foi à pesquisa bibliográfica fundamentada em artigos e monografias encontradas na internet e em livros. O objetivo deste estudo é analisar os impactos ambientais causados pela exploração do gás natural na bacia do rio Parnaíba no Sul do estado do Piauí, verificando em documentos e registros que abordem sobre este hidrocarboneto, sua utilização e riscos ao meio ambiente, assim como elencar os benefícios do mesmo.

O gás natural (GN) é formado pela mistura de hidrocarbonetos gasosos, que se originaram da decomposição de matéria orgânica de fosseis processos, os quais que duram milhões de anos a Lei nº 11.909/2009 define que: O “Gás Natural ou Gás é todo hidrocarboneto que permaneça em estado gasoso nas condições atmosféricas normais, extraído diretamente a partir de reservatórios petrolíferos ou gaseíferos, cuja composição poderá conter gases úmidos, secos e residuais” (Brasil, Lei 11.909/2009, INC. XIV, ART. 2º).

Dessa maneira, sobre o surgimento do gás natural, Cruz et al. (2005) citam que registros antigos assinalam que sua descoberta ocorreu no Irã entre 6000 e 2000 a.C. e era utilizado na Pérsia como combustível para que o fogo permanecesse aceso o "fogo eterno", símbolo de adoração de uma das seitas locais. Cruz et al. (2005) apontam que o gás natural já era conhecido na China desde 900 a.C., contudo, foi somente em 211 a.C. que o país Chinês começou a extrair a matéria-prima com o objetivo de secar pedras de sal.

Roberto (2004) ainda destacou que o gás natural passou a ser utilizado em maior escala no final do século XIX, e isso, após a criação de Robert Bunsen, que criou o queimador que levou o seu nome, ocorrida no ano de 1885, de uma combustão do gás, o qual misturava-se o gás natural com o ar.

Em respeito à composição do gás natural, é importante citar que esse consiste em um combustível fóssil, o qual compreende uma mistura de hidrocarbonetos, sendo encontrados em rochas porosas no subsolo (Pacheco, 2008).

Baseando nessa afirmação, Cruz et al. (2005) define o gás natural como uma combinação de grupo de compostos orgânicos que possui apenas átomos dos elementos carbono e hidrogênio, sendo leves, enquanto as suas formas semissólidas são compostas por hidrocarbonetos pesados.

Ainda para os outros estudiosos, é um composto em estado gasoso em condições ambiente de temperatura e pressão. A composição do GN pode variar de acordo com cada reservatório, embora seu principal componente seja o metano- geralmente 70% em volume- pode apresentar outros hidrocarbonetos e gases inorgânicos, como o dióxido de carbono, hélio, gás sulfídrico, entre outros. Outras características podem ser citadas, como sendo um gás incolor e inodoro, o qual recebe o odor para distribuição.

De acordo com o Portal COMGÁS (2013), o gás natural, o shale gás recebe esse nome pelo fato de ser encontrado de forma natural nas profundezas do mar e também abaixo do solo, estando presente em muitas partes do mundo.

Pode-se dizer que, dentre as maiores vantagens da exploração e utilização do gás natural, está o fato desse gás consistir em um combustível com baixo nível de enxofre, sendo considerado, portanto, um combustível limpo.

De acordo com a ANEEL (2012), o gás natural pode ser utilizado na produção de energia elétrica em duas modalidades: a geração exclusiva de eletricidade e a cogeração, por meio da qual se extrai calor e vapor, sendo esses utilizados em processos industriais.

Segundo Prates et al. (2006), o mercado de gás natural tem crescido significativamente nos últimos anos, de modo que a participação desse na matriz energética passou de 5,4% no ano 2000 para 9,3% no ano de 2005. Dessa forma, o gás natural deixou de ser apenas um subproduto na produção de petróleo, passando a ser uma alternativa energética para o país.

Entretanto, Prates et al. (2006), salientam que, mesmo com crescimento significativo, o mercado brasileiro de gás natural possui fragilidades que precisam ser reduzidas. Conforme Ribeiro (2011), nos tempos atuais, a exploração e o fornecimento de combustíveis fósseis exerce um papel de extrema importância na dinâmica geopolítica do mundo.

A técnica do Faturamento Hidráulico, Fracking foi desenvolvida na década de 1940 com a finalidade de melhorar a produção de poços instigando um maior fluxo de hidrocarboneto, com seu primeiro teste realizado em um poço de gás no campo de Hugoton, Kansas, EUA, em 1947 (Holditch, 2009). Em 1949, desde a primeira execução comercial, estima-se que 2,5 milhões de intervenções de faturamento hidráulico tenham sido realizadas pelo mundo até hoje. Atualmente, o processo é bastante utilizado pelos EUA, de maneira que sem esta técnica, cerca de 45% da produção doméstica de gás natural e 17% de óleo se perderiam em até 5 anos (His Global Insight, 2009).

O faturamento hidráulico é uma técnica que vem sendo utilizada para explorar reservas de gás não convencional até então inacessíveis. No início da década de 2000, as empresas começaram a valer-se de tal procedimento que consiste na combinação da perfuração horizontal com o faturamento hidráulico para explorar tais reservas. O processo envolve a perfuração horizontal das camadas de rocha/folhelho e a conseguinte injeção do fluido pressurizado de faturamento (Boudet et al, 2013).

Inicialmente é feito a perfuração vertical do poço até se atingir a camada de rocha de interesse. Após atingir a rocha parte-se para a perfuração horizontal e em seguida inicia-se o processo de faturamento hidráulico. Embora utilizado pelos meios de comunicação, o termo gás de xisto não é tecnicamente correto. O gás não convencional é extraído de rochas sedimentares, de textura silto-argilosa, ricas em matéria orgânica, com estratificação plano-paralela, que foram submetidas a aumentos de temperatura e pressão e processos de litificação. Em português, o termo xisto, foi traduzido do termo schiste, que significa folhelho em francês. Embora equivocado, o termo gás de xisto vem sendo associado com a designação norte-

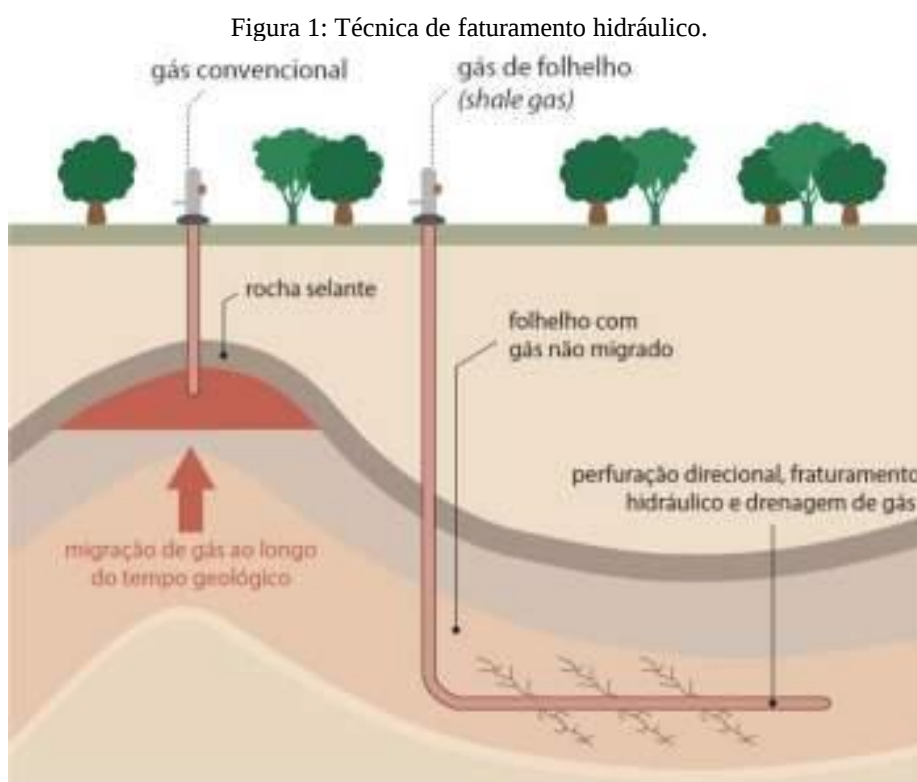
americana para a técnica. Em inglês, o termo shale significa folhelho, e o gás obtido pelo faturamento hidráulico é denominado em inglês, shale gás (Sanberg et.al,2014).

Na caceteação, sob altas pressões, de um fluido específico água, areia e composto químicos de faturamento que pode modificar de acordo com a rocha. O mesmo é colocado no substrato a uma pressão e vazão controladas. Com isso, fraturas são abertas e, devido a um valor de pressão que pode chegar a 8.000 psi (55 MPa), as rachaduras podem alcançar até aproximadamente 915 metros em direções variadas e larguras entre 3,12 mm a 6,35 mm (Coradesqui & Santos, 2013).

A fratura vai da parede do poço e prolonga-se ao longo da formação rochosa à medida que o fluido é injetado. O fluido transporta materiais sólidos (areia ou cerâmica na maioria dos casos) que dão sustentação às fraturas permitindo assim a manutenção deste canal de comunicação por onde irá fluir o gás (Santana, 2013).

Faturamento hidráulico é somente uma das etapas do processo produtivo do gás não convencional, que envolve ainda a limpeza da área, construção de estradas e vias de acesso, tubulações para bombeamento do fluido e condução do gás, sistema de transporte e distribuição da produção. Essas atividades interferem e dependem do potencial econômico, do meio ambiente e das características sociais da comunidade da qual se instalará a unidade de exploração (Jacquet, 2009).

A Figura 1 representa o esquema simplificado da operação de faturamento hidráulico.



Fonte: Total Exploration and Production 2011

Após a abertura das fraturas e com o fim do bombeamento do fluido, o peso das rochas exercido sobre as rachaduras acarretará em um fechamento e uma eventual queda de produção do gás. Para impedir que esse fato ocorra, é aplicada à água uma substância granular denominada propante. Sua composição varia, sendo que as mais utilizadas são as areias tratadas com resina e propantes cerâmicos (Cachay, 2004).

A técnica de perfuração de poços direcionais visa primeiramente atingir alvos que não se encontram diretamente abaixo da locação do em superfície do poço, mas é utilizada também na correção de desvios (side track) na trajetória inicial do poço (Coradesqui e Santos, 2013).

Merrill e Schizer (2013) salientam que embora esse tipo de atividade tenha criado muitos postos de trabalho reforçando a independência energética dos EUA, se trata de uma atividade muito controversa, pois apresenta uma série de riscos ambientais.

Dentre esses riscos os autores evidenciam o grande potencial dessa atividade de contaminar as águas subterrâneas pelos produtos químicos tóxicos utilizados para essa prática. Ainda de acordo com os autores podem ocorrer derrames de superfície do fluido de faturamento, manipulação imprópria de resíduos, e a migração de gás natural para poços de água e consequente contaminação dos solos e lençóis freáticos (Merrill e Schizer, 2013). De acordo com Junior e Andrade (2014), uma vez ocorrida a degradação do solo e recursos hídricos provavelmente será necessária o auxílio de tecnologias para recuperação da área atingida, pois atividades antrópicas dificultam o poder de resiliência do meio ambiente, visto principalmente a intensificação das mudanças externas sobre as áreas atingidas.

Além de riscos de contaminação de aquíferos e do solo, de acordo com Souza (2014), dentre os principais riscos causados pela prática da extração de gás, o consumo excessivo de água para provocar o faturamento da rocha, o uso de substâncias químicas que compõem os fluidos utilizados no método, e a preocupação de que o método possa provocar subsidências na superfície. Lage et al. (2012), salientam que, o processo de produção e entrega de gás natural emite gás metano para atmosfera, e evidenciam que este gás também é causador de efeito estufa, sendo inclusive mais agressivo do que o gás carbônico. Para evitar esta influência e proteger os aquíferos mais rasos que os folhelhos, as sondagens devem ser realizadas dentro de um revestimento capaz de impermeabilizar as paredes do poço. Rompimentos neste revestimento podem acarretar em vazamentos de líquidos e gases para os lençóis freáticos posicionados em profundidades mais rasas (Sanberg et al., 2014).

Dano ambiental é um termo usado para determinar lesões ao meio ambiente. Milaré (2011) arrisca um conceito: “dano ambiental é a lesão aos recursos ambientais, com consequente degradação – alteração adversa ou in pejus – do equilíbrio ecológico e da qualidade de vida”. Para Leite (2012), o dano ambiental constitui uma expressão ambivalente, que designa, certas vezes, alterações nocivas ao meio ambiente e outras, ainda, os efeitos que tal alteração provoca na saúde das pessoas e em seus interesses.

Dessa forma, os danos ambientais correspondem aos maus cuidados com o meio que interferem na vida humana. Fiorillo (2013) por sua vez afirma que: Ocorrendo lesão a um bem ambiental, resultante de atividade praticada por pessoa física ou jurídica, pública ou privada, que direta ou indiretamente seja responsável pelo dano, não só há a caracterização deste como a identificação do poluidor, aquele que terá o dever de indenizá-lo (Fiorillo, 2013, p. 94). Dano ambiental para Antunes (2013) “é dano ao meio ambiente”, portanto, “é a ação ou omissão que prejudique as diversas condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica que permita, abrigue e reja a vida, em quaisquer de suas formas” (Antunes, 2013, p. 539). Em sua definição Leite (2012): Dano ambiental significa, em uma primeira acepção, uma alteração indesejável ao conjunto de elementos chamados meio ambiente, como, por exemplo, a poluição atmosférica; seria, assim, uma lesão ao direito fundamental que todos têm de gozar e aproveitar do meio ambiente apropriado. Contudo, em sua segunda conceituação, dano ambiental engloba os efeitos que esta modificação gera na saúde das pessoas e em seus interesses (Leite, 2012, p. 92).

Segundo Carvalho (2006) uma das formas de se combater danos ambientais é por meio da Educação Ambiental que se preocupa com os movimentos ecológicos através de práticas de conscientização dos recursos naturais e envolver os cidadãos em ações sociais ambientalmente apropriadas. Por meio da Educação Ambiental podemos envolver discussões sobre os problemas ambientais trabalhando na dimensão de desenvolvimento de hábitos, atitudes e que possam levar a uma mudança de pensamento e ações dos cidadãos no meio ambiente (Giesta, 2012).

2 METODOLOGIA

O presente estudo caracteriza-se como uma pesquisa bibliográfica e documental, de natureza qualitativa e com objetivos exploratório e descritivo, buscando compreender os impactos ambientais decorrentes da exploração do gás natural na Bacia do Rio Parnaíba, localizada no sul do estado do Piauí. Segundo Gil (2019), a pesquisa exploratória proporciona maior familiaridade com o problema investigado, enquanto a pesquisa descritiva permite caracterizar fenômenos e estabelecer relações entre variáveis.

Quanto aos procedimentos técnicos, o estudo fundamentou-se em pesquisa bibliográfica e documental. A pesquisa bibliográfica foi desenvolvida a partir da consulta a livros, artigos científicos, dissertações, teses e monografias relacionadas ao gás natural, exploração de hidrocarbonetos, impactos ambientais e fraturamento hidráulico. Conforme Lakatos e Marconi (2021), a pesquisa bibliográfica possibilita ao pesquisador reunir e analisar conhecimentos já produzidos sobre determinado tema, constituindo importante instrumento para a construção do referencial teórico.

Complementarmente, realizou-se pesquisa documental por meio da análise de legislações, normas técnicas, relatórios institucionais e documentos oficiais disponibilizados por órgãos governamentais e instituições de referência, como a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), a

Empresa de Pesquisa Energética (EPE), a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), o Ministério de Minas e Energia (MME) e a Companhia de Gás de Santa Catarina (SCGÁS). Segundo Gil (2019), a pesquisa documental distingue-se da bibliográfica por utilizar documentos originais que ainda não receberam tratamento analítico ou que podem ser reinterpretados conforme os objetivos da investigação.

O levantamento bibliográfico foi realizado em bases de dados científicas nacionais e internacionais, incluindo Google Scholar, SciELO, Portal de Periódicos CAPES e ScienceDirect. Para a busca das publicações foram utilizados, de forma isolada e combinada, os descritores: "gás natural", "exploração de gás natural", "impactos ambientais", "Bacia do Parnaíba", "fraturamento hidráulico", "shale gas", "hidrocarbonetos", "energia" e "sustentabilidade".

Como critérios de inclusão, foram selecionadas publicações em português e inglês que abordassem aspectos ambientais, econômicos, sociais e tecnológicos relacionados ao gás natural, priorizando estudos científicos revisados por pares, legislações, relatórios técnicos e documentos institucionais publicados por órgãos oficiais. Foram excluídas publicações duplicadas, documentos sem fundamentação científica e trabalhos que não apresentavam relação direta com os objetivos da pesquisa.

Após a seleção do material, realizou-se leitura exploratória, seletiva, analítica e interpretativa das fontes consultadas, conforme as etapas propostas por Lakatos e Marconi (2021). As informações obtidas foram organizadas em categorias temáticas contemplando: origem e composição do gás natural; evolução histórica de sua exploração; importância econômica e energética; técnicas de exploração, com destaque para o fraturamento hidráulico; impactos ambientais associados à atividade; e benefícios socioeconômicos decorrentes da utilização desse recurso energético.

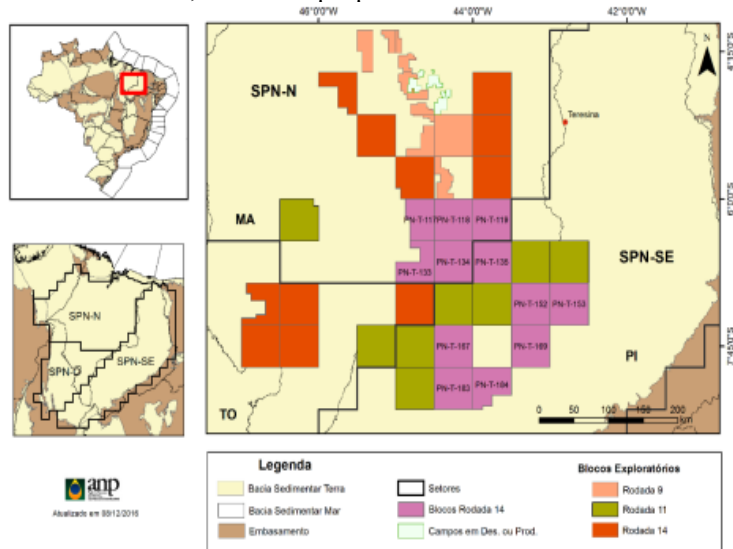
A interpretação dos dados foi conduzida por meio de análise qualitativa, permitindo comparar os resultados encontrados na literatura científica e nos documentos oficiais, identificando convergências e divergências acerca dos impactos ambientais da exploração do gás natural na Bacia do Rio Parnaíba. De acordo com Gil (2019), esse procedimento possibilita uma compreensão crítica dos fenômenos estudados, favorecendo discussões fundamentadas na literatura e subsidiando conclusões consistentes acerca do objeto de investigação.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Bacia do Parnaíba localiza-se na região nordeste ocidental do território brasileiro (Figura 2), ocupando uma área de 665.888 km². Distribui-se pelos estados do Piauí, Maranhão, Pará, Tocantins, Bahia e Ceará. Apresenta forma elíptica, com eixo de maior alongação orientado para NE-SO com um comprimento de aproximadamente 1.000 km. Em seu depocentro, a espessura da coluna sedimentar atinge cerca de 3.500 m (Vaz et al., 2007).

IMPACTOS AMBIENTAIS DA EXPLORAÇÃO DO GÁS NATURAL NA BACIA DO RIO PARNAÍBA NO SUL DO ESTADO DO PIAUÍ

Figura 2. Localização da Bacia do Parnaíba, com destaque para os blocos em oferta na 14ª Rodada de Licitações da ANP



Fonte: Araújo, 2017.

A exploração de gás natural na bacia do Parnaíba, no sul do Piauí, traz grandes discussões em relação aos danos ambientais nos quais podem ocorrer. A atividade de exploração trará consequências graves como a contaminação do solo e da água.

A técnica utilizada que é o fracking, que é feita por explosões e inserção de água mista com compostos químicos, podendo ocasionar vazamentos e contaminação do solo e lençóis freáticos. Sabe-se que, o gás natural é a fonte principal de energia elétrica, porém, sua exploração põe em risco aquíferos próximos ao local do mesmo, além da liberação de gases no ar, fato prejudicial ao meio ambiente e que afeta diretamente o ser humano, destruindo assim a fauna e flora no Mundo.

Os esforços exploratórios para hidrocarbonetos na bacia do Parnaíba podem ser divididos em quatro fases principais. A primeira Fase teve início na década de 1950, com trabalhos realizados pelo Conselho Nacional do Petróleo (CNP), que resultaram em levantamentos geológicos de superfície e na perfuração de dois poços no Estado do Maranhão (Araújo, 2017).

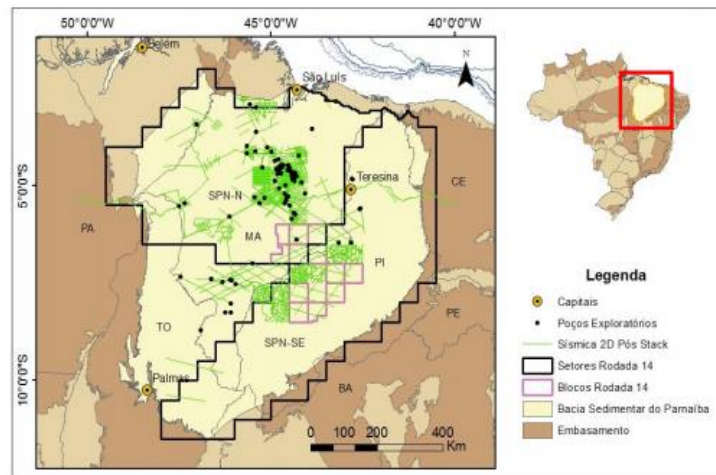
A segunda Fase se inicia com a criação da Petrobras, em 1953. No período de 1955 a 1966, foram realizados os principais processos de prospecção de superfície na bacia, com trabalhos de mapeamento geológico, interpretação fotogeológica, gravimetria, levantamentos localizados de sísmica e a perfuração de 25 poços exploratórios. Durante este esforço, detectaram-se indícios de óleo e gás (Araújo, 2017).

A terceira etapa, iniciada a partir de 1975, retomou os trabalhos através de novas campanhas sísmicas, de aeromagnetometria. No início da década de 80, a ESSO e a Anschutz iniciaram uma campanha exploratória na porção central noroeste da bacia, que teve a sísmica de reflexão como principal ferramenta. Como resultados foram perfurados sete poços exploratórios (Araújo, 2017).

A quarta Fase teve início após a criação da ANP. Desde então, a Bacia do Parnaíba foi ofertada em quatro rodadas de licitações. Até o momento, foram perfurados 93 poços exploratórios (dados de maio de

2017), sendo 49 pioneiros e 12 estratigráficos; levantados dados de sísmica bidimensional (Figura 3); além de dados gravimétricos e magnetométricos em toda sua extensão (Araújo, 2017).

Figura 3. Mapa com distribuição dos dados sísmicos e de poços na região dos blocos da R14 na Bacia do Parnaíba.



Fonte: Araújo, 2017.

A ANP tem realizado diversos investimentos na aquisição de dados na Bacia do Parnaíba, incluindo aerolevantamentos de magnetometria e gravimetria, levantamento geoquímico de superfície e a aquisição de 4.226 km lineares de sísmica de reflexão com gravimetria e magnetometria terrestres associadas (Portal, 2010).

A Ouro Preto Óleo e Gás é uma Companhia brasileira criada em 2010 cuja missão é ser uma empresa integrada de energia, com oco nas atividades de exploração e produção de petróleo e gás natural. Com uma equipe altamente qualificada formada por geólogos, geofísicos e engenheiros, a Companhia tem como foco a identificação de oportunidades exploratórias nos blocos colocados em licitação pela ANP - Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. (Portal, 2010).

Paralelamente, a Ouro Preto também avalia a possibilidade de adquirir ativos por meio de operações de farm-in (aquisições parciais ou totais dos direitos de concessão detidos por uma empresa) (Portal, 2010).

No dia 03/07/2017, a Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Piauí (SEMAR) concedeu a Licença Prévia para a Ouro Preto referente às atividades de perfuração de óleo e gás nos blocos PN-T-137, PN-T-151 e PN-T-165. Este processo teve início em novembro de 2016, quando a Companhia entregou o Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e o Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) à SEMAR para a sua apreciação e validação (Portal, 2010). Após aprovação dos materiais apresentados, foram realizadas, em fevereiro, duas audiências públicas, em Baixa Grande do Ribeiro e Floriano, respectivamente, e, no mês de abril, uma reunião técnica na Federação das Indústrias do Estado do Piauí

(FIEPI), situada em Teresina. Durante esses encontros, a Ouro Preto apresentou o EIA-RIMA às comunidades e esclareceu as dúvidas (Portal, 2010).

Durante o mês de julho, uma equipe multidisciplinar, formada por engenheiros civis e florestais, biólogos e sociólogos, percorrerá o entorno das locações dos poços situados nos blocos licenciados para elaborar o Relatório de Controle Ambiental. Neste material, constará um diagnóstico ambiental detalhado de todas as áreas visitadas para ser apresentado à SEMAR (Portal, 2010). Em 2018, a Ouro Preto Energia Onshore, subsidiária da Ouro Preto Óleo e Gás realizará a perfuração de blocos de petróleo e gás natural nas cidades de Floriano (bloco PN-T-137) e Ribeiro Gonçalves (bloco PN-T-165) (Portal, 2010).

4 CONCLUSÃO

O presente estudo possibilitou compreender os principais aspectos relacionados à exploração do gás natural, abordando sua origem, composição, importância econômica e energética, bem como os impactos ambientais associados à sua exploração, com ênfase na Bacia do Rio Parnaíba, localizada no sul do estado do Piauí. A revisão da literatura evidenciou que o gás natural desempenha papel estratégico na matriz energética por apresentar elevada eficiência e menores emissões atmosféricas em comparação com outros combustíveis fósseis, contribuindo para a diversificação da oferta de energia e para o desenvolvimento econômico regional.

Entretanto, verificou-se que a exploração desse recurso, especialmente quando associada ao emprego da técnica de fraturamento hidráulico (*hydraulic fracturing*), requer rigoroso controle ambiental. Embora diversos estudos apontem que, quando executada de acordo com critérios técnicos e normas de segurança, a técnica não represente risco direto aos aquíferos profundos devido à significativa separação geológica entre as formações produtoras e os reservatórios de água subterrânea, permanecem preocupações relacionadas à integridade dos poços, ao manejo inadequado dos fluidos de perfuração, ao tratamento dos efluentes, ao consumo de água, às emissões atmosféricas, à supressão da vegetação e aos impactos sobre a biodiversidade.

No caso da Bacia do Rio Parnaíba, torna-se indispensável que qualquer atividade de exploração seja precedida por estudos ambientais detalhados, monitoramento contínuo dos recursos hídricos, fiscalização pelos órgãos competentes e cumprimento rigoroso da legislação ambiental vigente, de forma a minimizar os impactos ambientais e assegurar a conservação dos ecossistemas locais.

Conclui-se, portanto, que a exploração do gás natural pode representar uma importante alternativa para o fortalecimento da segurança energética e do desenvolvimento socioeconômico do estado do Piauí. Entretanto, sua viabilidade depende da adoção de práticas sustentáveis, da utilização de tecnologias ambientalmente seguras e da implementação de políticas públicas que conciliem o aproveitamento dos recursos naturais com a proteção do meio ambiente e a qualidade de vida das populações afetadas. Dessa

Maurício Batista de Lira | Marco Aurélio da Silva Coutinho | Jardes Figuerêdo do Rêgo | Milton Batista da Silva | Fábio Adriano Santos e Silva | Wiury Chaves de Abreu | Tânia Patrícia Silva e Silva | Leanne Silva de Sousa | José Nathannyel Chagas Barbosa | Joilson Silva Costa | Francisco Cardoso Figueiredo | Raylane Mayra Veras Andrade | Patrick Wilson Soares Sales | Diniz Lopes dos Santos | Alcides Alexandre Moreira Cruz | Bernardo Ferreira Pinto

forma, o equilíbrio entre desenvolvimento econômico e conservação ambiental constitui o principal desafio para a exploração sustentável do gás natural na Bacia do Rio Parnaíba.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Maria Elizabeth Bianconcini. **Educação a distância na internet**. São Paulo: Avercamp, 2017.

AMARAL, S. Comentário sobre o texto do professor Ezequiel Theodoro da Silva. In: SILVA, Ezequiel Theodoro da. **A leitura nos oceanos da Internet**. São Paulo: Cortez, 2003. p. 59–60.

ARROIO, Agnaldo. Context based learning: a role for cinema in science education. **Science Education International**, v. 21, n. 3, p. 131–143, 2010.

BACICH, Lilian; MORAN, José. **Metodologias ativas para uma educação inovadora**. Porto Alegre: Penso, 2018.

BETTEGA, Maria Helena Silva. **Educação continuada na era digital**. São Paulo: Cortez, 2010.

CASTELLS, Manuel. **A sociedade em rede**. São Paulo: Paz e Terra, 2020.

CAVELLUCI, Lia Cristina B. **Estilo de aprendizagem em busca das diferenças individuais**. Disponível em: <http://www.scribd.com/doc/21015627/artigo-2003-estilos-de-aprendizagem-em-busca-das-diferencas-individuais-CAVELLUCI>. Acesso em: 13 nov. 2018.

FERREIRA, Celeste. **O uso de ferramentas visuais no ensino de Química**: a formação inicial do professor de Química. 2010. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia da autonomia**: saberes necessários à prática educativa. São Paulo: Paz e Terra, 2021.

GIL, Antônio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2019.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. **Fundamentos de metodologia científica**. 9. ed. São Paulo: Atlas, 2021.

LÉVY, Pierre. **Cibercultura**. São Paulo: Editora 34, 2019.

MINAYO, Maria Cecília de Souza. **O desafio do conhecimento**: pesquisa qualitativa em saúde. 14. ed. São Paulo: Hucitec, 2014.

MORAN, José Manuel. **A educação que desejamos**: novos desafios e como chegar lá. Campinas: Papirus, 2012.

MORAN, José Manuel. **Novas tecnologias e mediação pedagógica**. São Paulo: Papirus, 2012.

NISKIER, Arnaldo. **Educação à distância**: a tecnologia da esperança: políticas e estratégias para a implantação de um sistema nacional de educação aberta e à distância. São Paulo: Loyola, 2000.

PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar de. **Metodologia do trabalho científico**: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

SANTOS, Wildson Luiz Pereira; MALDANER, Otavio Aloisio. **Ensino de química em foco**. Ijuí: Unijuí, 2019.