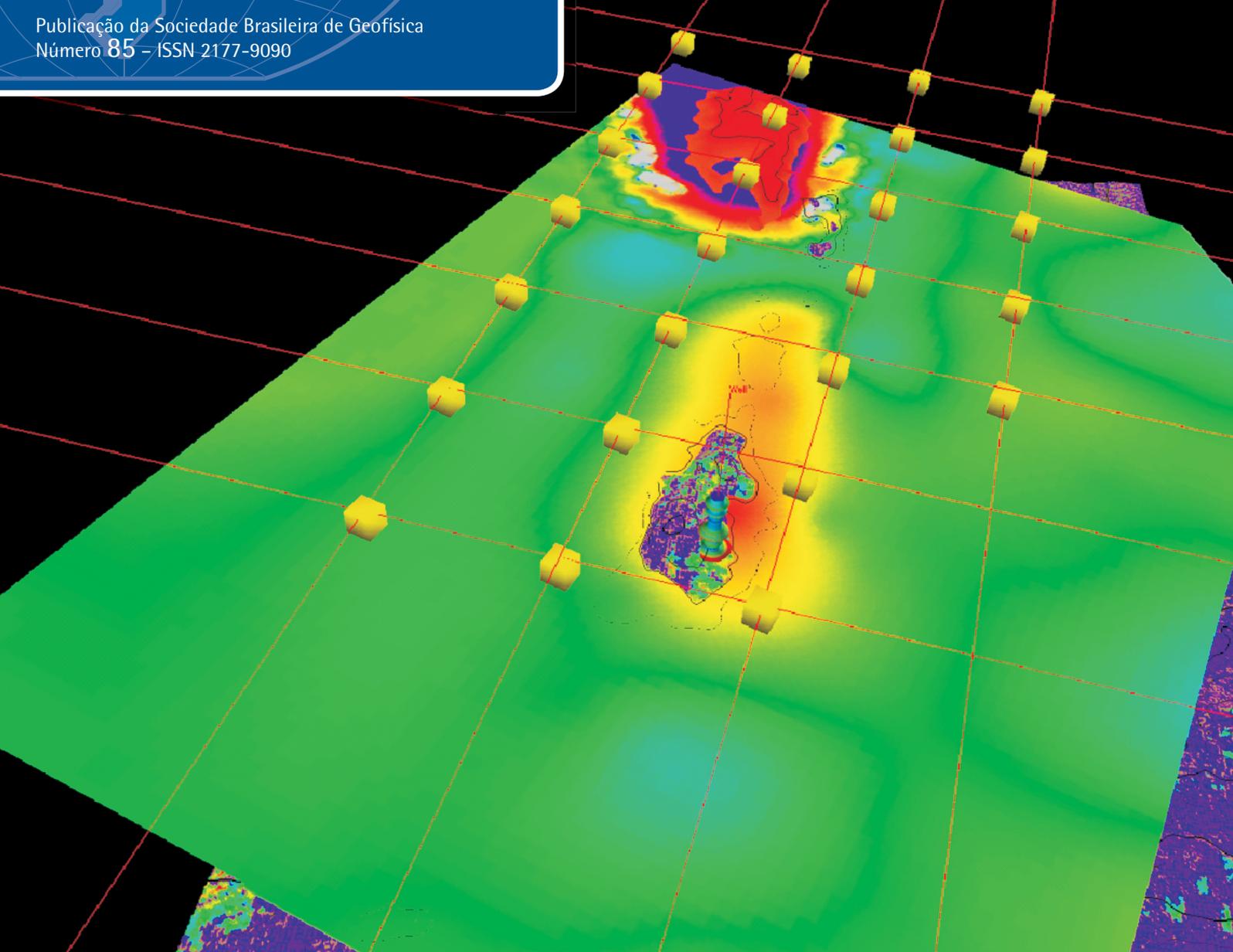


boletim **SBGf**

Publicação da Sociedade Brasileira de Geofísica
Número 85 – ISSN 2177-9090



Métodos Eletromagnéticos

Sendo praticado no Brasil há mais de quatro décadas, o mercado de levantamentos de dados por métodos eletromagnéticos continua aquecido, em constante procura de novas técnicas e novos profissionais capacitados

SBGf divulga a Geofísica Brasileira através de Parcerias Internacionais

INSTITUCIONAL, PÁG. 5

Setor Geocientífico é um dos temas debatidos no Fórum Mundial de Ciências

CIÊNCIA & TECNOLOGIA, PÁG. 7

Indústria e Métodos EM: Perspectiva de Crescimento

Esta edição do Boletim SBGf versa, como tema principal, sobre o uso de Métodos Eletromagnéticos (EM). Embora muito utilizados na mineração, esses métodos não vinham tendo o mesmo destaque em trabalhos voltados para a exploração e produção de hidrocarbonetos no Brasil. Apenas a partir dos últimos três anos é que se iniciou uma atividade mais intensa, graças aos levantamentos em curso nas bacias marítimas utilizando fontes controladas e, também, com a realização de dois projetos de fomento já licitados pela ANP nas bacias sedimentares dos Parecis e do Paraná. Levando-se em conta que algumas instituições acadêmicas brasileiras há muito desenvolvem projetos de P&D utilizando Métodos Eletromagnéticos, é recomendável que a indústria trabalhe em colaboração com os especialistas nacionais que detêm competências no assunto.

Por outro lado, vale destacar que cerca de 700 pessoas compareceram à cerimônia de abertura do 13º Congresso Internacional de Geofísica ocorrida no Centro de Convenções SulAmérica, no Rio de Janeiro, no dia 26 de agosto (*ver números parciais do evento na pág. 3*). A próxima edição do Boletim SBGf trará a cobertura completa do congresso e da exposição. Boa leitura a todos!



Foto: Rogério Jr.

CONFIRA NESTA EDIÇÃO

3 EVENTOS

- Honorary Lecture na SBGf
- UFRN realiza a IV Semana de Geofísica
- SBGf e EAGE promovem *workshop* sobre Fraturas em Reservatórios
- Eventos da SBGf são divulgados em Conferência da EAGE em Londres
- IV Semana de Inverno de Geofísica da Unicamp

5 INSTITUCIONAL

SBGf divulga a Geofísica Brasileira através de Parcerias Internacionais

6 CIÊNCIA & TECNOLOGIA

- Sócios da SBGf conquistam Prêmio Petrobras de Tecnologia
- Setor Geocientífico é um dos temas debatidos no Fórum Mundial de Ciências

8 UNIVERSIDADE

- UENF completa 20 anos e inaugura novas instalações no LENEP
- Brasil se destaca em concurso da AAPG na área de petróleo
- Programa Ciência sem Fronteiras beneficia a geofísica nacional
- Panorama da Graduação em Geofísica no Brasil - Unipampa

12 MEMÓRIA

História do Processamento Sísmico no Brasil - Parte II

14 NOTAS

- Palestra sobre Terremotos no Brasil e Ensino das Geociências em Discussão na 65ª Reunião da SBPC
- Evento oferece desconto para Associados da SBGf

15 IN MEMORIAM

Kaoru Tsubone, Odete Fátima Machado da Silveira e João Esteves Filho

16 ESPECIAL

Métodos Eletromagnéticos



Stratimage

19 ARTIGO TÉCNICO

- Estudo Magnetotélúrico na Porção Sul da Bacia do São Francisco: Apoio para Extensão do Limite Ocidental da Bacia
- Integração de Dados Sísmicos e Não-Sísmicos com a Geologia Estrutural e a Petrofísica para melhorar a Imagem Sísmica do Pré-Sal

Capa: Petrobras

ADMINISTRAÇÃO DA SBGf

Presidente
Ana Cristina B. F. Chaves

Vice-presidente
Renato Cordani

Secretário-Geral
Francisco Carlos Neves de Aquino

Secretário de Finanças
Marco Antônio Pereira de Brito

Secretário de Relações Institucionais
Renato Lopes Silveira

Secretário de Relações Acadêmicas
Adalene Moreira Silva

Secretário de Publicações
Luiz Geraldo Loures

Conselheiros
Adriana Perpétuo Socorro da Silva
Edmundo Julio Jung Marques
Eduardo Lopes de Faria
Eliane da Costa Alves
Ellen de Nazaré Souza Gomes
Jorge Dagoberto Hildenbrand
Jurandy Schmidt
Marcelo Sousa de Assumpção
Neri João Boz
Paulo Roberto Porto Siston

Secretários Regionais
Patrícia Pastana de Lugão (Centro-Sul)
Welitom Rodrigues Borges (Centro-Oeste)
Sílvia Beatriz Alves Rolim (Sul)
Carlos da Silva Vilar (Nordeste Meridional)
Rosângela C. Maciel (Nordeste Setentrional)
Cícero Roberto Teixeira Régis (Norte)

Editor-chefe da Revista Brasileira de Geofísica
Cleverson Guizan Silva

Assistente de diretoria
Luciene Victorino de Carvalho

Assistente Administrativo
Ivete Berlice Dias

Coordenadora de Eventos
Renata Vergasta

Assistente Administrativo
Sandra Gonçalves

Analista de Marketing
Alessandra Levy

BOLETIM SBGf

Editora-chefe
Adriana Reis Xavier

Editor Associado
Gustavo França Faria (MTb 2612/DF)

Assistente de Publicações
Fabianna Mathias Sotero

Estagiário de Jornalismo
Thiago Felix Oliveira

Tiragem: 2.500 exemplares
Distribuição restrita
O Boletim SBGf também está 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



OURO



PRATA



BRONZE



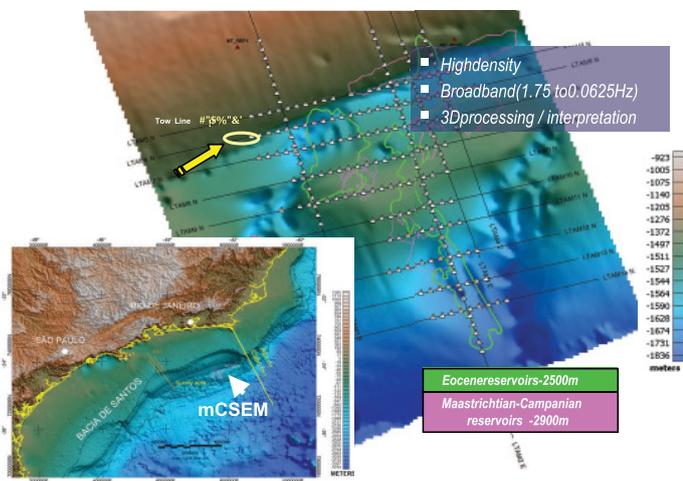
EVENTOS

HONORARY LECTURE NA SBGf

No dia 25 de novembro, Marco Polo Pereira Buono-
ra, ex-presidente da SBGf (1989-1991), gerente de
métodos não sísmicos da Petrobras e professor asso-
ciado da Universidade Federal Fluminense (UFF), irá
apresentar a palestra “The use of mCSEM for deep-
water hydrocarbon exploration in Brazil”, na sede
da SBGf, no Rio de Janeiro. Realizado no âmbito do
programa Honorary Lecture, promovido pela Society
of Exploration Geophysicists (SEG), o evento acon-
tece com o apoio da SBGf.

Na ocasião, Marco Polo Buono-
ra irá apresentar a aplicação e o desenvolvimento do método eletro-
magnético mCSEM (*marine controlled-source elec-
tromagnetics*), utilizado na pesquisa *offshore* de
hidrocarbonetos na costa brasileira, especialmente
com a discussão de casos reais ocorridos na Petro-
bras. “A apresentação que vou fazer pertence a um
conjunto de palestras que estão sendo proferidas em
diferentes países, como na Argentina, Colômbia, Ve-
nezuela, México, Trinidad e Tobago e em cidades
brasileiras: Salvador (UFBA), Campinas (Unicamp),
Belém (UFPA), Niterói (UFF), Rio de Janeiro (UFRJ;
SBGf) e Natal (UFRN)”, afirma o geofísico.

Informações sobre inscrições para a palestra na
SBGf podem ser obtidas em www.sbgf.org.br.



UFRN REALIZA A IV SEMANA DE GEOFÍSICA

Entre os dias 21 e 25 de outubro será realizada a IV
Semana de Geofísica da Universidade Federal do Rio
Grande do Norte (UFRN), no auditório do Departamen-
to de Geofísica (DGef), em Natal.

Com o apoio da SBGf, destacam-se na programa-
ção: quatro minicursos, nove palestras sobre temas de
interesse da comunidade acadêmica e a apresentação
de palestras de funcionários da Petrobras, CGG do Bra-
sil e OGX, além de pesquisadores da UnB, IAG/USP,
Inpe e UFRN. Também haverá a participação da expo-
sição “O que é Geofísica” durante a Feira de Ciências
- CIENTEC da universidade, que ocorrerá de 22 a 25 de
outubro. Outras informações podem ser obtidas no *site*
www.semanageofisicaufrn.wordpress.com/

SBGf E EAGE PROMOVEM WORKSHOP
SOBRE FRATURAS EM RESERVATÓRIOS

As fraturas são uma das características mais desa-
fiadoras para reservatórios convencionais ou não
convencionais e são o tema do *workshop* “Fractures
in Conventional and Unconventional Reservoirs”,
que será realizado nos dias 5 e 6 de novembro, no
hotel JW Marriott Rio de Janeiro, em Copacabana.

Embora sejam sociedades associadas desde 2002,
este é o primeiro evento organizado em parceria en-
tre a SBGf e a European Association of Geoscientists
& Engineers (EAGE), quando serão apresentadas
palestras com especialistas de empresas e institui-
ções de ensino e pesquisa do Brasil e do exterior.
O principal objetivo do *workshop* é apresentar para
o público-alvo (geofísicos, geólogos, petrofísicos e
engenheiros de petróleo) as diversas formas de aná-
lise, caracterização, monitoramento e simulação de
fraturas em reservatórios convencionais e não-con-
vencionais, com ênfase para a América Latina.

As inscrições realizadas até o dia 1º de outubro
têm desconto, sendo que o associado quite de uma
das sociedades paga valor diferenciado ao se ins-
crever. Toda a programação e outras informações
podem ser acessadas através do *site* da SBGf (www.sbgf.org.br).

Os números parciais do
13º CISBGf e Expogef

- 4 *workshops* pré-congresso com participação de 161 profissionais;
- 12 cursos pré-congresso com participação de 396 profissionais;
- 1.713 delegados inscritos;
- 417 trabalhos técnicos apresentados;
- 951 visitantes na EXPOGEF;
- 52 empresas expositoras e 4 associações;
- 650 alunos do ensino médio visitaram a exposição “O que é Geofísica?”
- 14 universidades e instituições de ensino em área reservada da exposição;

Estes resultados já superam os resultados obtidos no 12º CISBGf - Rio 2011



EVENTOS

EVENTOS DA SBGf SÃO DIVULGADOS EM CONFERÊNCIA DA EAGE EM LONDRES

A SBGf participou da 75th EAGE Conference & Exhibition, realizada em Londres, entre 10 e 13 de junho. Como a sociedade científica europeia não congrega somente geofísicos, mas também diversos profissionais atuantes nos vários ramos das geociências, o evento ofereceu um vasto programa que contemplava, além de geofísica aplicada, a exploração e engenharia de petróleo, notadamente aos estudos de reservatórios. O evento contou com cerca de 8.300 participantes, incluindo delegados e expositores, com 1.360 *papers* submetidos, além de sete cursos com 275 participantes. O espaço destinado à feira atingiu 11.500 m² com 360 expositores, incluindo 17 grandes empresas internacionais.

Durante a abertura do evento, foi divulgado o primeiro *workshop* EAGE/SBGf, “Fractures in Conventional and Unconventional Reservoirs”, que acontecerá no Rio de Janeiro (*ver pág. 3*).

Às “sociedades irmãs”, representadas na conferência, foram reservados estandes. A SBGf expôs *banners* com a divulgação da sociedade e do seu congresso. “Convivemos com representantes de outras sociedades, como da Alemanha, Polônia, Ucrânia, Bulgária, República Tcheca, Uzbequistão. Das sociedades latino-americanas destacamos a presença dos colegas do México e Colômbia”, comenta o conselheiro Jorge Hildenbrand, que representou a SBGf no evento, junto à presidente Ana Cristina Chaves e dois membros do comitê organizador do 13° CISBGf: Carlos Belem e Claudio Guerra.



Divulgação do primeiro *workshop* EAGE/SBGf na conferência de 2013 da EAGE

IV SEMANA DE INVERNO DE GEOFÍSICA DA UNICAMP

O auditório do Instituto de Matemática, Estatística e Computação Científica (Imecc) da Unicamp foi o palco da IV Semana de Inverno de Geofísica, entre 22 e 26 de julho, com o apoio da SBGf. Cerca de 90 participantes assistiram a minicursos e palestras ministradas por especialistas de universidades, centros de pesquisa e empresas.

“Esta edição da Semana foi a que teve o maior público de pós-graduandos, 40 alunos de mestrado e doutorado. Já a presença de graduandos foi menor que nos anos anteriores, pois as universidades federais encontram-se ainda em período letivo, devido às recentes greves”, afirma Maria Amélia Novais, ao lado do professor Ricardo Biloti, coordenadores do evento. Além disso, técnicos de informática de diversos centros de pesquisa participaram do minicurso “Conceitos de Administração de Ambientes HPC - o case CENAPAD-SP”, ministrado por Mauricio Rafael Possari e Rafael Quaglio, do Centro Nacional de Processamento de Alto Desempenho (CENAPAD-SP).

Segundo Maria Amélia Novais, a programação toda teve seus destaques. “Tivemos desde cursos de nível avançado, como o do professor João Batista, da UFPA, sobre problemas inversos; e de nível básico, como o do professor Lúcio Santos, da Unicamp, de Introdução ao Método Sísmico. Todos os ministrantes foram muito elogiados pelos alunos. Tivemos a certeza que a nossa missão foi cumprida”.



Prof. Thierry Jacques Lemaire (UFBA) ministrante da palestra que encerrou o evento

Separated Wavefield Processing

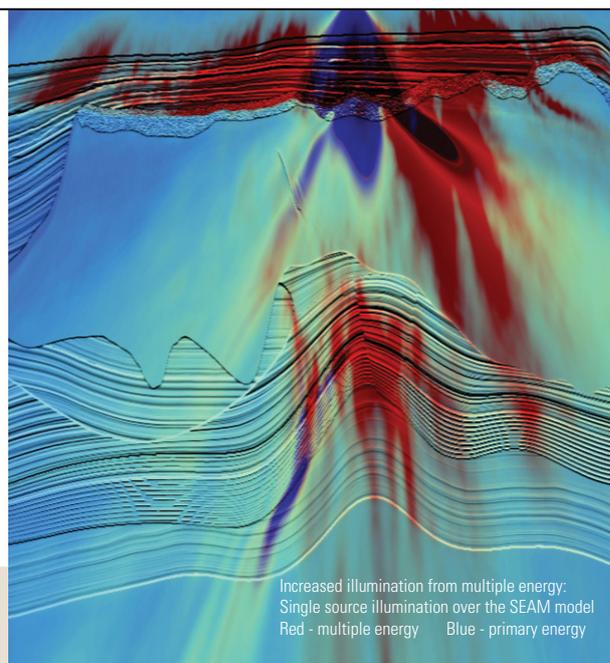
Broadest Bandwidth

Increased Illumination

Measuring velocity and pressure with GeoStreamer[®] allows the up-going and down-going wavefields to be separated and thus multiple and primary energy can be separately imaged to deliver enhanced illumination and imaging.

GeoStreamer GS[™]

Separated Wavefield Imaging SWIM



Rio de Janeiro
Main: +55 21 2421 8400
Direct: +55 21 2421 8402
stephane.dezaunay@pgs.com

Houston
Main: +1 281 509 8000
Direct: +1 281 509 8391
alan.wong@pgs.com

A Clearer Image
www.pgs.com/GeoStreamerGS



SBGf divulga a Geofísica Brasileira através de Parcerias Internacionais

Com a missão institucional de divulgar a geofísica desenvolvida no país, a SBGf por meio de parcerias internacionais consegue atingir uma abrangência ainda mais ampla. Recentemente, representantes da SBGf participaram de eventos na Austrália e no México com o intuito de fortalecer laços com duas importantes associações geocientíficas.

Organizada pela Australian Society of Exploration Geophysicists (ASEG), a 23rd International Geophysical Conference and Exhibition foi realizada em Melbourne, no período de 11 a 14 de agosto, e reuniu cerca de 850 geocientistas. “O tema do encontro, *Eureka Moment*, tinha o propósito de incentivar novas ideias, associando o atual momento com as grandes descobertas de ouro ocorridas no passado na região australiana de Victoria”, comentou Adalene Moreira Silva, secretária de Relações Acadêmicas, que junto a Renato Cordani, vice-presidente, representou a SBGf no evento.

Durante a conferência foi firmado um acordo entre as duas sociedades e foram divulgados os eventos internacionais promovidos pela SBGf. “Recebemos um *booth* junto às outras *sister societies*, que eram a SEG, a EAGE, a SEGJ (Japão) e a KSEG (Coreia). Relações foram feitas e estreitadas com todas elas. Além disso, participamos de um almoço com as sociedades, que foi muito interessante e produtivo. No discurso inaugural, o presidente da ASEG, Koya Suto, anunciou a assinatura do Memorando de Entendimento entre a ASEG e a SBGf e disse que estava satisfeito em dar esta notícia, pois este era um passo muito importante para a associação australiana”, afirmou Renato Cordani.

O vice-presidente da SBGf também ministrou uma palestra em um *workshop* pré-congresso sobre magnetização remanescente. “O destaque técnico ficou para o alto nível das sessões de mineração, com ênfase em prospecção. Nesse

campo estão surgindo com força a ‘sísmica de *hard rock*’ e muita coisa de MT”, analisou.

Asbjorn Norlund Christensen, *co-chair* da área de mineração, deu as boas-vindas às sociedades irmãs e destacou a participação da SBGf e do Brasil. “Um dos pontos-chave foi o destaque dado para a aplicação de métodos sísmicos, usualmente utilizados em petróleo, na prospecção mineral”.

Outros temas em evidência foram a aplicação de métodos magnetotéluricos em exploração mineral; a integração de dados geofísicos e petrofísicos; a inversão conjunta 3D de dados sísmicos e magnetotéluricos; e as inovações nos métodos eletromagnéticos e na inversão de métodos potenciais. “Diversos estudos de caso foram apresentados e destacou-se a importância estratégica da integração da geofísica e da geologia. Na parte de óleo e gás, destaca-se o estudo de reservatórios não convencionais e técnicas avançadas de interpretação sísmica”, complementou Adalene Moreira Silva.

Negociação - Entre os dias 14 e 17 de maio, a SBGf esteve representada pela conselheira Eliane da Costa Alves no American Geophysical Union (AGU) Meeting of the Americas 2013, realizado em Cancún (México). O conselheiro Marcelo Assumpção fez parte do comitê técnico do evento na área de sismologia. Na ocasião, representantes da SBGf e da AGU começaram a conversar sobre a assinatura de um Memorando de Entendimento.

De acordo com Eliane da Costa Alves, “nosso estande esteve bastante frequentado e divulgamos os eventos da sociedade. Iniciamos um entendimento para parcerias e representações em eventos e integração de temas para debates, entre outras cooperações. Tivemos contato também com a Asociación Mexicana de Geofísicos de Exploración (AMGE) e as conversas foram muito proveitosas”.



Para chegarmos até aqui, seguimos as normas de segurança mais rígidas



e as teorias mais revolucionárias.

Em mais de 50 anos de história, a Petrobras se tornou uma das maiores empresas de energia do mundo. É líder na exploração e produção de petróleo em águas profundas e ultraprofundas e já está produzindo naquela que é a maior acumulação petrolífera da história do Brasil, o pré-sal. Para superar esse desafio, a Petrobras usa a mesma estratégia de sempre: pesquisa, tecnologia, investimento e segurança. Se o futuro é um desafio, a Petrobras está pronta.

Gente. É o que inspira a gente.

Sócios da SBGf conquistam Prêmio Petrobras de Tecnologia

Em 18 de junho foi anunciado o resultado do 6º Prêmio Petrobras de Tecnologia Engenheiro Antônio Seabra Moggi, que reconhece trabalhos científicos da comunidade acadêmica brasileira que contribuam para o desenvolvimento tecnológico da Petrobras e da indústria de petróleo e gás nacional. Nesta edição de 2013, que contemplou três categorias (graduação, mestrado e doutorado) em nove temas, dois sócios da SBGf foram vencedores.



Foto: Arquivo Pessoal

Victor Sacek foi bolsista pós-doc da Fapesp por dois anos após concluir o doutorado na Universidade de São Paulo (USP), no qual desenvolveu a pesquisa ganhadora na categoria Tecnologia de Exploração. Intitulada “Modelagem Numérica Acoplada de Processos Sedimentares e Tectônicos”, a tese foi orientada pela professora Naomi Ussami, do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas (IAG-USP). Em 2005, quando era aluno de graduação em geofísica, Victor Sacek foi um dos vencedores do 1º Prêmio Petrobras de Tecnologia, na categoria Iniciação Científica - Tecnologia de Exploração com a orientação da mesma docente no trabalho “Modelagem 3-D da Deformação Flexural em Margens Continentais: Implicação no Estudo de Processos de Sedimentação nas Bacias Marginais Brasileiras”.

Após ser nomeado, em 2 de agosto, docente titular no IAG-USP, Victor Sacek explicou como em sua pesquisa a interação entre processos tectônicos e superficiais pôde contribuir para previsão da evolução de margens divergentes desde o início da extensão litosférica. “Para criar diferentes cenários e avaliar a influência do padrão do rifteamento da litosfera sobre o padrão de erosão dos continentes e a evolução tectono-sedimentar das bacias marginais foi desenvolvido um modelo numérico que incorpora isostasia flexural, efeitos térmicos no manto, estiramento litosférico e processos superficiais de erosão e sedimentação. A isostasia flexural simula o comportamento da litosfera sobre a astenosfera. A estrutura térmica do manto evoluiu como um resultado da advecção e difusão de calor da Terra. O estiramento da litosfera é simulado através de falhas normais na crosta superior e deformação dúctil na crosta inferior e manto. Os processos superficiais descrevem como a paisagem é modificada pela erosão e como os sedimentos são transportados e depositados nas bacias sedimentares”.



Foto: Arquivo Pessoal

A estudante da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio), **Ana Carolina Alves Abreu**, venceu na categoria Tecnologia de Perfuração e de Produção, com o trabalho de mestrado “Otimização de Cronogramas de Ativação de Poços de Petróleo considerando

Restrições Técnicas e Operacionais”, orientada pelo professor Marco Aurélio Cavalcanti Pacheco, do Departamento de Engenharia Elétrica.

Ana Carolina que cursou a graduação em Engenharia de Petróleo, atualmente é aluna de doutorado e comentou sobre a dissertação premiada. “Meu trabalho foi desenvolver uma ferramenta de apoio à decisão capaz de auxiliar o especialista na escolha de cronogramas de abertura de poços para desenvolvimento de reservatórios de pe-

tróleo. Esta solução se traduz em um modelo computacional baseado na técnica de algoritmos genéticos que propõem cronogramas de abertura de poços de petróleo considerando as restrições técnicas e operacionais impostas pelo problema como, por exemplo, disponibilidade de sonda e condições operacionais dos poços. Este modelo utiliza o valor presente líquido (VPL) para avaliar as soluções propostas e ao final do processo de otimização retorna para o especialista a melhor solução (cronograma de abertura) encontrada. Sendo assim, com um cronograma de abertura otimizado o especialista pode agendar as demais atividades em conformidade com este cronograma e aumentar o fator de recuperação do reservatório”.

Além das categorias Tecnologia de Exploração e Tecnologia de Perfuração e de Produção, os temas do Prêmio Petrobras de Tecnologia foram ainda divididos em: Tecnologia de Refino e de Petroquímica; Tecnologia de Logística; Tecnologia de Bio-Produtos; Tecnologia de Gás; Tecnologia de Energia e Eficiência Energética; Tecnologia de Segurança de Processos e Tecnologia de Preservação Ambiental. Os autores-líderes dos trabalhos vencedores e seus orientadores receberão prêmio em dinheiro: R\$ 20 mil (doutorado), R\$ 15 mil (mestrado) e R\$ 10 mil (graduação). Além disso, os autores premiados em cada categoria/tema receberão bolsa de estudo do CNPq / Petrobras por período determinado pela agência de fomento de acordo com o nível de escolaridade.

A cerimônia de premiação acontecerá nos dias 12 e 13 de setembro, no Cenpes da Petrobras, no Rio de Janeiro com apresentação dos trabalhos premiados.

ies
Brazil
Consulting & Services

A SMART COMPANY AT YOUR SERVICE

- > Technology
- > Business
- > Data Management

Av. Nilo Peçanha, 50 Gr.1617 | Centro - Rio de Janeiro - RJ
Tel: +55 (21) 2262-9651 | contato@iesbrazil.com.br

Setor Geocientífico é um dos temas debatidos no Fórum Mundial de Ciências

Pela primeira vez o Brasil será sede de um dos mais importantes encontros da ciência mundial. Cerca de 500 cientistas de mais de 100 países são esperados na sexta edição do Fórum Mundial de Ciência, que será realizada de 24 a 27 de novembro de 2013, no Rio de Janeiro.

O Fórum Mundial de Ciência foi idealizado pela Academia de Ciências da Hungria e teve sua primeira edição em 1999, na capital do país, Budapeste. Desde então ocorre, bianualmente, com o apoio da Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura (Unesco). Entre os objetivos deste grande encontro mundial de cientistas estão o debate sobre a necessidade da inclusão da ciência na formulação de políticas públicas e na elaboração de projetos econômicos, além da importância da popularização de seus valores básicos, para todas as sociedades do planeta, através da divulgação científica.

Uma parceria entre a Academia Brasileira de Ciências e a húngara possibilitou que o fórum acontecesse pela primeira vez fora de seu país de origem. No Brasil o tema-base será “A Ciência para o Desenvolvimento Sustentável Global”. Para discutir e planejar o enfoque das atividades e a programação do Fórum do Rio de Janeiro, o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) coordenou sete eventos preparatórios.

O 1º Encontro Preparatório para o Fórum Mundial de Ciência 2013 aconteceu em São Paulo, em agosto de 2012, e teve por tema “Da educação para a inovação - construindo as bases para a cidadania e o desenvolvimento sustentável”. Os especialistas presentes em Belo Horizonte (MG), em outubro, para o 2º Encontro Preparatório, discutiram sobre o tema “Desafios para o desenvolvimento científico e tecnológico nos trópicos”.

Já o 3º Encontro Preparatório para o Fórum Mundial de Ciência 2013 ocorreu em Manaus (AM), em novembro de 2012, com o tema “Diversidade tropical e ciência para o desenvolvimento”. O professor **Roberto Dall’Agnol**, do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará (UFPA), na ocasião, falou sobre os desafios e oportunidades do uso sustentável de recursos naturais e entre outros temas lançou a questão: “Como gerar ciência, tecnologia e inovação na região amazônica para responder aos desafios?”. Sobre o formato das reuniões preparatórias, Roberto Dall’Agnol comenta: “Penso que as reuniões preparatórias para o fórum se basearam em grande parte na estrutura de áreas econômicas dos Institutos Nacionais de Ciência e Tecnologia (INCTs) do MCTI. Como não existe uma área específica para o setor mineral, as geociências ficam dispersas em vários temas e não ganham o destaque que mereceriam. Um número expressivo de INCTs está englobado na área de energia, o que certamente não é adequado para os que atuam em outros ramos das geociências. Portanto, a menos que haja uma abertura para manifestações específicas da área de geociências, temo que o fórum não irá abordar com a devida profundidade problemas que permitiriam levar ao desenvolvimento do setor. Ainda que de modo indireto haverá certamente temas do fórum que dirão respeito às geociências, além daqueles que interessam a todas as áreas do conhecimento”.

Em dezembro de 2012, a capital baiana, Salvador, recebeu o 4º Encontro Preparatório, que teve por tema principal “Energia e Sustentabilidade”. Foram apresentados pelo professor vi-

sitante sênior da CAPES/UFPA, **Carlos Alberto Dias**, os desafios da educação e formação de recursos humanos de alta qualificação para o setor de energia (cadeia do petróleo e gás). “As apresentações em geral foram de boa qualidade quanto ao seu conteúdo e informativas, em particular sobre as políticas de governo para o desenvolvimento da Ciência e Tecnologia no país, nos anos passados. No meu caso, tracei um panorama do conhecimento e da formação superior na área de P&G, de seus antecedentes históricos até os dias atuais. As minhas expectativas para a área de geociências no que diz respeito ao que se pode esperar vindo do fórum para o desenvolvimento do setor não é otimista. Há muita dispersão no enfoque dos assuntos”.

Aconteceu em abril de 2013, no Recife (PE), o 5º Encontro Preparatório que teve por tema-base “Oceanos, Clima e Desenvolvimento”. **Dieter Carl Ernst Heino Muehe**, pesquisador da Universidade Federal do Rio de Janeiro e membro da Rede Brasileira de Pesquisas sobre Mudanças Climáticas Globais (Rede CLIMA), discorreu sobre o aumento do nível do mar e a erosão costeira, abordando a vulnerabilidade, a mitigação e a adaptação. “A minha apresentação versou sobre elevação do nível do mar e seus efeitos; em termos de erosão costeira, mobilização de campo de dunas e riscos associados para a população como inundação, contaminação do lençol freático em locais sem rede de esgoto e de abastecimento de água. Exemplos foram dados a partir de trabalhos realizados no litoral do Rio de Janeiro, incluindo o risco da perda de praias urbanas e soluções mitigadoras como a identificação de jazidas de areia na plataforma continental para a recuperação das mesmas. Esses encontros permitem a troca e difusão de ideias e conhecimento com outros pesquisadores, assim como a geração de informações que sirvam de apoio e respaldo científico a decisões administrativas do governo para atenuação dos efeitos das mudanças esperadas”.

“Clima, Saúde e Alimentos: Desafios da ciência na América do Sul” foi o tema principal do 6º Encontro Preparatório, em maio de 2013, em Porto Alegre (RS).

O 7º Encontro Preparatório para o Fórum Mundial de Ciência, realizado na Universidade de Brasília (UnB), em agosto passado, teve por assunto principal a “Ciência para o Ambiente e a Justiça”. O professor do Instituto de Geociências da UnB, **Reinhardt Adolfo Fuck** foi co-relator da Mesa B, na qual foram apresentados os desafios da ciência para o ambiente natural. “A programação mostrou grande ênfase em qualidade de vida, justiça social, desenvolvimento sustentável (incluindo uso de recursos minerais), realidade social urbana e internacionalização do conhecimento, o último tópico aproveitando o fato de que as representações internacionais estão sediadas em Brasília”.

Os slides e os vídeos das apresentações realizadas nos encontros preparatórios, além de outras informações sobre o 6º Fórum Mundial de Ciência 2013 podem ser acessados no site <http://fmc.cqee.org.br/>.



Foto: Arquivo SBGf



Foto: Arquivo Pessoal



Foto: Arquivo Pessoal



Foto: Roberto Fleury - UnB

UENF completa 20 anos e inaugura novas instalações no LENEP

A implantação da Universidade Estadual do Norte Fluminense (UENF), ocorrida em 1993, foi coordenada pelo professor Darcy Ribeiro, que então como senador concebeu um projeto que visava a criação de uma universidade que atuasse em estreita conexão com o setor produtivo. Em 2013, ao completar 20 anos, a Uenf inaugura, no Laboratório de Engenharia e Exploração de Petróleo (LENEP), uma série de novas instalações de ensino e pesquisa com recursos da participação especial da Petrobras. Os investimentos nos últimos cinco anos somam cerca de R\$ 25 milhões, referentes à realização de obras e à aquisição de equipamentos de geociências e de engenharia de petróleo, que remodelaram o padrão da infraestrutura da instituição.

Entre as novas facilidades na área de geociências está o projeto de Modelagem Integrada de Reservatório (MIR), com um prédio dedicado que comporta laboratórios de física das rochas e de modelagem física para aquisição de dados geofísicos em escala reduzida; sala de visualização 3D; *cluster* para computação paralela (360 núcleos) e para armazenamento de dados (30 TB); além de um ambiente de apoio para aproximadamente 30 pesquisadores.

“Os laboratórios vinculados ao projeto possuem capacidades diferenciadas de medições de resistividade e velocidades P e S em testemunhos, sob diferentes condições de tensões axial e radial, saturação de fluido e temperatura. E no modelo reduzido é possível simular efeitos variados de propagação como *tuning*, absorção e dispersão, sensibilidade a fluido, além de testar o desempenho de algoritmos para processamento, interpretação e inversão de dados”, informa a professora Roseane Misságia, coordenadora do MIR.

O professor Carlos Alberto Dias, pesquisador sênior e mentor do Laboratório de Petrofísica, considera que este é o laboratório padrão hoje no Brasil para realização de medidas do espectro de resistividade. “As instalações deste laboratório permitem a determinação experimental e o desenvolvimento de estudos teóricos da correlação entre parâmetros petrofísicos construídos a partir da medida da resistividade espectral com salinidade, teor de argila, permeabilidade hidráulica, granulometria e superfície interna total da amostra de rocha pertencente a campos produtores de petróleo. Esta implantação dará um melhor embasamento para o método eletromagnético IP (polarização induzida) multifrequência que estamos desenvolvendo em conjunto com a UFBA, que possui um laboratório similar no Centro de Pesquisa em Geofísica e Geologia”, comenta.

Também está em andamento no LENEP o projeto do núcleo de desenvolvimento de *software* e modelagem computacional – instalado em cerca de 100 m², com capacidade para atender 16 pesquisadores com *workstations* de última geração e diversos *softwares* comerciais da área de geofísica e engenharia do petróleo, que foram desenvolvidos internamente pela equipe do laboratório.

O professor Viatcheslav Priimenko, líder do grupo, ressalta a importância do investimento: “O apoio dado pela Petrobras permitiu a ampliação da infraestrutura computacional do setor de Matemática Aplicada e Computacional do LENEP, de forma a viabilizar a formação de recursos humanos para suprimento da demanda da indústria do petróleo e gás por profissionais especializados, além da criação de condições para atender os projetos relacionados à modelagem físico-numérica e ao desenvolvimento de algoritmos e *softwares* multiplataforma nas áreas de exploração e caracterização de reservatórios”.



Vista aérea do LENEP que está localizado no campus Macaé da UENF

Foto: Prof. Jose Carlos Mendonça - LENEP UENF

Outro projeto de destaque é o Laboratório de Petrofísica para estudo de resistividade espectral em testemunhos – abrigado em cerca de 100 m², está equipado com analisador de impedância elétrica e outros equipamentos para medidas de porosidade, permeabilidade e composição de rocha por difração e fluorescência de raio-x.

Coordenador do projeto de petrofísica, o professor Fernando Moraes é líder do grupo de Inferência de Reservatório (GIR), que desenvolve métodos para inversão sísmica e caracterização de reservatório, além de cuidar da parte computacional e de visualização 3D do MIR. “A pesquisa desenvolvida no LENEP tem sido chamada de petrogeofísica, pois buscamos fazer a ligação das propriedades da rocha (porosidade, permeabilidade, litologia e conteúdo fluido) com a sísmica e o IP multifrequência, passando pelas escalas de testemunho e perfil de poço. Este trabalho ganha um novo impulso e consistência com essa proximidade do trabalho experimental nos novos laboratórios”, explica.

As novas instalações já estão beneficiando os 356 alunos do LENEP, compreendendo 230 da graduação em Engenharia de Exploração e Produção de Petróleo e 126 da pós-graduação em Engenharia de Reservatório e de Exploração, sendo 98 de mestrado e 28 de doutorado. A professora Roseane Misságia, que também coordena a pós-graduação, diz que o impacto na qualidade das teses já pode ser notado pela disponibilização de dados laboratoriais que permitem validar com mais propriedade os resultados. O que antes era testado apenas computacionalmente pode agora também ser testado experimentalmente, fechando bem o ciclo de pesquisa acadêmica.

O Chefe do LENEP, professor Hélio Severiano Ribeiro afirma que tudo isso é a consolidação do esforço coletivo implantado a partir dos projetos visionários do professor Darcy Ribeiro, para a UENF, e do professor Carlos Dias para o LENEP. “Nesta linha, temos desenvolvido a nossa vocação de atuar em aguda sintonia com o setor produtivo, promovendo a ciência aplicada e o desenvolvimento tecnológico. Nossos frutos estão sendo colhidos com diversos produtos já transferidos para o setor produtivo, incluindo a criação de uma empresa de serviço que começou incubada na UENF e que hoje faz parte das exposições realizadas nos congressos da SBGf, a Invision Geofísica Ltda”.

O LENEP desenvolve intensa cooperação com outras instituições de pesquisa, muitas vezes através de redes de pesquisa, como as da Petrobras e do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Geofísica do Petróleo (INCT-GP) do CNPq. Outro ponto forte da instituição são os programas de formação apoiados pela ANP e Petrobras, contando ainda com contribuições de empresas privadas, além das fontes tradicionais, CAPES, FAPERJ e CNPq.

Brasil se destaca em concurso da AAPG na área de petróleo

Equipes formadas por estudantes de geologia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ) e de geofísica da Universidade Federal Fluminense (UFF) representaram as geociências do Brasil de forma brilhante na etapa latino-americana do concurso Imperial Barrel Award (IBA), da American Association of Petroleum Geologists (AAPG), em abril de 2013. A equipe da UERJ sagrou-se vencedora e a da UFF ficou na terceira colocação, entre outras 11 equipes da Argentina, México, Peru, Venezuela e Colômbia, que conquistou o segundo lugar com a equipe da Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.

O IBA tem por objetivo o desenvolvimento do setor petrolífero e ocorre anualmente. Nesta fase do concurso, as equipes receberam um mesmo pacote contendo dados reais das Bacias Eromanga e Cooper, localizadas na Austrália, com um prazo de oito semanas para elaboração de um projeto. “O trabalho é um treinamento de geologias de exploração de petróleo e a equipe de alunos funciona como uma equipe de novas oportunidades de uma empresa de petróleo. Faz parte da competição respeitar estritamente o prazo, preparar uma apresentação convincente, em inglês, de 25 minutos, responder adequada-

mente às questões formuladas pelo grupo de apresentadores, que é formado por técnicos de empresas de exploração. Todos os membros da equipe devem participar da apresentação. O Brasil foi muito bem classificado, o que é importante para a geofísica brasileira”, explica o professor Hernani Chaves, que orientou os alunos do Programa de Pós-graduação da Faculdade de Geologia da UERJ.

A equipe da UFF foi orientada pelo professor de geofísica do Instituto de Geociências, Rogério Santos. “Em 2013, foram questões de alto nível acadêmico sobre a Geologia do Petróleo em relação a sistemas petrolíferos do campo de Merrimelia, Austrália”, afirma o professor que também é consultor técnico de geofísica na Petrobras.

Um total de 107 equipes de estudantes de 30 países participaram da edição 2013, que teve sua final realizada nos dias 17 e 18 de maio, em Pittsburgh (EUA). As instituições que ficaram nas três primeiras colocações foram, respectivamente: University of Utah, University of Oklahoma e Sultan Qaboos University in Oman. O próximo IBA ocorrerá em 2014 entre os dias 4 e 6 de abril, datas que antecedem o congresso da AAPG.

Foto: Arquivo UERJ



Equipe UERJ da esquerda para direita: prof. Hernani Chaves, Renata Conforti, Diego Felipe da Costa, Jonathan Charles Guido e Werlem dos Santos

Foto: Arquivo UFF



Equipe UFF da esquerda para direita: Victor Almeida, Jaqueline Krueger, prof. Rogério Santos, Elisa Alexandre, Flávio Panzo e Carlos Pacheco

Possuímos um GRANDE DIFERENCIAL PARA ÁGUAS PROFUNDAS: TRANSPARÊNCIA

A Ecopetrol tem o compromisso de construir um futuro melhor, com ciência e tecnologia, priorizando a segurança de suas operações, em harmonia com as questões ambientais e respeitando as populações das regiões onde atua. Assim, incorpora princípios de gestão transparente em sua política de governança, atendendo seu público-alvo e grupos de interesse.



Ecopetrol. Somando forças para parcerias de sucesso.

contato@ecopetrol.com.br
www.ecopetrol.com.co

ecopETROL
BRASIL

UNIVERSIDADE

Programa Ciência sem Fronteiras beneficia a geofísica nacional

O programa Ciência sem Fronteiras (CsF) é gerenciado pelos Ministérios da Educação (MEC) e da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) por meio de suas respectivas instituições de fomento (Capes e CNPq) e Secretarias de Ensino Superior e Tecnológico do MEC. Iniciado em 2011, o CsF busca promover a consolidação, expansão e internacionalização da ciência e tecnologia, da inovação e da competitividade brasileira através do intercâmbio internacional de estudantes e pesquisadores.

O programa prevê dispor, em quatro anos, de até 101 mil bolsas de estudo no exterior para alunos brasileiros de graduação e pós-graduação. Ainda procura atrair pesquisadores visitantes estrangeiros para se fixar no Brasil ou estabelecer parcerias com os pesquisadores nacionais nas áreas prioritárias do programa, bem como criar oportunidades para que pesquisadores de empresas recebam treinamento especializado no exterior.

“As bolsas são ofertadas em edital do CNPq. O aluno pode candidatar-se de duas maneiras. A primeira é via instituição de ensino que, em geral, lança um edital interno e faz uma triagem entre os interessados antes de inscrevê-los na Capes, que faz a seleção final. Na segunda forma, é o aluno que se inscreve no *site* da Capes, mas para isso outros requisitos são observados, como a nota no ENEM”, esclarece **Ellen Gomes**, professora da Universidade Federal do Pará (UFPA).

O Departamento de Geofísica da UFPA participa do CsF desde o primeiro edital. Segundo Ellen Gomes, até o momento, seis alunos da instituição já foram bolsistas. Cinco foram para instituições nos EUA e um para Portugal. “Atualmente temos um aluno na Universidade da Califórnia que está estagiando na Global Geophysical e outro na Universidade de Lisboa. Incentivamos a se candidatar os alunos que já cursaram mais de 20% e menos de 90% do curso de graduação (um dos requisitos para participar do programa). Aqui na universidade o critério para aprovação na triagem é ter o rendimento geral nas disciplinas acima de 7 (da nota máxima de 10)”.

Os bolsistas devem se dedicar integralmente aos estudos durante o período da bolsa e retornar ao Brasil para concluir o curso, além de receber passagens de ida e volta, bolsa-auxílio mensal, auxílio deslocamento, seguro saúde e custos referentes às taxas escolares. As seguintes modalidades de bolsas no exterior são oferecidas: graduação, tecnólogo, desenvolvimento tecnológico, doutorado sanduíche, doutorado pleno e pós-doutorado.

Letícia Gonçalves Pureza cursa doutorado no exterior através da bolsa do CsF, que conquistou quando era estudante de graduação em geofísica na UFPA. “Em janeiro de 2012 consegui a bolsa do Ciência sem Fronteiras para estudar por um ano na University of Wyoming (EUA). Minha alimentação e moradia eram garantidas e não tinha com o que me preocupar. A mensalidade de US\$ 300 era suficiente, se bem administrada. No que se refere aos estudos, aprendi um novo método de organizar meu tempo e acho que ele é bem eficaz. Tanto que me destaquei como boa aluna, enquanto bolsista do CsF, e consegui a oportunidade de retornar aos EUA como bolsista integral da universidade para fazer meu PhD em Engenharia de Petróleo”.

O Ciência sem Fronteiras possui acordos e parcerias com diversas instituições de ensino, programas de intercâmbio e institutos de pesquisa como na Alemanha, Áustria, Canadá, China, Estados Unidos, Índia, Japão, Noruega e Rússia.

O MEC disponibiliza na internet o programa Inglês sem Fronteiras (<http://isf.mec.gov.br/>). A ferramenta virtual possibilita o aperfeiçoamento na língua inglesa de maneira mais rápida e eficiente de estudantes de ensino superior “No primeiro edital,

que foi para os Estados Unidos, era exigido a nota mínima de 79 pontos na prova de proficiência em inglês do TOEFL. Nossos alunos fizeram um curso de 60 dias para a realização da prova. Tinham aulas e testes diários, algumas vezes na hora do almoço. Sofreram muito, mas os que chegaram ao fim dessa maratona conseguiram a bolsa. Atualmente, não precisamos mais recrutar, os alunos estão atentos aos editais e eles próprios se cotizam e pagam pelo treinamento. Hoje o aluno pode viajar sem a prova de proficiência e para isso existem regras estabelecidas pela Capes”, afirma Ellen Gomes.

A pós-graduação em geofísica da UFPA ainda se beneficiou de dois editais para pesquisador visitante, que possibilitaram a vinda dos professores Boris Sibiryakov (Rússia) e Peter Hubral (Alemanha) para lecionar no curso pelos próximos três anos.

Embora reconheça o valor do CsF, a professora Ellen Gomes resalta que alguns pontos deveriam ser observados pelos órgãos responsáveis pelo programa, no caso específico da graduação sanduíche. “Não há um planejamento sobre o curso ou disciplinas que serão oferecidas na instituição no exterior. Em algumas situações, especificamente de nossos alunos de geofísica, disciplinas que não são ofertadas nos cursos nacionais e que seriam mais interessantes, por propiciar experiências que no Brasil seriam impossíveis de ser vivenciadas, não foram disponibilizadas aos alunos do CsF. Por outro lado, os cursos de graduação e de pós do país estão tendo oportunidades que não existiam antes, o intercâmbio de estudantes e pesquisadores e as possibilidades de pós-doutorado contribuem para nossa pesquisa, ensino e desenvolvimento tecnológico. Nesse sentido, estamos vivendo em um momento excelente”.

A estudante Letícia Pureza, que manteve um rendimento acadêmico alto durante sua estadia nos EUA (3,58 de um total de 4), concorda com a professora Ellen Gomes. “Quanto aos estudos, primordialmente fiquei um pouco frustrada ao saber que o curso de geofísica na universidade que eu estava é somente para pós-graduação. Isso fez com que eu não pudesse me matricular em muitas matérias de geofísica diretamente. Logo, fiz matérias de geologia, matemática e línguas estrangeiras. Contudo posso dizer que tive resultados positivos e tirei proveito de todas as oportunidades apresentadas pelo Ciência sem Fronteiras. O contato com diferentes culturas e ambientes de convívio com certeza adicionaram algo à minha personalidade”.

Petrobras e Vale financiam bolsas pelo CsF

A Petrobras está apoiando o programa Ciência sem Fronteiras por meio do financiamento de 5 mil bolsas de estudo, até 2017, em temas relacionados à Indústria de Petróleo, Gás, Energia e Biocombustíveis. Alguns temas de interesse relacionados ao programa são: atributos sísmicos, geofísica ambiental, geofísica de poço, métodos não sísmicos, modelagem de reservatórios, sensoriamento remoto e sistemas deposicionais e estratigrafia.

Com o intuito de apoiar e complementar o Ciência sem Fronteiras, a companhia Vale investiu mais de US\$ 27 milhões. Algumas áreas prioritárias de interesse da Vale são: geofísica; geologia; hidrogeologia; geociências marinhas; e sistema de informação geográfica.

Bolsistas, ex-bolsistas e empresas conveniadas ao CsF podem acessar <http://ee.cienciasemfronteiras.gov.br> para consulta de vagas e busca de perfis de mão de obra qualificada.

Áreas Contempladas pelo CsF

- Ciências Exatas e da Terra
- Tecnologia Aeroespacial
- Petróleo, Gás e Carvão Mineral
- Ciências do Mar
- Tecnologia Mineral
- Energias Renováveis
- Biodiversidade e Bioprospecção



Foto: Arquivo Pessoal



Foto: Arquivo Pessoal

Panorama da Graduação em Geofísica no Brasil – Unipampa

O Boletim SBGf está publicando um Panorama da Graduação em Geofísica no país, no qual são abordados diversos temas relativos à disciplina nas Instituições de Ensino Superior (IES). A cada edição é publicada uma entrevista com um coordenador de curso de graduação em geofísica e um aluno da mesma instituição.

Tendo iniciado suas atividades em 2005, a Universidade Federal do Pampa (Unipampa) é uma das mais novas do Brasil. Apesar disso, já formou 42 geofísicos. A universidade conta com 10 campi em 10 cidades do estado do Rio Grande do Sul. O curso de geofísica se encontra no campus Caçapava do Sul.

O ingresso no curso de geofísica da Unipampa é pelo SiSU (Sistema de Seleção Unificada), do MEC, que utiliza as notas do ENEM para a classificação dos candidatos. A cada ano são oferecidas 40 vagas e atualmente 121 alunos estão matriculados.

A grade curricular atual do curso está dividida em oito semestres. O quadro de professores do curso de graduação em geofísica é composto por 21 docentes, sendo 18 com título de doutor e três com título de mestre.

A Unipampa dispõe de convênios com diversas empresas do setor mineral para estágio aos seus estudantes, que contam com os laboratórios de Física, Química, Mineralogia, Topografia, Cartografia, Petrofísica, Informática e de Processamento de Dados para o desenvolvimento de seus estudos.

Site: <http://cursos.unipampa.edu.br/cursos/geofisica/>



Entrevista prof. Mario J. Thomas Rosales – Coordenador do curso de graduação em geofísica da Unipampa

Como está o desenvolvimento da Geofísica em sua instituição de ensino?

Penso que uma medida do desenvolvimento da Geofísica na Unipampa tem sido a gratificante e estimulante participação dos alunos do curso, envolvidos diretamente com as atividades de pesquisa em diversas temáticas das geociências, tais como prospecção mineral, cartografia geológica, mapeamento e prospecção de recursos hídricos, contaminação do meio ambiente, etc. É louvável destacar a presença de um grande número de trabalhos científicos desenvolvidos por docentes conjuntamente com seus alunos, e para apresentação em eventos nacionais e internacionais. Existe um número já significativo de formandos que se encontram inseridos no mercado de trabalho, atuando como geofísicos em diversas empresas da área de prospecção mineral e de hidrocarbonetos, assim como outros formandos que estão dando continuidade aos estudos em diversos programas de pós-graduação no país. Ainda existe um longo caminho para afirmar que a Geofísica se encontra consolidada na Unipampa, mas fica a certeza que os frutos de todo o trabalho realizado até o momento, começam a aparecer com resultados muito alentadores.

Como considera o perfil do aluno formado no curso de graduação em geofísica oferecido pela universidade?

Atualmente possui um perfil profissional generalista, no entanto as linhas de pesquisas dos professores que ministram aulas no curso, que de fato são os responsáveis pela orientação dos trabalhos de conclusão de curso dos alunos, mostram de maneira geral uma tendência para a abordagem de temas relacionados com a cartografia geológica regional, a prospecção mineral e o estudo dos recursos hídricos.

O curso possui áreas de especialização?

Atualmente o curso não possui área específica de especialização em Geofísica. Vale ressaltar que o campus de Caçapava do Sul conta com o curso de mestrado em Gestão Ambiental e Sustentabilidade na Mineração.



Entrevista Marcos Vinícios da Silva Ferreira – geofísico recém-formado da Unipampa

22 anos

Graduado em junho de 2013

Interesse na área de exploração mineral

O que te motivou a cursar Geofísica?

Como eu gostava de física, interessei-me pela geofísica a partir do momento que descobri as suas áreas de atuação e tive acesso à grade curricular do curso.

O curso correspondeu as suas expectativas?

Por ter sido uma universidade em implementação quando ingressei em 2009, existiram no começo algumas dificuldades acerca de profissionais, equipamentos e espaço físico, mas à medida que a universidade foi crescendo, esses contratempos foram sendo sanados, tornando o curso cada vez mais interessante, dispondo hoje de equipamentos de última geração.

Qual é a sua área de maior interesse na Geofísica?

Desde o início a área de exploração mineral foi a que mais me chamou a atenção, tanto pelo fato do conhecimento necessário para este tipo de estudo, quanto pelo fato da maioria dos depósitos superficiais já terem sido descobertas, fazendo com que as pesquisas minerais necessitem serem feitas em maiores profundidades, tornando assim indispensável o emprego de profissionais da área de geofísica.

Se associou à SBGf a partir de qual período?

Tornei-me sócio na SBGf logo que ingressei na universidade, pois é através da condição de sócio que os alunos de graduação têm acesso às diversas vantagens.

Qual foi o tema de seu trabalho de conclusão de curso?

Meu trabalho de graduação foi na área de processamento e integração de dados magnetométricos aéreos e terrestres da CPRM dos anos de 1974 e 2010, com o título: Processamento e Integração de Dados Magnetométricos Terrestres, Aéreos e de Suscetibilidade Magnética, Aplicado ao Estudo de Mapeamento Geológico na Região de Vila Nova do Sul – RS. A aplicação de magnetometria terrestre para comprovação das anomalias provenientes do processamento dos dados aéreos e coleta de medições de suscetibilidade magnética usada como ferramenta de auxílio na comprovação das anomalias obtidas dos dados terrestres. Metodologia aplicada ao estudo de rochas metamórficas no interior do RS.

Como avalia a iniciativa da SBGf em fornecer bolsas para alunos de geofísica? Quais foram os principais benefícios proporcionados pela bolsa para você?

Essa iniciativa é muito importante para o desenvolvimento da geofísica, pois a bolsa serve de incentivo para que o aluno se esforce desde o começo do curso, uma vez que a bolsa é cedida para a execução do trabalho de conclusão de curso. Ou seja, além de boas notas, é importante estar sempre envolvido nas atividades de ensino, pesquisa e extensão da universidade. Fato este que faz com que o nível de dedicação dos estudantes cresça dentro da universidade, além de auxiliar com suas despesas. Além do auxílio financeiro, o maior benefício está no fato de constar no meu currículo, o que pode futuramente ser um diferencial na hora de concorrer a uma colocação profissional.

História do Processamento Sísmico no Brasil – Parte II

Simplicio Lopes de Freitas (SCF Consultoria) e Renato Lopes Silveira (ANP)

Em 1977 tiveram início no Brasil as primeiras aquisições marítimas 3D. Os levantamentos 3D adquirem muito mais dados que os, até então rotineiros, levantamentos 2D e requerem o uso de novos programas para processamento. Até este momento o pacote de processamento sísmico utilizado pela Petrobras ainda era fornecido pela Western Geophysical.

Para ilustrar o ambiente computacional no início de 1990 na Petrobras, o CPD Central do CCS-PD (Departamento de Exploração - Depex; Departamento de Produção - Depro; Departamento de Perfuração - Deper; e atendendo também ao Centro de Pesquisas - Cenpes) era:

- supercomputador IBM 3090-600E com 6 processadores vetoriais;
- 280 GB de área em disco tipo IBM 3380;
- 64 unidades de fita cartucho IBM 3480 e 10 unidades de rolo IBM 3420;
- rede composta de 629 terminais, incluindo 327 microcomputadores, 40 estações gráficas IBM 5080 e 10 estações de trabalho.

O pacote sísmico utilizado desde 1980 era o IQueue SPS da Western Geophysical. Anteriormente havia um sistema chamado “batch” (cada etapa ou *job*, por exemplo, um *edit* - demultiplexação dos dados de campo, exigia a leitura de fita magnética, processamento e saída obrigatoriamente também em fita magnética). O sistema IQueue permitia que vários passos do processamento fossem feitos sem a geração de fitas intermediárias. Por exemplo, um *job* poderia ser um *edit*, seguido da deconvolução e depois a geração de uma saída para *plotter*. O IQueue permitia um “flow” de várias etapas com ganhos em produtividade. A biblioteca de programas sísmicos era superior a 400 programas e a cada incremento da capacidade do *hardware* era logo absorvida pelo uso de novas técnicas de processamento.

Cumprir lembrar que a Petrobras em 1980 iniciou um projeto visando o uso de um sistema de pré-processamento sísmico totalmente desenvolvido no Brasil e com recursos nacionais. O projeto foi realizado em parceria com a COMSIP, empresa de *software* de São Paulo, e a dedicação em tempo integral de dois geofísicos da estatal. Foram desenvolvidos em linguagem CORAL os programas básicos de demultiplexação de fitas de campo (*edit*), de empilhamento, plotagem, análise de velocidades (velan), os módulos de filtragem e interpolação lateral de velocidades e programas utilitários para cópia e “dumps” de fitas magnéticas. Em 1982 o sistema (minicomputador nacional COBRA 700/modelo 2 com 64 K palavras de 16 bits, 10 MB de unidade de disco, dois rolos de fita magnética com 1600 BPI, um console de vídeo e um *plotter* eletrostático Versatec) começou a operar nas equipes ES-27 e ES-57 (DESUD - antiga UO do Sudeste). O processamento de registros de campo em terra com 3.000 ms de comprimento, 2 ms de taxa de amostragem e 48 canais de dados era feito em um minuto por registro.

Uma nova experiência com pacotes de processamento sísmico teve começo quando, em 1976, foram assinados os chamados contratos de risco com companhias estrangeiras e nacionais. Aportaram no país várias empresas do exterior que se associaram em consórcio com empresas brasileiras. Embora os contratos de risco tenham sido encerrados em 1983, diversos consórcios permaneceram ativos desta feita prestando serviços apenas para a Petrobras, nos distritos (atuais UO), somente para processamento terrestre 2D. Podemos citar a Promon/Horizon, consórcio CESP/IPT (Paulipetro), TGG Themag Geosource Geofísica, UBM (Seiscom Delta United). O *hardware* utilizado

era, geralmente, o sistema VAX 780 FPA da Digital. Era um minicomputador extremamente versátil, pois possibilitava o acoplamento de diferentes periféricos de outros fornecedores com facilidade. Um ou mais *plotters* do tipo eletrotástico eram diretamente acoplados no sistema, o que permitia a plotagem diretamente de discos ou fitas, eliminando deste modo a necessidade de fazer uma operação *offline*. Os pacotes de processamento eram proprietários. Destacam-se a Digicon, Geosource, Horizon e Uniseis. Outros minicomputadores utilizados foram o Preseis e o Tempus.

Em 1980, através de um convênio com a Petrobras, foi instalado na UFBA um sistema VAX 780 para servir de apoio ao programa de pós-graduação da universidade, bem como para o processamento terrestre das equipes da Bahia. O surgimento dos minicomputadores com um patamar de preço, na faixa de US\$ 500.000,00, totalmente configurado para o processamento sísmico e requisitos de instalação bem menor que os chamados *mainframes*, deram ensejo à criação de centros e pacotes de processamentos pelas companhias de aquisição terrestre de médio porte.

A Western Geophysical, em consórcio com a SW Geofísica (SERMAR), inaugurou um centro de processamento, em 1986, para prestar serviços de remasterização de dados em fita magnética para a Petrobras. Terminado este projeto a empresa continuou no Brasil, mas fechou o centro em 1992, reinaugurando-o em outubro de 1998 com equipamentos RISC da IBM e SGI. Havia 26 CPUs, mais de três TB (*terabytes*) em disco e um *robot* de fita DLT com capacidade de 20 TB.

Com o advento das chamadas *workstations*, a Western Geophysical portou o sistema IQueue SPS para o OMEGA SPS, que desde seu *design* inicial passou a ter vários utilitários que permitiam que um programa pudesse ser submetido tanto no “*mainframe*” como na *workstation*. De vital importância, ainda hoje, cita-se o catálogo das fitas magnéticas idêntico ao do *mainframe*. O catálogo permite que o programador utilize fitas magnéticas indicando apenas o nome de um “*dataset*” (normalmente, sem o catálogo, seria necessário informar o tipo de unidade de fita, a densidade e todos os números das fitas a serem utilizadas... imagine a tarefa trabalhosa de fornecer os dados de um número grande de fitas, o que era a regra). Enfim, o OMEGA SPS foi criado à imagem e semelhança do *mainframe* IBM MVS. Os pacotes sísmicos, inclusive o IQueue, eram totalmente abertos e a Petrobras tinha acesso a todos os programas fontes.

Em 1984 foram instaladas na estatal, ao computador IBM 3083, oito estações gráficas da Tektronix compostas de um terminal, um monitor de vídeo de alta precisão, *plotter*, copiadora e digitalizador. Estas estações permitiram o uso do processamento gráfico interativo, funcionando como



IBM 3480 e IBM 3420

ferramenta de trabalho dos geofísicos e geólogos na modelagem direta e inversa de dados sísmicos, geração de mapas e perspectivas, digitalização de seções sísmicas, velans e perfis de poços, dentre outras atividades. Na época eram largamente utilizados equipamentos *offline*, tais como o *plotter* Geospace GS6410 para produção, em filme ou papel fotográfico, das seções sísmicas. Logo a seguir, em 1985, foi instalada ao *mainframe* uma estação de interpretação sísmica da Western Geophysical conhecida como Crystal. Em 1986, foi instalada na sede da Petrobras (EDISE) a primeira estação de interpretação sísmica *offline* da Landmark. Um ano depois já havia 14 estações de interpretação em operação na estatal.

Em meados de 1990, a Petrobras, com plano de substituir o *mainframe* por estações tipo RISC, fez uma concorrência internacional na modalidade técnica e preço para o fornecimento de *hardware*, *software* básico, pacote de processamento sísmico, suporte técnico *onsite* e manutenção para atendimento da sede (onde havia um *mainframe* IBM 3090 com *Vector Facility*) e nos distritos (onde havia *mainframe* IBM 4381 com *array processors*). A Landmark venceu a concorrência com o *software* ProMAX. Os novos *hardwares* e *softwares* começaram a ser instalados e, finalmente em 1997, o *mainframe* do E&P foi desativado, enquanto o ProMAX estava instalado na sede e em todos os distritos. O pacote ProMAX para *workstations* (originalmente todas estações eram da SGI) era fechado (sem acesso aos códigos fontes). A Western instalou uma estação IBM RS 590 executando o OMEGA, que em tese estava em “testes”, como contrapartida pelas licenças não vencidas do *mainframe*. Em 1998 foi instalada na Petrobras a primeira versão oficial do OMEGA 1. O OMEGA 2 foi anunciado em 2003 e incorporou o *software* OMEGA da Western Geophysical e o Seismos da GECO (Schlumberger).

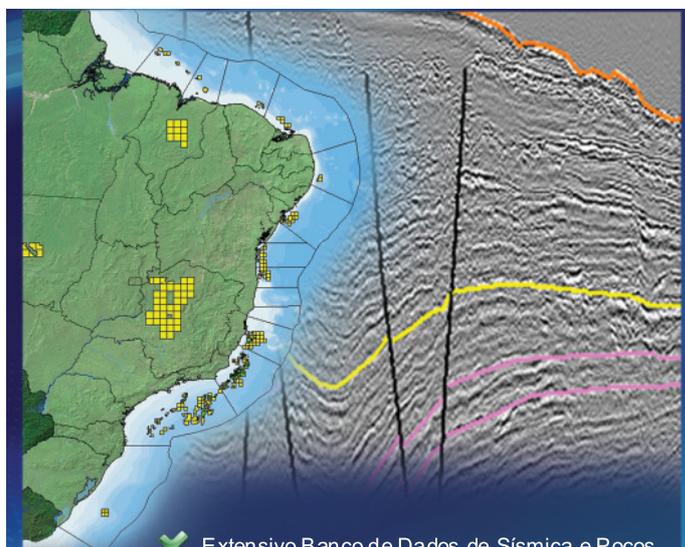
Ainda hoje, em face aos altos custos de aquisição e manutenção de um centro de processamento de porte suficiente para o processamento, em tempo hábil, através das novas tecnologias 3D e 4D, poucas companhias, em especial as especializadas em levantamentos marítimos, têm esses recursos disponíveis. Inicialmente, na década de 1960, o processamento sísmico era uma exclusividade das companhias de aquisição sísmica. A GSI (Geophysical Service Incorporated), foi criada em 1930 e, realizou o primeiro levantamento 3D no mundo, em 1972. Em 1998, a GSI foi vendida para a HGS (Halliburton Geophysical Services) e em 1994 a HGS foi absorvida pela Western Geophysical. A Western Geophysical foi criada de uma cisão na GSI em 1933. Em 1950, foi pioneira na técnica *bright spot*. Em 1998 o controle da empresa foi vendido para a Baker Hughes, que em 2000 associou-se com a Schlumberger para formar a WesternGeco, que tornou-se 100% da Schlumberger em 2006. Fundada em 1925, a Petty Ray Geophysical teve como ponto alto a introdução do *common reflection point recording* em 1950. Depois transformou-se em Geosource e foi finalmente absorvida pela Halliburton. A PGS (Petroleum Geo-Services) foi criada em 1991. E finalmente das grandes resta a história da CGG (Compagnie Générale de Géophysique), que foi fundada em 1931 pela Schlumberger que em 1950 vendeu sua participação acionária. Em 1965 nasceu, em Houston (EUA), a Digicon que juntou-se com a Veritas, de Calgary (Canadá), que havia sido criada em 1970, e em 1996 tornaram-se a Veritas DGC Inc. Finalmente em 2007 foi absorvida pela CGG.

O progresso da tecnologia de computação proporcionou o crescimento da indústria sísmica porque a cada avanço na potência dos computadores criava-se uma oportunidade para que a sísmica pudesse adquirir e processar, com melhores resultados, mais e mais dados. Senão vejamos, em 1970, por exemplo, os processadores podiam processar a velocidades de 740 KHz até 8 MHz. Em 1985 a Intel lançou o microprocessador 80386 com 33 MHz. O PC 8086 da IBM quando foi lançado em 1978 tinha

5 MHz. Hoje a maioria dos microprocessadores de uso pessoal podem operar até mais que 2.5 GHz, um desempenho teórico de 10 bilhões de operações de ponto flutuante por segundo.

Deste modo com a disponibilidade de pacotes de processamento sísmico, a preços módicos, nas diversas universidades que passaram a oferecer o curso regular de geofísica e pelo decrescente preço do *hardware*, encontra-se no Brasil uma indústria de processamento sísmico composto de dezenas de empresas de muito pequeno porte que operam no nicho do processamento 2D e 3D. O diferencial entre estas empresas é evidentemente o *know-how* dos seus técnicos em geofísica e a experiência em processamento sísmico.

Mas não termina aí a história do processamento. Os geólogos e geofísicos já conhecem, há mais de um século, várias formulações da física para melhores e mais precisos resultados do mapeamento do subsolo. No entanto, até mesmo os supercomputadores mais potentes da atualidade ainda não são capazes de processar, em tempo hábil, alguns tipos de equações, como por exemplo, a equação física das ondas elásticas de uma forma completa. Recentemente, em março de 2012, a revista “The Leading Edge” publicou o andamento do projeto SEAM (SEG Advanced Modeling Corporation) e afirmou que a modelagem de aquisições sísmicas 3D é classificada como um dos grandes desafios da computação. Disse que, a partir de fórmulas conhecidas para a estimativa do “*numerical size*” da modelagem de campos de onda (*wavefield modeling*), pode-se representar as nuances geológicas com resolução de poucos metros para todas as propriedades elásticas do meio. Entretanto, considerando uma área de 1.000 km² contendo alguns milhares de pontos de tiro, rapidamente é ultrapassada a capacidade dos maiores computadores atualmente existentes pelos requisitos de memória física da ordem de *terabytes* e outros milhares de *petaflops*.



- ✓ Extensivo Banco de Dados de Sísmica e Poços
- ✓ Gerenciamento de Dados de E&P
- ✓ Projetos de Aquisição Sísmica
- ✓ Interpretação Geológica e Geofísica
- ✓ Avaliação de Prospectos e Reservas
- ✓ Projeto Margem Equatorial - ANP Round 11

www.geohub.com.br
+55 21 3535-9664 | ontato@geohub.com.br

GEOHUB

NOTAS

Foto: Arquivo SBPC



Palestra sobre Terremotos no Brasil e Ensino das Geociências em Discussão na 65ª Reunião da SBPC

A 65ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC) ocorreu de 21 a 26 de julho, na Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), no Recife. Com o tema "Ciência para o Novo Brasil", foram realizadas conferências, mesas-redondas, além de uma programação cultural e exposições. De acordo com os dados oficiais, houve 22.930 inscritos de 27 estados e mil cidades. Só na SBPC Educação, participaram 12.397 professores.

Realizado desde 1948, o evento conta com a participação de representantes de sociedades científicas, autoridades e gestores do sistema nacional de ciência e tecnologia. A Reunião Anual da SBPC é um importante encontro para a difusão dos avanços da ciência nas diversas áreas do conhecimento e um fórum de debates de políticas públicas para a ciência e tecnologia.

A SBGf foi proponente da palestra que ocorreu no dia 26 de julho, intitulada "Terremotos no Nordeste do Brasil: seus Efeitos e Estudo de suas Causas", e que contou com público de cerca de 80 pessoas. O conferencista foi o professor Joaquim Mendes Ferreira (UFRN). "Os principais tópicos tratados foram o efeito dos terremotos no Nordeste do Brasil, o que tem sido feito pela sismologia para o entendimento desse fenômeno natural e se estamos ou não preparados caso uma situação como a de João Câmara-RN, em 1986, volte a ocorrer. No primeiro tópico foram recordados os vários flagelos devidos a esse fenômeno natural, como o pânico e fuga da população bem como a destruição de moradias na região. Foi mostrado também o que tem sido feito no Nordeste, principalmente pela UFRN, para monitorar e estudar esse fenômeno. Finalmente, foi debatido se estamos ou não preparados para uma situação semelhante a João Câmara 1986. Se é verdade que o conhecimento sobre o fenômeno evoluiu muito a mitigação do mesmo depende de vários fatores como educação, engenharia e preparação que, no meu entender deixam a desejar".

O debate na palestra prosseguiu sobre o pouco espaço das geociências no ensino médio. Segundo o professor Joaquim Mendes Ferreira, a SBGf está fazendo sua parte na divulgação mas, "pelo que captei, é preciso fazer mais e, juntamente com outras áreas afins, tentar influir na formulação do currículo de segundo grau pois, sem dúvida, é nesse nível que a divulgação começa. É aí que os jovens podem começar a entender o papel da geofísica tanto no entendimento da natureza quanto na busca de recursos necessários à civilização humana".

Evento oferece desconto para Associados da SBGf

A Sociedade Brasileira de Geologia (SBG) promove, entre os dias 10 e 13 de novembro, o XXV Simpósio de Geologia do Nordeste (SGNE), que será realizado juntamente com o III Simpósio da Província Borborema, em Gravatá, Pernambuco.

O Simpósio de Geologia do Nordeste é um importante evento técnico-científico do Nordeste na área das ciências da terra. Reúne pesquisadores, profissionais e estudantes das áreas das geociências para discutir e apresentar resultados de pesquisas em temas regionais com relevância nacional. Nesse simpósio serão debatidos os desafios atualmente impostos aos profissionais das geociências, não apenas na manutenção das crescentes demandas por energia e matérias-primas para um desenvolvimento sustentável, bem como, a aplicação e uso de geotecnologias para otimizar processos exploratórios, e ainda proteger e recuperar os diferentes ecossistemas. Os associados efetivos e estudantes da SBGf têm desconto na inscrição do evento, com valores de R\$ 350 e R\$ 180, respectivamente. Inscrições e mais informações no site www.ufpe.br/geologia/xxvsimposiodegeologiadonordeste

Publicações SBGf



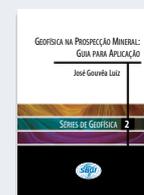
Análise do Sinal Sísmico
André L. Romanelli Rosa



Perfilagem Geofísica em Poço Aberto
Geraldo Girão Nery



Considerações sobre a Aquisição Sísmica Multicliente no Brasil - Aspectos Legais
Simplicio Lopes de Freitas



Geofísica na Prospeção Mineral: Guia para Aplicação
José Gouvêa Luiz



Fundamentos de Física para Geociências
C. E. de M. Fernandes



Dicionário Enciclopédico Inglês - Português de Geofísica e Geologia (4ª ed.)
Osvaldo de Oliveira Duarte



SBGf: três décadas promovendo a Geofísica

www.sbgf.org.br

IN MEMORIAM

In Memoriam – Kaoru Tsubone, Odete Fátima Machado da Silveira e João Esteves Filho

Nesta página, o Boletim SBGf presta homenagem a geofísicos que contribuíram de forma inestimável para o avanço da ciência no Brasil e que, infelizmente, faleceram.

Kaoru Tsubone

Nascido em Fukuoka, Japão, em 1946, o geofísico Kaoru Tsubone faleceu em 13 de junho. cursou Geologia (USP, 1971), tendo obtido o título de mestre em Geofísica Aplicada (Universidade do Texas, Austin, 1980-1981). Ingressou na Petrobras em 1972, onde trabalhou por 35 anos até se aposentar em 2007. Iniciou sua carreira na estatal na RENOR/Belém, sendo responsável pelas atividades na Amazônia. Seu relatório de estágio na equipe ES-36 foi referência para os geofísicos que depois lá estiveram, pelo conteúdo técnico e belas ilustrações. Transferido posteriormente para o DEXBA/Salvador e depois para o DEPEX/Rio, fez o mapeamento regional da Formação Macaé, juntamente com o geofísico Sérgio Possato, cujo mapa gerou inúmeras descobertas na Bacia de Campos. Em seguida, utilizando sua *expertise* nas bacias Cumuruxatiba, Jequitinhonha, Camamu-Almada e Espírito Santo, realizou um trabalho sísmico de interpretação considerado também de excelente qualidade. Kaoru foi ainda Chefe da Interpretação no DENOC/Manaus e DENEST/Aracaju, vindo posteriormente para o Rio de Janeiro, onde exerceu as funções de assistente no DEPEX e de professor na Universidade Petrobras. Ainda no Rio, trabalhou na Unidade de Novos Negócios do setor de E&P. Após se aposentar na Petrobras, ingressou na Interoil, onde foi Gerente de E&P por 6 anos.

Kaoru Tsubone, segundo seus colegas e chefes imediatos, foi sempre um técnico ético, amigo e, acima de tudo, um brilhante intérprete sísmico.

Contribuição: Jairo Souza, João Batista de Toledo, Luiz Carlos Toffoli, Mauro Araujo e Sérgio Possato

Odete Fátima Machado da Silveira

Em 1º de julho de 2013 faleceu a geóloga e geofísica marinha, Odete Fátima Machado da Silveira. Nascida no dia 28 de julho de 1953, em Caxias do Sul (RS), formou-se em Geologia (UFPA, 1985), depois especializou-se em Geofísica Marinha na Universidade Federal Fluminense (UFF). No ano seguinte, iniciou o mestrado (UFPA, 1989). Foi nessa época que Odete e demais professores implementaram a linha de pesquisa em Geologia e Geofísica Marinha na UFPA. Nasceu, então, o PROMAR – Programa de Pesquisa e Ensino em Ciências do Mar. No Amapá, desenvolveu o projeto profissional de sua vida, impulsionando as pesquisas geológicas e geofísicas na costa do estado, no Instituto de Pesquisas do Amapá – IEPA. Em 2000, assumiu a coordenação do Programa de Gerenciamento Costeiro do Amapá, e em 2005, a direção do Centro de Pesquisas Aquáticas (CEPAQ-IEPA). Em 2006, Odete retornou ao Pará como professora da Faculdade de Oceanografia da UFPA, com a missão de consolidar o curso, com a criação do Laboratório Institucional de Oceanografia Geológica (LIOG), agregando estudantes e professores de Oceanografia, das instituições de pesquisa do Pará, Amapá, Rio Grande do Norte e também do exterior, no desenvolvimento de projetos de pesquisa científica e formação de recursos humanos.

Contribuição: Amílcar Mendes



Foto: Arquivo Pessoal

João Esteves Filho

Faleceu no dia 28 de julho de 2013, no Rio de Janeiro, o geofísico João Esteves Filho, logo após completar 60 anos. Geólogo (UFRRJ, 1975), João Esteves Filho, ao longo de sua vida profissional, atuou como geofísico, sempre trabalhando com métodos aplicados à engenharia, em ambiente marítimo ou fluvial. Nos anos 80, rumou para carreira executiva ao concluir o MBA do COPPEAD-UFRJ. Nos últimos anos, já aposentado e com problemas de saúde, vinha se dedicando à arte dos bonsais, atividade que também se destacou, estando entre os melhores do Brasil.

João Esteves colaborou com a SBGf, participando da administração superior e do conselho da sociedade por quatro mandatos, como tesoureiro (1993-1995 e 1995-1997) e conselheiro (1997-1999 e 1999-2001). No comitê organizador de três edições do congresso da sociedade, atuou na parte de infraestrutura (3ª edição -1993 e 4ª edição -1995) e de finanças (6ª edição - 1999).

Esteves deve ser lembrado como um perfeccionista intransigente pela seriedade com que se entregava à cada missão a ele atribuída.

Contribuição: Jorge Dagoberto Hildenbrand



Foto: Arquivo SBGf



Foto: Arquivo UFPA

Av. Prudente de Moraes, 577, Tirol - Natal,
Rio Grande do Norte, CEP: 59.020-505
Tel: +55 (84) 3611-1636 / (84) 3201-2041
cpgeo@cpgeo.com
<http://www.cpgeo.com>

ESPECIAL

Métodos Eletromagnéticos

O levantamento eletromagnético (EM) define a distribuição da resistividade/condutividade das rochas em subsuperfície, sendo também utilizado na determinação de falhas/fraturas, espessura do regolito e mapeamento do topo da rocha sã, em geotecnia. Sondagens magnetotélúricas (MT), transientes (TDEM) e sondagens geomagnéticas de profundidade (GDS) são alguns dos métodos utilizados para pesquisas EM no Brasil por institutos de pesquisa e empresas do setor.

Foto: Arquivo SBGf



De acordo com **Marco Polo Buonora**, gerente de Métodos Não Sísmicos da Geofísica Aplicada à Exploração da Petrobras, a estatal começou a trabalhar com os métodos EM na década de 1980, com levantamentos magnetotélúricos e, mais recentemente, a partir de 2003, com o método eletromagnético de fonte controlada, no mar. “Neste

interim, pequenos e localizados levantamentos EM foram efetuados em algumas bacias *onshore* através de um processo lento de aprendizado e aculturação sobre a contribuição dos métodos EM. Os geocientistas da empresa, ligados aos estudos que visam à escolha dos locais a serem perfurados para se encontrar hidrocarbonetos, estão verificando que o EM, especialmente o marinho de fonte controlada, está agregando valor no sentido de mitigar os riscos exploratórios e, também, no sentido de avaliar as extensões dos reservatórios já descobertos”.

Jonathan Midgley, vice-presidente de EM da empresa PGS, afirma que os métodos EM ainda são relativamente novos para muitos clientes, mas o interesse está aumentando. “As tecnologias medem a resistividade da subsuperfície. Isto é importante para a indústria do petróleo e gás, pois as rochas saturadas com hidrocarbonetos são geralmente caracterizadas por uma elevada resistividade. A sísmica é utilizada para mostrar uma imagem da estrutura da subsuperfície, mas não fornece uma visão real sobre o conteúdo líquido dessas estruturas. Combinando informação estrutural, a partir de dados sísmicos, com a resistividade dos EM pode-se criar perspectivas de risco antes da perfuração”.

Foto: Arquivo Pessoal



Em operação no Brasil desde 1994, a empresa PGS possui uma das maiores bibliotecas de dados multicliente do país e finalizou recentemente (abril de 2013) um projeto multicliente na área da Bacia de Santos, no polígono do pré-sal (BS-1), de aproximadamente 4.500 km². Em dezembro de 2012 completou a instalação do primeiro sistema de monitoramento permanente de fibras óticas no campo de Jubarte. Além disso, no momento, uma embarcação está fazendo uma pesquisa *multi-azimuth* em outro projeto exclusivo.

Segundo **André Luis Leiro Rabelo**, gerente de Marketing e Vendas da divisão de geofísica aérea da empresa CGG na América do Sul, o levantamento EM, através do modelamento e da interpretação dos dados, pode inferir a profundidade do topo, e algumas vezes, a base do condutor, sua geometria, bem como sua inclinação e *strike*. “O levantamento EM também é muito efetivo na determinação de falhas/fraturas, es-

pesura do regolito e mapeamento do topo da rocha sã (geotecnia). Adicionalmente, a análise do parâmetro TAU, *Time Constant*, por exemplo, pode discriminar também diferentes tipos de condutores, por exemplo, diferenciar níquel de grafita, manganês, etc. Quando há mais de uma metodologia geofísica aplicada em um mesmo projeto, geralmente, integramos os dados modelados de cada metodologia em um mesmo ambiente 3D, o que facilita o processo de interpretação dos dados”, afirma **André Luis Leiro Rabelo**.

A empresa CGG, há cerca de 15 anos, reúne experiência com os EM no Brasil, seja através da divisão de geofísica aérea (Lasa), como também terrestre (Geomag). Em relação à geofísica terrestre, realiza levantamentos de TDEM (superfície), EM de poço (BHEM), MT e CSEM. Em relação à geofísica aérea disponibiliza EM no Domínio do Tempo, por avião e helicóptero (FTEM e HTEM), e EM no Domínio da Frequência (HFEM), por helicóptero. Os métodos EM oferecidos pela CGG são empregados na fase de exploração de recursos naturais e abrangem as fases de aquisição, processamento e interpretação dos dados, aplicados aos mercados de mineração e óleo e gás, em áreas *onshore*.

Foto: Rogério Jr.



Para pesquisas científicas o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) promove anualmente grande número de levantamentos EM patrocinados pelo CNPq e FAPESP, e eventualmente por recursos de empresas de petróleo, sob as obrigações legais regidas pela ANP. Para o pesquisador do INPE, **Ícaro Vitorello**, “em escala regional, a sondagem EM faz a definição de distintos blocos litosféricos, discontinuidade laterais e verticais relacionadas com suturas e estruturação da crosta e manto litosférico. A integração analítica 2D e 3D de EM com sísmica e gravimetria sempre é efetuada na fase de interpretação, mas a integração numérica é mais rara pela dificuldade inerente relacionada às distintas propriedades de cada método”.

De acordo com Marco Polo Buonora, a integração da interpretação de dados EM com as interpretações sísmicas é de fundamental importância para um melhor entendimento dos pretensos alvos de hidrocarbonetos. E a exigência do mercado de trabalho por profissionais especializados cria desafios. “Os profissionais especializados em métodos EM possuem o conhecimento básico necessário para a utilização desses métodos, porém, a maioria deles precisa ainda de uma maior e mais intensa exposição aos problemas reais de exploração, afim de transportar o seu conhecimento teórico para a so-

pesura do regolito e mapeamento do topo da rocha sã (geotecnia). Adicionalmente, a análise do parâmetro TAU, *Time Constant*, por exemplo, pode discriminar também diferentes tipos de condutores, por exemplo, diferenciar níquel de grafita, manganês, etc. Quando há mais de uma metodologia geofísica aplicada em um mesmo projeto, geralmente, integramos os dados modelados de cada metodologia em um mesmo ambiente 3D, o que facilita o processo de interpretação dos dados”, afirma **André Luis Leiro Rabelo**.

Foto: Arquivo SBGf



lução de tais problemas. Atualmente, creio não existir uma dificuldade importante para o treinamento desse pessoal, porém, quanto maior a demanda pela utilização dos métodos EM, maior será a alocação de recursos para o treinamento”.

André Luis Leiro Rabelo diz que, em função da inerente ambiguidade observada nas soluções geofísicas, a integração dos dados, independentemente do método EM, é altamente recomendável e, em alguns casos, é absolutamente necessária. “Vemos a integração do EM com a sísmica como um casamento perfeito e uma solução promissora na área de óleo e gás, principalmente quando determinadas feições geológicas representam ruído para a sísmica e, ao mesmo tempo, sinal para o método EM. O levantamento magnetotelúrico marinho representou uma grande evolução no desenvolvimento EM nesta última década. Entretanto, se faz necessário intensificar e ampliar os investimentos nos métodos EM tanto em *hardware* como em *software*. Atualmente, os levantamentos EM terrestres necessitam de mais resolução em profundidade, enquanto os levantamentos EM aéreos precisam penetrar até profundidades de 1 a 1,5 km, de forma a atender as demandas do mercado”.

Ícaro Vitorello alerta que a falta de conhecimento sobre as deficiências e os problemas relacionados com os métodos EM pode causar transtornos. “Como por exemplo, a necessidade de realizar testes preliminares sobre os ruídos EM e elaborar testes sintéticos para definir direção do posicionamento de perfil ou grade, espaçamento, horário de coleta de dados, definição do período de coleta, e processamento no local para verificar a qualidade e definir a necessidade de repetição da sondagem. Os técnicos têm sido treinados pelo próprio INPE para operar e processar os dados, mas a principal dificuldade sempre foi manter o seu vínculo empregatício por muito tempo”.

A adoção da tecnologia EM depende de novas demandas e aplicações para ambientes geologicamente mais complexos, comenta Jonathan Midgley “Em áreas geologicamente mais complexas, a integração dos ME com outros dados geofísicos é fundamental para uma maior compreensão da subsuperfície. Em termos de desenvolvimento para o futuro, nós acreditamos que a integração com outros dados geofísicos é a chave para irmos além da exploração e entramos nas atividades de monitoramento e avaliação de reservatórios. A adoção da tecnologia EM depende de novas demandas e aplicações que possam ser relevantes em áreas complexas, como as que tem predominância de sal. Além de melhorias no *hardware*, espero que alguns dos principais avanços que estejam por vir sejam o melhor processamento de dados e o desenvolvimento de ferramentas de interpretação mais precisas”.

O vice-presidente de EM da PGS explica que dados EM *offshore* tradicionalmente são adquiridos através de *nodes* colocados no leito do mar. “A solução *Towed Streamer* da PGS permite que os dados EM sejam adquiridos de forma mais eficiente. Ainda oferece a possibilidade de aquisição simultânea de dados sísmicos. Isso permite que os dados sejam coletados de forma muito mais rentável. O atual sistema da PGS é projetado para aquisição em profundidades entre 50 m e 500 m, onde o custo da aquisição através de *nodes* torna-se proibitivo. Estamos estudando um sistema para águas profundas”.

“Para ampliar a utilização dos EM no Brasil, seja na área mineral como na de óleo e gás, é fundamental a promoção e a divulgação para todos os geocientistas envolvidos na área acadêmica e empresarial, seja através de simpósios, congressos e fóruns, ou através de iniciativas específicas para determinados mercados e clientes (treinamentos, *workshops*, etc.)”, afirma André Luis Leiro Rabelo.



Operação do método EM por helicóptero (HeliTEM)

“Adicionalmente, programas promovidos pelo governo costumam ser muito eficientes em alavancar a utilização de determinadas metodologias praticamente inexistentes, ou ignoradas, no mercado. A vantagem de um programa promovido pelo governo é que os dados são disseminados de forma muito mais rápida e efetiva para a indústria, gerando um ciclo virtuoso que abrange a consolidação do método no mercado e até projetos de P&D. Na parte de geofísica terrestre temos plena capacitação local nos métodos EM. Na geofísica aérea necessitamos de suporte instrumental e pessoal de nossas empresas coligadas. Infelizmente carecemos de técnicos especializados em EM no Brasil, assim como em toda América do Sul. Temos que formar internamente os profissionais que irão atuar nesta área, demandando cerca de 2 a 3 anos para treiná-los em todo o ciclo de um projeto EM: aquisição, processamento e interpretação de dados”, complementa.

Já para Ícaro Vitorello, a demanda do EM na indústria do petróleo no Brasil tem sido baixa pela falta de exemplos bem sucedidos no país. “É recomendada a execução de levantamentos especificamente para demonstrar o potencial do método para exploração de petróleo. A ampliação depende de recursos para aumentar o número de profissionais dedicados a estas atividades, além da aquisição de instrumentação de última geração”.

Jonathan Midgley destaca que a PGS já realizou trabalhos de EM com bons resultados no país. “Espero que a demanda por serviços de EM se expanda globalmente, inclusive no Brasil. Os preços para os serviços serão impulsionados pelo aumento da demanda, à medida que a tecnologia amadurece. Trabalhar de forma eficiente e ir além de somente explorar, como também avaliar e desenvolver novas formas de atuação, provavelmente irá acarretar um crescimento e avanços na tecnologia”.

Na área de mineração no Brasil, de acordo com André Luis Leiro Rabelo, a aplicação dos métodos eletromagnéticos é regular nos levantamentos de geofísica terrestre, contrastando com a pouca utilização do método na geofísica aérea.

ESPECIAL

Mas atualmente há baixa demanda por serviços EM na área de mineração, principalmente devido à retração dos investimentos das empresas nacionais, em função dos efeitos da crise mundial e da implantação do novo Marco Regulatório da Mineração.

“Entretanto, a mineração é um mercado cíclico e os preços das *commodities* devem aumentar no futuro, puxando à reboque a aplicação do método EM na exploração de metais base, como presenciamos antes da crise de 2008. Vemos uma tendência na utilização dos métodos EM aéreos aplicados aos programas de mapeamento geológico promovidos pelo governo federal e estadual, em escala semirregional e até de detalhe. A utilização do método EM com esta finalidade se mostrou acertada em alguns países do mundo, como Canadá e Austrália – países modelos na área de mapeamento geológico e mineração –, bem como em alguns países da África, com recursos do Banco Mundial”.

O gerente de marketing da CGG comenta que a ANP está atualmente fomentado o método MT na área de óleo e gás em função das licitações que promoveu nas Bacias de Paracatu, Paraná e Amazônia. “Adicionalmente, o levantamento MT será realizado sobre linhas sísmicas, o que certamente irá promover também a integração destes dados geofísicos. Este tipo de ação indutora da ANP, e os próprios resultados advindos destes levantamentos, poderão definitivamente avançar o método MT no Brasil, que infelizmente foi ignorado por muito tempo. Nossos principais clientes na mineração são *majors e juniors companies*, tais como: Vale, VMetais, Anglo American, Kinross, Iamgol e outras. Na indústria do petróleo, a ANP se tornou um grande cliente em serviços EM, tendo em vista que executaremos o levantamento MT licitado pela agência na Bacia do Paraná”.

Novos Métodos e Tecnologias EM em Desenvolvimento e em Prática no Brasil e no Mundo

- Método *Multi-Parameter*, denominado *Gryphon* (desenvolvido pela CGG) – possibilita a aquisição simultânea dos métodos magnetométricos, radiométricos, gravimétricos-gradiométricos (AGG) e eletromagnético, em uma mesma plataforma aérea, promovendo a integração dos dados na fase de processamento e interpretação.
- Towed Streamer (desenvolvido pela PGS) – Sistema de aquisição eletromagnética desenvolvido recentemente, que consiste na implantação de *nodes* a partir de um navio de sísmica, permitindo que os dados CSEM sejam adquiridos com a mesma eficiência que os dados sísmicos.
- Instrumentos EM *full-wave* com alta taxa de amostragem – permite um pós-processamento muito mais robusto. A sincronização entre receptor e transmissor EM via GPS tornará também a operação do campo mais dinâmica e a coleta de dados maior e mais eficaz.
- Sensores supercondutores irão aumentar a sensibilidade na medição do campo *B-field*, extremamente útil para detectar corpos altamente condutivos em subsuperfície.
- Aplicação de técnicas desenvolvidas no MT para a redução de ruído em outras metodologias EM; exemplo, sensor EM remoto para gravação e eliminação de *spherics*, solução que pode ser aplicada também na geofísica aérea.



ObliQ
“SLIDING-NOTCH”
AQUISIÇÃO E IMAGEAMENTO

Veja seus dados através de uma perspectiva completamente nova
Reboque cabos em quase qualquer profundidade

ObliQ* é uma técnica de aquisição e imageamento de dados sísmicos marítimos com alto custo-benefício, sua característica de banda larga aumenta o conteúdo de baixas frequências sem comprometer as altas.

Os cabos podem ser rebocados desde 5 a 50 m - uma gama maior de profundidade do que a disponível na aquisição convencional.

slb.com/ObliQ



*Mark of Schlumberger. © 2013 Schlumberger. 13-se-0005

ARTIGO TÉCNICO

Estudo Magnetotelúrico na Porção Sul da Bacia do São Francisco: Apoio para Extensão do Limite Ocidental da Bacia

Stephanie Senderowitz e Patricia de Lugão - Strataimage Consultoria Ltda.

INTRODUÇÃO

A Bacia do São Francisco (BSF) ocupa uma área de aproximadamente 300 mil km², sendo que apenas 118,5 mil km² estão sob concessão atualmente. Formada há mais de 600 milhões de anos, a bacia foi pouco explorada embora seja uma das mais antigas regiões sedimentares do Brasil. A perspectiva da localização de hidrocarbonetos na bacia vem aumentando em decorrência de diversas emanações de gás, de grandes descobertas em bacias Proterozoicas ao redor do mundo, do aumento da demanda mundial por gás natural e, principalmente, da crescente busca por recursos de petróleo e gás não-convencional. O interesse exploratório nessa bacia foi desencadeado pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), que concentrou seus esforços no desenvolvimento de áreas terrestres que tinham, até recentemente, poucos estudos geológico-geofísicos. Com isso, as atenções foram voltadas para a Bacia do São Francisco devido ao seu elevado potencial de gás em reservatórios fechados (*tight gas*). A necessidade de avanços rápidos e mais expressivos sobre o conhecimento dessa bacia juntamente à escassez de dados em razão de sua grande extensão territorial, da idade antiga dos seus estratos e do intenso retrabalhamento fez com que realizássemos o levantamento magnetotelúrico (MT) na BSF. O método MT é uma poderosa técnica para sondar a distribuição da resistividade elétrica das rochas em subsuperfície. Cinquenta estações foram adquiridas ao longo de dois perfis, espaçadas de 20 km, com o intuito de estudar o arcabouço estrutural da bacia, como o topo do embasamento, altos e baixos, falhas e litoestratigrafia geoeletrica. Este trabalho mostra os resultados obtidos em apenas um dos perfis (Fig. 1).

Apesar do grande espaçamento entre as estações, a excelente qualidade dos dados possibilitou realizar uma inversão 2D e obter um modelo de resistividade consistente com a geologia conhecida da bacia. O modelo de resistividade identifica o topo do embasamento, a espessura da seção sedimentar da bacia, e principalmente, apoia a extensão do limite ocidental da bacia, o qual foi inicialmente proposto pela interpretação de dados sísmicos em um trabalho anterior. Os resultados apresentados neste trabalho mostram que o MT pode contribuir para um melhor conhecimento das bacias terrestres brasileiras e evidenciam a necessidade de inclusão dos métodos eletromagnéticos no fluxo de trabalho da exploração de óleo e gás.

GEOLOGIA

A Bacia do São Francisco é uma bacia intracratônica, policíclica pouco deformada na sua parte central e deformada em suas bordas por ser ladeada por duas faixas móveis compressionais: a W pela faixa de Neoproterozoica Brasília e a E pela faixa de dobramentos Araçuaí. O limite NW é representado pela Faixa Rio Preto (Arco de São Francisco) e a NE pelo Corredor de Deformação Paramirim. Ao sul, o limite é erosivo onde afloram rochas do embasamento metamórfico (>1.8 Ga) (Fig. 2). Foi sugerido por Zalán & Romeiro-Silva (2007) que o limite ocidental do Cráton do São Francisco estaria no interior da faixa Brasília, à oeste do Domo de Cristalina, o que é apoiado pelo modelo de resistividade obtido a partir dos dados MT deste trabalho, o qual veremos mais adiante.



Fig. 1: Mapa de localização das estações e blocos da ANP na porção sul da Bacia do São Francisco. Fonte: Modificado ANP 10ª Rodada de Licitações (2008).

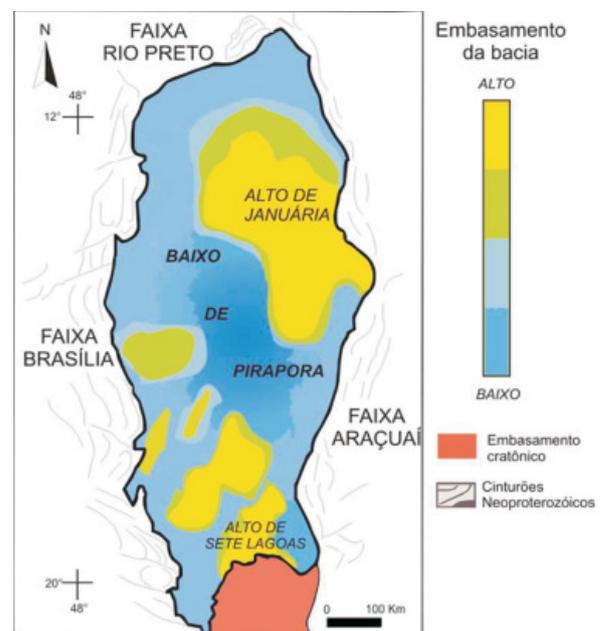


Fig. 2: Limites Geotectônicos da Bacia de São Francisco.

ARTIGO TÉCNICO

O preenchimento sedimentar da BSF é representado principalmente por rochas clásticas e carbonáticas Neoproterozoicas (1 Ga). Fragmentos Arqueanos e unidades Paleoproterozoicas do Cráton do São Francisco (CSF) são os registros mais antigos do embasamento. O início da sedimentação na BSF está associado ao evento tafrogênico em escala global no Estateriano (1.77 Ga). A base da Megassequência Espinhaço constitui-se de depósitos do tipo *rifte* associados ao magmatismo bimodal (Pimentel et al., 1999). Após um grande hiato no registro geológico da bacia, novos esforços distensivos instalaram-se durante o Meso-Neoproterozoico, 1.3-0,92 Ga (Dardenne, 2000; Tack et al., 2001), resultando na fragmentação do Supercontinente Rodínia. Nesse estágio, implementam-se bacias do tipo *rifte* e de margem passiva, circundando as margens do CSF, compondo um grande sistema de mares epicontinentais, representado pela Megassequência Macaúbas-Paranoá. Em novo período de relativa quietude tectônica, instalou-se uma ampla plataforma carbonática mista, seguindo a evolução da bacia intracratônica, já relativa à Megassequência Bambuí amplamente distribuída na bacia e relacionada com o episódio glaciogênico no Neoproterozoico. A Megassequência Três Marias se sobrepõe às sequências anteriores e é marcada por sedimentação molássica. Essa sequência reflete o máximo avanço dos cinturões orogênicos que circundam o CSF ao fim da colagem Brasileira (amalgamação do *Gondwana*). A Bacia Sanfranciscana, termo introduzido por Sgarbi et al. (2001), é constituída do registro vulcano-sedimentar Fanerozóico da BSF.

AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO

Os dados MT foram adquiridos no modo “referência remota” utilizando equipamento de banda larga da Phoenix Geophysics (MTU-5A). Todos os cinco componentes do campo eletromagnético foram registrados (Ex, Ey, Hx, Hy, Hz). Os canais telúricos (campo elétrico Ex e Ey) foram medidos com dipolos de 100 m em configuração cruzada utilizando eletrodos de cloreto de chumbo (PbCl₂). Enquanto os campos magnéticos (Hx, Hy e Hz) foram registrados com o uso de bobinas de indução de alta sensibilidade também da Phoenix.

O período de aquisição foi de 24 horas, em média, para as baixas frequências de amostragem, com o objetivo de se obter uma quantidade de dados suficiente, possibilitando assim o imageamento das camadas mais profundas, como a fase *rifte* da bacia (Spg. Espinhaço) e o embasamento.

O equipamento utilizado, trabalha com três bandas de frequência TS3 (2.400 Hz), TS4 (150 Hz) e TS5 (15 Hz). Os horários de aquisição das bandas TS3 e TS4, altas frequências, foram centralizados à noite, entre 21:00 e 8:00 (UTC – Tempo Universal Coordenado) objetivando a minimização de ruídos eletromagnéticos. A banda TS5 foi adquirida continuamente durante todo o tempo de aquisição para a obtenção de uma maior taxa de amostragem.

O processamento de dados (Fig. 3) consistiu em transformar as séries temporais (TS - dados brutos), para o domínio da frequência eliminando os dados ruidosos. Após isso, é gerado o arquivo EDI (*Electronic Data Interchange*), o qual contém informação espectral que pode ser convertida em resistividade aparente e fase entre outros parâmetros usados para a interpretação. Os dados foram

processados diariamente com programas proprietários da Phoenix (SSMT2000 e MTEditor) e a qualidade foi excelente, com exceção de algumas estações próximas à Usina Hidrelétrica de Três Marias. No final do estudo, todos os dados haviam sido processados até a obtenção das curvas de resistividade aparente e fase na faixa de frequência de 320 Hz a 0,00034 Hz.

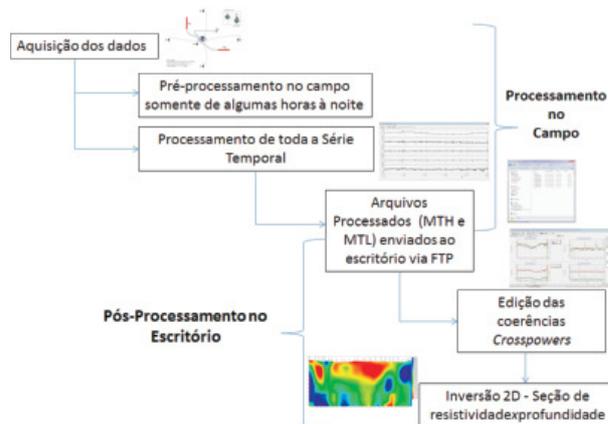


Fig. 3: Fluxograma de tratamento dos dados.

Exemplos de dados de resistividade aparente e fase são mostrados na Figura 4. Os dois painéis superiores mostram estações SFII23 e SFI26 localizados fora da bacia, a fim de orientar a identificação da resistividade do embasamento. Estas estações apresentam altos valores de resistividade (> 104 ohm-m), típicos de embasamento, e apresentam também deslocamento estático (*static shift*), que será corrigido durante a inversão 2D. Os dois painéis inferiores da Figura 4 mostram as estações SFII15 e SFI17. Estas estações estão localizadas no centro da bacia e ambos mostram evidência de condutores entre 0,1 e 10 segundos, os quais podem estar relacionados à presença de sedimentos. A estação SFI17 também mostra uma divisão na curva de resistividade aparente em 2 segundos, indicando a presença de uma descontinuidade lateral em profundidade que pode estar relacionada a uma falha.

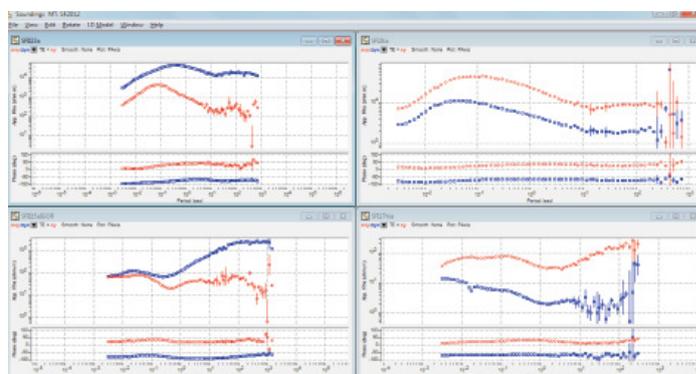


Fig. 4: Painéis superiores mostram as estações SFII23 e SFI26 localizadas fora da bacia. Painéis inferiores mostram as estações SFII15 e SFI17 localizadas dentro da bacia.

INTERPRETAÇÃO

Apesar do amplo espaçamento entre as estações, em média de 20 km, inversões 2D foram geradas já que os dados apresentaram excelente qualidade. A inversão 2D foi executada utilizando os dados dos modos TE e TM simultaneamente. A correção do efeito estático presente em alguns dados foi feita automaticamente durante a inversão. O algoritmo utilizado na inversão 2D para a obtenção de modelos suavizados

foi desenvolvido por Rodie & Mackie (2001) e é baseado na minimização Euclidiana da primeira derivada do vetor de parâmetros (método de regularização de primeira ordem de Tikhonov, 1950). Esse algoritmo utiliza a regularização de Tikhonov aplicando o método dos gradientes conjugados. Este método impõe variações suaves para a distribuição das resistividades estimadas. Trata-se de um processo iterativo que parte de um modelo composto de células, cada qual com um valor de resistividade.

O modelo 2D suavizado (Fig. 5) destaca a área de maior interesse do ponto de vista exploratório e exibe melhor concordância com as informações geológicas disponíveis. Na comparação entre o perfil sísmico (Zalán & Romeiro-Silva, 2007) e a seção da inversão suavizada, o MT e as assinaturas sísmicas sugerem que o limite ocidental da Bacia do São Francisco deveria ser reposicionado para próximo à estação SF01, junto ao flanco leste do Domo de Cristalina, bem mais a oeste do considerado (Falha de São Domingos). Apesar da sísmica disponível estar em tempo e a seção MT em profundidade, a comparação entre essas informações permitiu reposicionar o limite ocidental da bacia, correlacionar algumas descontinuidades importantes e estimar a profundidade do embasamento.

As falhas foram inferidas a partir da interpretação do modelo suavizado, da sísmica e das curvas de resistividade aparente e fase dos dados. As estações à oeste, SF01 a SF03, apresentam uma descontinuidade resistiva no modelo, evidenciando bem o ambiente em que foram adquiridas, próximas à borda alóctone da bacia afetada por tectônica do tipo *thin-skinned* (Zalán & Romeiro-Silva, 2007). Junto ao limite leste da seção sedimentar (estação SF24) nota-se a presença de um resistor (azul) indicando descontinuidades laterais, possivelmente associadas a falhas de caráter regional, o que sugere um ambiente geológico mais complexo na parte autóctone da bacia, afetada por tectônica do tipo *thick-skinned* (Zalán & Romeiro-Silva, 2007). De acordo com a inversão 2D o embasamento geoeletrico da bacia pode ser definido em 4.000 metros de profundidade.

Feições bastante semelhantes são observadas no modelo de resistividade do MT e na sísmica. Entre as estações SF08 e SF23 (parte central do modelo) encontram-se os sedimentos mais condutivos, denotando a área de maior interesse exploratório na bacia. Sob as estações SF13 a SF20, que estão a profundidades maiores, é identificável uma estrutura condutora que pode estar associada a uma possível calha no Supergrupo Espinhaço. À SE do perfil é possível notar um afinamento no pacote sedimentar evidenciando a proximidade com o limite oriental da mesma. Uma feição resistiva pode ser identificada sob a estação SF06 onde localiza-se o seu atual limite próximo à Falha de São Domingos. Essa feição associa-se à parte alóctone da zona externa da Faixa Brasília com rochas metamorizadas e deformadas durante o Brasileiro (640-450Ma) e afetada por tectônica do tipo *thin-skinned* (Zalán & Romeiro-Silva, 2007). O condutor à esquerda do perfil, sob as estações SF01 a SF05, demonstram a continuidade da bacia com sedimentos condutivos apesar de se encontrarem sob um regime tectônico intenso (parte alóctone afetada por tectônica tipo *thin-skinned*). O comportamento alongado desse condutor demonstra um regime de falhas inversas apresentadas na sísmica e é apoiado pelo comportamento das curvas de resistividade aparente dos dados.

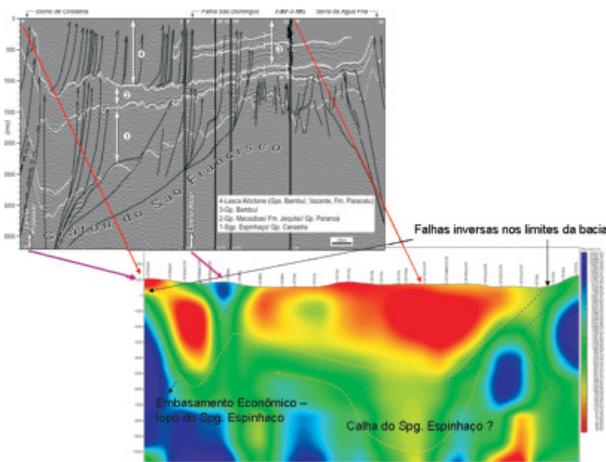


Fig. 5: Na parte superior da figura, o perfil sísmico apresentado em Zalán & Romeiro-Silva (2007) e na parte inferior da figura, modelo 2D de resistividade interpretado.

CONCLUSÕES

O levantamento MT realizado sob a forma de um perfil, com espaçamento de 20 km entre as estações, cruzando a porção sul da BSF produziu dados com excelente qualidade, o que permitiu gerar modelos de resistividade que apresentaram comportamento esperado para um ambiente predominantemente sedimentar e compatível com as informações extraídas da sísmica existente na região e na bibliografia.

O método MT contribuiu para definir com maior clareza os limites geotectônicos, a profundidade do embasamento e a estratigrafia geoeletrica da bacia.

A contribuição mais impactante deste trabalho foi o imageamento de sedimentos e do Domo de Cristalina, apoiando a sugestão já apresentada pela interpretação sísmica de extensão do limite oeste da Bacia do São Francisco.

Esperamos que as informações mostradas pelo MT para o conhecimento da Bacia do São Francisco contribuam para que os métodos eletromagnéticos sejam incluídos no fluxo de trabalho da exploração de óleo & gás.

REFERÊNCIAS

- DARDENNE MA. The Brasília fold belt. In: CORDANI UG, MILANI AJ, THOMAZ F^oA, CAMPOS DA. 2001. Tectonic Evolution of South America. Intern. Geol. Congress 31., Rio de Janeiro, Brazil, p. 231-264.
- PIMENTEL MM, FUCK RA, BOTELHO NF. 1999. Granites and the geodynamic history of the Neoproterozoic Brasília belt, Central Brazil: a review. Lithos, v. 46, p. 463-483.
- RODI W & MACKIE RL. 2001. Nonlinear conjugate gradients algorithm for 2D magnetotelluric inversion. Geophysics, 66, p. 174-187.
- SGARBI GNC, SGARBI PBA, CAMPOS JEG, DARDENNE MA & PENHA UC. 2001. Bacia Sanfranciscana: o registro Fanerozóico da Bacia do São Francisco. In: PINTO CP & MARTINS-NETO MA. (Eds.) Bacia do São Francisco: Geologia e Recursos Naturais. Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Geologia, Cap. IV, p. 93-138.
- TACK L, WINGATE MTD, LIÉGEOIS JP, FERNANDEZ-ALONSO M, DEBLOND A. 2001. Early Neoproterozoic magmatism (1000-910 Ma) of the Zadinian and Mayumbian Groups (Bas-Congo): Onset of Rodinia rifting at the Western edge of the Congo Craton. Precambrian Research, v. 110, p. 277-306.
- ZALÁN PV & ROMEIRO-SILVA PC. 2007. Bacia do São Francisco. Boletim de Geociências da Petrobras, Rio de Janeiro, v. 15, n. 2, p. 561-571, maio/nov.

ARTIGO TÉCNICO

Integração de Dados Sísmicos e Não-Sísmicos com a Geologia Estrutural e a Petrofísica para melhorar a Imagem Sísmica do Pré-Sal

Massimo Virgilio e Andrea Lovatini - Schlumberger

INTRODUÇÃO

A sísmica, entre as ciências geofísicas, tem um histórico prodigioso nas atividades de exploração e produção petrolífera, graças à capacidade de fornecer imagens do subsolo de modo a orientar as estratégias exploratórias e de desenvolvimento da produção. Recentemente, a exploração e a produção de recursos de hidrocarbonetos foram direcionadas para ambientes cada vez mais complexos em termos geológicos; com isso, ficou claro que são necessárias várias medições das propriedades físicas das rochas para construir modelos de bacias sedimentares melhorados e combinados com sofisticados fluxos de trabalho para modelagem estrutural e petrofísica.

A IMPORTÂNCIA DOS DADOS NÃO-SÍSMICOS NOS FLUXOS DE TRABALHO DE EXPLORAÇÃO E PRODUÇÃO

Os métodos não-sísmicos estão ajudando na redução dos riscos da exploração e na melhoria das decisões de desenvolvimento de reservatórios de petróleo, fornecendo informações adicionais independentes para construir um modelo estrutural mais preciso, como também monitorar a jazida em fase de produção. Os dados eletromagnéticos, como os obtidos pelo Método Eletromagnético de Fonte Controlada (*Controlled Source EM*) e pelo método magnetotelúrico, podem ser utilizados para a obtenção de imagens estruturais para avaliar a espessura e profundidade dos sedimentos condutivos abaixo de uma camada resistiva de sal. Desta forma, evidencia-se a profundidade da base de formações salinas resistivas e também para jazidas e prospectos de avaliação, de modo a identificar rochas saturadas de hidrocarbonetos, que são mais resistivas daquelas não-saturadas. Possíveis métodos de campo, por exemplo, a gravimetria, a gradiometria e a magnetometria, fornecem respectivamente a densidade e as propriedades de suscetibilidade magnética, como contribuição para os limites do modelo de terreno de fluxos de trabalho integrados.

PETROFÍSICA E GEOLOGIA A SERVIÇO DA INTEGRAÇÃO DE DADOS

Soluções integradas são importantes no entedimento da geologia da área, tais como: modelagem de superfície próxima e caracterização mediante aquisição, processamento, modelagem e interpretação de técnicas *onshore* não-sísmicas (CSEM, MT, gravimetria, magnetometria); construção de modelos de terreno mediante inversão conjunta simultânea de dados geofísicos sísmicos e não-sísmicos marinhos e terrestres; caracterização da jazida e monitoramento através da aquisição, processamento, modelagem e interpretação de dados não-sísmicos; dados eletromagnéticos do interior de poço; e dados eletromagnéticos de poço registrados na superfície; e inversão petrofísica conjunta para caracterização das propriedades e atributos das rochas.

Hoje, o aumento dos esforços e dos investimentos na indústria de exploração e produção de petróleo exige o auxílio de todas as técnicas citadas e requer caminhos não convencionais

para harmonizar especialistas, tecnologias e fluxos de trabalho muito diferentes entre si. Isto não está relacionado apenas à interpretação dos dados, mas envolve um processo de integração mais amplo, desde a concepção da investigação, a aquisição dos dados (dados de superfície sísmicos e não sísmicos adquiridos em conjunto, muitas vezes com as medições de superfície ao poço), até processamento conjunto e inversão conjunta.

APLICAÇÃO PARA AS IMAGENS DO PRÉ-SAL NO GOLFO DO MÉXICO

Este artigo pretende mostrar como a petrofísica, o contexto estrutural e os métodos não-sísmicos trabalham juntos com a sísmica, em um fluxo de trabalho petrofísico sob medida, para definir as relações constitutivas entre medições diferentes (CSEM, MT, Seismic WAZ) como parte de um fluxo de trabalho de imagens sísmicas de profundidade, fornecendo um modelo VP melhorado com associação de migrações sísmicas 3D em um regime de sal em mar aberto.

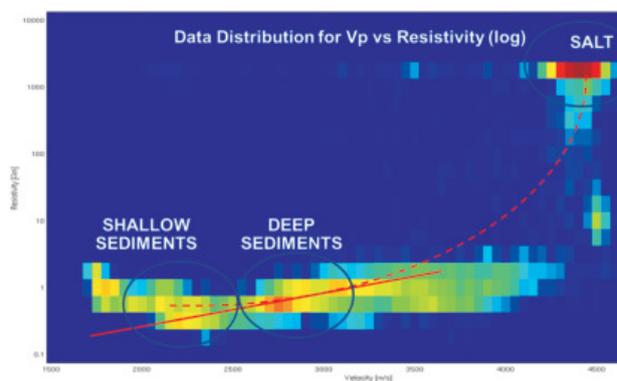


Fig. 1: Estudo petrofísico de Vp x Resistividade.

Com base em dados do Golfo do México, extraídos de poços públicos.

No mesmo fluxo de trabalho, a reabilitação estrutural valida elementos tectônicos e a delimitação do sal por parâmetros múltiplos. A Figura 2 mostra como a Inversão Conjunta Simultânea (SJI) com os dados sísmicos e magnetotelúricos (MT) melhoram a definição de minibacias e compartimentos de sal.

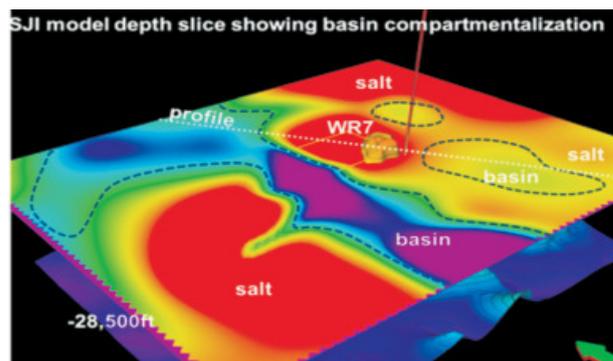


Fig. 2: Golfo do México, Walker Ridge.

Modelo Resistividade SJI. Resistividade elevada em vermelho, baixa de azul e roxo. EM deduzido para volumes e compartimentos salinos, e minibacia condutiva.

MT é conhecido como detector de quilha para estruturas profundas, como sal autóctone e bases. A Figura 3 mostra como o MT orienta a interpretação de novos alimentadores que ligam as formações de sal de diversas idades.

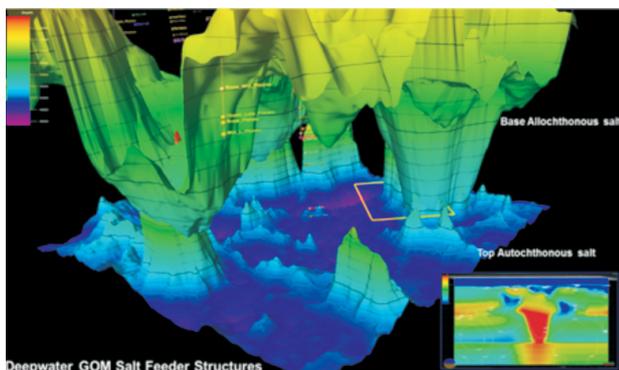


Fig. 3: Golfo do México, Kathley Canyon.

Modelo Resistividade SJI. EM para detecção de alimentadores e quilhas que conectam formações de sal de diversas idades.

Para dar suporte ao modelo de terreno por parâmetros múltiplos gerado com dados sísmicos e não-sísmicos, é aplicada uma migração de Imagem de Profundidade 3D através de TTI RTM 3D. A Figura 4 mostra a melhoria da imagem sísmica fornecida pela nova abordagem de medição múltipla. O novo modelo VP obtido mediante um inovador fluxo de trabalho fornece uma melhor focalização da imagem sísmica e previne erros de interpretação das falhas abaixo da formação salina, que podem levar os exploradores a uma decisão errada acerca do posicionamento do poço.

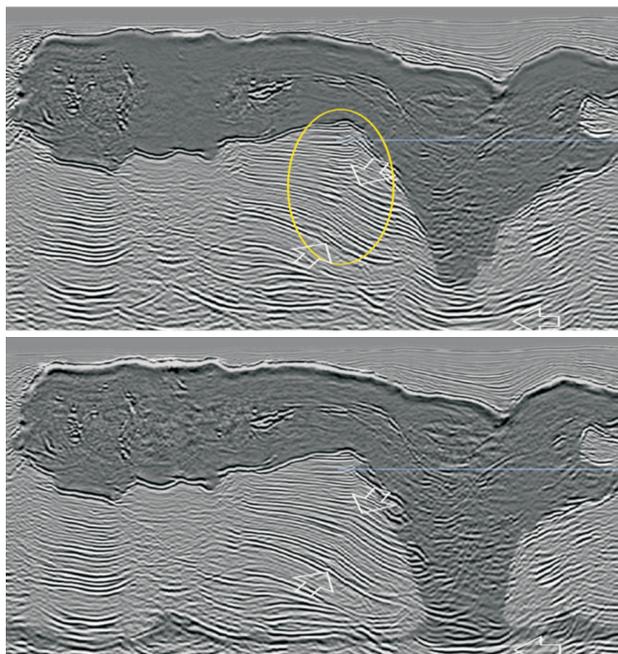


Fig. 4: Golfo do México, Walker Ridge.

EM para melhorar a delimitação do sal e a imagem sísmica. Acima: estrutura e imagem do sal derivadas somente de dados sísmicos. Abaixo: estrutura e imagem do sal derivadas de dados sísmicos + EM.

CONCLUSÕES

A integração da petrofísica, da reabilitação estrutural, dos métodos não-sísmicos com a sísmica, no fluxo de trabalho petrofísico, é a tecnologia-chave para minimizar os riscos ligados às decisões de exploração em ambientes salinos. Especialmente, o método CSEM representa a solução para melhorar o topo

e as laterais de corpos complexos, enquanto o método CSEM anisotrópico é utilizado como detector de sal, sedimentos e formações carbonáticas. O conteúdo das bordas laterais permite deduções mais profundas sobre a base do sal. O magnetotélurico, apesar de ser um método de baixa resolução, contribui de forma significativa como detector de quilha. Mais importante, o fluxo de trabalho integrado apresentado resulta em uma imagem sísmica melhorada e previne interpretações equivocadas com base em sistemas de falhas incorretos.

REFERÊNCIAS

GUERRA I., CECI F., MIOTTI F., LOVATINI A., MILNE G., PAYDAYESH M., LEATHARD M., & SHARMA A., 2013 Multi-measurement integration – a case study from the Barents Sea, 76th EAGE.

MANTOVANI M. & DUGOUJARD T., 2011. Salt detection and interactive interpretation by seismic-gravity simultaneous joint inversion. First Break.

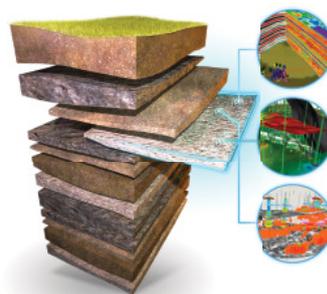
VIRGÍLIO M., DE STEFANO M., RE S., ANDREASI F. & SNYDER F.F.C. 2010. SJI of Seismic, Gravity and EM data, for Sub-Salt Depth Imaging in Gulf of Mexico. 73rd EAGE, K045.

Atualize seu cadastro
no site

www.sbgf.org.br

IHS GEOSCIENCE:

SOPHISTICATED SCIENCE THAT'S SIMPLE
TO USE AND SIMPLE TO MANAGE



SURFACE TO SUBSURFACE

ONLY ONE ENERGY EXPERT
PROVIDES SO MUCH TO SO MANY

From big picture to critical detail,
proven capabilities to superior results,
IHS geoscience does it all—backed by the
world's most respected forecasting,
analysis, and play-specific geological
and geophysical data.

NOW GET THE POWER OF KINGDOM®

Only IHS geoscience simply yet scientifically
links engineering, economics and interpretation
software suites to give you a definitive edge.
Spearheaded by industry-leading Kingdom®
software solutions IHS gives you the best
in geophysics and geology.

Learn more at IHS.com/geoscience

Visit IHS during the 13th International Congress of the
Brazilian Geophysical Society and EXPOGEF, booth 18.

IHS GEOSCIENCE



Simply Scientific™

2013

▶ GEOSUDESTE 2013

29 de outubro a 1º de novembro – Juiz de Fora – MG
 Informações: www.geosudeste.com.br

▶ Workshop EAGE/SBGf – Fractures in Conventional and Unconventional Reservoirs

5 e 6 de novembro – Rio de Janeiro – RJ
 Informações: www.sbgf.org.br

▶ XXV Simpósio de Geologia do Nordeste

10 a 13 de novembro – Gravatá – PE
 Informações: www.sbgeo.org.br

▶ VII Congreso Uruguayo de Geología

13 a 15 de novembro – Montevideo – Uruguai
 Informações: www.geo2013.com

▶ SEG Honorary Lecture – The Use of mCSEM for Deep-Water Hydrocarbon Exploration in Brazil

25 de novembro – Rio de Janeiro – RJ
 Informações: www.sbgf.org.br

▶ 14º CBGE – Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental

1º a 6 de dezembro – Rio de Janeiro – RJ
 Informações: www.acquacon.com.br/14cbge

2014

▶ 7th IPTC – International Petroleum Technology Conference

19 a 22 de janeiro – Doha – Qatar
 Informações: www.iptcnet.org/2014/doha

▶ PDAC 2014

2 a 5 de março – Toronto – Canadá
 Informações: www.pdac.ca/pdac/conv

▶ Symposium on the Application of Geophysics to Engineering and Environmental Problems – SAGEEP

16 a 20 de março – Boston – EUA
 Informações: www.eegs.org

▶ AAPG 2014 Annual Convention & Exhibition

6 a 9 de abril – Texas – EUA
 Informações: www.aapg.org/houston2014

▶ 9th South American Symposium on Isotope Geology – 9th SSAGI

6 a 9 de abril – São Paulo – SP
 Informações: www.acquacon.com.br/9ssagi

▶ Santos Offshore

8 a 11 de abril – Santos – SP
 Informações: www.santosoffshore.com.br



PASSION FOR GEOSCIENCE

cgg.com

Today the industry has a new Geoscience leader.

Our global community of talented geoscientists work closely with our clients to deliver innovative solutions for the exploration and sustainable development of the Earth's natural resources.

With a proven track record and a proud heritage of more than 80 years, we are your geoscience partner of choice.

We are CGG

