

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



TÍTULO DO TRABALHO:

BACIA-ESCOLA RIO DO PEIXE: PROJETO ACADÊMICO SOBRE ANÁLISE E MODELAGEM DE BACIAS SEDIMENTARES E SISTEMAS PETROLÍFEROS.

AUTORES:

José Gedson Fernandes da Silva¹
Mário Ferreira de Lima Filho²

INSTITUIÇÃO:

¹ Pesquisador Visitante PRH 471.1 /ANP/ Universidade Federal de Pernambuco

² Professor do Departamento de Geologia, Universidade Federal de Pernambuco/Coordenador PRH 47.1/ANP

BACIA-ESCOLA RIO DO PEIXE: PROJETO ACADÊMICO SOBRE ANÁLISE E MODELAGEM DE BACIAS SEDIMENTARES E SISTEMAS PETROLÍFEROS.

Resumo

O projeto visa desenvolver um fluxo de trabalho integrado e interdisciplinar para treinamento de bolsistas do PRH-ANP em análise e modelagem de bacias sedimentares e sistemas petrolíferos, com foco na aceleração da curva de aprendizado, desenvolvendo habilidades e competências em geomodelagem computacional, em uma bacia sedimentar que reúne características de uma fronteira exploratória, a Bacia do Rio do Peixe - NE do Brasil. Com uma abordagem híbrida, o projeto pretende integrar modelagem geofísica implícita e explícita para construção do arcabouço tridimensional estrutural-estratigráfico da bacia, complementada com modeladores baseados em processos geológicos, para gerar insumos para o condicionamento global e local necessários à simulação geoestatística e representação 3D de sistemas e elementos deposicionais, litofácies e propriedades de rochas (geradoras, reservatórios e selantes), em múltiplas escalas. O aspecto inovador desta abordagem é o "fluxo de trabalho interdisciplinar integrado", com foco no desenvolvimento de habilidades técnicas e pessoais, e na colaboração e integração entre os pesquisadores, uma vez que as técnicas e tecnologias necessárias para sua execução estão disponíveis na literatura e em *softwares* comerciais utilizados na prospecção de petróleo, água subterrânea, geotermia entre outras aplicações, sem dispensar o desenvolvimento próprio de soluções inovadoras baseadas em métodos de inteligência artificial. O projeto é modular, com duração, abrangência e complexidade dependente da colaboração entre estudantes e pesquisadores do PRH 47.1 da Universidade Federal de Pernambuco e de parcerias com outras instituições de ensino superior, que tenham interesse comum no âmbito da pesquisa, além de outras instituições de ensino e pesquisa do Brasil e do exterior, e de empresas privadas proprietárias de *softwares* de interpretação e modelagem geológica e geofísica. Como legado, será criado um repositório digital para dados, informações e conhecimentos, bem como para os vários modelos computacionais desenvolvidos e seus respectivos insumos e produtos, tais como perfis, seções, mapas e volumes de propriedades das rochas (litologia, litofácies, organofácies, petrofácies, eletrofácies, porosidade, permeabilidade, velocidade, impedância, etc.) e a representação estrutural-estratigráfica tridimensional das sequências tectono-estratigráficas devonianas e cretáceas da BRP, bem como os resultados gerados a partir das análises da bacia e seus sistemas petrolíferos, das modelagens estática e dinâmica e da valoração de riscos e incertezas. Os resultados obtidos durante a execução do projeto serão comunicados por meio de relatórios de progresso, monografias, dissertações, teses, resumos e apresentações de eventos, artigos científicos, livros ou outras mídias.

Palavras-chave: geociência, educação, geomodelagem, interdisciplinaridade

Abstract

The project aims to develop an integrated and interdisciplinary workflow for the training of PRH-ANP students in the analysis and modeling of sedimentary basins and petroleum systems, with a focus on accelerating the learning curve, developing skills and competences in computational geomodeling, in a sedimentary basin with the characteristics of an exploratory frontier, the Rio do Peixe basin, in northeastern Brazil. With a hybrid approach, the project intends integrating both implicit and explicit geophysical modeling for building the three-dimensional structural-stratigraphic framework, complemented by modelers based on geological processes, to generate inputs for the global and local conditioning necessary for geostatistical simulation and the 3D representation of depositional systems and elements, lithofacies and rock properties at multiple scales. The innovative aspect of this approach is the "integrated interdisciplinary workflow", with focus on the development of technical and soft skills,

and on the collaboration and integration among researchers, since the techniques and technologies necessary for its implementation are available in literature and in commercial software used in the petroleum exploration and development, underground water, geothermal energy among other applications, without dispensing the development of innovative solutions based on artificial intelligence methods. The project is modular, with duration, scope and complexity dependent on collaboration between PRH 47.1 team from the Federal University of Pernambuco and partnerships with other higher education institutions, which have mutual interest in the research fields, in addition to other higher education and research institutions in Brazil and abroad, and private companies owning geological and geophysical interpretation and modeling software. As a legacy, a digital repository will be created for data, information and knowledge, as well as for the various computational models developed and their respective inputs and outputs, such as logs, sections, maps and volumes of rock properties (lithology, lithofacies, organofacies, petrofacies, electrofacies, porosity, permeability, velocity, impedance etc.) and the tridimensional structural-stratigraphic representation of the Devonian and Cretaceous tectono-stratigraphic sequences of the BRP, as well as the results generated from the analyses of the basin and its petroleum systems, static and dynamic modeling and the assessment of risks and uncertainties. The results obtained during the execution of the project will be communicated by progress reports, monographs, dissertations, theses, abstracts and presentations of events, scientific articles, books or other media.

Keywords: geoscience, education, geomodeling, interdisciplinarity

Introdução

A adequação e atualização do conteúdo do ensino de geociências às normativas legais e ao contexto científico, tecnológico, econômico, político e social do nosso país têm sido objeto de estudo e debate nas Instituições de Ensino Superior (IES) há décadas (Fantinel *et al.*, 2008; Carneiro, 2015; Ernesto *et al.* 2018). Esse debate sobre educação em geociências e sua relação com a sociedade também tem ocorrido em outros países, como Estados Unidos (St. John, K. 2018), Canadá (Clague *et al.* 2001) e na Comunidade Europeia (King, 2008).

Considerando esse contexto, o PRH-47.1/UFPE – Recursos Humanos em Sistemas Petrolíferos, Análogo e Simulação de Reservatório em Bacias Sedimentares implantou, a partir de 2023 (Ciclo III), o projeto acadêmico “Bacia Escola Rio do Peixe”, atualmente com 4 bolsistas de graduação e 2 de mestrado, todos do curso de Geologia, e quatro professores orientadores envolvidos nas pesquisas do projeto.

O objetivo geral do projeto é desenvolver um fluxo de trabalho adequado para treinar bolsistas em análise e modelagem de bacias sedimentares e sistemas petrolíferos, com uma abordagem interdisciplinar e multidisciplinar, focada na aceleração da curva de aprendizado, desenvolvendo habilidades técnicas e pessoais, para analisar, conceber e representar um conjunto de modelos conceituais que são externalizados para representar, documentar e comunicar as interpretações de uma realidade geológica na forma de geomodelos (*sensu* Mallet, 2002) em múltiplas escalas e dimensões.

Como principais objetivos, espera-se capacitar estudantes de graduação e pós-graduação para:

- Montar uma base de dados geocientíficos e informações georreferenciadas, a partir de técnicas de pesquisa manual e automatizada de bancos de dados e repositórios diversos, por meio da

prospecção, curadoria e adequação de dados estruturados, semiestruturados e não estruturados de uma bacia sedimentar;

- Identificar lacunas de conhecimento, controvérsias e dúvidas relacionadas à origem e à evolução tectonossedimentar da Bacia do Rio do Peixe (BRP), que sejam relevantes para o entendimento da geração, migração e acumulação do óleo encontrado na bacia;
- Pesquisar, coletar, analisar, tratar, processar e modelar dados para testar hipóteses geocientíficas e modelos conceituais, por meio de abordagem interdisciplinar e multidisciplinar;
- Proceder à análise da bacia, produzindo novos dados, informações e conhecimentos que serão registrados, documentados e representados em diversos formatos, tais como: textos, tabelas, perfis, seções geológicas, mapas e volumes de propriedades de rocha e geofísicas, e armazená-los adequadamente em meio digital;
- Construir o arcabouço estrutural-estratigráfico tridimensional (3D) para a BRP ou para uma área da mesma, em escala regional, e criar um geomodelo 3D representativo do modelo geológico conceitual, populado com propriedades de rochas (modelo geológico estático *sensu* Perrin e Abel, 2013) utilizando *softwares* comerciais;
- Modelar o(s) sistema(s) petrolífero(s) presente(s) na BRP (modelo cinemático *sensu* Perrin e Abel, 2013) utilizando *software* comercial;
- Avaliar o potencial petrolífero da BRP, riscos e incertezas geológicas.

A BRP está localizada na Província da Borborema, no nordeste do Brasil. Foi escolhida porque tem algumas características de fronteira exploratória para petróleo, à semelhança de outras áreas ou bacias ainda pouco exploradas, com baixa densidade de poços e restrita cobertura sísmica, como é o caso de regiões de bacias sedimentares localizadas em águas profundas e ultraprofundas da Margem Equatorial Brasileira (MEB), cuja exploração envolve desafios tecnológicos e metodológicos.

Desde o início do século XX, a BRP tem sido estudada por geocientistas de diversas IES do Brasil, da SUDENE, da Petrobras, da CPRM, entre outras instituições nacionais e estrangeiras, o que gerou um acervo de amostras de rochas, de óleo, materiais, dados, informações e conhecimentos, que em grande parte encontra-se compartimentado e sob domínio privado dessas instituições ou pesquisadores, sendo acessíveis ao público apenas as informações e conhecimentos divulgados na literatura especializada e em repositórios de dados públicos, como o das bacias terrestres brasileiras (<https://reate.cprm.gov.br/anp/TERRESTRE>).

A base de dados de subsuperfície da BRP é composta por cinco poços perfurados para petróleo, três da PETROBRAS (1-PIL-1-PB, 1-STH-1-PB e 1-TRF-1-PB) e dois da UTC Engenharia (1-UTC-4-PB e 1-UTC-6-PB), além de três furos testemunhados (1-SS-1-PB, 1-FC-1-PB e 1-FE-1-PB) realizados em um projeto da UFRJ e um furo stratigráfico testemunhado (2-LF-1-PB) do DNPM, seis levantamentos sísmicos, três de sísmica 3D e três de sísmica 2D oriundos das atividades de exploração petrolífera na bacia, além de três linhas adquiridas em um projeto executado pela UFRN para a Petrobras (Figura 1), e um levantamento geoquímico de superfície não representado na figura.

O PRH-47.1 tem a guarda temporária das amostras de calha dos poços 1-PIL-1-PB, 1-UTC-4-PB e 1-UTC-6-PB, além do conjunto de amostras laterais e do testemunho 03 do poço 1-PIL-1-PB. Ressalta-se que as amostras de rocha dos poços da PETROBRAS foram analisadas pela empresa, porém poucos resultados foram publicados. Por outro lado, as amostras dos poços 1-UTC-4-PB e 1-UTC-6-PB não foram analisadas até o momento, portanto os seus conteúdos bioestratigráfico, geoquímico, litológico,

litoestratigráfico carecem de estudos, sendo esse conhecimento fundamental para o entendimento da BRP.

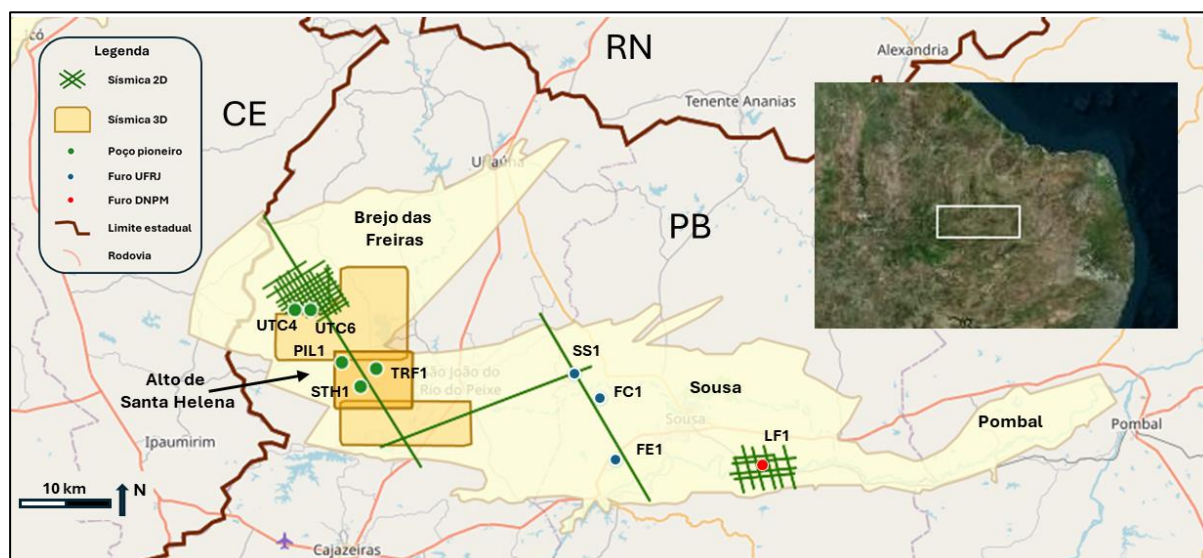


Figura 1 – Localização da BRP com posição dos poços, furos e levantamentos sísmicos.

Modificado de <https://geomaps.anp.gov.br/geoanp/> Fonte: ANP; DNPM; Sant'Anna, 2009.

A BRP tem dados geofísicos pertencentes a vários acervos, que possibilitaram a modelagem gravimétrica 3D do embasamento da BRP (Castro e Castelo Branco, 1999) e o seu refinamento estrutural integrando dados magnéticos ((Nogueira *et al.*, 2004), radiométricos (Castro *et al.*, 2007) e de sísmica de reflexão 3D e 2D (Ramos *et al.*, 2024).

Metodologia

A metodologia envolve a identificação, discussão e compreensão dos problemas relacionados a origem e evolução da BRP e identificação de potenciais soluções, a serem implementadas por meio de plano de pesquisa individual integrado, visando a elaboração de produtos interdisciplinares ou multidisciplinares que serão usados nas diversas etapas do projeto.

A primeira etapa compreende a pesquisa, coleta, curadoria, análise e tratamento de dados e informações geocientíficas públicas ou de acervos privados compartilhados, para construção de uma base de dados integrada (BDI) da Bacia do Rio do Peixe, que será compartilhada entre todos os envolvidos no projeto, com novos dados, informações e conhecimentos sendo incorporados à BDI durante o desenvolvimento das etapas, contribuindo para o aperfeiçoamento dos modelos e evolução do conhecimento sobre a bacia.

Em uma segunda etapa, o foco está na análise da bacia em termos de seus objetos geológicos (Mallet, 2002; Mastella, 2010) e nas suas representações externas (Werlang *et al.*, 2014) como produtos interoperáveis (perfil litológico, horizonte sísmico mapeado, falhas, arquivo de marcadores, mapas etc.), que servirão com insumos em outros processos, sendo integrados na construção do arcabouço tectonoestratigráfico representado por um geomodelo 3D. A visualização 3D de dados, informações e conhecimentos, de superfície e subsuperfície, permite que diversas pessoas possam aferir a sua coerência

em múltiplas escalas e se representam adequadamente o modelo geológico conceitual consensual, ou também confrontar múltiplos modelos que representam diferentes cenários.

A terceira etapa trata da restauração das superfícies limitantes de cada intervalo estratigráfico do geomodelo 3D, para representar a sua configuração paleodeposicional. Com essas superfícies paleodeposicionais iniciais pretende-se simular processos deposicionais e erosionais, com suporte de mapas paleobatimétricos, curvas de variação do nível de base, taxas de influxo e composição de sedimentos, entre outros parâmetros e dados específicos para cada *software* comercial de modelagem de processos sedimentares (MPS).

Após serem validados em conformidade com os dados disponíveis (geofísicos e de poços) e o modelo geológico conceitual, os volumes de fácies sedimentares gerados por meio de MPS servirão como fonte de dados e informações para geração de mapas de proporção de fácies, pseudopoços, curvas de proporção vertical de fácies, entre outros insumos necessários para a elaboração do modelo geoestatístico 3D de fácies, o qual se espera ser o mais realístico para a distribuição de propriedades de rochas, por meio de técnicas de modelagem geoestatística disponíveis em *softwares* comerciais.

Não obstante o desenvolvimento da pesquisa combine soluções já utilizadas na indústria, abordagens relacionadas à inteligência artificial também poderão ser testadas, ou mesmo desenvolvidas, dentro do âmbito do projeto.

O fomento de uma abordagem holística (multidisciplinar e interdisciplinar) na solução de problemas prepara o geocientista para elaborar uma estratégia de solução e resolver problemas complexos por partes, para criar e testar hipóteses, conceber um modelo geológico e representá-lo de forma adequada para uma melhor visualização e compreensão comum.

Embora o público-alvo do projeto seja o geocientista, a interdisciplinaridade e multidisciplinaridade constitui a base filosófico-conceitual da metodologia que se pretende utilizar e desenvolver nessa pesquisa. A abordagem proposta busca fazer da modelagem geológica não apenas uma ferramenta de integração de modelos e suas representações (produtos) interoperáveis oriundas de diversas disciplinas, costumeiramente operada por um indivíduo ou um grupo *ad hoc*, mas sim trazer o maior número de atores possíveis (geólogos, geofísicos, geógrafos, engenheiros, químicos, biólogos, matemáticos, físicos, estatísticos, cientistas de dados, entre outros) para atuarem diretamente na modelagem geológica, elaborando produtos, interagindo, aprendendo, ensinando e colaborando nas diversas etapas do projeto.

Resultados Preliminares e Discussão

Além da geradora cretácea, da Formação Sousa (Sant'Anna, 2009; Brasil/MME/EPE, 2019, Brasil/MME/EPE, 2020), uma nova potencial geradora, na Formação Pilões – Devoniano Inferior, (Silva; Córdoba e Caldas, 2014) foi identificada na BRP (Bezerra *et al.*, 2023), a partir da interpretação integrada dos dados geoquímicos, informações e conhecimentos geológicos pré-existentes. Novas amostras estão sendo coletadas nas formações Pilões e Sousa, no poço 1-PIL-1-PB, para realizar análises adicionais de carbono orgânico total (COT), pirólise-Rock Eval (p-RE) e de cromatografia líquida (CL) e gasosa (CG) e CG acoplada à espectrografia de massas (CG-EM) e isótopos, que contribuirão para um melhor conhecimento da(s) rocha(s) geradora(s) e do sistema petrolífero da bacia.

No tocante às rochas reservatórios, a pesquisa está direcionada para sua caracterização e mapeamento nas unidades devonianas, pois ainda não foram bem estudadas, sendo o principal objetivo a Formação Triunfo – Devoniano Inferior (*sensu* Silva; Córdoba e Caldas, 2014). Para tal, os dados de perfis geofísicos de poço foram coletados do repositório digital de dados das bacias terrestres, no formato DLIS e pré-processados para adequá-los ao formato LAS, sendo então editados e saneados para estabelecer os registros corretos, localizando imprecisões, removendo itens duplicados e preenchendo ou eliminando valores ausentes, além da avaliação da sua qualidade geral.

Na etapa atual, o perfil do poço 1-PIL-1-PB, na profundidade medida, está sendo rotulado com as unidades litológicas, litologias e litofácies, com base em amostras de calha, laterais e de um testemunho, além de imagens de perfis de imagem resistiva, para classificação supervisionada de litologias e de eletrofácies reservatórios, geradoras e selantes, em intervalos desse e de outros poços nos quais essas informações não estão disponíveis.

Um tema de estudo relacionado à evolução da bacia refere-se ao controle estrutural de um evento vulcânico (Silva *et al.*, 2014) identificado na região do Alto de Santa Helena, que separa as sub-bacias de Sousa e Brejo das Freiras (Figura 1), cuja contemporaneidade ou não com a sedimentação devoniana é um fato importante para a compreensão da evolução da bacia e de seu sistema petrolífero.

Outros estudos importantes são a análise bioestratigráfica da seção cretácea do poço 1-PIL-1-PB, com base em ostracodes, que contribuirá para o refinamento do arcabouço bioestratigráfico e do limite entre o Cretáceo e o Devoniano na Sub-bacia de Brejo das Freiras, motivo de controvérsias, e a análise de palinofácies da sequência devoniana do mesmo poço, para caracterização da matéria orgânica dos pelitos carbonosos, e possibilitará a tipificação do querogênio presente nessa potencial seção geradora. Essas pesquisas encontram-se em fase inicial de coleta e preparo das primeiras amostras, triagem e descrição para avaliação do conteúdo de células de microfósseis e preparo e descrição de lâminas palinológicas, porém com resultados preliminares promissores.

No âmbito do PRH 43.1 da USP, uma pesquisa sobre a comparação de técnicas de construção de sismogramas sintéticos para o poço 1-PIL-1-PB, em parceria com o PRH 47.1, está sendo realizada e seus resultados serão o ponto de partida para a amarração (*well tie*) dos marcadores estratigráficos dos poços com os dados sísmicos 2D e 3D da BRP.

A médio e a longo prazo, os resultados e produtos das etapas iniciais serão trabalhados por meio da modelagem baseada em processos geológicos integrada à modelagem geoestatística convencional (modelagem híbrida). Testar essa abordagem é importante, pois ela ainda não é aplicada rotineiramente na exploração de petróleo e de outros recursos minerais, fato que justifica a necessidade de pesquisa no desenvolvimento de um fluxo de trabalho integrado e interdisciplinar, para treinamento de recursos humanos nessas habilidades técnicas e pessoais.

Conclusões

Não obstante os resultados das pesquisas ainda sejam preliminares, as expectativas com os produtos a serem gerados são positivas. No entanto, a abrangência e a multidisciplinaridade tornam a plena execução desse projeto inviável sem a parceria com outras IES/PRHs. Essa colaboração e integração esteve presente desde a sua concepção, sendo que vários pesquisadores, coordenadores e pesquisadores visitantes foram consultados e opinaram sobre a ideia inicial.

A proposta é compartilhar dados, informações e conhecimentos, para capacitar recursos humanos de IES e/ou PRHs, com a otimização de recursos materiais e processos, para gerar produtos mais robustos para a construção de um modelo geológico da BRP e de seu sistema petrolífero, sem descartar outras aplicações no campo das geociências (hidrogeologia, geotermia, captura e armazenamento de CO₂).

Diante do exposto, a divulgação no fórum do 12º PDPETRO visa ampliar essa discussão e estimular a atuação conjunta de pesquisadores com interesses em comum com as linhas temáticas do projeto, pois são várias as IES e seus respectivos PRHs que estudam ou já desenvolveram pesquisas na BRP.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Prof. Dr. Virgínio Neumann pela revisão do texto; aos coordenadores e pesquisadores visitantes dos PRHs, 28.1, 40.1, 42.1, 48.1 pelas proveitosas discussões e troca de ideias, em especial, àqueles do PRH 43.1 também pela parceria; e à Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) e Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), pelo apoio financeiro ao Programa de Recursos Humanos da ANP – PRH-47.1 da UFPE financiado pelo investimento de empresas petrolíferas qualificadas na Cláusula de P, D&I da Resolução ANP nº 50/2015, com recursos para bolsas de estudo e taxas de bancada para realização de pesquisas e formação de profissionais capacitados em Geologia e Engenharia Civil para a Indústria de Petróleo e Gás.

Referências Bibliográficas

BEZERRA, André Ribeiro; SOUZA NETO, João Adauto de; SILVA, José Gedson Fernandes da; LIMA FILHO, Mário Ferreira de. Novas hipóteses sobre a geração de petróleo na Bacia do Rio do Peixe, Nordeste do Brasil. In: Simpósio de Geologia do Nordeste, 29, 2023, Campina Grande, Boletim de Resumos, p. 15, 2023.

BRASIL/MME/EPE. Zoneamento Nacional de Recursos de Óleo e Gás. Ciclo 2017-2019. Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. Brasília, 604 p., 2019. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/zoneamento-nacional-de-recursos-de-oleo-e-gas-2017-2019>>, acesso em 22/07/2024.

BRASIL/MME/EPE. Relatório do Subcomitê Potencial de Petróleo e Gás Onshore, Resumo Bibliográfico das Bacias Onshore. Comitê para Revitalização das Atividades de Exploração e Produção de Petróleo e Gás Natural em Áreas Terrestres REATE 2020. Brasília, Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. Brasília, 132 p., 2020. Disponível em: <<https://antigo.mme.gov.br/documents/27431/0/Relat%C3%B3rio+Subcomit%C3%AA+III+%E2%80%93+Resumo+Bibliogr%C3%A1fico+das+Bacias+Onshore.pdf/b0498750-09b5-3383-141a-abe9a0c291c0>>, acesso em 22/07/2024.

CARNEIRO, Celso Dal Ré. O Fórum Nacional de Cursos de Geologia e as diretrizes curriculares nacionais: histórico e perspectivas. Terrae Didactica, Campinas, SP, v. 1, n. 1, p. 74–83, 2015.

CASTRO, David Lopes de e CASTELO BRANCO, Raimundo Mariano Gomes. Caracterização da Arquitetura Interna das Bacias do Vale do Cariri (NE do Brasil) com base em Modelagem Gravimétrica 3-D. *Brazilian Journal of Geophysics*, v. 17, n. 2-3, p. 129-144, 1999

CASTRO, David Lopes de, OLIVEIRA Diógenes Custódio de; CASTELO BRANCO, Raimundo Mariano Gomes. On the tectonics of the Neocomian Rio do Peixe Rift Basin, NE Brazil: Lessons from gravity, magnetism, and radiometric data. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 24, n. 2-3, p. 184-202, 2007.

CLAGUE, John Joseph; TURNER, Robert J. W.; BATES, Jennifer; HAIDL, Fran.; MORGAN, Alan V.; VODEN, Christy. Geolitracy Canada, a national geoscience education initiative. *Geoscience Canada*, v.8, n. 3, p. 143-149, 2001.

ERNESTO, Márcia; CORDANI, Umberto G.; CARNEIRO, Celso Dal Ré; DIAS, Maria A. F. da Silva; MENDONÇA, Carlos Alberto; BRAGA, Elisabete De Santis. Perspectivas do ensino de Geociências. *Estudos Avançados*, v. 32, n. 94, p. 331-343, 2018.

FANTINEL, Lucia; JANASI, Valdecir de Assis; ASSIS, José F. Pina; ALECRIM, José. Duarte; ALMEIDA, Harrison Lima de; COMPIANI, Mauricio; CONCEIÇÃO, Rommulo Vieira; DUARTE Beatriz Paschoal; FAUTH, Gerson; FONSECA Vanildo P. da; FORTES, Paulo; LEITE JÚNIOR, Washington B.; MANCINI, Fernando; MENEZES, Messias G. de; SILVA Carlos H. da; SILVA FILHO, Wellington F. da; VELLOSO, Emílio; CARNEIRO Celso Dal Ré. Diretrizes Curriculares para os Cursos de Graduação em Geologia e Engenharia Geológica. *Terrae Didatica*, Campinas, SP, v. 4, n. 1, p. 85-89, 2015. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/td/article/view/8637498>. Acesso em: 22 jul. 2024.

KING, Christopher John Henry. Geoscience Education: An Overview. *Studies in Science Education*, v. 44, p. 187-222, 2008.

MALLET, Jean-Laurent. *Geomodeling*. Oxford University Press, New York, 2002. 593 p.

MASTELLA, Laura Silveira. Semantic exploitation of engineering models: application to petroleum reservoir models. 2010. 247 f. Tese (Doutorado em Ciências do Universo [Física]). École Nationale Supérieure des Mines de Paris (ENSM), Paris, França, 2010.

NOGUEIRA, Francisco César Costa; OLIVEIRA, Maurício Santos de; CASTRO, David Lopes de. Estudo Magnético e Gravimétrico do Arcabouço Estrutural da Bacia Rio do Peixe-PB. *Revista de Geologia*, v. 17, p. 74-87, 2004.

PERRIN, Michel; ABEL, Mara. Earth Models as Subsurface Representations, in Perrin, Michel and Rainaud, Jean-François (eds.), *SHARED EARTH MODELING Knowledge driven solutions for building and managing subsurface 3D geological models*, Technip, Paris, p. 3-24, 2013.

RAMOS, Gilsijane V.; CASTRO, David L. de; VASCONCELOS, David L.; NOGUEIRA, Francisco C.C.; BEZERRA, Francisco H.R.; NICCHIO, Matheus A. Architectural rift geometry of the Rio do Peixe Basin (Brazil): Implications for its tectonic evolution and Precambrian heritage, *Tectonophysics*, v. 871, 2024, 230173, ISSN 0040-1951, <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2023.230173>.

SANT'ANNA, Alexandre Jonas de. Investigação geoquímica orgânica na Bacia de Sousa – Paraíba – Correlação óleo-rocha geradora. 2009. 132 f. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Programa de Pós-graduação em Geologia, Instituto de Geociências, da Universidade Federal do Rio de Janeiro –UFRJ, Rio de Janeiro, 2009.

SILVA, José Gedson Fernandes da; CÓRDOBA, Valéria. Centurion.; CALDAS, Luciano Henrique de Oliveira. Proposta de novas unidades litoestratigráficas para o Devoniano da Bacia do Rio do Peixe, Nordeste do Brasil. *Brazilian Journal of Geology*, v. 44, n. 4, p. 561-578, 2014.

SILVA, José Gedson Fernandes da; CALDAS, Luciano Henrique de Oliveira; NASCIMENTO, Marcos Antônio Leite do; OLIVEIRA, Diógenes Custódio de; SILVA, Isabelle Teixeira da. Ocorrência de rochas piroclásticas na Bacia do Rio do Peixe, Província Borborema, NE do Brasil. *Boletim de Geociências da Petrobras, Breves Comunicações*, Rio de Janeiro, v.22, n.1, p.161-170, 2014.

ST. JOHN, Kristen. A Community Framework for Geoscience Education Research. National Association of Geoscience Teachers. 2018. Disponível em: https://commons.lib.jmu.edu/ger_framework/15/. Acesso em 22/07/2024.

WERLANG, R.; Abel, M.; Perrin, M.; Carbonera, J. L.; Fiorini, S. R. Ontological foundations for petroleum application modeling. In: *International Conference on Petroleum Data, Integration and Data Management*, 18, 2014, Houston, 2014.