boletim
SBGf

Publicação da Sociedade Brasileira de Geofísica
Número 122 - Abril/Maio/Junho 2022
ISSN 2177-9090

O PAPEL DA GEOFÍSICA NA TRANSIÇÃO ENERGÉTICA

EDITORIAL

O papel da Geofísica na transição energética

Pelo Comitê Editorial

A transição energética vem se fortalecendo e ganhando importância no cenário mundial que impacta diretamente o mercado brasileiro. Dentro deste contexto, o governo vem desenvolvendo políticas para criar um arcabouço regulatório em novas fontes de energia e empresas têm mostrado interesse em desenvolver e implementar fontes de energia renováveis, principalmente eólica, solar e biomassa. O objetivo principal é diminuir a participação dos combustíveis fósseis como o petróleo, gás natural e carvão na matriz energética do país e seu impacto na emissão de CO_2. O papel da geofísica na transição energética é um tópico emergente nas geociência. Pensando nisso, esta edição buscou trazer importantes representantes dessa transformação, assim como algumas demandas que serão necessárias para os profissionais das geociências em geral. A partir dos artigos e das entrevistas, é possível vislumbrar que será incrementada a prospecção de minérios importantes para a construção de infraestrutura na captação dessas novas fontes de energia, compreensão da subsuperfície para a captura de carbono e pela busca por hidrogênio.

Boa leitura!

CONFIRA NESTA EDIÇÃO

3 NOTÍCIAS
- Anuidade 2022

5 EVENTOS
- Workshop The Deep and Ultra-Deep Waters of the Equatorial Margin Of Brazil – The Last Untapped Frontier in the Equatorial Atlantic

7 IN MEMORIAM
- Isadora Augusta Santana de Macedo

8 ENTREVISTA
- Dr. Frederico Bedran Oliveira (MME), Dr. Ronan Magalhães Avilla (ANP) e Dra. Fernanda Delgado (IBP)

14 ARTIGO TÉCNICO I
- TRANSIÇÃO ENERGÉTICA E O PAPEL DA GEOFÍSICA – Fernando Ramos Martins (Universidade Federal de São Paulo)

18 ARTIGO TÉCNICO II
- PIONEIRISMO EM BIOMASS ENERGY WITH CARBON CAPTURE AND STORAGE (BECCS) NO BRASIL: PROCESSAMENTO SÍSMICO COMO HABILITADOR – Marina F Pantoja, Guilherme Veloso, Pedro Barros, David Ruckel, Thais Sales (SLB) e Milas Sousa (Renovar) e Claudia Shirozaki (FS Bioenergia).

23 ARTIGO TÉCNICO III
- PAPEL DA GEOFÍSICA NA TRANSIÇÃO ENERGÉTICA – Dr. Paulo Johann (Petrobras)

ADMINISTRAÇÃO DA SBGf

Presidente
Roberta Mary Vidotti.
Vice-presidente
Luiz Fernando Santana Braga
Secretário-Geral
Marco Antonio Pereira de Brito
Secretário de Finanças
Rui Pinheiro Silva
Secretário de Relações Institucionais
Diego Chagas Garcia
Secretária de Relações Acadêmicas
Andréa Teixeira Ustra
Secretária de Publicações
Elaine Maria Lopes Loureiro
Conselheiros
Alan de Souza Cunha
Eder Cassola Molina
George Sand Leão Araujo de França
Guilherme Sidou Canha
Marco Antonio Cetale Santos
Mário Sérgio Costa
Ricardo Augusto Rosa Fernandes
Rosangela Corrêa Maciel
Secretários Regionais
Isadora Augusta Santana de Macedo (Norte)
Elder Yokoyama (Centro-Oreste)
Eliane da Costa Alves (Regional Sul-Sudeste)
Joelson da Conceição Batista (Regional Nordeste)
Coordenadora de Mídias Sociais
Daniel Hochheim Coelho
Editor-chefe da Revista Brasileira de Geofísica
George Sand Leão Araujo de França
Analista de Marketing
Juliana Lima de Souza
Assistente Administrativo
Ivete Berlice Dias
Assistente de Diretoria
Luciene Victorino de Carvalho
Coordenadora de Eventos
Renata Vergasta
Editora de publicações científicas
Adriana Reis Xavier
Técnico de Informática
Gabriel Nunes Dias

BOLETIM SBGf
Editora-chefe
Elaine Loureiro (ANP)
Comitê Editorial
Roberta Mary Vidotti (UnB)
Francisco José Fonseca Ferreira (UFPR)
Elder Yokoyama (UnB)
Andréa Teixeira Ustra (USP)
Wagner Moreira Lupinacci (UFF)
Jornalista Responsável e Edição Gráfica
Juliana Lima de Souza
Registro: MTb0041768/RJ

Distribuição restrita
Também disponível no site www.sbgf.org.br

Sociedade Brasileira de Geofísica - SBGf
Av. Rio Branco, 156 sala 2.509
20040-901 – Centro – Rio de Janeiro – RJ
Tel./Fax: (55-21) 2533-0064
sbgf@sbgf.org.br | www.facebook.com/sbgf.org

FUNDO SBGf

DIAMANTE
PETROBRAS

OURO
HALLIBURTON

PRATA
SHEARWATER
CGG
PGS

BRONZE
Enauta
Fundação GORCEIX
TGS

Anuidade 2022

Fique atento aos valores atualizados para 2022. Aproveite para efetuar o pagamento com desconto.

Pagamentos até:

30/06 – (com desconto de 15%)
Estudantes – R$ 85,00
Efetivos – R$ 170,00

31/12 – (sem desconto)
Estudantes – R$ 100,00
Efetivos – R$ 200,00

A anuidade de 2023 também poderá ser paga no mesmo valor.

Mantenha-se em dia com a Sociedade para usufruir dos descontos em eventos e livros.

Veja como se associar no site.

Siga-nos no Instagram!

Agora você também pode nos acompanhar pelo Instagram.

Siga-nos em @sbgf.geof e ajude a divulgar nossos conteúdos sobre a Geofísica!

Livros em formato digital

A Sociedade Brasileira de Geofísica disponibilizou seu acervo em formato digital para venda. No site estão disponíveis livros como Propriedades Físicas das Rochas, de Olivar Antônio Lima de Lima, e a 2ª edição do Análise do Sinal Sísmico, de André L. Romanelli Rosa.

Para ter acesso a lista dos títulos disponíveis e realizar a compra, basta acessar o site da SBGf no link.

*Valores diferenciados para Associados da SBGf.

Defesa Oral Pública de Tese de Doutorado

A Sociedade Brasileira de Geofísica, em parceria com os cursos de Pós-Graduação, realiza a divulgação de defesas de Tese de Doutorado em seus canais de comunicação.

Se você deseja divulgar a sua defesa, entre em contato com o seu curso para enviar o material de divulgação.

Atualize seu cadastro no *site*
www.sbgf.org.br

Números especiais da BrJG

Neste ano, a Brazilian Journal of Geophysics (BrJG) publicará números especiais para celebrar dois relevantes acontecimentos da história da geofísica no país.

A comissão editorial da BrJG, para comemorar os seus 40 anos de publicação, está organizando o número especial "BrJG 40 years", que reunirá a contribuição de autores convidados de reconhecida importância no cenário nacional.

Também será publicado na BrJG em 2022, o número especial "IAG/USP 50 Years" que está sendo organizado pelo Programa de Pós-Graduação em Geofísica do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo (IAG/USP) e contará com artigos de autoria dos docentes da instituição e colaboradores para marcar a data de 50 anos da criação deste importante instituto, que abriga o primeiro curso de graduação em geofísica do país.

Para acessar os artigos da BrJG ou submeter um manuscrito, acesse www.rbgf.org.br.

Inscreva-se em nosso canal do YouTube!

Todo o conteúdo audiovisual da SBGf pode ser acessado por meio de nosso canal no YouTube, criado especialmente para facilitar suas pesquisas, estudos e propagar o conhecimento.

Acesse o nosso canal e confira o conteúdo exclusivo.

Inscreva-se no link.

A SBGf está com um novo número de telefone!

Devido a modificações técnicas, informamos que, a partir de 22 de junho de 2021, a SBGf receberá ligações apenas no novo número (21) 97444-8913.

Em caso de dúvidas, entre em contato pelo e-mail sbgf@sbgf.org.br.

Workshop The Deep and Ultra-Deep Waters of the Equatorial Margin Of Brazil - The Last Untapped Frontier in the Equatorial Atlantic

O Workshop The Deep and Ultra-Deep Waters of the Equatorial Margin Of Brazil - The Last Untapped Frontier in the Equatorial Atlantic será realizado no Rio de Janeiro, no dia 19 de julho de 2022.

O objetivo deste evento é discutir o Estado da Arte da Exploração na Margem Equatorial Brasileira em um fórum composto por geocientistas da indústria de óleo e gás, das empresas de serviços geofísicos, da academia e de órgãos reguladores e outros atores da pesquisa petrolífera. Espera-se como principal resultado, e com base no acervo de dados e estudos existentes, obter-se uma visão técnica e científica atualizada do potencial exploratório das bacias da margem equatorial e dos riscos inerentes à exploração daquela vasta área marítima de fronteira.

Confira a programação no site.

Workshop: O Papel da Geofísica na Transição Energética Brasileira

O Workshop "O Papel da Geofísica na Transição Energética Brasileira" será realizado de forma virtual nos dias 9, 10 e 11 de agosto de 2022. O evento tem o objetivo de informar o público e promover discussão sobre processo de transição energética; discutir políticas públicas para suporte e regulação da transição energética; debater sobre o papel do geocientista na transição energética; debater o papel da geofísica nas estratégias de descarbonização e nas energias alternativas; debater qualificação profissional para os cenários.

Informações adicionais no site

EVENTOS

IX Simpósio Brasileiro de Geofísica

Estão abertas as inscrições para os cursos pré-simpósio. Os cursos serão realizados no dia 4 de outubro, no Setor de Tecnologia da UFPR - Campus Centro Politécnico.

- Fundamentos de Geofísica Forense: Marcelo Blum (Polícia Federal) e Rafael Canata (UnB);
- Machine Learning Aplicada à Cartografia Geológica: Iago Costa (CPRM);
- Introdução à Investigação Geofísica de Ambientes Submersos Rasos: Luiz Souza (IPT);
- Processamento de dados GPR, usando GêBR: Eduardo Filpo (Petrobras) e Ricardo Biloti (Unicamp).

As vagas são limitadas. Inscrições no site.

O evento será realizado de 4 a 6 de outubro de 2022 e tem o objetivo de promover a discussão de temas científicos de interesse da academia e da indústria, denominando o tema principal do IX SimBGf – Interação, Universidade e Indústria – e proporcionando a interação entre os profissionais de instituições acadêmicas brasileiras de Geofísica, Geologia, empresas privadas e públicas (meio ambiente, mineração, petróleo, hidrogeologia, geotecnia e serviços correlatos), institutos de pesquisa e órgãos reguladores.

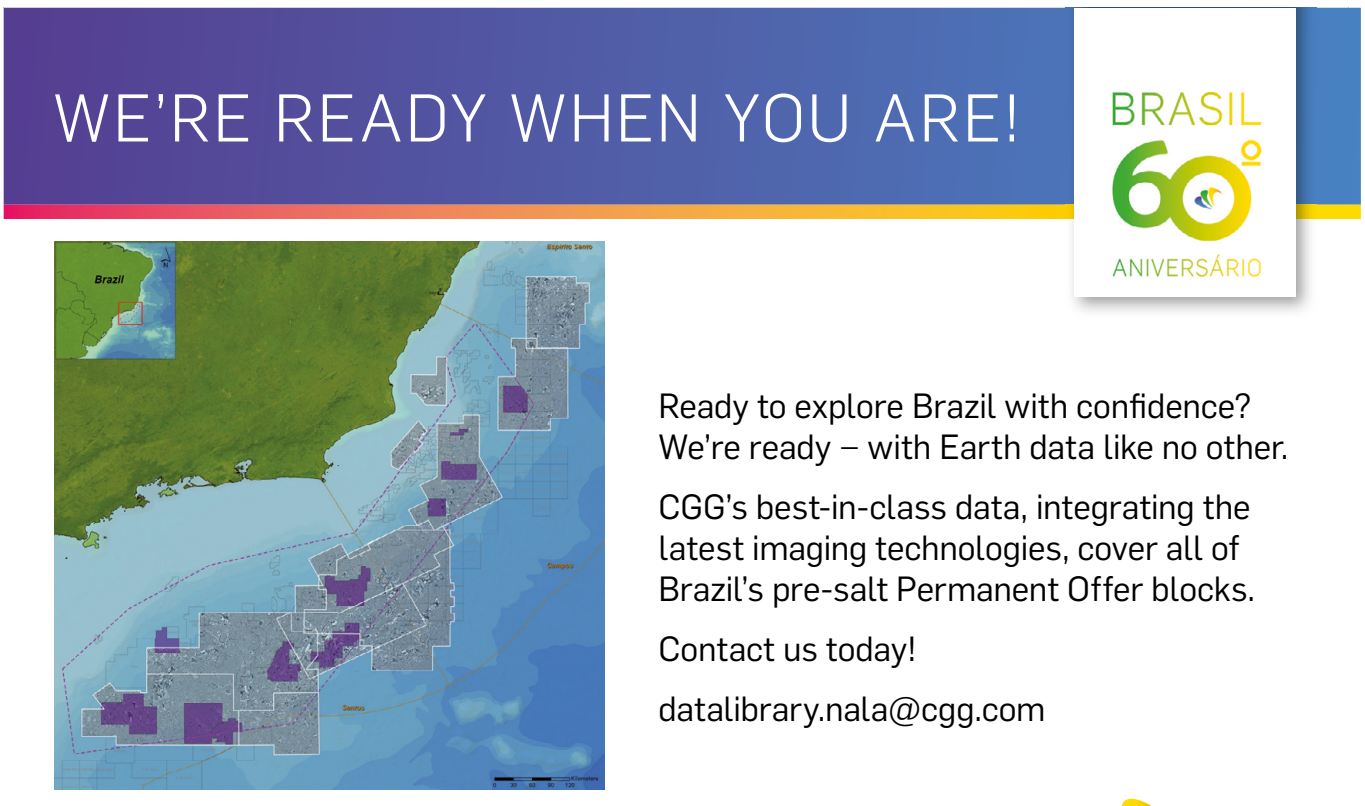
IN MEMORIAM

In Memoriam

A Sociedade Brasileira de Geofísica comunica com grande pesar, o falecimento da Secretária da Divisão Regional Norte (2021-2023), Isadora Augusta Santana de Macedo, ocorrido no dia 08 de junho de 2022, em Belém, PA. O Velório ocorreu na mesma data.

Isadora era Geofísica, Mestre e Doutora pela Universidade Federal do Pará. Na graduação participou do Ciências sem Fronteiras na Universidade da Califórnia (Riverside, EUA). Suas pesquisas eram desenvolvidas nas áreas de geofísica computacional, modelagem e inversão de dados geofísicos, petrofísica e well-to-seismic-tie. Em 2019, recebeu Menção Honrosa "Prêmio SBGf de melhor Tese do período 2018/2019".

Para nós, fica a lembrança da pessoa extremamente profissional, inteligente e gentil. Nossos sentimentos à família e aos amigos.



Entrevista Especial

Pelo Comitê Editorial e Juliana Lima

Boletim SBGf – Por favor, apresente-se.

Dr. Frederico Bedran Oliveira (MME) – Frederico Bedran Oliveira é Geólogo e Advogado, com mestrado em Geologia Econômica e Exploração Mineral. É servidor público da carreira de Analista de Infraestrutura e, atualmente, é Diretor de Geologia e Produção Mineral da Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral do Ministério de Minas e Energia.

Dr. Ronan Magalhães Avilla (ANP) – Ronan Ávila é Geólogo graduado pela UFRuralRJ em 2001; mestre em Ciências em Sistemas Petrolíferos pela UFRJ/COPPE, e especialista em Gestão de Projetos pela USP/ESALQ. Ingressou na Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis em 2013 no cargo de Especialista em Geologia e Geofísica, onde atualmente ocupa a função de Superintendente Adjunto de Avaliação Geológica e Econômica (ANP/SAG). Anteriormente, atuou como analista na Empresa de Pesquisa Energética (EPE) e geólogo no Serviço Geológico do Brasil (CPRM – Data Brasil), tendo começado sua carreira nas Indústrias Nucleares do Brasil (INB). No setor privado, atuou como supervisor de Operações Offshore na empresa Fugro, consultor de G&G nas empresas Halliburton e Paradigm Geophysical, além de mudlogging na empresa Georesearch.

Dra. Fernanda Delgado (IBP) – Fernanda Delgado é atualmente Diretora Executiva Corporativa do Instituto Brasileiro do Petróleo - IBP.

Professora na Fundação Getúlio Vargas (FGV) e Professora do Programa de Pós-Graduação da Escola de Comando e Estado Maior do Exército, via convênio com a FGV. É Doutora em Planejamento Energético (COPPE/UFRJ), Mestre em Tecnologia da Informação (CEFET/RJ), MBA em Finanças Internacionais (FGV/EBAPE) e tem quatro livros publicados sobre Petropolítica.

Tem experiência profissional em empresas relevantes, no Brasil e no exterior, como Petrobras (terceirizada), Deloitte, Vale SA, Vale Óleo e Gás, Universidade Gama Filho e Agência Maritima Dickinson. Também coordena os programas EMPODEREC de mentoria feminina; Economia, Política e Energia no Feminino da FGV Energia e o Clube do texto, sobre análises de textos publicados sobre o cenário energético nacional e internacional. Por fim, Fernanda escreve com frequência na Revista Conjuntura Econômica do IBRE/FGV; na EPBR; na Agência Broadcast do Jornal Estadão, na revista Geopolitics of Energy do Canadian Energy Research Institute (CERI) e na EUCERS Newsletter da Kings College de Londres.

Boletim SBGf – Quais os recursos energéticos serão determinantes, no curto e médio prazo, na mudança da matriz energética do Brasil?

Dr. Frederico Bedran Oliveira (MME) – As metas globais de diminuição ou contenção do aumento do aquecimento global demandam a descarbonização das economias e transição energética para matrizes mais limpas.

Para atingir essas metas, o processo de transição energética inclui o desenvolvimento e a ampliação de novas fontes de energia, como solar e eólica, além de baterias, que demandam um número diversificado e uma grande quantidade de recursos minerais.

A previsão de crescimento mundial da geração de energia renovável aumenta significativamente a demanda por recursos minerais necessários para as tecnologias de energia limpa, tais como: construção de usinas solares, parques eólicos, veículos elétricos (EVs) e baterias.

Comparativamente, essas tecnologias demandam mais minerais do que seus equivalentes baseados em combustíveis fósseis. Um carro elétrico típico requer seis vezes mais insumos minerais que um carro convencional e uma usina eólica *onshore* requer nove vezes mais recursos minerais do que uma unidade de energia a gás.

Assim, a mudança em curso tem um enorme potencial para mudar a escala e a composição da demanda global por minerais e metais.

Minerais e metais possuem um papel fundamental na transição para um futuro de economia de baixo carbono e são cruciais para a forma como a energia é gerada, transportada, armazenada e utilizada.

Os recursos minerais utilizados não são os mesmos, o que trará a necessidade de diversificação da cadeia mineral, com foco em lítio, níquel, cobre, cobalto, manganês, nióbio, vanádio, alumínio e grafite, além de elementos de terras raras para ímãs permanentes, que são vitais para turbinas eólicas e Motores EV (do inglês, Electric Vehicle).

Nesse contexto, o Brasil, por dispor de grande potencial mineral, possui um papel fundamental no suprimento das cadeias nacional e internacional.

É importante destacar que o Brasil está bem posicionado no setor energético com 48% do total de energia de fontes renováveis contra, 14% da média mundial, promovendo grandes oportunidades para o setor mineral, com a produção de minerais com baixa emissão de CO_2, ao utilizar no processo a energia renovável disponível.

Dr. Ronan Magalhães Avilla (ANP) – A matriz energética do Brasil permanece sendo uma das mais renováveis do mundo industrializado. No setor elétrico, domina a geração por usinas hidrelétricas, sendo crescente a participação da biomassa e das eólicas, seguida da contribuição do gás natural que, embora não renovável, é fundamental para garantir a segurança do sistema. Na cadeia de combustíveis, o Brasil é líder no desenvolvimento de tecnologia, produção e uso de biocombustíveis. Embora globalmente bem posicionado, o país assumiu compromissos em diversos fóruns, a exemplo da Cúpula do Clima, para antecipação da neutralidade climática de 2060 para 2050. A curto e médio prazos, mesmo com algumas polêmicas nos números, há metas ousadas de redução dos gases de efeito estufa até 2025/2030. Nesse contexto, é importante esclarecer que para qualquer cenário do planejamento energético, necessitamos das fontes não renováveis na composição da matriz, sendo o gás natural o principal vetor no cenário de transição energética, por ser o hidrocarboneto de menor potencial poluente. No curto prazo, a exploração de gás natural e petróleo deve acelerar nas bacias sedimentares brasileiras, visando a manutenção da segurança energética. Para atingir as metas climáticas, é fundamental o amplo aproveitamento do potencial brasileiro para a fonte eólica, incluindo incorporação de parques no offshore, além das fontes solar e biomassa, tanto para geração centralizada quanto distribuída. Também há previsão para aumento de utilização de energia nuclear. Adicionalmente, há projetos de pesquisa e desenvolvimento, e perspectiva de implementação de projetos piloto, relacionado ao hidrogênio como fonte de energia, assim como captura, uso e armazenamento geológico de CO_2 (CCUS), entre as alternativas principais de médio prazo.

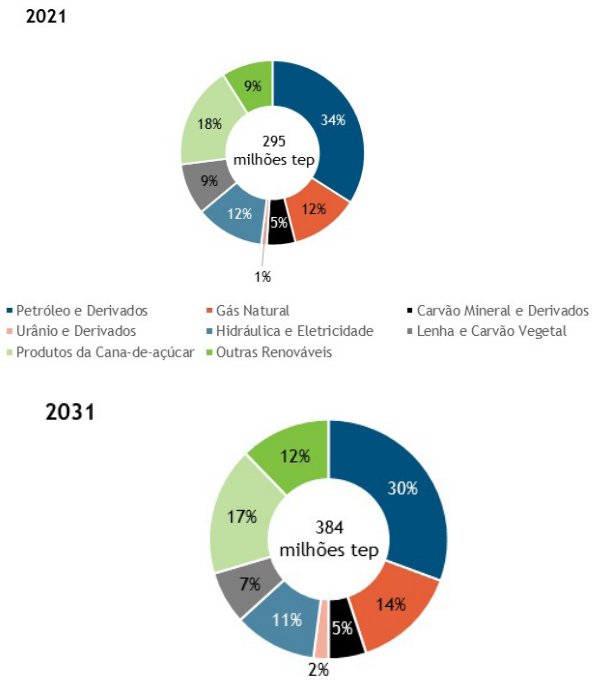
Dra. Fernanda Delgado (IBP) – Geralmente, o principal foco para os próximos anos é na diversificação de fontes e na maior inserção daquelas renováveis na matriz energética. O Brasil já se encontra no perfil almejado para matriz energética mundial na próxima década, de modo que o desafio brasileiro é distinto da maior parte dos demais países. Precisamos atender à demanda crescente de energia sem reduzir expressivamente o percentual de fontes renováveis da nossa matriz energética.

À luz do Plano Decenal de Expansão da Energia 2031 (PCE 2031) da EPE, a oferta interna de energia e o consumo final crescem a um ritmo de 2,7% e 2,5% a.a., respectivamente, até 2031, puxados pelo crescimento econômico estimado pela EPE (2,9% a.a.). O setor industrial é um dos principais vetores do aumento do consumo com a redução da sua ociosidade, e o setor energético com o incremento de produção de O&G, bem como de etanol nas usinas e destilarias.

O petróleo e o gás natural mantêm elevada participação na matriz brasileira, passando de 46% em 2021 para 44% em 2031, com destaque para o gás natural, que tem a sua expansão aliada a maior penetração das fontes renováveis, tendo em vista a intermitência destas fontes.

As fontes renováveis representarão 48% e 83%, respectivamente, das matrizes energética e elétrica em 2031, relativamente estáveis em termos percentuais ante 2021. As fontes eólica e solar observam um aumento da participação na matriz elétrica, impulsionadas principalmente pela micro e minigeração, e respondem por 27,7% da expansão decenal centralizada. Quando comparado ao mundo na totalidade, o Brasil já se apresenta bem posicionado, visto que as fontes renováveis representam, respectivamente, cerca de 14% e 30% das matrizes globais energética e elétrica.

No setor de transportes, o Brasil pode fazer uso de seu protagonismo no mercado de biocombustíveis, pois atualmente é o 2º maior produtor do mundo e possui ¼ de sua matriz de transportes abastecida por biocombustíveis. Nesse contexto, destaca-se a evolução do etanol para abastecimento de veículos leves, e diversas rotas de descarbonização com potencial de ampliar a participação desses energéticos na matriz brasileira, dentre estes o biodiesel, biogás e combustível de aviação sustentável.



Figuras: Participação por fonte na Oferta Interna de Energia

Boletim SBGf – Qual a perspectiva de investimento que o governo e as empresas terão no desenvolvimento

na mudança da matriz energética?

Dr. Frederico Bedran Oliveira (MME) – Grandes investimentos serão necessários para suprir a demanda de minerais, a título de exemplo, a demanda de cobre dobrará até 2050.

No Brasil, segundo dados do IBRAM, esse novo cenário está orientando os novos investimentos, com previsões de mais de US$ 11 bilhões até 2025, em instalação e ampliação de minas para minerais necessários para a transição energética.

Dr. Ronan Magalhães Avilla (ANP) – A princípio vale ressaltar que, durante o período de transição energética, o país precisa manter assegurado o suprimento da demanda; portanto, se faz necessário investimentos em exploração e produção de hidrocarbonetos. Essas atividades, no entanto, não devem se furtar aos compromissos para redução de emissões de gases causadores do efeito estufa. A título de exemplo, os projetos com maior percentual de injeção de CO_2 estão atrelados ao aumento no fator de recuperação de campos de petróleo. Ademais, o gás natural, embora não renovável, deve ocupar papel de destaque durante o período de transição. O Governo Brasileiro vem pautando a mudança na matriz energética em diversas esferas. A título de exemplo, o Conselho Nacional de Política Energética (CNPE), por meio da Resolução no 07/2021, instituiu o programa Combustível do Futuro, visando proposição de medidas para ampliar o uso de fontes sustentáveis e de baixa intensidade de carbono. Alguns dos objetivos são a integração de políticas públicas, a análise do ciclo de vida "do poço à roda", a proposição de estudos para viabilizar tecnologia de célula a combustível a etanol e, estabelecer condições para uso de tecnologia de captura e armazenamento de carbono associada à produção de biocombustíveis. Dessa forma, resumidamente, as fontes renováveis já consolidadas como eólica, solar e biomassa, receberão investimentos relevantes do setor privado no curto prazo. Além disso, discussões em pauta podem acarretar proposições legislativas e desenvolvimento de arcabouço regulatório adequado para incorporação de novas fontes como, por exemplo, o hidrogênio, atraindo novos investimentos para o país e contribuindo para mudança na matriz energética.

Dra. Fernanda Delgado (IBP) – Há um foco específico no setor elétrico, que precisará tornar-se cada vez mais resiliente às intermitências advindas tanto da maior inserção de fontes como solar e eólica, mas também da eletrificação e do crescimento da geração distribuída.

O PDE 2031 destaca os volumes de investimento para expansão do Sistema Interligado Nacional (SIN) de R$ 100,7 bilhões, sendo R$ 69,9 bilhões em linhas de transmissão e R$ 30,8 bilhões em subestações. Além de R$ 292 bilhões para geração centralizada e R$ 135 bilhões para geração distribuída (micro e minigeração).

No *upstream* de O&G, a evolução da produção nacional demandará cerca de US$ 183 bilhões (cerca de R$ 820 bilhões) em CAPEX no período 2022-2031, segundo estimativas do IBP.

Estudos do IBP e da consultoria Leggio identificaram os investimentos setoriais e multisetoriais previstos e indicativos no país, cerca de R$ 9 bilhões para infraestrutura setorial, incluindo dutos, ferrovias e portos, e R$ 109 bilhões em investimentos em infraestrutura multisetorial. Nos biocombustíveis, estima-se ainda R$ 6,5 bilhões de investimentos em usinas de etanol de milho e biodiesel.

Para o mercado de gás natural, a EPE estima R$ 138 bilhões de investimentos em projetos previstos ou indicativos, cerca de R$ 85 bi para gasodutos de escoamento e transporte, R$ 49 bilhões para UPGNs e hubs e pouco mais de R$ 2 bilhões em terminais de regaseificação de GNL.

Globalmente, os patamares de investimentos condizentes com as metas do Acordo de Paris precisam se elevar acentuadamente, conforme o relatório Net Zero By 2050 da Agência Internacional de Energia. Esses investimentos devem saltar de uma média anual de pouco mais de US$ 2 trilhões entre 2016 e 2020 para US$ 5 trilhões até 2030, com grande foco na geração de eletricidade e suas redes de transmissão, assim como o desenvolvimento da produção por fontes renováveis e de tecnologias de energia limpa, como o caso da Captura, Utilização e Armazenamento de Carbono (CCUS, na sigla em inglês).

Para o setor de O&G, os últimos anos tem se observado um aumento dos investimentos das grandes empresas fora da própria cadeia para diversificar seus portfólios, na maioria direcionados para as energias solar e eólica, responsáveis por cerca de 90% de todo o investimento global que as empresas do setor fizeram fora da cadeia de O&G em 2019. Estima-se que o percentual investido por empresas de O&G em energias renováveis quadruplicou em 2021, com investimentos pelo setor em fontes eólicas offshore no primeiro trimestre superando a totalidade dos investimentos realizados pelo setor nessa modalidade ao longo de todo o ano de 2020.

Em relação à compensação e redução da intensidade de emissões, os investimentos em captura e uso de CO_2 (CCUS) são o principal exemplo. Essa é uma das principais medidas para redução das emissões no setor energético, com expectativa de 19% de participação em 2070. O CCUS teve 37% de todo o seu investimento global acumulado realizado entre 2015 e 2018 proveniente do setor de O&G. Atualmente, mais da metade da capacidade global de captura de CO_2 vem de plantas de processamento de gás natural. Essa captura advém da necessidade da separação do gás hidrocarboneto do CO_2 para cumprir requisitos de mercado ou para sua liquefação na produção de GNL. O CO_2 capturado pode ser utilizado, por exemplo, para a produção de combustíveis sintéticos para transportes de longa distância, especialmente no setor de aviação, bem como para produção de hidrogênio de baixo carbono.

Boletim SBGf – Qual o papel das geociências na transição energética?

Dr. Frederico Bedran Oliveira (MME) – As geociências têm um papel fundamental na transição energética na identificação de novas fontes de energia, descobertas de novas ocorrências minerais e substitutos, capazes de suprir a demanda da nova indústria de tecnologia.

A descoberta de novos depósitos minerais, em grandes profundidades e de mais baixo teor, bem como o aproveitamento de rejeitos, exigirão o desenvolvimento de novas tecnologias, ampliando ainda mais a importância da geologia e da geofísica.

Além disso, o novo cenário de produção mineral, com baixo nível de emissão de carbono, está exigindo um redesenho dos processos de lavra e processamento mineral, que impactam nos estudos geológicos dos depósitos minerais.

Dr. Ronan Magalhães Avilla (ANP) – O papel das geociências na transição energética é fundamental. Não há uma abordagem única capaz de lidar com todos os desafios para alcançar a neutralidade de carbono nas próximas décadas. A solução é composta por diversas medidas, que podem ser agrupadas em um tripé de sustentabilidade; no qual, o primeiro pilar consiste em assegurar o suprimento da demanda energética; o segundo consiste na escalabilidade quanto a instalação de fontes renováveis com tecnologias consolidadas e, o terceiro consiste na criação de condições para implementação de novas fontes renováveis. Isso exposto, passamos aos exemplos práticos do papel das geociências em cada pilar. Quanto à segurança energética, cumpre ressaltar que um campo de petróleo tem vida produtiva média na ordem de 25-35 anos. Além disso, a exploração deve ser acelerada no Brasil de modo a realizar descobertas que incorporem reservas evitando desabastecimento. Essas atividades de E&P são demandantes intensivas de geólogos, geofísicos, geoquímicos e geocientistas em geral, provendo empregos que exigem elevada especialização e retornam salários compatíveis. Quanto às tecnologias consolidadas de fontes renováveis, o aumento acelerado no uso de painéis solares demandará atividade intensiva de mineração e, as torres eólicas deverão ser instaladas inclusive no offshore, demandando atividades de Survey. Por fim, quanto às novas fontes, a título de exemplo, a produção de hidrogênio na rota azul combinada ao CCUS demandaria pesquisas geológicas, geofísicas e geoquímicas, relacionadas, sobretudo, ao armazenamento geológico de CO_2. Essa lista não exaustiva de exemplos corrobora a relevância das geociências, que deve se somar a uma pluralidade de atores, necessários para que a transição energética continue se consolidando no Brasil de forma segura.

ENTREVISTA

Dra. Fernanda Delgado (IBP) – A transição energética está pautada na expansão de diversas tecnologias e bens que contribuem para a redução das emissões, muitas das quais dependem de uma gama de minerais e metais, como as baterias - que utilizam lítio, níquel, cobalto, etc. No Cenário de Desenvolvimento Sustentável (SDS) da Agência Internacional de Energia, no período até 2040, o crescimento médio anual da demanda por níquel e cobalto é duas e cinco vezes maior, respectivamente, do que os níveis observados na década de 2010. No caso do cobre, a SDS prevê a continuação do forte crescimento da demanda na década de 2010 até as próximas décadas.

Após décadas de custos decrescentes das baterias, painéis solares e turbinas eólicas, essa trajetória foi revertida este ano com os gargalos das cadeias de suprimento e questões geopolíticas que elevaram os preços de diversas commodities. Os preços de certos minerais aumentaram fortemente desde o segundo semestre de 2020, com alguns atingindo máximas históricas. Isso se deve às expectativas de forte crescimento futuro, bem como à recuperação da demanda na China. Nesse sentido, é fundamental atentar à capacidade de oferta para atender à demanda – especialmente porque muitos governos têm redobrado os esforços para acelerar as transições energéticas.

Por outro lado, as operações atuais de produção e processamento de muitos minerais de transição energética estão altamente concentradas em um pequeno número de países, tornando o sistema vulnerável à instabilidade política, riscos geopolíticos e possíveis restrições à exportação. Os desafios da disponibilidade e sustentabilidade da oferta dessas commodities, em especial dos minerais estratégicos, já eram pontos realçados por diversos agentes nas discussões sobre transição energética e ganharam tração nos últimos meses.

Nesse contexto, as geociências exercem papel importante para o mapeamento do potencial exploratório desses minerais no país e no mundo, visando acompanhar a evolução das tecnologias tidas como necessárias para o atingimento das metas climáticas, bem como apresentar ações e alternativas que garantam a disponibilidade da oferta e a resolução de obstáculos observados no horizonte.

Fundação GORCEIX
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA TECNOLOGIA E AÇÃO SOCIAL

DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA DO PETRÓLEO - DEPETRO

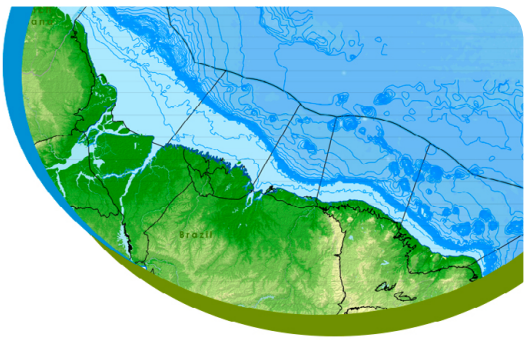
Áreas de Atuação

Análise de Bacias Sedimentares
Conversão e Formatação de Dados Sísmicos (Padrão BR, Padrão ANP)
Recuperação e Transcrição de Dados de Fitas
Remasterização e Vetorização de Dados Sísmicos e de Poços
Guarda de Mídias
Treinamento em Gestão de Dados de E&P
Rede de Dados Geofísicos - RDG

CONTATOS: Fundação Gorceix - DEPETRO
www.gorceix.org.br
depetro@gorceix.org.br
Telefones: (31) 3559-7189 / 3559-7100

Atualize seu cadastro no *site*
www.sbgf.org.br

SBGf
WORKSHOP THE DEEP AND ULTRA-DEEP WATERS OF THE EQUATORIAL MARGIN OF BRAZIL
THE LAST UNTAPPED FRONTIER IN THE EQUATORIAL ATLANTIC
JULY 19, 2022



IX Simpósio Brasileiro de Geofísica

IX SimBGf INTERAÇÃO UNIVERSIDADE INDÚSTRIA

4-6 OUT 2022

Curitiba - PR

Setor de Tecnologia da UFPR
Campus Centro Politécnico

Realização

SBGf

UFPR Universidade Federal do Paraná

Tecnologia

Apoio

AGEPAR Associação Profissional dos Geólogos do Paraná

INCT-GP

LPGA

Programa de Geologia e Geofísica Marinha PGGM

Sociedade Brasileira de Geologia desde 1946

Geofísica Paraná - Sudeste Brasil SEG Society of Exploration Geophysicists

Patrocínio Diamante

VALE

PETROBRAS

PÁTRIA AMADA BRASIL GOVERNO FEDERAL

Jardim Botânico, Curitiba - PR

http://simposio.sbgf.org.br

TRANSIÇÃO ENERGÉTICA E O PAPEL DA GEOFÍSICA

Fernando Ramos Martins – Universidade Federal de São Paulo (USP)

Mariani et al. (2016) mencionam que, além da água e do ar, a energia é um recurso essencial para a sobrevivência da humanidade, para a redução da pobreza e para o desenvolvimento sustentável. Lima et al. (2017) mencionam que a vida como a conhecemos está intrinsecamente associada aos processos de conversão de energia, e a sociedade humana está estabelecida e fundamentada na conversão de fontes de energia para suporte a uma grande variedade de atividades sociais e econômicas.

Nas sociedades primitivas, a energia para aquecimento e cozimento de alimentos era obtida principalmente a partir da lenha. Com o passar do tempo, a demanda por energia para a vida humana expandiu, à medida que a humanidade se apropriou do conhecimento e desenvolveu tecnologia para a conversão de outros recursos naturais. Emprego de animais, aproveitamento de cursos d'água e do vento passaram a ser utilizados para atender as necessidades crescentes de energia dos seres humanos que se fixaram em agrupamentos, e mais tarde em cidades. A maior disponibilidade de energia propiciou avanços significativos para a humanidade como a mobilidade em grandes distâncias, como a navegação à vela. As descobertas e aprendizado para o aproveitamento de fontes energeticamente mais intensivas, como carvão e petróleo, possibilitaram as diversas fases da revolução industrial que alavancou um avanço em produtividade econômica, e novas demandas de energia para dar suporte ao patamar de qualidade de vida alcançado no último século. Vários estudos indicam que a demanda energética continuará crescendo nas próximas décadas (Smill, 2020; York e Bell, 2019; Goldemberg e Lucon, 2012), principalmente em países emergentes economicamente.

Nesse contexto, percebe-se as mudanças de paradigma no uso de fontes de energia ao longo da história da humanidade desde os primórdios. Muitas definições podem ser encontradas para o termo transição energética (Fattouh et al., 2019), no entanto, é importante ter em mente que a transição energética é um processo complexo e não limitado à simples substituição de uma fonte de energia. Embora a transição energética seja frequentemente avaliada com base na velocidade ou na dimensão das mudanças, trata-se de um processo multicamadas com envolvimento de múltiplos atores. Segundo Sovacool e Geels (2016), a transição energética envolve mudanças em três dimensões inter-relacionadas:

1. Os elementos tangíveis do sistema energético, que incluem tecnologia, infraestrutura, mercado, equipamentos de produção, padrões de consumo e cadeias de distribuição;
2. Atores e suas competências, colaborações e conduta no que concerne às estratégias e padrões de investimento; e
3. Regimes sociotécnicos que contempla instituições, regulamentos e políticas formais, bem como a mentalidade e sistemas de crenças, discursos e visões sobre normalidade e práticas.

Assim, a transição é multidimensional, complexa, não linear, não determinística e sua evolução acontece envolvida em muitas incertezas.

Estudos sobre os períodos de transição energética ocorridos no passado mostram diferenças na composição da oferta de energia primária e suas mudanças seculares, bem como nas taxas de adoção de novos conversores de energia e nas participações de demanda energética. Países como os EUA, Rússia e China seguiram a sequência típica com mudança da biomassa (lenha) para carvão seguindo para hidrocarbonetos (carvão e petróleo) e, posteriormente, para as quotas crescentes de eletricidade primária (hidrelétrica e nuclear). Alguns países não apresentaram o período de grande aproveitamento do carvão dadas as características locais e o seu processo de industrialização (Fouquet, 2016). As taxas de eletrificação também são bastante distintas nas diversas regiões do planeta, sendo que quase um bilhão de pessoas ainda não têm acesso a esse recurso. O emprego de combustíveis fósseis para mobilidade e transporte de cargas também apresentou diferenças geográficas significativas entre as principais economias do mundo com adoção mais rápida nos Estados Unidos seguidos por países europeus apenas após a Segunda Guerra Mundial (Fattouh et al., 2019).

Uma característica chave das transições históricas é que elas ocorreram em virtude de oportunidades para o emprego de novas fontes mais intensivas de energia para aumento da eficiência energética e crescimento de produtividade nas atividades humanas. A transição energética atual busca uma mudança de paradigma para baixo carbono de modo que seja orientada para mitigar preocupação ambiental global (mudanças climáticas e poluição dos recursos naturais) associados ao consumo de energia e, portanto, envolve um bem público coletivo. Neste contexto, a política desempenha um papel primordial na transição atual.

A transição energética que estamos vivenciando não tem precedentes pelas razões de sua desejada aceleração, pela escala (global) necessária e por sua dependência em fontes intermitentes com baixa densidade de potência e intrinsecamente relacionadas ao clima e às condições meteorológicas locais.

Fouquet (2016) avaliou tendências de longo prazo nos mercados de energia do Reino Unido para a política

energética e climática. Apesar do escopo regional, o estudo oferece uma perspectiva temporal que oferece evidências empíricas no contexto de consumo de energia. O autor evidencia que as respostas dos consumidores aos mercados de energia mudam com o desenvolvimento econômico de modo que o consumo de energia tende a ser mais responsivo às mudanças de renda per capita quando em situação de baixo e médio desenvolvimento econômico. As políticas energéticas são cruciais para a prosperidade de longo prazo em processo de industrialização dado que é momento em que as escolhas de tecnologias, infraestrutura, instituições e comportamento são mais flexíveis do que para uma economia industrial já consolidada. Sem regulamentação e incentivos, decisões privadas em períodos de rápido desenvolvimento econômico podem fazer com que os consumidores experimentem altos preços de serviços de energia no longo prazo e vincula uma trajetória de alta intensidade energética com impactos relacionados à poluição ambiental, vulnerabilidade a choques de preços de energia e pressões políticas de empresas de energia.

A questão que surge no contexto da transição energética atual é se estamos promovendo uma substituição real de fontes fósseis ou apenas adicionando novas fontes sem reduzir a participação das fontes convencionais associadas às emissões de gases de efeito estufa. York e Bell (2019) constataram que nas transições históricas, como a mudança do carvão para o petróleo e mesmo nas anteriores, não houve decréscimo do consumo das fontes predominantes em termos absolutos ao longo do período de transição. A Figura 1 demonstra que o crescimento da participação do petróleo e do gás natural não impediu o consumo crescente de energia produzida pela queima de carvão (Figura 1b. Os autores associam esse comportamento ao crescimento da demanda de energia em razão de avanços tecnológicos decorrentes da maior eficiência energética e disponibilidade do recurso a preços reduzidos.

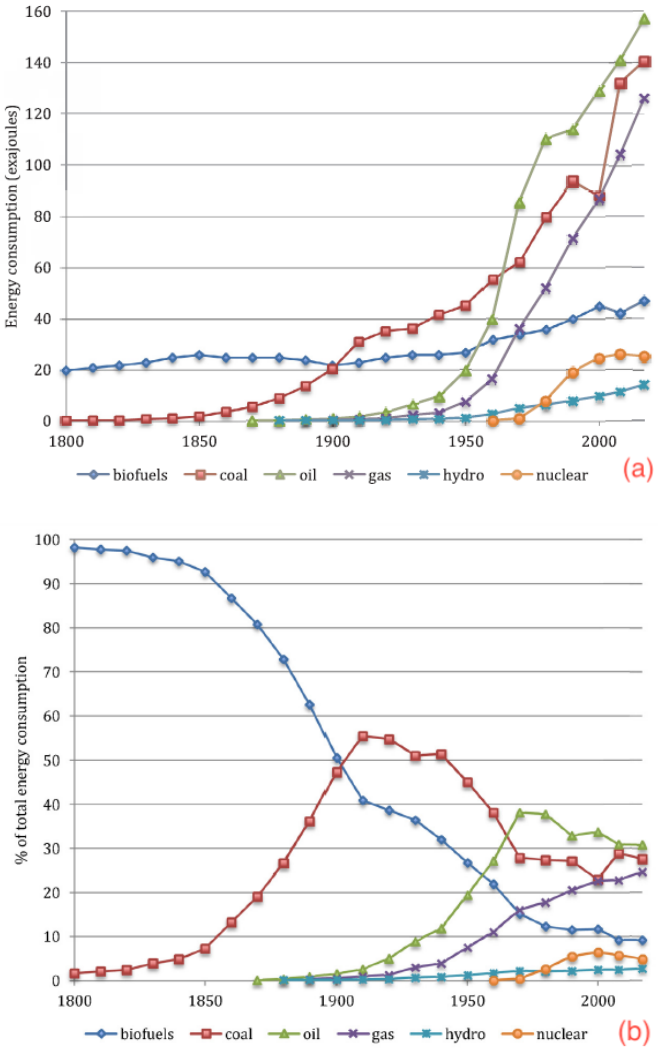


Figura 1 – Consumo global de energia de diferentes fontes entre 1800 e 2017: (a) valores absolutos e (b) fração de participação (York e Bell, 2019).

Esse padrão histórico sugere que a simples promoção das fontes renováveis de energia pode não levar a uma transição completa com redução efetiva dos combustíveis fósseis visto que adicionar recurso energético à oferta de energia suprime os preços e, portanto, ajuda a estimular o consumo (Zehner, 2012). Um padrão similar está presente na matriz energética brasileira, apesar da grande participação do etanol como combustível de veículos automotores desde a década de 1980 (EPE, 2021a). No entanto, se observamos a matriz elétrica nacional, nota-se que a diversificação de fontes com a inclusão de novas fontes renováveis (solar, eólica e biomassa de cana) ao longo da última década está contribuindo para deslocar a participação de fontes fósseis. A Figura 2 apresenta os valores absolutos de geração elétrica e a fração de participação das novas fontes renováveis e fontes fósseis entre 2012 e 2020, segundo dados publicados pela EPE (2021b). Dois aspectos devem ser destacados: (i) a geração hidroelétrica apresentou uma queda de cerca de 10% de participação ao longo do período analisado na Figura 2 em boa parte devido ao período prolongado de secas que impulsionou o crescimento da participação de derivados de petróleo entre 2012 e 2015; (ii) a redução da geração de eletricidade no país (cerca de 1%) devido ao impacto econômico da pandemia COVID nos anos 2019–2020.

A Figura 2 destaca o crescimento vertiginoso da participação da geração eólica a partir de 2013 atingindo próximo de 10% do total de geração de eletricidade no Brasil. Percurso semelhante está sendo trilhado pela geração solar fotovoltaica com um diferencial associado ao fato de sua adaptação à modalidade de geração distribuída dado o seu caráter modular. Dados da Absolar (2022) indicam que cerca de 2/3 da capacidade instalada em geração solar ocorre em sistemas distribuídos instalados próximos aos centros consumidores.

Estudos realizados ao longo das últimas duas décadas demonstram que o Brasil possui um potencial elevado dos recursos solar e eólico em seu território, propiciando condições para implantação de tecnologias de geração híbrida com combinação das fontes solar, eólica e hidroelétrica (Campos et al., 2021; Rodrigues, 2021, Lima et al, 2019.

Pereira et al., 2017; Martins et al. 2008; Amarante et al, 2001). Além da geração onshore, estimativas do recurso offshore em águas territoriais brasileiras também demonstram condições para geração a partir dos ventos e de energias oceânicas na costa brasileira (Vinhoza e Schaeffer, 2021; Oliveira et al., 2021; Shadman et al., 2019; Silva et al., 2016).

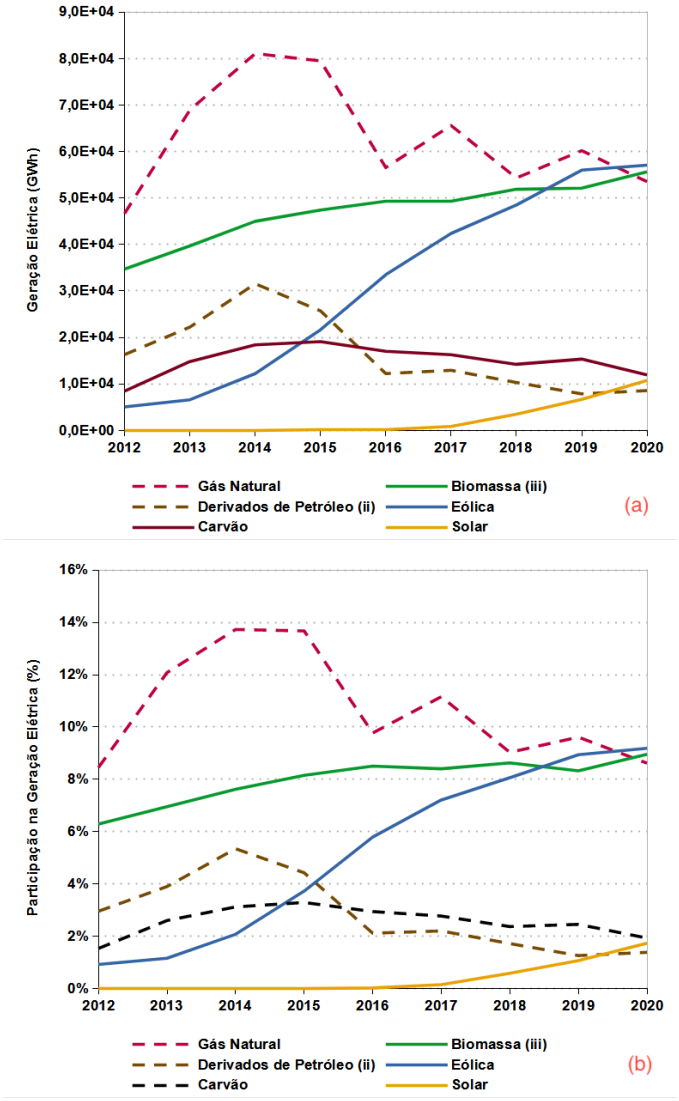


Figura 2. Geração de eletricidade no Brasil a partir de fontes fósseis e das novas fontes renováveis: (a) valores absolutos e (b) fração de participação. Baseado em dados publicados pela EPE (2021b).

O cenário descrito acima evidencia a importância da implantação de políticas integradas para o setor de energia com o intuito de reduzir os riscos de "aprisionamento" ao consumo de recursos intensivos em carbono, afastando o país dos compromissos internacionais assumidos nas Conferências do Clima e dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável estabelecidos na Agenda 2030. Além das políticas energéticas voltadas para incentivo e regulação da expansão dos recursos energéticos renováveis na matriz energética, as políticas públicas devem buscar integrar o desenvolvimento tecnológico nacional por meio do fomento de pesquisa e formação de recursos humanos para atuar nas diversas áreas de conhecimento envolvidas nas três dimensões do processo de transição energética.

Como mencionado anteriormente, a complexidade e a abrangência envolvidas na transição energética requerem uma atuação multi e interdisciplinar que propicie um avanço efetivo: no conhecimento sobre os recursos disponíveis; no desenvolvimento de estratégias e tecnologias de implementação adaptadas para as condições típicas observadas no território nacional e na minimização de seus impactos sociais e ambientais. A localização geográfica do Brasil na região tropical traz especificidades e problemáticas distintas daquelas observadas nos países onde o aproveitamento dos recursos solar e eólico estão consolidados como EUA, União Européia e China. Neste contexto, as geociências, incluindo a geofísica, possuem uma importância capital na busca de soluções inovadoras para tirar proveito da extensão costeira e das características dos níveis elevados e de pequena variabilidade sazonal da irradiação solar e velocidade de vento encontrados no território brasileiro e suas águas territoriais.

A atuação dos profissionais da geofísica fornece suporte fundamental para a consolidação de novas tecnologias de exploração de petróleo em águas profundas, e o conhecimento adquirido pode ser o ponto de partida para novos avanços no aproveitamento tanto dos recursos energéticos oceânicos quanto do recurso eólico *offshore*. Além disso, a geofísica espacial que engloba o estudo da interação entre os fenômenos do universo com a composição e dinâmica do planeta pode ampliar o conhecimento sobre recursos renováveis de energia.

REFERÊNCIAS\

ABSOLAR. 2022. Benefícios da fonte solar no Brasil. Infográfico ABSOLAR. Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica. Online: www.absolar.org.br/mercado/infografico/.

AMARANTE OAC, BROWER M, ZACK ALS.. 2001. Atlas do Potencial Eólico Brasileiro. Centro de Pesquisas de Energia Elétrica, Brasília, 45p.

CAMPOS EF, PEREIRA EB, VAN OEL P, MARTINS FR, GONÇALVES AR, COSTA RS. 2021. Journal of Environmental Management, v. 294, 112989.

EPE. 2021. Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2021: ano base 2020. Empresa de Pesquisa Energética. Brasília, 268 p.

FATTOUH B., POUDUNEH R., WEST R. 2018. The rise of renewables and energy transition: what adaptation strategy for oil companies and oil-exporting countries. OIES paper: MEP 19. Oxford Institute for Energy Studies, Oxford, 25 p.

FOUQUET R. 2016. Lessons from energy history for climate policy: technological change, demand and economic development. Energy Res. Soc. Sci, v. 22, p. 79-93.

GOLDEMBERG J & LUCON O. 2012. Energia, Meio Ambiente e Desenvolvimento, EDUSP, São Paulo, 400 p.

GONÇALVES AR. 2021. Hibridização de usinas eólicas e solares e sua complementaridade no Brasil. (Tese de Doutorado). Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 120p.

LIMA FJL, MARTINS FR, SANTOS RC, GONÇALVES AR, SANTOS APP, PEREIRA EB. 2019. The seasonal variability and trends for the surface solar irradiation in northeastern region of Brazil. Sustainable Energy Tech. Ass., v. 35, p. 335-346.

LIMA LC, FERREIRA LA, MORAIS FHB. 2017. Performance analysis of a grid connected photovoltaic system in northeastern Brazil. Energy for Sustainable Development, v. 37, p. 79-85.

MARIANI L., GUARENGHI MM, MITO JYL, CAVALIERO CKN, GALVÃO RRA. 2016. Análise de oportunidades e desafios para o Nexo água-energia. Desenvolvimento e Meio Ambiente, v. 37, p. 9-30.

MARTINS FR, RUTHER R, ABREU SL, PEREIRA EB. 2008. Solar energy scenarios in Brazil. Part two: Photovoltaics applications. Energy Policy, v. 36, p. 2855-2867.

OLIVEIRA L, SANTOS IFS, SCHIMIDT NL, TIAGO FILHO GL, CAMACHO RGR, BARROS RM. 2021. Economic feasibility study of ocean wave electricity generation in Brazil. Renewable Energy, v. 178, p. 1279-1290.

PEREIRA EB, MARTINS FR, GONÇALVES AR, COSTA RS, LIMA FLJ, RUTHER R, ABREU SL, TIEPOLO GM, PEREIRA SV, SOUZA JG. 2017. Atlas Brasileiro de Energia Solar. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 80 p.

SHADMAN M, SILVA C, FALLER D, WU Z, ASSAD LPF, LANDAU L, LEVI C, ESTEFEN SF. 2019. Ocean renewable energy potential, technology, and deployments: a case study of Brazil. Energies, v. 12, p. 3658.

SILVA AR, PIMENTA FM, ASSIREU AT, SPYRIDES MHC. 2016. Complementarity of Brazil's hydro and offshore wind power. Renewable and sustainable Energy Reviews, v. 56, p. 413-427.

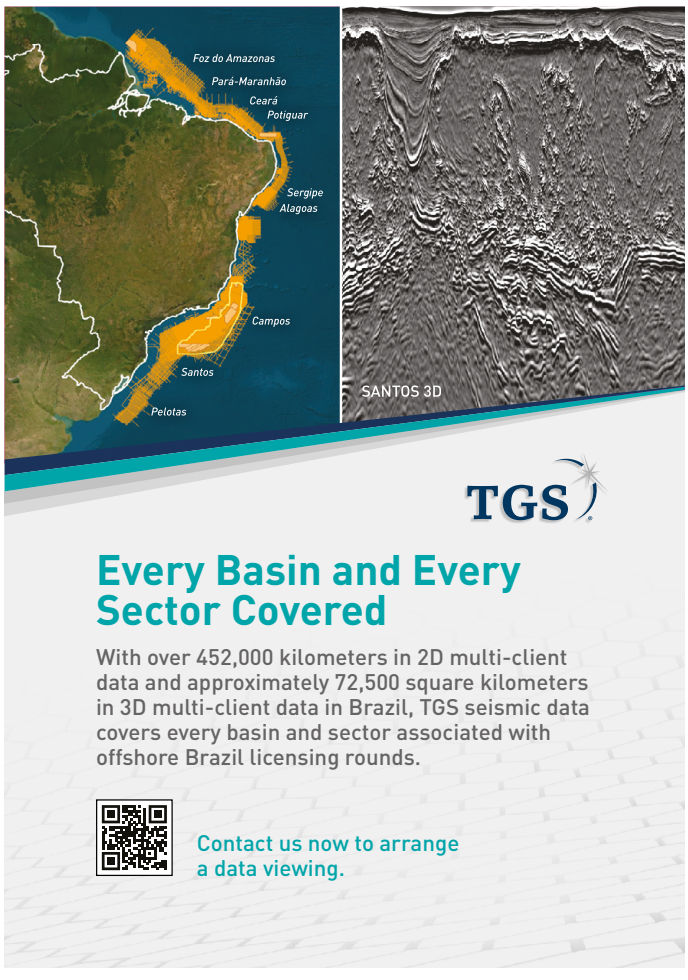
SOVACOOL BK & GEELS FW. 2016. Further reflections in the temporality of energy transitions: a response to critics. Energy Res. Soc. Sci., v. 22, p. 232-237.

SMIL V. 2020. Energy transitions: Fundamentals in six points. Papeles de Energía, v. 8, p. 1-10.

VINHOZA A & SCHAEFFER R. 2021. Brazil's offshore wind energy potential assessment based on spatial multi-criteria decision analysis. Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 146, p. 111185.

YORK R & BELL SE. 2019. Energy transitions or additions? Why a transition from fossil fuels requires more than the growth of renewable energy. Energy Res. Soc. Sci, v. 51, p. 40-43.

ZEHNER O. 2912. Green illusions: the dirty secrets of clean energy and the future of environmentalism. University of Nebraska Press, Lincoln, NE.



ARTIGO TÉCNICO II

PIONEIRISMO EM *BIOMASS ENERGY WITH CARBON CAPTURE AND STORAGE* (BECCS) NO BRASIL: PROCESSAMENTO SÍSMICO COMO HABILITADOR

Marina F Pantoja, Guilherme Veloso, Pedro Barros, David Ruckel, Thais Sales (SLB) e Milas Sousa (Renovar) e Claudia Shirozaki (FS Bioenergia).

CONTEXTUALIZAÇÃO - BECCS E FS BIOENERGIA

O crescimento observado durante as últimas décadas com respeito à concentração de CO_2 e outros gases de efeito estufa na atmosfera, considerado como fator relevante para as mudanças climáticas, posicionou a busca por energias mais limpas e processos para redução da emissão de gases poluentes como tópicos presentes nas principais discussões das altas cúpulas no mundo (IEA, 2022).

Neste cenário desafiador, vem ganhando força a captura e armazenamento de dióxido de carbono em reservatórios geológicos (Carbon Capture and Storage) (Global CCS Institute, 2019). Esta tecnologia consiste no processo integrado de captura e separação do CO_2 proveniente de fontes estacionárias (indústrias, usinas, etc.), compressão e transporte para um local de armazenamento adequado por meio da injeção em formações rochosas subterrâneas (KETZER et al. , 2016). Dada a grande ocorrência de bacias sedimentares com condições adequadas para armazenamento de CO_2 e sua proximidade às fontes emissoras de carbono, o CCS assume um papel importante como uma das tecnologias necessárias para o atingimento da neutralidade de carbono, conforme preconiza a Agência Internacional de Energia.

Dentro do amplo conceito de CCS, destaca-se o processo BECCS: é a sigla para *Biomass Energy with Carbon Capture and Storage* (FAJARDY e MAC DOWELL, 2017), tendo sua tradução para o português como Sistemas de Bioenergia com Captura e Armazenamento de Carbono. Neste processo, a energia é extraída em formas úteis (eletricidade, calor, biocombustíveis, etc.), à medida que a biomassa é utilizada por meio de combustão, fermentação, pirólise ou outros métodos de conversão. Com a adoção do BECCS, o carbono que seria ventilado para a atmosfera pode ser armazenado por sequestro geológico, permitindo a remoção de dióxido de carbono da atmosfera, o que pode conferir uma pegada de carbono negativa a esse processo produtivo.

No terceiro trimestre de 2020, a companhia FS Bioenergia deu início ao primeiro projeto de BECCS no Brasil, na planta localizada em Lucas do Rio Verde (LRV), Mato Grosso, em que conta com a participação da Schlumberger como parceira para a gestão e execução de diversas atividades relacionadas ao armazenamento de carbono em subsuperfície.

Figura 1. Localização do projeto em Lucas do Rio Verde, Mato Grosso.

A FS Bioenergia é a primeira produtora de etanol do Brasil com 100% da matéria prima a partir do milho. Iniciou suas operações em 2017 e conta hoje com duas unidades fabris, sendo uma em Lucas do Rio Verde e a outra em Sorriso, ambas em Mato Grosso. Atualmente, a FS Bioenergia é a quarta maior produtora de etanol do Brasil, com capacidade de produzir 1,4 bilhões de litros de etanol por ano, contabilizando as duas plantas. Há ainda um programa de expansão através de plantas adicionais que visa alcançar 4,8 bilhões de litros por ano até 2025.

A iniciativa em questão é parte fundamental da forte agenda ESG (Ambiental, Social e de Governança) da FS Bioenergia, que almeja evitar a emissão de 31,7 milhões de toneladas de CO_2, além de alcançar emissão negativa de carbono na planta de Lucas do Rio Verde.

VISÃO GERAL DO PRIMEIRO PROJETO DE BECCS DO BRASIL

O programa BECCS realizado pela FS Bioenergia tem como objetivo final o armazenamento geológico seguro e permanente de 423.000 toneladas por ano de CO_2 (1.200 t/dia), que equivale ao volume de CO_2 evitado pela conservação de mais de 37 mil hectares de floresta nativa da Amazônia em um ano. Para isso, o projeto compreende dois componentes principais: estocagem e engenharia.

O projeto de estocagem é desmembrado em uma série de atividades, dentre as listadas: revisão detalhada da geologia regional da Bacia dos Parecis, reprocessamento de dados sísmicos 2D regionais pré-existentes, aquisição e processamento de sísmica 3D na área do projeto, modelagem computacional de reservatórios e de geomecânica. Além do planejamento e execução da perfuração do poço de injeção e dos poços de monitoramento da pluma de CO_2, bem como a operação da injeção.

Já o projeto de engenharia contempla todos os estudos e análises de engenharia para definição e implementação do sistema de captura, compressão, desidratação e transporte de CO_2 ao poço de injeção. Como resultado destes estudos, serão definidas as tarefas relacionadas à aquisição de bens e serviços para a construção, montagem e comissionamento das instalações do sistema.

Devido à elevada complexidade de planejamento, gestão e execução, o projeto foi dividido em quatro fases, com portões decisórios ao final de cada fase para avaliação da continuidade do projeto, de acordo sua viabilidade técnica e econômica, seguindo todos os requisitos ambientais/regulatórios:

1. **Viabilidade Técnica e Econômica Preliminar:** concluída em setembro/2020
2. **Viabilidade Técnica e Econômica Detalhada:** concluída em maio de 2022
3. **Confirmação do Potencial de Injeção de CO_2:** conclusão prevista para março de 2023
4. **Implementação do Projeto:** conclusão prevista para junho de 2024

PROCESSAMENTO SÍSMICO COMO PEÇA FUNDAMENTAL NO PROCESSO

Como parte da segunda fase do projeto de estocagem, o reprocessamento de linhas 2D na região e o uso de conhecimento geofísico foi parte importante na compreensão das formações rochosas no local da planta. Para uma compreensão mais robusta, foi realizada uma aquisição e processamento 3D sobrepondo a área de interesse, planta da FS Bioenergia e possível localização dos reservatórios.

A aquisição e processamento 3D foram feitos por uma companhia prestadora de serviços externa contratada pela FS Bioenergia. O alinhamento entre as companhias e a FS Bioenergia foi primordial para a execução dessa fase.

A aquisição 3D e seus parâmetros de aquisição foram pensados para possibilitar o imageamento de reservatórios de interesse previamente identificados em poços de correlação, que se encontram a mais de 70 km da locação do Projeto. Isso dificulta as análises e impossibilita que amarrações sísmica-poço sejam feitas com acurácia, influenciando assim, a etapa fundamental de análise e modelagem do reservatório.

Durante uma primeira avaliação na fase 1, já tinha conhecimento sobre a existência de algumas campanhas de aquisição 2D nas áreas que cruzam (ou se aproximam) dos poços mapeados. Dessa forma, as linhas 2D existentes foram incluídas no projeto com o objetivo de facilitar a amarração sísmica-poços. Essas linhas já haviam sido processadas de forma separada, uma delas em 2009 e a outra 2017, o que poderia implicar em dificuldades de amarração em diversas etapas: amarração entre linhas 2D, amarração de linhas 2D e 3D, e, finalmente, amarração de 3D e poços. Para eliminar os possíveis problemas de amarração entre projetos de objetivos e processamentos distintos, optou-se pelo reprocessamento das linhas 2D. Esta decisão acarretou também a possibilidade de produzir resultados com foco nos reservatórios e alvos da FS, além de executar um workflow que cumprisse com os objetivos do projeto como um todo, incluindo suas etapas seguintes.

O reprocessamento das linhas 2D tem como objetivo facilitar a amarração dos poços com a aquisição 3D e auxiliar em um melhor entendimento geológico regional. A primeira etapa para isto foi a seleção das linhas 2D para o reprocessamento dentre as campanhas disponíveis na região. O critério inicial foi baseado na localização (que cruzassem os poços e/ou a aquisição 3D) e distribuição regional (para auxiliar no entendimento geológico da área de interesse). Uma vez feita essa análise, 16 linhas (cobrindo 103.600 Km^2) foram selecionadas das 3 aquisições disponíveis na área, sendo elas duas campanhas de vibroseis e uma de dinamite.

Como entrada para o processamento, foram usadas as linhas selecionadas contendo os dados de campo pré-empilhamento. O workflow escolhido consistiu em um fluxo convencional e eficiente de processamento sísmico, para que pudesse ser executado de forma rápida e precisa para o melhor andamento das fases subsequentes do projeto e, é claro, auxiliar a atingir os objetivos (tanto técnicos quanto de prazos). O workflow foi dividido em 3 etapas gerais de pré-processamento, migração e pós-migração.

Na etapa de pré-migração, foram aplicados de forma geral, processos de atenuação de ruídos com modelagem e atenuação de ondas de superfície (Strobbia et al., 2011) para melhor lidar com ruídos intensamente falseados; picagem das primeiras quebras; cálculo das correções estáticas por tomografia de refração; picagem da velocidade (em 2 passos); correção estática residual de reflexão (em 2 passos) e o processamento de assinatura das fontes, este baseado em modelo que combina o processo de deconvolução robusta consistente em superfície e compensação por instrumentos, para se obter uma assinatura em fase zero (Hootman e Hart., 1998).

Outras etapas foram aplicadas para a preparação efetiva do dado para a migração como, por exemplo, um filtro variável em tempo para remoção de frequências anômalas na região do reservatório. Depois desta preparação, foi utilizada uma migração 2D pre-stack Kirchoff em tempo. Em seguida, etapas finais de pós-empilhamento como extensão da banda de frequência, compensação de amplitude e atenuação residual de ruídos foram realizadas para obter melhorias no dado final.

Com o uso de ferramentas eficientes e apropriadas, podemos gerar dados que facilitam a interpretação e análise dos reservatórios em subsuperfície. Pode-se destacar que o trabalho de diminuição de problemas de estática (comum em aquisições terrestres) e amarração de fase, possibilitaram, ao final do projeto, que as linhas 2D tivessem boa amarração entre si e entre o dado 3D (Figura 2). Em consequência, o dado 3D apresentou uma maior confiabilidade nas análises, já que carregava as informações dos poços bem amarradas aos seus refletores principais.

Dado o caráter interdisciplinar e integrado deste projeto, os dados de saída do processamento sísmico 2D e 3D foram utilizados para modelagem dos reservatórios na etapa seguinte, contribuindo para uma melhor análise e interpretação guiada pelos objetivos do cliente neste projeto BECCS. Conclui-se que o reprocessamento das linhas 2D foi relevante e necessário para que o projeto atingisse seus objetivos, mesmo com o uso de um fluxo de processamento convencional.

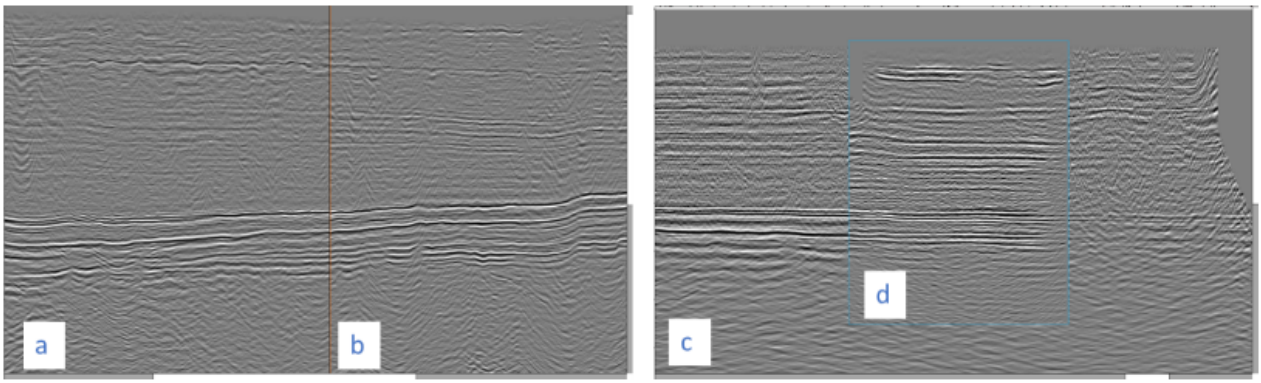


Figura 2. Seção empilhada pós-migração de dados da aquisição dinamite (a) e vibroseis (b). Seção empilhada pós-migração de uma linha 2D (c) com o dado 3D (d). Mostrando uma amarração adequada entre os dados.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

No processo de transição energética, mudanças climáticas e a busca pela redução dos impactos ambientais, o armazenamento e captura de dióxido de carbono em reservatórios geológicos vem ganhando força. Projetos como o realizado em Lucas do Rio Verde pela FS Bioenergia são interdisciplinares e englobam várias etapas, incluindo análise econômica, engenharia e geofísica. Sendo a geofísica parte fundamental na geração de dados que auxiliam na compreensão dos cenários geológicos e modelagem nas etapas subsequentes. Também estão sendo utilizados outros conhecimentos geofísicos nas etapas seguintes.

O reprocessamento sísmico auxiliou na execução de importantes etapas, tais como a correlação dos poços com as interpretações sísmicas, o mapeamento estrutural (profundidade) das trapas dos reservatórios e a qualificação dos selos com identificação de possíveis rupturas (erosão ou deformação). Com isso, foi feita a identificação de possíveis riscos de desenvolvimento e continuidade do reservatório (como mudança de espessura, mudança das fáceis, falhas), ajudando a realizar uma análise das suas propriedades para confirmar sua extensão lateral e continuidade do armazenamento. Também está fornecendo subsídios para construção de modelos geológicos e geomecânicos adequados. Todas essas informações são de extrema importância para a FS Bioenergia implantar um sistema de captura e armazenamento de CO_2 em sua unidade em Lucas do Rio Verde (MT).

REFERÊNCIAS

GLOBAL CCS INSTITUTE. Facilities Database. Melbourne, Austrália. Disponível em https://co2re.co/FacilityData. Acesso em: 17 jun. 2022.

IEA. Word Energy Outlook: Data and Statistics. Paris, França. Disponível em: https://www.iea.org/data-and-statistics/data-browser/?country=WORLD&fuel=CO2%20emissions&indicator=CO2BySource . Acesso em: 17 jun. 2022.

PEE, Arnout de et al. Decarbonization of industrial sectors: the next frontier. 2018.

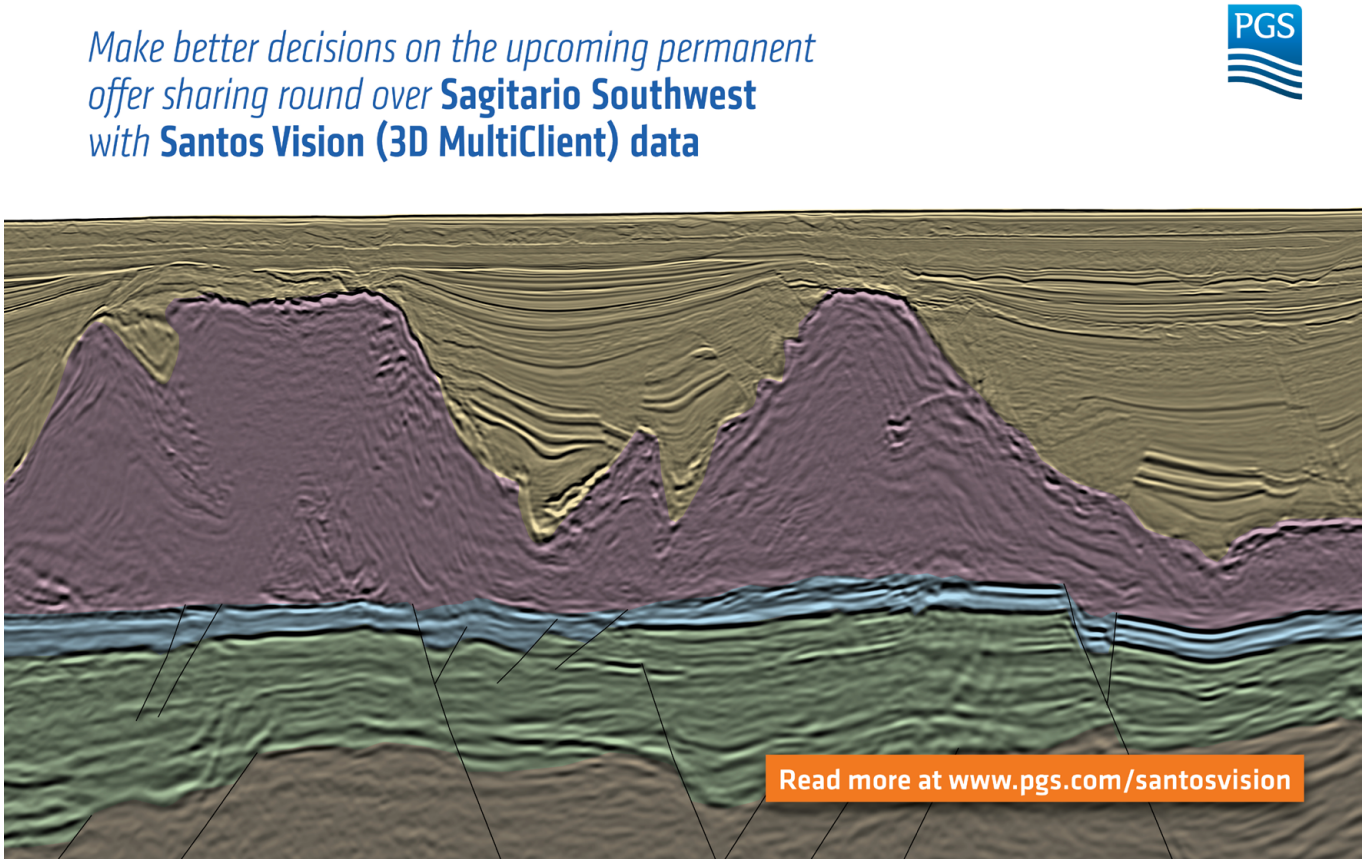
FAJARDY, Mathilde; MAC DOWELL, Niall. Can BECCS deliver sustainable and resource efficient negative emissions?. Energy & Environmental Science, v. 10, n. 6, p. 1389-1426, 2017.

KETZER, João Marcelo et al. Brazilian Atlas of CO2 Capture and Geological Storage: Atlas Brazileiro de Captura e Armazenamento Geologico de CO2. 2016.

STROBBIA, Claudio et al. Surface waves: use them then lose them. Surface-wave analysis, inversion and

attenuation in land reflection seismic surveying. Near Surface Geophysics, v. 9, n. 6, p. 503-513, 2011.

HOOTMAN, Bruce W.; HART, Douglas I. The realities of processing mixed-source seismic surveys. In: SEG Technical Program Expanded Abstracts 1998. Society of Exploration Geophysicists, 1998. p. 1436-1439.



A Sociedade Brasileira de Geofísica agradece
às empresas que participam do Fundo SBGf
de Apoio à Ciência Geofísica
2022

Diamante

PETROBRAS

PÁTRIA AMADA BRASIL GOVERNO FEDERAL

Ouro

HALLIBURTON

Prata

SHEARWATER

CGG

PGS

Bronze

Enauta

TGS

Fundação GORCEIX

SBGf

ARTIGO TÉCNICO III

PAPEL DA GEOFÍSICA NA TRANSIÇÃO ENERGÉTICA

Dr. Paulo Johann (Petrobras)

Em 2004, o diretor da Organização das Nações Unidas (ONU), Kofi Annan, em uma reunião com os 50 CEOs dos maiores fundos de investimentos financeiros do mundo, pronunciou o célebre "*Who Cares Wins*". Naquele mesmo ano, isso se tornou uma grande alavanca para que o maior fundo de investimento aprovasse em seu conselho de administração que a obtenção de financiamento pelas empresas dependeria da aplicação em procedimentos internos de governança, princípios que hoje chamamos contexto ESG (*Environment, Social and Governança*). Esses princípios têm como foco aspectos ambientais, sociais e de governança empresarial.

Em 2012, a ONU instituiu 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), visando superar os maiores desafios do nosso tempo: cuidar do planeta e melhorar a vida de todos. O quadro a seguir descreve esses objetivos em um código de cores, que tem sido consagrado em publicações recentes.

Quadro dos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU.

Nessa jornada de aceleração para um desenvolvimento mais sustentável, o ano de 2015 é considerado um marco da conscientização ambiental na sociedade. Foi o ano da COP21, Conferência das Nações Unidas sobre as Mudanças Climáticas, ocorrida em Paris, onde foi discutido como tema principal o clima e as mudanças climáticas causadas pelo efeito estufa e aquecimento global. Na COP21 se estabeleceu a meta de atingirmos, no máximo, um aumento de 2,0°C na temperatura da Terra.

A COP21, os ODS e o contexto ESG estabeleceram as bases para a aceleração da conscientização ambiental na sociedade e para a transição energética, que estão impactando todas as empresas que atuam na área da geofísica.

E NO MUNDO DE GEOCIÊNCIAS, O QUE SE TEM FEITO?

Há décadas as empresas, de uma maneira geral, têm aumentado seus investimentos e padrões internos de Segurança, Meio Ambiente e Saúde, criando e desenvolvendo suas áreas de SMS (*Health, Safety and Environment, HSE*). O contexto ESG expandiu o que já praticávamos em SMS, mas com um foco maior na sociedade e na governança corporativa das empresas, inclusive, nas empresas de geofísica.

Na área de geociências, as operações de campo como aquisições geofísicas, perfilagem de poços e estudos de afloramentos geológicos têm a cada ano aprimorado os critérios SMS através de uma melhoria na qualidade de seus equipamentos. De uma maneira geral, pode-se afirmar que a cada ano a conscientização ambiental, alinhada com a saúde dos profissionais e o cuidado com o meio ambiente tem aumentado e sido incorporada pelos profissionais de geociências.

O QUE MUDOU NAS ATIVIDADES DE GEOFÍSICA A PARTIR DE 2015?

As entidades de classe como SEG, AAPG, SPE e a própria SBGf estão promovendo palestras, treinamentos e

publicando artigos técnicos com o objetivo de aumentar, cada vez mais, a consciência da importância do contexto ESG nas atividades relacionadas à geociências.

Na dimensão tecnológica, acompanhamos várias iniciativas para a ampliação da conscientização empresarial com os aspectos ambientais. Como, por exemplo, as pesquisas desenvolvidas para a redução do impacto das fontes de energia sísmicas marítimas.

Nos aspectos de melhor relacionamento social, as atividades de campo em geofísica procuram cada vez mais conscientizar e esclarecer a população da região afetada pelos trabalhos de campo, mostrando os benefícios dessas atividades e como os riscos inerentes estão sendo mitigados.

Vale destacar que em 2021, a SEG (Society Exploration Geophysicist) lançou o importante "Atlas de Sustentabilidade Geofísica".

Mas, o que é o Atlas de Sustentabilidade Geofísica?

Como todo bom profissional de geociência gosta, esse Atlas instintivamente nos remete ao mapeamento das correlações entre os 17 ODS da ONU e as tecnologias geofísicas empregadas no dia a dia das empresas, em seus diferentes ramos de atividades.

A robustez desse mapeamento se deve a maneira como ele foi realizado e a metodologia adotada. Foram selecionadas grandes referências nas seguintes áreas de conhecimento: (1) humanitária; (2) acadêmica, inovação e pesquisa; (3) indústria e (4) atuações transversais.

Esses quatro grupos de trabalho realizaram o mapeamento de quais técnicas de geofísica eram as mais relevantes para serem correlacionadas com os 17 ODS. Esse exercício, por si, já é uma reflexão e uma tomada de consciência de quanto nossas atividades geofísicas podem e devem apoiar os objetivos de sustentabilidade de nosso planeta.

A Tabela 1 resume os quatro grupos que analisaram os 17 ODS de sustentabilidade associados às ações e tecnologias geofísicas. Essas tecnologias listadas já estão sendo empregadas nas atividades atuais da indústria do petróleo e poderão ser aprimoradas visando alcançar os objetivos de sustentabilidade.

A Figura 1 sumariza o trabalho de construção do Atlas de Sustentabilidade Geofísica. Para maior conhecimento,

Grupo	ODS	Tecnologias Geofísicas
Humanitário	1	sísmica de reflexão e refração; técnicas elétricas e eletromagnéticas; sísmica rasa; sismologia; perfilagem de poços; gravimetria e magnetometria
	2	sonografia; GPR; eletromagnetismo; resistividade elétrica emagnética; radiação eletromagnética; laser de resistividade; InSAR; sísmica
	6	sísmica de reflexão e refração; resistividade; GPR; NMR; sensoriamento remoto; monitoramento por satélite; magnetometria
	11	GPR; sísmica rasa; técnicas elétricas e eletromagnéicas; tomografia; sonar e ecografias.
Grupo	**ODS**	**Tecnologias Geofísicas**
Acadêmico, Invação e Pesquisa	4	cursos de capacitação e desenvolvimento em geofísica
	9	monitoramento sísmico; drones no mapeamento geofísico; indução eletromagnética; GPR; radar InSAR
	14	sísmica de reflexão e refração; sensoriamento remoto; GPR; imagens AUV; indução eletromagnética
	15	geofísica rasa; monitoramento por satélite; drones; sísmica de reflexão e refração.
Grupo	**ODS**	**Tecnologias Geofísicas**
Indústria	3	eletromagnético; investigações geoelétricas; resistividade eletromagnética e elétrica; tomografia; polarização induzida; monitoramento de satélite; métodos potenciais; reflexão sísmica e refração; GPR; perfilagem
	7	magnetometria; gravimetria; reflexão sísmica e refração; sísmica de poço; processamento sísmico; perfilagem de poços; técnicas elétricas e eletromagnéticas; aprendizado de máquina e automação; AUV
	13	magnetometria; gravimetria; reflexão sísmica e refração; sísmica de poço; processamento sísmico; perfilagem de poços; técnicas elétricas e eletromagnéticas; aprendizado de máquina e automação; AUV
	16	regras, leis e padrões que conduzem as atividades geofísicas
Grupo	**ODS**	**Tecnologias Geofísicas & Ações**
Transversal	5	ação nas empresas gerando igual oportunidade de genêros nos trabalhos geofísicos
	8	compensação adequado aos trabalhos geofísicos
	10	magnetometria; gravimetria; reflexão sísmica e refração; sísmica de poço; processamento sísmico; perfilagem de poços; técnicas elétricas e eletromagnéticas; aprendizado de máquina e automação; AUV
	12	condutividade do solo; tomografia resistiva; sensoriamento remoto por satélite; UAV; indução eletromagnética; sísmic a de reflexão e refração; gravimetria
	17	parcerias entre empresas, instituições de pesquisa e universidades visando ações de sustentabilidade

recomendamos o artigo intitulado "The geophysical sustainability atlas: Mapping geophysics to the UN sustainable development goals" publicado em 2021 na revista The Leading Edge, da SEG.

Figura 01. Atlas de Sustentabilidade Geofísica (Fonte: SEG).

No Brasil, a SBGf em seus eventos (Congressos, Encontro Técnicos (WS) e Cursos) têm propiciado à comunidade dos geofísicos brasileiros o aumento da conscientização sobre a importância de aliarmos aos nossos trabalhos um maior cuidado com princípios de sustentabilidade, que norteiam a sociedade de hoje, para que possamos ter um planeta mais limpo para as novas gerações. Assim, as próximas gerações poderão se orgulhar do que foi implementado por seus predecessores nessa jornada sem volta pela busca de um Planeta mais Sustentável, tendo as tecnologias geofísicas como Ciência aplicada e alinhada aos 17 OSGs da ONU.

O PAPEL DA GEOFÍSICA NA TRANSIÇÃO ENERGÉTICA

Cada vez mais as tecnologias geofísicas são aplicadas a projetos de energia renováveis. Os principais exemplos são a utilização de dados gravimétricos, magnéticos e sísmicos para a prospecção de hidrogênio geológico, projetos de geotermia e projetos de captura, utilização e armazenamento de carbono (CCUS).

Na área de inovação, pesquisa e desenvolvimento temos acompanhado o desenvolvimento de fontes sísmicas de menor impacto ambiental, sensores sísmicos submarinos com automações, visando uma maior sustentabilidade ambiental e a redução do consumo de energia.

As tecnologias geofísicas são cada vez mais valorizadas e necessárias para a sociedade, devido a sua capacidade de auxiliar ações para o cumprimento dos 17 objetivos de sustentabilidade da ONU, que são tão importantes para o futuro do nosso planeta.

REFERÊNCIA:

Annan, Kofi, 2004, Who Cares Wins, Pacto Global, ONU.

Capello, M. A., A. Shaughnessy, and E. Caslin, 2021, The geophysical sustainability atlas: Mapping geophysics to the UN sustainable development goals: SEG, The Leading Edge,40,10–24.

2022

Workshop The Deep and Ultra-Deep Waters of the Equatorial Margin Of Brazil

9 de Julho | Prodigy Santos Dumont Hotel – Rio de Janeiro | Informações no site.

Workshop O Papel da Geofísica na Transição Energética Brasileira

9 a 11 de Agosto | Online

Informações no site.

3rd Joint SBGf/SEG Workshop on Machine Learning

8-9 November, 2022 | Online

More information on the website.

A eficiência em nossa atividade geofísica – aquisição, processamento, gestão, tecnologia e interpretação – tem colaborado para tornar nossos projetos mais atrativos, agregando valor e retorno econômico. Projetos mais eficientes resultam em menor emissão de CO_2.

Seguimos na ambição da neutralidade das emissões, em um prazo compatível com a recomendação do Acordo de Paris. Injetar o CO_2 produzido de volta no subsolo marinho foi nosso passo mais recente. **Petrobras. Energia para transformar.**

PETROBRAS

PÁTRIA AMADA BRASIL GOVERNO FEDERAL