

boletim **SBGf**

Publicação da Sociedade Brasileira de Geofísica
Número 1, 2010 – ISSN 2177-9090

Geofísica Nuclear

A possibilidade de rastrear o trânsito e o acúmulo de elementos radioativos criou ferramentas extraordinárias para o estudo de diversos processos físicos, químicos e biológicos. A Geofísica Nuclear cumpre papel fundamental em pesquisas multidisciplinares com aplicações variadas, da indústria do petróleo e da mineração à arqueologia.



**SBGf lança Fundo de Apoio
à Ciência Geofísica** NOTAS, PÁG. 6

**Raios modelo para conversão
profundidade-tempo** ARTIGO TÉCNICO, PÁG. 16

As múltiplas aplicações da Geofísica

Em princípio, ao se falar em Geofísica, muitos pensam imediatamente em atividades ligadas à prospecção de petróleo e outros bens minerais. Entretanto, a Geofísica abrange uma gama muito maior de aplicações, não restritas apenas a recursos energéticos e minerais. A pesquisa geofísica lida com temas atinentes à engenharia, meio ambiente, ciência espacial, arqueologia e vários outros. Recentemente, o Boletim SBGf divulgou matéria sobre trabalho realizado na Universidade Federal do Pará envolvendo Geofísica Forense, aplicação que não se imaginaria há poucos anos atrás. Esse aspecto multidisciplinar da Geofísica é muito bem discutido no presente Boletim enfocando utilizações, em diversas áreas, das propriedades radioativas das rochas.

Ainda nesta edição, o Boletim traz matéria referente ao recente congresso da EAGE (European Association of Geoscientists & Engineers), realizado em Barcelona, na Espanha. O expressivo número de inscritos e a presença massiva de expositores mostram que a atividade está em franca recuperação após a crise econômica que há dois anos afetou a economia mundial. Boa leitura.

CONFIRA NESTA EDIÇÃO

3 EVENTOS

- Unicamp realiza Semana de Inverno de Geofísica
- SBGf participa da 62ª Reunião Anual da SBPC
- AGU 2010 define programação
- Unipampa promove 2ª Semana Acadêmica de Geofísica
- Barcelona '10: SBGf presente no 72º Congresso da EAGE
- SBGf continua série de palestras gratuitas

6 NOTAS

- SBGf lança Fundo de Apoio à Ciência Geofísica
- SBGf recebe prêmio da SEG
- IV SIMEXMIN em Ouro Preto excede expectativas
- Falecimento: Profa. Benaia Vieira de Alencar
- ON organiza Simpósio de Geofísica Espacial e Aeronomia
- SBGf promove palestra do programa SEG/AAPG Distinguished Lecture
- BDEP completa 10 anos
- Mercado absorve graduados em Geofísica da UFF

8 ENTREVISTA

INCT de Estudos Tectônicos inicia pesquisas no Nordeste brasileiro

11 ESPECIAL Geofísica Nuclear



Estudos geofísicos e de saúde pública, Castelo (ES)

- Estudos interdisciplinares
- Aplicações na indústria do petróleo e da mineração
- Geocronologia e arqueologia

16 ARTIGO TÉCNICO

Raios modelo para conversão profundidade-tempo
Eduardo Filpo et al.

CAPA: Trifólio, símbolo internacional de aviso de área com a presença de substâncias radioativas acima dos valores encontrados no meio ambiente

DIRETORIA DA SBGf

Presidente
Eduardo Lopes de Faria (Petrobras)

Vice-presidente
Inez Staciariini Batista (Inpe)

Diretor-Geral
Renato Lopes Silveira (ANP)

Diretor Financeiro
Neri João Boz (Petrobras)

Diretor de Relações Institucionais
Jurandyr Schmidt (Schmidt & Associados)

Diretor de Relações Acadêmicas
Ellen de Nazaré Souza Gomes (UFFPA)

Diretor de Publicações
Francisco Carlos Neves de Aquino (Petrobras)

Conselheiros

Carlos Cesar Nascimento da Silva (UFRN)

Edmundo Julio Jung Marques (OGX)

Eliane da Costa Alves (UFF)

Jorge Dagoberto Hildenbrand (Fugro)

Marcelo Sousa de Assumpção (IAG/USP)

Naomi Ussami (IAG/USP)

Patrícia Pastana de Lugão (Stratimage)

Paula Lucia Ferrucio da Rocha (UFRJ)

Paulo Roberto Porto Siston (Petrobras)

Renato Cordani (Reconsult)

Secretário Divisão Centro-Sul
Adalberto da Silva (UFF)

Secretário Divisão Centro-Oeste
Adalene Moreira Silva (UnB)

Secretário Divisão Sul
Maria Amélia Novais Schleicher (Unicamp)

Secretário Divisão Nordeste
Roberto Max de Argollo (UFBA)

Secretário Divisão Nordeste Setentrional
Aderson Farias do Nascimento (UFRN)

Secretário Divisão Norte
Jessé Carvalho Costa (UFFPA)

Editor-chefe da Revista Brasileira de Geofísica
Cleverson Guizan Silva (UFF)

Secretárias executivas
Ivete Berlice Dias
Luciene Camargo

Coordenadora de Eventos
Renata Vergasta

BOLETIM SBGf

Editora-chefe
Adriana Reis Xavier

Jornalistas responsáveis
Marcelo Cajueiro (MTb n. 15963/97/79)
Bruna Gama

Diagramação
Diagrama Comunicação

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

FUNDO SBGf

OURO



BRONZE



(Veja página 6)

EVENTOS

UNICAMP REALIZA SEMANA DE INVERNO DE GEOFÍSICA

A Semana de Inverno de Geofísica da Unicamp acontecerá de 19 a 23 de julho no Instituto de Matemática, Estatística e Computação Científica (IMECC) da universidade.

Estão confirmadas quatro palestras, além de cinco minicursos. As palestras serão apresentadas por Eduardo Lopes de Faria, presidente da SBGf, Carlos Eduardo Theodoro (Cenpes/Petrobras), Marcelo Assumpção (IAG-USP) e Tadeu Vidal de Sousa (CGGVeritas).

O minicurso “Introdução ao processamento sísmico utilizando o ProMAX”, de nível básico, será ministrado em cinco aulas por Ellen Gomes (UFPA) e é exclusiva para alunos de pós-graduação, professores e profissionais.

Os outros quatro minicursos ocorrerão em duas aulas. Para o nível básico, estão disponíveis os cursos “Introdução ao Método Sísmico”, ministrado por Lúcio Santos e Amélia Novais e “Introdução à Interface de Processamento GêBR”, por Ricardo Biloti, todos professores da Unicamp. Para o nível intermediário os professores da UFBA, Milton Porsani e Amin Bassrei, apresentarão respectivamente os cursos “Deconvolução Mono e Multicanal” e “Introdução à Geofísica de Petróleo”.

As inscrições devem ser feitas pelo *site* www.ime.unicamp.br/ggc-escolainverno, onde também podem ser encontradas mais informações sobre o evento.

SBGf PARTICIPA DA 62ª REUNIÃO ANUAL DA SBPC

A SBGf participará da programação científica da 62ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC), que será realizada de 25 a 30 de julho na Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), em Natal.

As atividades especiais propostas pela SBGf serão apresentadas por professores da UFRN. Gilvan Borba irá ministrar o minicurso “Introdução à Geofísica Espacial”, no qual serão discutidos assuntos como o clima espacial e a participação do Brasil nas pesquisas espaciais, principalmente em relação aos experimentos científicos para foguetes de sondagem.

Durante a conferência “Sismicidade no Nordeste do Brasil: passado, presente e perspectivas”, aberta à comunidade, Joaquim Mendes Ferreira falará sobre a atividade sísmica no Nordeste, desde seus primórdios até os eventos mais recentes que estão sendo atualmente discutidos nos meios de comunicação.

Ainda estão previstos uma conferência coordenada por Aderson Farias do Nascimento, intitulada “Atividade sísmica no Brasil”, e o encontro aberto à comunidade “A Geofísica no Brasil”, no qual os participantes debaterão a profissão de geofísico no país.

A Reunião engloba também em sua programação a SBPC Jovem, direcionada a alunos do ensino básico ou técnico. Entre as atividades oferecidas está a exposição “O que é a Geofísica!”, apresentada por Aderson Nascimento juntamente com professores e alunos de graduação dos Departamentos de Física e Geofísica da UFRN. A mostra prevê a exibição de equipamentos geofísicos, demonstrações de métodos geofísicos por meio de experimentos feitos *in loco*, painéis e slides, entre outras atrações.

Mais de 10 mil pessoas são esperadas para a Reunião da SBPC que terá como tema “Ciências do Mar: herança para o futuro”. Outras informações sobre o evento podem ser encontradas no *site* www.sbgfnet.org.br/natal.

AGU 2010 DEFINE PROGRAMAÇÃO

A AGU “Meeting of the Americas” 2010, que será realizada de 8 a 12 de agosto em Foz do Iguaçu, Paraná, terá 2.858 trabalhos nas áreas de geofísica e tectônica, ciências atmosféricas e mudanças globais, oceanografia, hidrologia, ciências espaciais e planetologia.

Segundo o sismólogo Marcelo Assumpção, presidente do comitê organizador do evento, a reunião contará com 1.485 apresentações orais e 1.373 pôsteres. Os resumos das sessões estarão em breve disponíveis na página da AGU, mas os participantes já podem checar a programação diária de acordo com as áreas de interesse e organizar o próprio roteiro *online* no *site* www.agu.org/meetings/ja10.

Haverá também sessões técnicas e três palestras de interesse geral: “Mudanças de Precipitação Ligadas ao Equador Termal”, ministrada por Wallace Broecker (Lamont-Doherty Earth Observatory); “Impactos da Mudança Climática na América do Sul”, por Carlos Nobre (Inpe); e “Reorganização Global das Placas Tectônicas no Cretáceo e Relação com as Orogenias Atuais”, por Ruben Somoza (Universidade de Buenos Aires).

Três mesas-redondas farão parte da programação científica. Na primeira delas, “Iniciativa Internacional para as Geociências”, apresentada por John Hess (Geological Society of America), os participantes debaterão os grandes temas e desafios em Geologia Global. “Perigos Naturais na América Latina” organizada por Jaime Urrutia (Universidade Nacional Autônoma do México), discutirá como a ciência pode ajudar a sociedade a diminuir os riscos de desastres naturais. Já em “Grandes Problemas da Litosfera na América do Sul”, coordenada por Larry Brown (Universidade de Cornell) e Reinhardt Fuck (UnB), os participantes analisarão os locais mais importantes para futuros projetos multi-institucionais e multidisciplinares de geofísica profunda, especialmente no Brasil.

Além disso, duas excursões estão com inscrições abertas em www.geophysics2010.org: uma pré-congresso, “Projeto LBA de Biogeociências em Manaus” organizada por Antonio Manzi (Inpa), e outra pós-congresso, “Crateras de Impacto em Basaltos” coordenada por Alvaro Crósta (Unicamp), David Baratoux (Universidade Paul Sabatier) e Ricardo Trindade (IAG-USP).

No domingo, 8 de agosto, haverá cinco cursos pré-congresso: “Comunicação Científica” apresentado por profissionais de comunicação que darão dicas de como o cientista deve difundir os seus resultados entre o público leigo; “Paleomagnetismo”, ministrado por Lisa Tauxe (Universidade da Califórnia); “GIFT – Geofísica para Professores”, por Michael Passow (Earth2Class), Celso Carneiro (Unicamp) e Nisia Krusche (FURG); “Processamento Sísmico com GêBR”, por Ricardo Biloti (Unicamp); e “Acesso a Dados do Sistema Terra”, coordenado por Tom Yoksas (UCAR), Waldênio de Almeida (Inpe), Luis Farfan (CICESE) e Guilherme Chagas (Universidade de Aveiro). As inscrições para os cursos podem ser feitas em www.geophysics2010.org.



Joint Assembly 2010
Iguazu Falls, Brazil
8-12 August

EVENTOS

UNIPAMPA PROMOVE 2ª SEMANA ACADÊMICA DE GEOFÍSICA

A 2ª Semana Acadêmica do curso de graduação em Geofísica foi realizada entre os dias 21 e 25 de junho, no Campus Caçapava do Sul da Universidade Federal do Pampa (Unipampa). Mais de 100 pessoas assistiram a palestra pré-semana “Métodos geofísicos aplicados no estudo e prospecção de hidrocarbonetos”, ministrada pelo geólogo Eduardo De Mio (HRT).

Na abertura oficial do evento estavam presentes a professora Maria Beatriz Luce, reitora da Unipampa; o presidente da SBGf, Eduardo Lopes de Faria; o professor Maximilian Fries, coordenador-geral da Semana Acadêmica e diretor do Campus Caçapava; e Nilson Tôrres Dorneles, gerente de projeto da Mining Ventures Brasil.

A relevância da promoção de eventos desse gênero foi destacada por Maximilian Fries: “A área do petróleo está em evidência para a atuação dos egressos do curso de Geofísica. Veja-se, por exemplo, o grande número de vagas oferecidas pela Petrobras e por outras empresas do ramo. Daí a importância de colocar os acadêmicos em contato com profissionais atuantes no mercado”.

Concordando com o argumento, Nilson Dorneles ressaltou a contribuição da universidade para a região: “Temos dificuldade de encontrar mão-de-obra no Rio Grande do Sul. Hoje trazemos técnicos do Rio Grande do Norte. A Unipampa está contribuindo com a formação de profissionais e ajudando a alavancar as pesquisas no Estado”.

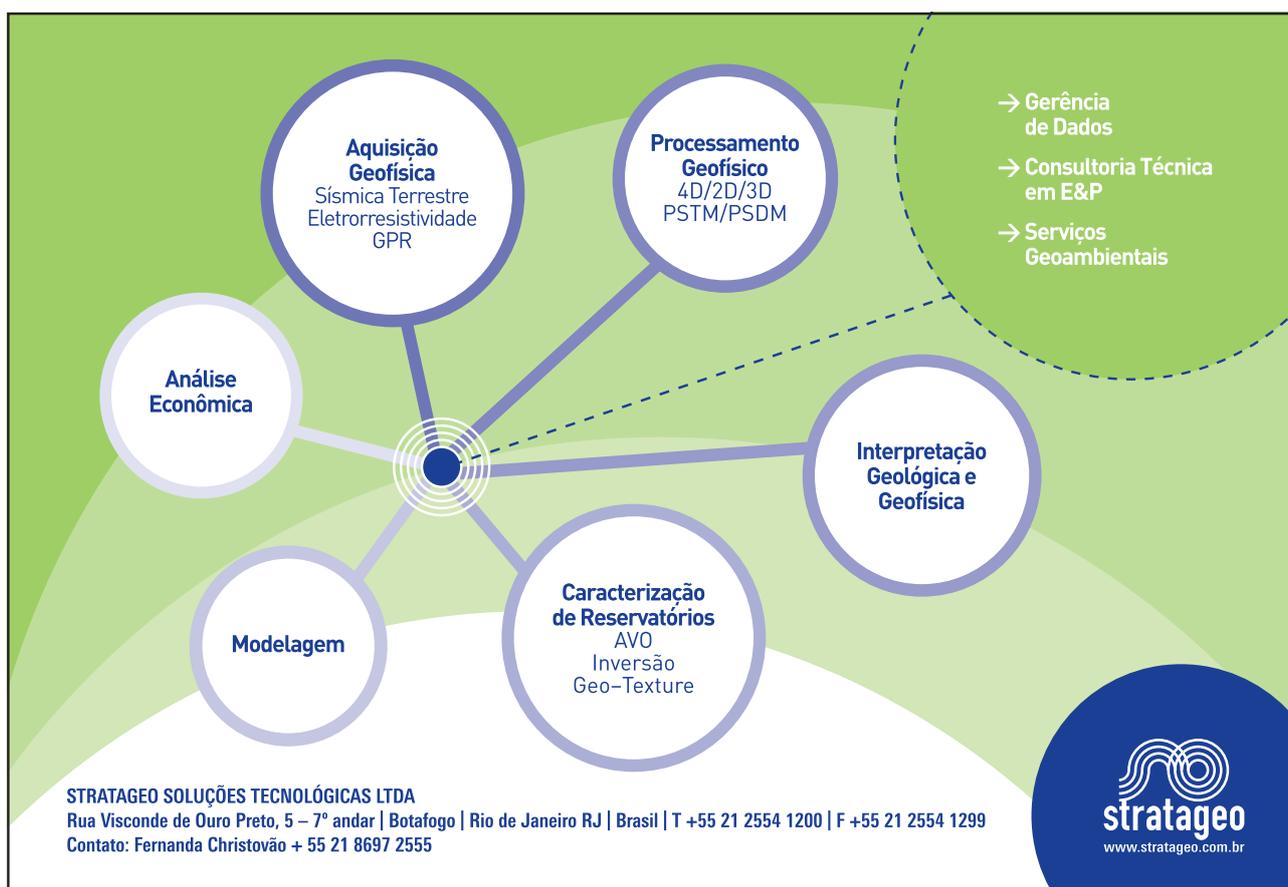
Eduardo Lopes de Faria discorreu sobre as atividades da SBGf e afirmou que a Geofísica está se desenvolvendo mui-



Na mesa de abertura: Eduardo Lopes de Faria, Maria Beatriz Luce, Maximilian Fries e Nilson Tôrres Dorneles

to no Brasil, citou como exemplo o fato da Petrobras estar investindo aproximadamente R\$ 400 milhões por ano em universidades e centros de pesquisa e, desse valor, cerca de R\$ 10 milhões são aplicados na área de Geofísica.

A Semana contou com mais duas palestras, “Estudos geofísicos aplicados ao meio ambiente” e “Métodos geofísicos aplicados à exploração mineral”, apresentadas respectivamente pelos professores César Augusto Moreira (Unipampa) e Francisco José Fonseca Ferreira (UFPR); além de dois minicursos: “Processamento digital de imagens e SIG aplicados à exploração geofísica”, com a professora Silvia Beatriz Alves Rolim (UFRGS), e “GêBR-Sísmica”, com Luis Alberto D’Afonseca (Unicamp).



EVENTOS

BARCELONA '10: SBGf PRESENTE NO 72º CONGRESSO DA EAGE

O 72º Congresso da EAGE (European Association of Geoscientists & Engineers) realizado em Barcelona, na Espanha, entre os dias 14 e 17 de junho foi considerado muito bom entre os participantes. Segundo os organizadores do evento houve uma boa frequência com aproximadamente 5.300 inscritos e 300 empresas expositoras.

Conforme vem ocorrendo nos recentes congressos da EAGE, a SBGf ficou em local bastante apropriado na exposição. Além disso, os estandes da SBGf e das sociedades da Colômbia e da Austrália eram os únicos que possuíam dimensões de tamanho duplo, se comparados aos espaços destinados às associações congêneres. A circulação de pessoas no estande da SBGf foi bastante intensa e, como sempre acontece, foi o ponto de encontro da comunidade brasileira no evento, contando com visitas de ilustres como Mário Carminatti, Francisco Nepomuceno Filho, Edison Milani, da Petrobras, e outros geofísicos brasileiros.

Os representantes da SBGf fizeram ampla divulgação das atividades da sociedade, principalmente do Fórum sobre Métodos Não-Sísmicos, que será realizado em setembro e do 12º Congresso Internacional e EXPOGEF, que ocorrerão em 2011. Foram feitos contatos para participação e patrocínio dos eventos. As empresas EMGS e EMTEK confirmaram patrocínio do Fórum e diversas empresas demonstraram interesse em participar da EXPOGEF 2011. Para divulgação do 12º CISBGf foram distribuídos cartões-postais do evento e cartões de visita do comitê organizador e da diretoria da SBGf. Como um atrativo a mais, considerando a Copa do Mundo de futebol, realizou-se em cada dia do evento, o sorteio de uma camisa da seleção brasileira de futebol entre cerca de cem concorrentes.

A sociedade doou um exemplar do Dicionário Enciclo-



Arquivo SBGf

A partir da esquerda: Dimas (Petrobras), Luiz Braga (Fugro), Eduardo Faria (SBGf), Anton van Gerwen (EAGE), Mahmoud Abdulbaqi (EAGE), Neri Boz (SBGf), Renato Silveira (SBGf), Ana Cristina Chaves (SBGf), Zsuzsanna Hegybiró (EAGE), Davide Calcagni (EAGE) e John Underhill (EAGE).

pédico Inglês-Português de Geofísica e Geologia, da autoria de Osvaldo de Oliveira Duarte, e outro do livro Fundamentos de Física para Geociências, de Carlos Eduardo de Moraes Fernandes, para a ASGA (Associação de Geofísica de Angola).

Durante o evento foi assinado pela SBGf e pela SEG (Society of Exploration Geophysicists) o aditivo ao Memorandum of Understanding (MOU), que especificou o plano de ação já discutido e acordado entre as sociedades. Em jantar com representantes da SBGf, EAGE e ACGGP (Asociación Colombiana de Geólogos y Geofísicos Del Petróleo) ficou preliminarmente decidido que o congresso que será realizado entre a EAGE e sociedades da América Latina ocorrerá em Cartagena, na Colômbia, em 2012. Enquanto a ACGGP será a principal responsável pela organização, a participação da SBGf ainda deverá ser debatida. Para participações futuras da SBGf em eventos desse porte, serão discutidos em reunião de diretoria, para fins de implantação, vários itens identificados como passíveis de melhoria.

SBGf CONTINUA SÉRIE DE PALESTRAS GRATUITAS

Dando continuidade à série de palestras técnicas gratuitas promovidas pela SBGf, quatro eventos foram realizados nos meses de abril e maio na sede da sociedade, no Rio de Janeiro.



Agnès Campan

Em 28 de abril, a GeoQuasar apresentou a palestra "Stratigraphic Workflow for Carbonates and Clastic feature analysis", ministrada por **Agnès Campan**, Sales & Marketing Director da ffa. Segundo Agnès, a ffa operava inicialmente na indústria médica, mas nos dias atuais se concentra no setor de óleo e gás. A companhia inglesa atua no campo de processamento de imagem sísmica 3D.

No dia seguinte, **Efrain Mendez-Hernandez**, da mexicana PEMEX, proferiu a palestra "Quantitative seismic analysis and its role in improving reservoir description and exploration results", que faz parte do programa Honorary Lecturer 2010 da Society of Exploration Geophysicists (SEG). Efrain, que está na PEMEX desde 1985, atualmente trabalha com exploração em águas profundas no Golfo do México.



Efrain Mendez

Einar Iversen apresentou em 12 de maio a palestra "Modern application of seismic ray methodology". Iversen é Senior Research Geophysicist da Norsar,



Einar Iversen

instituição norueguesa de pesquisa que desenvolve *softwares* para o setor de óleo e gás, além de prestar consultoria a várias empresas da área.

No dia 17 de maio, **Colin Sayers**, da Schlumberger, ministrou o curso "Geophysics under stress: Geomechanical applications of seismic and borehole acoustic waves". A apresentação, que durou um dia inteiro, faz parte do programa SEG/EAGE Distinguished Instructor Short Course (DISC 2010). Sayers está na Schlumberger desde 1991, prestando consultoria em diversas áreas, como geofísica, física das rochas e geomecânica de reservatórios. Durante o curso, Sayers falou sobre as mudanças que a tensão pode causar na velocidade de propagação de ondas sísmicas e sobre as potenciais aplicações do estudo dessas mudanças. Segundo ele, as contribuições não se restringem à indústria do petróleo, podendo também ser usadas na mineração, por exemplo, para encontrar água ou construir túneis. Este curso foi gratuito para os sócios estudantes da SBGf, SEG ou EAGE.



Colin Sayers

A SBGf promoverá mais palestras gratuitas no decorrer do ano. Para conferir o calendário de apresentações, basta acessar o *site* da sociedade: www.sbgf.org.br.

NOTAS

SBGf LANÇA FUNDO DE APOIO À CIÊNCIA GEOFÍSICA

Ao longo de sua história, a SBGf tem desenvolvido diversas parcerias com empresas e instituições para fomentar o avanço da Geofísica no país. A sociedade organiza e apoia palestras, simpósios e congressos, bem como promove publicações sobre a área.

Em mais uma dessas iniciativas, a associação acaba de lançar o Fundo de Apoio à Ciência Geofísica (Fundo SBGf), que visa ampliar suas ações de promoção da Geofísica no Brasil. Através do Fundo, instituições e empresas poderão contribuir com recursos financeiros que serão utilizados no desenvolvimento de profissionais e disseminação do conhecimento geofísico.

As empresas que fizerem parte desse empreendimento farão contribuições anuais. Em contrapartida, se tornarão associados corporativos da sociedade, além de receberem uma série de benefícios, como publicação de anúncios no Boletim SBGf, franquia de anuidades para seus funcionários e exposição da marca no site, na newsletter digital e no Boletim (ver relação de empresas na pág. 2), visando o reconhecimento junto à comunidade geofísica brasileira desta contribuição.

Para mais informações sobre o Fundo, acesse o site da SBGf (www.sbgf.org.br) ou envie mensagem para sbgf@sbgf.org.br.

SBGf RECEBE PRÊMIO DA SEG

A SBGf foi escolhida em decisão unânime dos comitês executivo e de premiação da Society of Exploration Geophysicists (SEG) para receber o prêmio Distinguished Achievement Award, em reconhecimento ao seu notável crescimento e às suas contribuições à Geofísica.

O prêmio será entregue ao presidente da SBGf Eduardo Lopes de Faria durante o SEG's 2010 Annual Meeting, que será realizado

em outubro, na cidade de Denver, nos EUA.

O Distinguished Achievement Award é concedido anualmente a companhias ou instituições por uma contribuição técnica específica ou por uma colaboração contínua para o avanço da Geofísica. Destacam-se em edições anteriores do prêmio o Massachusetts Institute of Technology, a Colorado School of Mines, o Geological Survey of Canada e as Universidades de Houston, Southampton e Stanford.

IV SIMEXMIN EXCEDE EXPECTATIVAS

O número de participantes do IV Simpósio Brasileiro de Exploração Mineral (IV SimeXmin), realizado de 23 a 26 de maio em Ouro Preto, Minas Gerais, excedeu as expectativas dos organizadores.

O encontro contou com mais de 1.200 inscritos e 47 expositores. Realizado anualmente, o simpósio é promovido pela ADIMB (Agência para o Desenvolvimento Tecnológico da Indústria Mineral Brasileira).

De acordo com Jorge Dagoberto Hildenbrand, presidente da Fugro Airborne Surveys e conselheiro da SBGf, o grande número de participantes do IV SimeXmin indica que o setor mineral já assimilou o impacto da crise de 2008: "O interesse despertado pelo evento demonstra que a atividade exploratória está sendo retomada com força no Brasil em 2010, com a atração de investidores tanto nacionais quanto estrangeiros".

A programação do simpósio incluiu discussões sobre as políticas governamentais para o setor mineral, principalmente em relação às iniciativas de fomento à exploração mineral e às propostas de reformulação do marco regulatório da mineração.

Durante o IV SimeXmin, foi apresentado o Plano Duo-Decenal para o Setor Mineral (rebatizado como Plano 2030) que deverá ser lançado no final de julho. Segundo Hildenbrand, essa iniciativa do Ministério de Minas e Energia é importante porque pela primeira

vez haverá um planejamento de longo prazo para nortear as ações governamentais para o setor de mineração.

O evento também contou com diversas palestras técnicas sobre as tecnologias de prospecção mineral. As sessões técnicas específicas alternaram apresentações sobre Geofísica, Geoquímica e Sensoriamento Remoto com aplicação à prospecção mineral. No âmbito da Geofísica, destacaram-se as apresentações sobre levantamentos gravimétrico-gradiométricos aéreos (AGG) e eletromagnéticos no domínio do tempo (HTEM), além de outras novidades tecnológicas de levantamentos geofísicos conduzidos pelo ar e por terra.



Mesa de abertura. A partir da esquerda: Jeffrey Hedenquist, Rodney Thomas, Onildo Marini, Cláudio Scliar, Jones Belther, Miguel Nery, Paulo Sérgio Ribeiro, Ângelo Oswaldo de Araújo Santos e Paulo Camillo Penna.

FALECIMENTO: PROFESSORA BENAIA VIEIRA DE ALENCAR

Com muito pesar, a diretoria da SBGf informa o falecimento da profa. Benaia Vieira de Alencar (62 anos) ocorrido no dia 30 de maio, após uma longa batalha travada contra um câncer. Professora do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará (UFPA), desde 1980, Benaia era graduada em Matemática e tinha especialização e mestrado em Geofísica. Aposentou-se em 1995, mas continuou ministrando aulas e orientando alunos no curso de especialização em Educação Ambiental no Núcleo de Meio Ambiente (NUMA), da UFPA.

Sócia fundadora da SBGf, Benaia foi uma dedicada colaboradora. Como secretária da Divisão Norte, por dois mandatos (1994-1995 e 1996-1997), conseguiu adesão de novos sócios e uma sala nas dependências do curso de graduação em Geofísica da UFPA, onde instalou a secretaria da regional. Juntamente com o geofísico Norcírrio Pantoja Queiroz, que a sucedeu no cargo de secretário, Be-

naia articulou parceria local com a Petrobras, que foi de grande proveito para os sócios.

Porém, a marcante atuação de Benaia foi em 1996, na organização do I Workshop de Geofísica Aplicada ao Meio Ambiente da SBGf realizado em Belém, no Pará. O evento foi o primeiro e único até então sobre Geofísica Ambiental, alcançando dimensão de congresso. Na ocasião foi abordada a contaminação de rios e aquíferos, óbitos e deformações decorrentes de radiações ionizantes, entre outras questões estudadas em Geofísica de forma pioneira no Brasil.

Quando da realização do III Simpósio Brasileiro de Geofísica em Belém, no Pará, em 2008, Benaia compareceu para cumprimentar a sua legião de amigos. Todos aqueles que fizeram parte de seu círculo de amizade e trabalho são unânimes em elogiar seu comportamento: sempre disposta a ajudar. A sua conduta associada à dedicação à vida acadêmica e à Geofísica são marcas deixadas pela Benaia que nos levarão a lembrar dela para sempre.

ON ORGANIZA SIMPÓSIO DE GEOFÍSICA ESPACIAL E AERONOMIA

O Observatório Nacional (ON) promove de 1º a 3 de setembro em Búzios, Estado do Rio de Janeiro, a terceira edição do Simpósio Brasileiro de Geofísica Espacial e Aeronomia (SBGEA-2010). O evento, que é realizado a cada dois anos, tem como objetivo debater os temas científicos relevantes à área das ciências espaciais e atmosféricas, além de promover o intercâmbio de informações e ideias entre estudantes, docentes, pesquisadores, técnicos e instituições.

Segundo Andrés Papa, presidente do comitê organizador do Simpósio, estão previstos minicursos, palestras plenárias, contribuições orais e sessões de painéis. Os temas deste ano são: acoplamentos entre camadas atmosféricas, aeroluminescência, aplicação do GPS na pesquisa atmosférica, clima espacial, eletricidade atmosférica, física da atmosfera, interação Sol-Terra, geomagnetismo, ionosfera, pesquisas espaciais na Antártica e química da atmosfera.

A pré-inscrição para o evento pode ser feita até 15 de agosto. A taxa de inscrição é de R\$ 25 para estudantes e R\$ 50 para profissionais. Outras informações estão no *site* do evento: www.on.br/sbgea2010.

BDEP COMPLETA 10 ANOS

O Banco de Dados de Exploração e Produção (BDEP), da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), comemorou em 2 de junho o seu 10º aniversário em cerimônia realizada na sede do Serviço Geológico do Brasil (CPRM), no bairro da Urca, Rio de Janeiro.

Durante a cerimônia, a diretora da ANP, Magda Chambriard falou sobre a história do BDEP e sobre os avanços conseguidos pelo órgão nesses dez anos. Com o maior acervo de dados geológicos e geofísicos do país, o BDEP foi criado em 2000 em parceria com a CPRM. Na época, o Banco recebeu um conjunto inicial de informações de 0,071 petabyte da Petrobras, que até o final daquele ano já havia sido duplicado. Hoje, o volume de dados do BDEP é de mais de 2 petabytes, superando o acervo original em 44 vezes.

De acordo com Magda, nesta década a arrecadação do BDEP triplicou e o número de empresas associadas duplicou. Todas as concessionárias operando no país utilizam os serviços do Banco, sejam como associadas ou usuárias eventuais.

MERCADO ABSORVE GRADUADOS EM GEOFÍSICA DA UFF

Todos os alunos da primeira turma do curso de graduação em Geofísica da Universidade Federal Fluminense (UFF), que participaram da cerimônia de formatura em 15 de abril, conseguiram colocação profissional: dos 18 formandos, um foi aceito no mestrado da universidade e os outros 17 estão no mercado de trabalho, sendo três na Petrobras.



UFF

SBGf PROMOVE PALESTRA DO PROGRAMA SEG/AAPG DISTINGUISHED LECTURE

A SBGf promove, no dia 30 de agosto, a palestra "Rumblings from the laboratory: Past, present, and future", ministrada por Carl Sondergeld, PhD em Geofísica pela Cornell University. Atualmente, Sondergeld é decano da Mewbourne College of Earth and Energy e professor na Mewbourne School of Petroleum and Geological Engineering, University of Oklahoma.

A palestra, que é gratuita, faz parte do programa Distinguished Lecture, da Society of Exploration Geophysicists (SEG) em cooperação com a American Association of Petroleum Geologists (AAPG), e será realizada na sede da SBGf, no Rio de Janeiro.

O programa Distinguished Lecture da SEG é realizado desde 1951, e ocorre em duas épocas do ano. Os palestrantes percorrem dezenas de instituições ao redor do mundo falando sobre os mais variados temas na área de Geofísica. A capital do Rio de Janeiro será a terceira de 27 paradas de Sondergeld, entre elas as cidades de Lima, Bogotá, Caracas, Denver, Toronto, Londres, Paris e Houston.

As inscrições para a palestra podem ser feitas pelo *e-mail* sbgf@sbgf.org.br.

"A ANP entende que o BDEP é um verdadeiro pilar da exploração e produção", disse Magda. "Sem o acesso a esses dados, não há como fazer exploração no Brasil". E para ela, a Geofísica é fundamental no trabalho do BDEP, já que a maior parte do acervo do Banco é composta por sísmica de reflexão 2D e 3D.



Divulgação ANP

A partir da esquerda: os diretores da ANP Nelson Narciso Filho e Allan Kardec Duailibe, o diretor-geral, Haroldo Lima, e a diretora Magda Chambriard.

Na cerimônia, também foi apresentado o Plano Estratégico do BDEP, lançado no ano passado, que prevê uma grande expansão no acervo e na área de atuação do Banco até 2014. Por orientação da ANP, o BDEP está deixando de ser apenas um repositório de informações para passar a fazer também o processamento e a interpretação dos dados.

Segundo Eliane da Costa Alves, coordenadora do curso, o alto nível de empregabilidade dos recém-graduados reflete o bom momento do mercado de Geofísica e o comprometimento do corpo docente. Todos os professores da graduação em Geofísica da UFF são doutores e os alunos se envolvem em atividades práticas desde o início do curso. A partir do quarto período os estudantes participam de trabalhos de campo de dez dias durante as férias, quando estudam os métodos geofísicos.

Eliane Alves foi a paraninfa da turma e Cleverton Guizan Silva, coordenador do Programa de Pós-graduação em Geologia e Geofísica Marinha da UFF e editor-chefe da Revista Brasileira de Geofísica (RBGf), foi o patrono. Atualmente, 117 alunos estão matriculados no curso de graduação em Geofísica, enquanto 86 estão cursando a pós-graduação. Com 30 vagas oferecidas por ano no vestibular, o número de desistências é muito baixo e as raras vagas abertas são rapidamente ocupadas por estudantes transferidos, segundo Eliane Alves.

INCT de Estudos Tectônicos inicia pesquisas no Nordeste brasileiro

Sediado em Brasília e congregando pesquisadores de várias universidades brasileiras, o Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Estudos Tectônicos (INCT-ET) deu início às suas atividades no segundo semestre de 2009. O objetivo do projeto é o estudo da crosta continental e do manto superior no Brasil, com foco inicial na Província Borborema e Cráton do São Francisco, na região Nordeste. O coordenador do instituto, professor **Reinhardt Fuck**, da Universidade de Brasília (UnB), detalha nesta entrevista o funcionamento do instituto que distribuirá bolsas a jovens pesquisadores interessados no tema.

Qual é o objetivo principal do instituto? O objetivo central do instituto é o estudo geotectônico da estrutura profunda da litosfera continental do Nordeste brasileiro, incluindo a crosta e o manto litosférico. Desse objetivo maior fazem parte: mapear a distribuição de condutividade elétrica e direções de anisotropia em diferentes

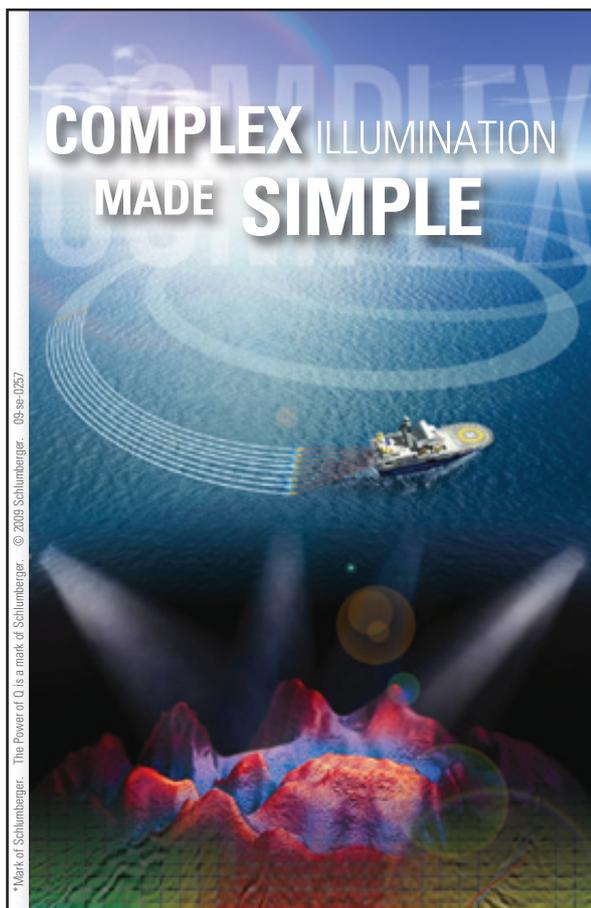
profundidades litosféricas ao longo de perfis posicionados ortogonalmente às direções estruturais predominantes; identificar as zonas de concentração de correntes elétricas anômalas na crosta e no manto superior e avaliar o relacionamento espacial de camadas condutoras, descontinuidades e anisotropias geoeletricas, com o estado térmico, mecânico, reológico e químico da litosfera inferido a partir de outros dados geológicos e geofísicos; imagear a estrutura crustal e litosférica por refração sísmica profunda e métodos sísmológicos; contribuir para o entendimento da natureza dos blocos crustais identificados na Província Borborema e no Cráton do São Francisco e dos processos que levaram ao seu amálgama; e aprofundar o conhecimento da evolução crustal em áreas sísmogênicas do Nordeste, principalmente a reativação de grandes estruturas crustais no Cenozóico e o papel de planos de fraqueza prévios na geração de falhas sísmogênicas e neotectônicas.

Quando o instituto foi criado? Como foi o processo de criação?

O instituto surgiu como consequência natural do projeto “Estudos geofísicos e tectônicos na Província Borborema”, desenvolvido ao abrigo do Programa Institutos do Milênio do MCT/CNPq, entre 2005 e 2009. Esse projeto surgiu da necessidade de aprofundar estudos geotectônicos com a obtenção de novos dados, utilizando metodologias diversas, que permitissem visualizar em profundidade, na escala da crosta, as feições que são observadas em superfície, visando estabelecer a estrutura crustal e contribuir para a compreensão da origem e evolução da Província Borborema. O projeto foi uma inovação no sentido de



Arquivo pessoal



*Mark of Schlumberger. The Power of Q is a mark of Schlumberger. © 2009 Schlumberger. 09-se-0267

The Power of Q

Complex Illumination 

WesternGeco experts and innovative technology give you the freedom and flexibility to deploy tailor-made solutions to efficiently solve complex geophysical challenges.

- Coil Shooting* single-vessel full-azimuth acquisition
- 3D GSMP* true azimuth SRME demultiple
- Multi-azimuth tomography constrained by wells and/or potential field data. Stable solutions enabled by a full-azimuth range
- A complete suite of imaging algorithms

We **listen** to your challenges.

We **understand** your needs.

We **deliver** value.

Visit www.westerngeco.com/ciq



que reuniu geofísicos e geólogos, com especializações diversificadas, para, em conjunto e de forma integrada, enfrentar o desafio de tentar elucidar a complexa estruturação da província e superar algumas controvérsias quanto à sua origem e evolução. O sucesso da parceria estabelecida motivou a continuação e consolidação do grupo de pesquisa formado com o objetivo primordial de persistir na busca de novos dados que permitam avançar no conhecimento da estrutura da crosta e manto litosférico da província e, quiçá, estender mais adiante a investigação para outras províncias geotectônicas do Brasil. Assim, foi constituído o instituto, na realidade uma rede de pesquisa, cuja proposta formulada mereceu a aprovação do comitê encarregado de selecionar os projetos submetidos ao MCT/CNPq.

Quais são as perspectivas? O projeto teve início em setembro de 2009 e as primeiras atividades do instituto estão em andamento, como sondagens

geométricas e a seleção de locais para instalação de estações sismográficas de período curto para monitorar áreas de ocorrência de sismos no Nordeste do Brasil. Em seguida serão iniciadas as atividades de reconhecimento de uma linha de refração sísmica profunda de direção aproximada N-S, visando a realização de transecta ortogonal aos grandes lineamentos que compartimentam a província e ao seu limite com o Cráton do São Francisco. Essas atividades serão complementadas por levantamentos gravimétricos e estudos geológicos. Nos anos subsequentes será realizado outro experimento de refração sísmica profunda, cortando a porção norte do Cráton do São Francisco no sentido leste-oeste, acompanhado de sondagens magnetotélúricas. Está programada a instalação de uma rede de estações sismológicas de banda larga. Processamento e interpretação dos dados a serem coletados demandarão vários anos e é intenção do instituto envolver número significativo de estudantes

de graduação e pós-graduação, com vistas à formação e treinamento de novos pesquisadores que possam desenvolver os estudos posteriormente. A perspectiva é a de consolidar uma rede de pesquisa robusta, capaz de desenvolver estudos geotectônicos de forma continuada no futuro.

Quais são as instituições participantes? Participam do instituto pesquisadores da Universidade de Brasília (sede), do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, do Observatório Nacional, das Universidades Federais do Rio Grande do Norte, Ceará, Pernambuco, Bahia e do Pampa, da Universidade de São Paulo e da Universidade Estadual de Campinas.

Estão envolvidos cerca de 30 pesquisadores e um número considerável de estudantes de doutorado, mestrado e graduação. Todos trabalham em suas instituições de vínculo e os contatos necessários são feitos geralmente via internet, além de reuniões anuais de trabalho, visitas, viagens conjuntas de campo, etc. Encontros formais são promovidos por ocasião de congressos e simpósios, durante os quais são programadas sessões especiais e *workshops* para apresentação e discussão de resultados, como ocorreu no 11º Congresso Internacional da SBGf, em Salvador, quando foram apresentados resultados do projeto anterior.

Por que o foco é o estudo da Província Borborema e Cráton do São Francisco?

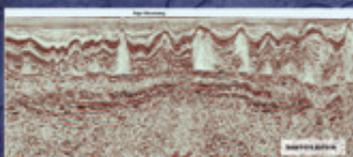
Na vigência do projeto anterior, vinculado ao Programa Institutos do Milênio (MCT/CNPq), os experimentos foram realizados na Província Borborema porque sua constituição geológica representa um desafio para as Geociências, dada a complexidade de sua estruturação e seu papel proeminente no contexto do amálgama de Gondwana Ocidental. Os conhecimentos geológicos de superfície, somados a dados de levantamentos aerogeofísicos, gravimétricos e informação geofísica relacionada com atividade sísmica local e regional, eram insuficientes para compreender a origem e evolução da província. Era clara a necessidade de levantar dados novos, lançando mão de métodos geofísicos que permitissem obter informações sobre a estrutura crustal profunda da região. As dificuldades iniciais de obtenção de equipamentos para realizar os experimentos, embora superadas com a constituição do Pool de Equipamentos Geofísicos, financiado pela Rede de Estudos Geotectônicos da Petrobras e sediado no Observatório Nacional, não permitiu alcançar todas as metas previstas no projeto original. Em decorrência, a equipe decidiu continuar com os experimentos no Nordeste, estendendo-os para o Cráton do São Francisco, massa continental à margem da qual a Província Borborema foi estabelecida. Outras áreas, igualmente interessantes, deverão ser objeto de pesquisas futuras.

O instituto oferecerá bolsas de pesquisa? Graças à suplementação de recursos concedida pela Capes, o instituto dispõe de algumas bolsas de mestrado, doutorado e pós-doutorado, que serão distribuídas a jovens pesquisadores interessados na temática de estudos geotectônicos.

**FUGRO
GEOSCIENCE**



**Integrated Geophysics...
... for Geological Solutions**



MultiClient Seismic Data
Seismic Processing
Marine Seismic Acquisition
Gravity and Magnetic Services

Fugro Geosolutions (Brasil)
Tel.: +55 21 3219 8500
e-mail: seismic@fugro-br.com

FGMS Fugro Gravity & Magnetic Services
e-mail: lbraga@fugro.com
www.Fugro-GravMag.com

www.fugro.com.br



IV Simpósio Brasileiro de Geofísica

"Novas Fronteiras da Exploração Geofísica"

Brasília, de 14 a 17 de novembro de 2010

O Simpósio Brasileiro de Geofísica (SimBGf) se define a partir da necessidade da realização de um evento nacional de Geofísica nos anos intercalados aos do Congresso Internacional da SBGf, para promover a discussão dos temas científicos de interesse para a academia e a indústria.

O objetivo principal do evento é divulgar e promover um ambiente de discussão dos problemas científicos da Geofísica, área multidisciplinar com ampla aplicabilidade para o desenvolvimento e crescimento dos recursos energéticos e minerais do Brasil.

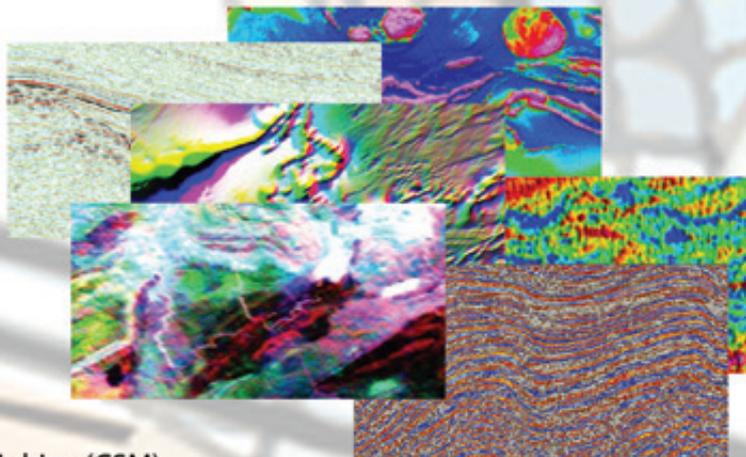
A realização do Simpósio em Brasília nos convida à discussão sobre os desafios das **NOVAS FRONTEIRAS DA EXPLORAÇÃO GEOFÍSICA**, considerando novas tecnologias para aquisição de dados geofísicos, processamento e interpretação na indústria do petróleo, mineração, meio ambiente e recursos hídricos.



LOCAL DO EVENTO: Royal Tulip Brasília Alvorada com sua arquitetura luxuosa e cosmopolita, assinada por Ruy Ohtake, dispõe de 395 quartos, está estrategicamente situado às margens do Lago Paranoá, na Asa Norte, ao lado da residência oficial do Presidente da República, o Palácio da Alvorada. A cinco minutos do hotel, localizam-se a Praça dos Três Poderes, o Palácio do Planalto, o Supremo Tribunal Federal e o Congresso Nacional.

TEMAS DO SIMPÓSIO

- * Processamento de Dados Sísmicos
- * Exploração de Hidrocarbonetos
- * Exploração Mineral
- * Geofísica da Terra Sólida
- * Geofísica aplicada ao mapeamento geológico
- * Geofísica Rasa
- * Petrofísica



MINI CURSOS (14 DE NOVEMBRO)

- MINI-CURSO 01 – Mining Geophysics – Misac Nabighian (CSM)
- MINI-CURSO 02 - Application of Time-Domain Electromagnetics to Ground-Water Studies - David Fitterman (MIT)
- MINI-CURSO 03 – Inversion of Airborne Electromagnetic Data – Practical Aspects - Maria Deszcz-Pan (USGS)
- MINI-CURSO 04 – GêBR - Uma plataforma livre para processamento sísmico - Ricardo Biloti (Unicamp)

INSCRIÇÕES NO IV SIMBGf

A partir de 11 de maio até 15 de Outubro de 2010.

Submissão de Resumos expandidos:
de 03 de Maio a 30 de Julho de 2010

COMITÊ ORGANIZADOR
AUGUSTO CÉSAR B. PIRES (PRESIDENTE)

ACBPIRES@UNB.BR

ADALENE MOREIRA SILVA (COORDENAÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA)

ADALENE@UNB.BR

ROBERTA MARY VIDOTTI (SECRETARIA GERAL)

ROBERTA@UNB.BR

CARLOS JORGE DE ABREU (TESOURARIA)

ABREU@GEOLOGIA.UFRJ.BR

ORGANIZAÇÃO



APOIO



Brasília
seu coração está aqui



WWW.SIMPOSIO.SBGf.ORG.BR

ESPECIAL

Geofísica Nuclear

Na década de 1950 desenvolveram-se técnicas e equipamentos voltados para a proteção radiológica, como resposta ao impacto da liberação de substâncias e rejeitos radioativos no meio ambiente, resultantes de fissão de ensaios termonucleares com fins bélicos ou pacíficos. A possibilidade de rastrear em distintas partes da Terra o trânsito ou o acúmulo de elementos radioativos, sejam eles isótopos de origem artificial ou natural – estes continuamente introduzidos no meio ambiente – transforma estes métodos e instrumentos em ferramentas extraordinárias para o estudo de diversos processos físicos, químicos e biológicos.

A mineração de elementos radioativos e o enriquecimento, reprocessamento, industrialização e comércio de materiais nucleares é exercido, em nome da União, pela Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), com exceção dos radioisótopos cuja produção, comercialização e utilização poderão ser autorizadas sob regime de permissão. As funções dessa autarquia federal, vinculada ao Ministério da Ciência e Tecnologia, incluem entre outras atividades, o licenciamento das instalações nucleares e radiativas e a fiscalização das atividades relacionadas à extração e à manipulação de matérias-primas e minerais de interesse para a área nuclear, além do estabelecimento de normas e regulamentos em radioproteção. A área de pesquisa e desenvolvimento da CNEN investe no emprego da tecnologia nuclear na medicina, agricultura, indústria e meio ambiente, sempre observando a missão principal do órgão de garantir o uso seguro e pacífico da energia nuclear, visando o bem-estar da população.

A Geofísica Nuclear emprega propriedades de núcleos atômicos no estudo de problemas da Terra, como a radioatividade, o amortecimento e a absorção de nêutrons pela matéria, a fissão espontânea de núcleos e a composição isotópica de elementos, afirma **Roberto Max de Argollo**, professor do Departamento de Física da Terra e do Meio Ambiente da UFBA e secretário da Regional Nordeste Meridional da SBGf.

A radioatividade é amplamente utilizada em estudos geofísicos e geológicos. Segundo Argollo, os teores dos elementos K, U e Th nas rochas e solos podem ser determinados por espectrometria gama da radiação gama natural, seja em amostras no laboratório, em medidas no campo, em perfilação de poços ou em levantamentos aéreos. Com meias-vidas da ordem da idade da Terra, os radioisótopos naturais (^{40}K , ^{87}Rb , ^{238}U , ^{230}Th , entre outros) são utilizados na Geocronologia de rochas. Radioisótopos cosmogênicos (^{14}C , ^{10}Be , entre outros) são empregados na datação de materiais e como traçadores em processos terrestres. O desequilíbrio radioativo de radioisótopos da série do urânio permite determinar taxas de sedimentação de sistemas deposicionais marinhos (^{210}Pb e ^{230}Th , por exemplo) e, nesses ambientes, datar animais e vegetais ($^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ e $^{230}\text{Th}/^{238}\text{U}$, por exemplo).

Ainda de acordo com Argollo, a medida do amortecimento de nêutrons por núcleos, na perfilação neutrônica de poços, permite avaliar a porosidade e o índice de hidrogênio (IH) do meio. Ademais, as medidas de captura de nêutrons térmicos pelos núcleos e da interação destes com

nêutrons rápidos, em associação com a espectrometria gama, permitem avaliar na formação o teor de vários elementos como Cl, Fe, O, entre outros. A técnica dos traços de fissão do ^{238}U em apatita e zircão de poços exploratórios é usada

como termocronômetro no estudo da história térmica de bacias. A composição isotópica dos elementos H, O, C e S é empregada em estudos de caracterização de águas de formação em campos de petróleo e gás, circulação atmosférica, circulação e mistura de correntes marinhas, evaporação de açudes, balanço hídrico e processos de salinização e caracterização de aquíferos, entre outros.

ESTUDOS INTERDISCIPLINARES

Roberto Meigikos dos Anjos, professor do Instituto de Física da UFF e coordenador do Laboratório de Radioecologia (LARA) da universidade, enfatiza a importância da aplicação de técnicas nucleares em estudos interdisciplinares: “Unimos esforços com pesquisadores de outras áreas, formando uma equipe multidisciplinar abrangente,

uma vez que acreditamos que para se compreender perfeitamente o funcionamento do habitat dos organismos vivos é necessário compreendê-lo de forma global e duradoura, não apenas olhando-o por um único ângulo ou subárea de pesquisa”.

Na área de medicina e saúde ocupacional, as técnicas têm vasta aplicação no diagnóstico e tratamento do ser humano. No meio ambiente, afirma Roberto Meigikos, a pesquisa científica multidisciplinar denominada de radioecologia ou ecologia da radiação possui uma grande interface com temas da Geofísica Nuclear. Métodos analíticos nucleares apresentam-se como as melhores alternativas na identificação e caracterização de diversos fenômenos ocorridos na natureza – tais como sedimentação, erosão, evolução humana, e incorporação e transferência de substâncias em organismos – e na quantificação de suas taxas de ocorrência.

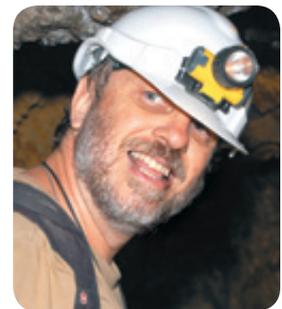
Os pesquisadores do LARA se valem de radioisótopos naturais e artificiais para a reconstituição do passado recen-



Laboratório de Física Nuclear Aplicada (LFNA/UFBA) onde estão sediados os grupos de Geofísica Nuclear, de Geotermia, de Métodos Eletromagnéticos e de Oceanografia Física.



Arquivo Pessoal



LARA

ESPECIAL



Estudos de radioecologia voltados à compreensão do transporte de macronutrientes e substâncias radioativas em plantas tropicais.

te da Terra, visando aprofundar o conhecimento dos impactos ambientais causados por perturbações naturais e antrópicas em ecossistemas terrestres e aquáticos.

Em projetos patrocinados pelo CT-Infra/MCT, CNPq, Capes e Faperj, em colaboração

com pesquisadores sul-americanos (via programa PROSUL do CNPq e projeto ARCAL/AIEA) e espanhóis (via programa AEI - Agencia Española de Cooperación Internacional), os pesquisadores do LARA realizam medidas de ^{14}C , ^{232}Th , ^{238}U e ^{40}K para a compreensão da formação geológica e da evolução ocupacional da costa sul-americana. ^{210}Pb , ^{137}Cs , ^{40}K , ^{22}Na e ^7Be são utilizados na reconstituição ambiental do passado recente da Terra e no estudo de processos atmosféricos. ^{228}Ra , ^{226}Ra , ^{222}Rn , ^{220}Rn , ^{210}Pb e ^{210}Po são usados em análises de composições minerais, incluindo os efeitos à saúde, durante processos de extração de rochas e minérios, além de estudos de mecanismos de transporte de poluentes na água e na atmosfera.

“A Geofísica Nuclear é uma técnica auxiliar em estudos geofísicos, geológicos e hidrogeológicos”, afirma Fernando Brenha Ribeiro, professor do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas (IAG-USP).

A atividade na área de Geofísica Nuclear no IAG, informa Fernando, concentra-se na determinação de radionuclídeos naturais em água subterrânea extraída, sobretudo, de fraturas em alguns granitos do leste do Estado de São Paulo: “Inicialmente se obteve uma visão geral da radioatividade das águas extraídas dos granitos que formam os batólitos de Morungaba e de Itu, e a perspectiva agora é estudar a interação rocha-água nesses aquíferos fraturados”.

APLICAÇÕES NA INDÚSTRIA DO PETRÓLEO E DA MINERAÇÃO

Entre as aplicações comerciais das técnicas de Geofísica Nuclear destacam-se a perfilagem de poços, natural e induzida, com ampla utilização na indústria do petróleo, e a gamaespectrometria, presente na prospecção de jazidas minerais, destaca Ciro Appi, chefe do Centro de Desenvolvimento Tecnológico (Cedes), do Serviço Geológico do Brasil (CPRM).



Vista superior do SHRIMP IIe/MC (Microsonda iônica de alta resolução). Da direita para esquerda observam-se a câmara de amostragem com a fonte de íons primária e secundária, o analisador eletrostático, analisador magnético (magneto) e o multicoleto (contador de íons). O analisador eletrostático separa os íons de acordo com suas energias, enquanto o analisador magnético separa em função do *momentum*. Lentes quadrupolo entre os dois analisadores permitem uma maior resolução. O *momentum* é um produto da massa e velocidade de um objeto ($p = m \cdot v$).

Na indústria do petróleo, estes poços podem atingir grandes profundidades, afirma Ciro. O perfil *gamma ray* permite medir o grau de intensidade da radioatividade natural das litologias atravessadas no poço. Já no perfil neutrônico, esta radioatividade é induzida e o equipamento mede o retorno da indução.

Os perfis elétricos utilizados nos poços de petróleo são de diversas origens e a integração entre eles propicia a interpretação dos atributos das unidades geológicas atravessadas. A perfilagem de poços inclui perfis que medem os atributos radioativos que são muito aplicados na prospecção da geologia do petróleo.

Na indústria da mineração, a gamaespectrometria é amplamente utilizada em aerolevantamentos geofísicos, que são particularmente adequados para a prospecção de jazidas minerais em regiões de difícil acesso, como a Amazônia. Desde 2004, a CPRM tem intensificado a quantidade de levantamentos aéreos contratados no Brasil, sobretudo na região amazônica. Nos levantamentos, a gamaespectrometria é geralmente utilizada em conjunto com a magnetometria e com a gravimetria.

Criada pelos ministérios de Minas e Energia e de Ciência e Tecnologia, pela Petrobras e CPRM, a Rede Geochronos mantém parceria com diversas universidades brasileiras para a implantação de laboratórios geocronológicos. A rede visa integrar esforços para o desenvolvimento geocientífico do país, incentivando a geração de conhecimento a partir de dados analíticos de alta precisão em geocronologia e geoquímica isotópica nas áreas de petróleo, mineração e geoambiental.

No Instituto de Geociências da Unicamp, relata **Elisabete Maria Pascholati**, professora aposentada (atualmente visitante) da instituição, pesquisadores processam os dados obtidos nestes voos e em levantamentos terrestres e laboratoriais para a extração de informações geofísicas e geológicas, que aliadas às imagens de satélite, dados geoquímicos e metodologias de análise espacial integrada, fornecem subsídios para a indústria mineral e de petróleo e gás.



GEOCRONOLOGIA E ARQUEOLOGIA

Em pesquisas de geocronologia, a radioatividade tornou-se uma das ferramentas mais importantes devido à confiabilidade nos resultados de datação de processos geológicos e no cálculo da idade da Terra e do sistema solar. É possível datar rochas, minerais, fósseis e sedimentos, estimar idades de eventos e complementar mapeamentos geológicos.

Talvez a aplicação mais fascinante da Geofísica Nuclear seja no campo da arqueologia. A técnica de datação via carbono-14 revolucionou a pesquisa na área, porque permite a determinação da idade de material orgânico encontrado em sítios arqueológicos com margem de erro de apenas 1%.

A técnica, explica Roberto Meigikos da UFF, é baseada no fato de que um ser vivo apresenta uma relação constante entre a quantidade de ^{12}C , ^{13}C e ^{14}C . Destes três elementos, o ^{14}C , que tem uma meia-vida de 5 mil anos, é o único radioativo. Quando o ser morre, a quantidade de ^{14}C começa a diminuir gradativamente. Valendo-se de uma técnica baseada no uso de aceleradores de partículas, denominada de AMS (Acelerador Mass Spectrometry), os pesquisadores conseguem medir



Estudos geofísicos e de saúde coletiva realizados na Praia da Areia Preta, Guarapari (ES), visando a compreensão da formação dos depósitos de minerais pesados e suas consequências para a saúde da população local.

a quantidade de ^{14}C existente no fóssil e, portanto, inferir a data da morte.

Uma das limitações à disseminação desta técnica é o seu alto custo, estimado em cerca de US\$1,5 milhão. No mundo, há pouco mais de uma dúzia de laboratórios que aplicam a técnica de AMS, a maioria concentrada na América do Norte e Europa. A boa notícia para a pesquisa geofísica e arqueológica no Brasil é que a UFF encomendou um acelerador espectrômetro de massa (AMS), que tem previsão de chegada em setembro de 2011, segundo Roberto Meigikos.

O pesquisador acrescenta que a técnica da datação com ^{14}C pode ser complementada pela medição de radioatividade natural de elementos primordiais (^{232}Th , ^{238}U e ^{40}K) em rochas e sedimentos, como granitos, arenitos, areias de praia. Desta forma, é possível também compreender a evolução geológica do ambiente onde o fóssil foi localizado e corrigir possíveis distorções. A medição é feita com espectrômetros de radiação gama ou alfa, avaliados em aproximadamente US\$100 mil. Estes equipamentos já estão disponíveis na UFF

e em outros centros de pesquisa brasileiros.

“Muitas vezes o material fóssil de um animal é arastado muitos quilômetros do local onde viveu. Então, é necessário confrontar as evidências geológicas da região com a datação do fóssil a fim de determinar se ele realmente viveu ali”, ressalta Roberto Meigikos.

A técnica de datação via C14 tem início na década de 1980, mas a sua contribuição para o conhecimento da história da ocupação da Terra e da civilização humana parece estar apenas começando. Um dos estudos mais importantes de datação foi publicado em junho na revista Science. Christopher Bronk Ramsey e colegas das Universidades de Oxford e Cranfield, na Inglaterra, apontaram, com precisão, a cronologia do Egito Antigo. A linha de sucessão dos faraós era conhecida, mas os períodos estimados de seus reinos sempre foram objeto de dúvidas.

O estudo corroborou muitas das estimativas anteriores, mas houve retificações. Ele determinou, por exemplo, que o reino de Djoser, primeiro faraó da linhagem do Império Antigo, teve início entre 2691 a.C. e 2625 a.C., contra estimativas anteriores que o colocava entre 2667 a.C. e 2592 a.C. A datação indicou também que o chamado Império Novo começou um pouco antes do que era previsto, entre 1570 a.C. e 1544 a.C. Para a pesquisa, Ramsey e equipe coletaram, no acervo de museus sobre o Egito Antigo, amostras de 211 plantas, na forma de sementes, cestas, tecidos e frutas. Nas palavras de Ramsey, a pesquisa, que demorou apenas três anos para ser feita, confirmou com algumas correções mais de um século de estudos arqueológicos e históricos sobre o Egito Antigo.

No Brasil, a aplicação conjunta da técnica de AMS com a espectrometria gama já trouxe também resultados interessantes. Na área de geofísica e evolução humana, existia uma grande controvérsia sobre o início da ocupação pré-histórica na faixa litorânea brasileira, onde se acreditava que esta teria ocorrido preferencialmente entre 2000 e 6000 anos AP, por uma população denominada “sambaquis”. Resultados, oriundos de datações via AMS produzidas pela UFF e pelo Museu Nacional da UFRJ em 2001, revelaram que este processo poderia ter se iniciado há 8 mil anos. Mesmo após o estudo, alguns arqueólogos e antropólogos continuaram hesitantes, acreditando que esse tipo de habitação poderia ter ocorrido há no máximo 6 mil anos, uma vez que, segundo eles, em períodos mais remotos a atual costa brasileira deveria estar submersa. Entretanto novas pesquisas com a espectrometria gama, realizadas pela UFF, confirmaram que havia condições geológicas favoráveis à existência de ocupação humana há 8 mil anos nas regiões de Niterói e Angra dos Reis.

Os resultados destes estudos de datação estão sendo fundamentais para a compreensão da evolução humana no Brasil. Além de fortalecer a ideia de que os humanos chegaram às Américas muito antes do que se imaginava, os pesquisadores estão atualmente repensando as rotas seguidas por estes primeiros habitantes.



Estudos de concentrações de radônio em antigas minas de exploração de ouro em San Luis (Argentina). O radônio é usado como traçador em estudos de processos geodinâmicos associados desde a compreensão do regime de circulação de ar em minas e cavernas, identificação de alterações em falhas e fissuras (podendo ser associados a abalos sísmicos) até a atividade vulcânica.

“I climb as hard as anyone on earth.
I just do it on easier routes.”

Mad Dog, Climber



Your solution for multi-vendor application and data interoperability is bigger and more flexible than ever before.

OpenSpirit connectivity drives cross-discipline collaboration, so you can build the workflows you need to get the job done, right from the start.



OpenSpirit

www.openspirit.com



right
from the start

ESPECIAL - ENTREVISTA

Engenheiro, pós-graduado em Proteção Radiológica e Segurança Nuclear pela Agência Internacional de Energia Atômica e pela Universidade de Buenos Aires e mestre em Tecnologias Energéticas e Nucleares pela UFPE, Alfredo Lopes Ferreira Filho trabalhou na antiga Nuclebrás durante a implantação da atual Fábrica de Combustível Nuclear (FCN/INB), no Instituto de Radioproteção e Dosimetria (IRD) e na área de Licenciamento e Controle de Instalações Radiativas da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN). Atuou como membro da Comissão de Estudos da Norma “Diretrizes Básicas de Radioproteção” – Norma CNEN-NN-3.01.

Como é feito o enriquecimento do urânio no Brasil? Trabalhei nesse tema em Resende, no Estado do Rio de Janeiro, na década de 1980. O método que utilizamos no Brasil é o da “ultracentrifugação”. Já trabalhamos também no método do “jato centrífugo”, mas o abandonamos por não ter viabilidade econômica: maior custo e gasto de energia em relação ao método desenvolvido pela Marinha.

Qual é a origem do método de ultracentrifugação? O interesse da Marinha visava sobretudo o enriquecimento para reatores nucleares voltados para a propulsão de submarinos. Pelo acordo nuclear com a Alemanha, uma subsidiária da Nuclebrás, a Nuclei (Nuclebrás Enriquecimento Isotópico) construía paralelamente em Resende uma usina para utilização do método do jato centrífugo. Com o êxito da Marinha, o método Jet Nozzle foi abandonado por não se mostrar tão eficiente.

Em que consiste essa tecnologia desenvolvida pela Marinha? O urânio, elemento químico radioativo encontrado na natureza, consiste basicamente de dois isótopos (átomos com o mesmo número de prótons, no caso 92, e diferente número de nêutrons) quimicamente idênticos. Um dos isótopos tem 238 partículas (prótons e nêutrons) no núcleo do átomo, e outro tem 235 partículas. Daí a nomenclatura: U-238 (o mais comum, com abundância de 99,3%) e U-235 (o menos abundante já que, atualmente na natureza, apenas 0,7% dos átomos de urânio são desse tipo). Há muitos milhões de anos, a concentração de urânio-235 era um pouco maior na natureza. Mas ele decai mais rápido do que o outro e vai se extinguindo com o processo natural de desintegração radioativa.

O enriquecimento consiste em aumentar a proporção de U-235, que é o isótopo de urânio ideal para o processo de fissão, em relação ao U-238, que não é facilmente fissionável.

É óbvio que o que contém mais partículas, no caso, mais nêutrons, é mais pesado. Se converter tudo para o estado gasoso e girar em uma centrífuga a altíssima velocidade, os átomos mais pesados tendem a girar mais por fora (trajetória curva com um raio maior), possibilitando uma separação parcial por ação da força centrífuga. Aí, em diferentes etapas, procura-se extrair-los da mistura. Isso aumenta a concentração do mais leve (U-235) em relação ao mais pesado, passando de 0,7% para algo em torno de 3%. Ou seja: 97% de U-238 e 3% do U-235, suficiente para a reação em cadeia de reatores nucleares como os de Angra dos Reis, embora insuficiente para uma bomba nuclear, que exigiria algo em torno de 90%. Enriquecimento é isso: aumento do percentual de U-235, mais fácil de ser fissionado ou quebrado, em relação ao U-238.

Qual é a importância desta tecnologia para o Brasil? O mercado internacional para urânio enriquecido será extremamente importante nas próximas décadas. A energia nuclear

pode vir a ser uma grande fonte de substituição dos combustíveis fósseis para prevenção de catástrofes climáticas. O Brasil conquistou o domínio da tecnologia de todo o ciclo do urânio como combustível nuclear, e possui importantes reservas desse minério. Só três países, Brasil, Estados Unidos e Rússia, têm tal situação privilegiada.

A pretexto de enfrentar ameaças terroristas, certas iniciativas dos países que detêm o domínio da tecnologia de enriquecimento de urânio podem afetar profundamente as possibilidades de participação do Brasil nesse mercado. O ministro-chefe da Secretaria de Assuntos Estratégicos da Presidência da República, Samuel Pinheiro Guimarães, aponta para o risco de adoção de propostas de internacionalização do enriquecimento de urânio. Tais propostas de centralização da produção de urânio enriquecido em instalações internacionais seriam de fato instrumentos disfarçados de revisão do Tratado de Não-Proliferação Nuclear no seu pilar mais importante para o Brasil, que é o direito de desenvolver tecnologia para o uso pacífico da energia nuclear.

Quantos países detêm a tecnologia do enriquecimento do urânio e quais são os principais métodos utilizados?

Somos um dos 12 países que detêm a tecnologia do enriquecimento de urânio. Apenas oito enriquecem em escala comercial. Foram desenvolvidos no mundo vários processos de enriquecimento de urânio, entre eles o da difusão gasosa e o da ultracentrifugação (em escala industrial), o do jato centrífugo (em escala de demonstração) e um processo a laser (em fase de pesquisa).

Onde estão as reservas brasileiras de urânio? O Brasil, com apenas 30% de área prospectada, possui a sétima maior reserva de urânio do mundo, de aproximadamente 300 mil toneladas. Austrália, Cazaquistão, Rússia, África do Sul, Canadá e Estados Unidos possuem reservas maiores. Desses seis países, só os Estados Unidos e a Rússia detêm também, além das reservas, a tecnologia do enriquecimento em escala industrial.

As reservas do Brasil distribuem-se entre as jazidas de Caldas, em Minas Gerais; Itataia, no Ceará, onde o mineral está associado ao fosfato e a rochas ornamentais; Caetité (mina Lagoa Real), na Bahia; e outras jazidas menores, como Rio Cristalino, no Pará; e Figueira, no Paraná.

Na mina de Caetité, descoberta em 1976, a exploração é feita a céu aberto. Em um complexo industrial instalado pela INB se produz um pó do mineral, conhecido por *yellow cake*. Esta reserva possui um teor médio de 3.000 ppm (partes por milhão), capaz de suprir dez reatores do porte de Angra 2 durante toda sua vida útil.

Onde é feito o enriquecimento? O enriquecimento é feito pelas Indústrias Nucleares do Brasil (INB), antiga Nuclebrás, em Resende. A primeira cascata de ultracentrifugas foi inaugurada em 2006. As ultracentrifugas foram desenvolvidas e fornecidas pelo Centro Tecnológico da Marinha em São Paulo (CTMSP). Só em 2012 estará concluída a primeira fase do empreendimento, compreendendo o total de dez cascatas.

Qual é a sua opinião sobre a decisão do governo de construir novas usinas nucleares? As centrais termoeletricas movidas a combustíveis fósseis, utilizadas para diversificar



Arquivo Pessoal

a matriz energética brasileira diante da ameaça de racionamento de energia em caso de estiagem, acarretam graves problemas ambientais, devido aos gases de efeito estufa.

“Só Brasil, EUA e Rússia possuem reservas de urânio e a tecnologia do enriquecimento em escala industrial”

Os combustíveis fósseis foram formados em épocas geológicas passadas. Esses compostos de carbono, que levaram milhões de anos para serem segregados, estão sendo rapidamente liberados. Em termos geológicos, tal mudança é repentina e sem precedentes. Devido à queima desses combustíveis, 25 bilhões de toneladas de dióxido de carbono são adicionados à atmosfera todos os anos. Uma térmica a gás com a mesma capacidade de geração de Angra 3 emite 5 milhões de toneladas de CO₂ na atmosfera.

Uma alteração radical do clima devido ao aquecimento global poderá vir a desestabilizar toda a biosfera com efeitos catastróficos no ciclo hidrológico. A crescente importância dada às questões climáticas tornou-se, inesperada-

mente, um ponto a favor da opção pela energia nuclear. As usinas nucleares não emitem gases prejudiciais à atmosfera nem agredem o meio ambiente, exceto em caso de acidente.



Concentrado de urânio (*yellow cake*) – controle de qualidade

O consumo de energia elétrica *per capita* é um dos melhores indicadores de desenvolvimento econômico e social de um país ou região. Comparado a outros países, o Brasil ainda apresenta um consumo elétrico *per capita* pouco significativo. À medida que a economia nacional se desenvolve, os melhores sítios para a instalação de hidroelétricas são ocupados e o custo de geração aumenta, abrindo espaço para as alternativas.

Apesar do preconceito amplamente difundido, a nucleoelectricidade constitui uma fonte de energia ambientalmente segura. Existem 440 usinas nucleares em funcionamento em 31 países, fornecendo 17% de toda a energia consumida no planeta. Quem tem maior credibilidade para garantir a segurança das usinas do que os trabalhadores do setor, especialistas no assunto, aqueles que, no caso de um problema, serão os primeiros e principais afetados?

Como analisa a questão dos rejeitos radioativos? Pensando na dicotomia entre uma estratégia de confinamento e uma estratégia de dispersão, hoje é discutido se a questão dos rejeitos seria uma vantagem ou um ponto fraco da energia nuclear.

Os rejeitos radioativos são extremamente compactos e o volume produzido é relativamente pequeno, o que torna possível o emprego de uma estratégia de confinamento. Já as usinas que utilizam combustíveis fósseis produzem uma grande quantidade de rejeitos, gases tóxicos, particulados e metais pesados, fazendo da estratégia de dispersão a única alternativa economicamente viável.

Existiriam locais geológicos que poderiam isolar de forma segura os detritos nucleares da biosfera? Para quem duvida, basta lembrar que trilhões e trilhões de litros de gás natural permaneceram no subsolo – no mesmo local – durante milhões de anos. Uma formação geológica estável constitui uma barreira altamente confiável. Camadas adicionais de proteção advêm das “barreiras de engenharia”. A questão da gestão dos rejeitos radioativos já está equacionada e tecnologicamente dominada, sem prejuízo do estudo de soluções até melhores a longo prazo.

Fórum Métodos Não-Sísmicos

Rio de Janeiro
20 a 23 de Setembro de 2010
Pestana Rio Atlântica Hotel



A Sociedade Brasileira de Geofísica, com o apoio da SEG (Society of Exploration Geophysicists) e ULG (Unión Latinoamericana de Geofísica), realizará em setembro de 2010 o Fórum ‘Non-seismic methods: birth and re-birth of geophysics’. O principal objetivo do Fórum é estimular discussões sobre a aplicação dos métodos não-sísmicos na exploração de petróleo e gás.

Chamada para Trabalhos

A submissão de trabalhos deverá ser feita pelo *site* do evento até o dia 30 de julho de 2010

Temas das sessões

- Potential Fields Methods
- Electric and Electromagnetic Methods
- Borehole Geophysics

Para mais informações acesse: <http://forum.sbgf.org.br>

Contato SBGf

Renata Vergasta, Coordenadora de Eventos
Tel./Fax: (21) 2533-0064 - E-mail: eventos@sbgf.org.br
Av. Rio Branco, 156, sala 2509, Rio de Janeiro - RJ
CEP: 20040-901 - Brasil

Alfredo Lopes Ferreira Filho, presidente da Sociedade Brasileira de Proteção Radiológica - www.sbpr.org.br

Raios modelo para conversão profundidade-tempo

Eduardo Filpo Ferreira da Silva, Petrobras
Rodrigo de Souza Portugal, Schlumberger Stavanger Research
Armando Guedes Vicentini, Petrobras

RESUMO

No processo de conversão tempo-profundidade, as amplitudes de um traço sísmico de uma seção migrada em tempo devem ser distribuídas em profundidade ao longo do raio imagem correspondente. O conjunto de raios imagem e suas linhas ortogonais correspondentes constituem um sistema de coordenadas, de modo que os problemas relativos à conversão tempo-profundidade podem ser associados a transformações de coordenadas. Na conversão de profundidade para tempo, linhas verticais em profundidade são mapeadas em curvas no domínio do tempo. Devido à analogia com os raios imagem em profundidade nós sugerimos o termo raios modelo para designar estas curvas em tempo. Nós apresentamos duas equações diferenciais que permitem realizar numericamente o traçado de raios modelo e suas linhas ortogonais correspondentes. Nós implementamos duas soluções para o traçado de raios modelo, uma baseada na teoria do raio paraxial e outra baseada no princípio de Huygens para construção de frentes de onda. Finalmente, nós apresentamos uma aplicação do conceito de raios modelo para a correlação de dados sísmicos com perfis de poço.

INTRODUÇÃO

O conceito de raio imagem foi estabelecido por Hubral (1977) para relacionar seções migradas em tempo com imagens em profundidade. O conceito do raio imagem é amplamente utilizado na indústria do petróleo para a conversão de mapas sísmicos em tempo para profundidade.

Cunha & Filpo (2001) utilizaram o conceito do raio imagem para converter amplitudes de seções sísmicas migradas em tempo para profundidade através de um esquema de transformação de coordenadas.

O uso de raios imagem para conversão de modelos de velocidade em tempo para profundidade foi introduzido por Filpo (2002). A formalização deste processo é apresentada em Cameron et al. (2008) e também em Iversen & Tygel (2008).

Sismogramas sintéticos são largamente utilizados na indústria do petróleo para correlacionar dados sísmicos com informações de poço. A presença de variação lateral de velocidade sísmica na vizinhança do poço dificulta a estimativa da assinatura da fonte, além de prejudicar a amarração do sismograma sintético. Tradicionalmente, os erros de amarração são contornados através da compressão e do estiramento do traço sísmico sintético, enquanto que a dificuldade na definição da assinatura é contornada através do uso de janelas de correlação ao invés de um

único traço. O uso de raios modelo para o posicionamento de sismogramas sintéticos reduz substancialmente a necessidade de estirar e comprimir o traço sísmico, além de permitir o uso de janelas de correlação pequenas para a estimativa da assinatura sísmica.

CONVERSÃO TEMPO-PROFUNDIDADE – SISTEMA DE COORDENADAS DO RAO IMAGEM

Considere uma seção sísmica 2D migrada em tempo representada por $A(\xi, \tau)$, onde ξ representa a coordenada do ponto médio comum e τ é o tempo do ápice da hipérbole de migração para a configuração de afastamento-nulo, sendo a hipérbole associada a um ponto difrator em profundidade. A conexão entre as amostras da seção migrada em tempo e os pontos difradores correspondentes é feita através do raio imagem, que começa na posição do ponto médio comum correspondente. Cada traço da seção sísmica migrada em tempo é associado a um raio imagem específico, enquanto que cada linha isócrona é associada a uma frente de onda hipotética perpendicular ao conjunto de raios imagem num instante específico. O conjunto de raios imagem e frentes de onda correspondentes constituem um sistema de coordenadas ortogonal que pode ser usado para converter uma função $A(\xi, \tau)$, seção migrada em tempo, em $A(x, z)$, seção em profundidade. Aspectos práticos da conversão tempo-profundidade por raio imagem através de uma transformação de coordenadas são apresentados em Cunha & Filpo (2001).

Em resumo, a conversão tempo-profundidade pode ser vista como uma transformação de coordenadas, onde as amplitudes observadas em uma grade retangular num sistema cartesiano em tempo são mapeadas em outra grade retangular num sistema de coordenadas curvilíneo em profundidade.

CONVERSÃO PROFUNDIDADE-TEMPO – SISTEMA DE COORDENADAS DO RAO MODELO

Na ausência de cáusticas, a conversão profundidade-tempo é a operação inversa da transformação de coordenadas descrita na seção anterior, de modo que uma grade retangular em profundidade é mapeada em uma grade curvilínea em tempo.

Considere uma seção sísmica 2D migrada em profundidade. Cada linha vertical desta seção, isto é cada traço sísmico em profundidade, é mapeado em uma curva no domínio do tempo pós-migração. Estas curvas desempenham, na conversão profundidade-tempo, um papel análogo àquele do raio imagem na conversão tempo-profundidade. Devido a esta analogia, nós sugerimos o termo raio modelo para referenciar esta curva.

A Figura 1 ilustra o conceito do raio modelo. Cada ponto da linha vertical $x=x_\lambda$ em profundidade é mapeado em uma curva λ em tempo, a qual representa o raio modelo associado com o traço sísmico em profundidade

localizado em x_λ . Curvas de difração geradas por pontos difratores com coordenada horizontal x_λ têm seus ápices distribuídos ao longo do raio modelo λ . A conexão entre cada ápice e o ponto difrator correspondente é feita através de um raio imagem específico. Por exemplo, o ponto M em profundidade gera uma curva de difração cujo ápice é localizado em N na seção em tempo, sendo ξ_Ω a coordenada do ponto médio. O raio imagem Ω que começa em ξ_Ω atinge o ponto M no instante τ_Ω .

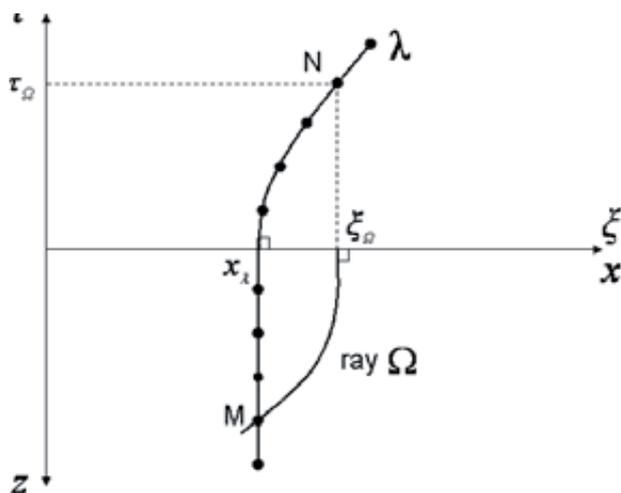


Figura 1: Conceito do raio modelo: Pontos de uma linha vertical em profundidade são mapeados numa curva λ em tempo, a qual é o raio modelo associado àquela linha vertical.

Em resumo, a conversão profundidade-tempo pode ser interpretada como sendo uma transformação de coordenadas, onde uma grade retangular em profundidade se torna curvilínea em tempo, sendo as linhas verticais mapeadas em raios modelo e as linhas horizontais em curvas de “mesma profundidade”. Tais curvas exercem o papel de frentes de onda em tempo, sendo aqui referidas como “frentes de onda modelo”.

DUALISMO DE EQUAÇÕES

Algumas das propriedades descritas nas seções anteriores evidenciam o dualismo existente entre as conversões tempo-profundidade e profundidade-tempo. Além destas propriedades, o comportamento dual é observado nas duas equações diferenciais:

$$v^2 \left(\frac{\partial z}{\partial \xi} \right)^2 + \left(\frac{\partial z}{\partial \tau} \right)^2 = v^2 \tag{1}$$

e

$$v^2 \left(\frac{\partial \tau}{\partial z} \right)^2 + \left(\frac{\partial \xi}{\partial z} \right)^2 = 1. \tag{2}$$

A Equação 1 é relacionada com a equação iconal. Esta equação governa a propagação das “frentes de onda modelo” em tempo e espera-se que os raios modelo sejam suas curvas características. A Equação 2 é associada ao princípio de Huygens e tem comportamento semelhante ao da Equação 3 de Sava & Fomel (2001), permitindo a construção das “frentes de onda modelo”.

RAIOS MODELO POR TRAÇADO DE RAIOS PARAXIAIS

Como cada ponto de um raio modelo é relacionado com um raio imagem específico, é possível traçá-los ponto a ponto através da busca dos pontos iniciais dos raios imagem correspondentes.

A Figura 2 mostra como a teoria do raio paraxial é aplicada para resolver o problema de traçado de raios ponto a ponto que surge na determinação das condições iniciais dos raios imagem procurados. Para cada ponto M de uma linha vertical em profundidade, o problema consiste em determinar o ponto de partida O na superfície, onde o raio imagem que atinge M começa. Este problema de traçado de raio ponto a ponto é resolvido usando o método iterativo proposto por Cervený et al. (1988), onde o ponto de partida é atualizado pela equação:

$$\bar{x}(O, O_0) = \mathbf{Q}(O_M, O_0)^{-1} \bar{x}(M, O_M). \tag{3}$$

A matriz $\mathbf{Q}(O_M, O_0)$ é obtida por traçado dinâmico de raios com condição inicial de onda plana, sendo a mesma relativa ao raio que começa verticalmente em O_0 e termina em O_M localizado num plano horizontal na mesma profundidade de M.

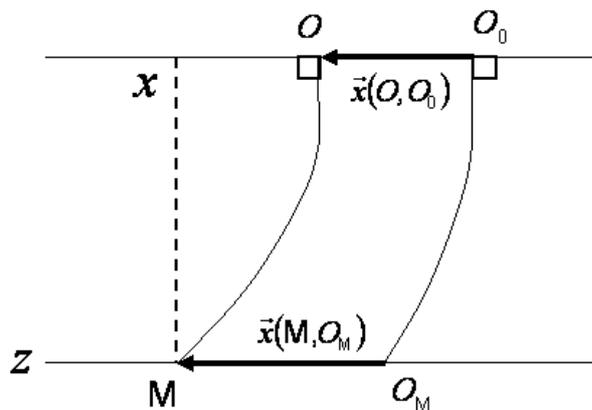


Figura 2: Procedimento de traçado de raio ponto a ponto para determinar o ponto inicial do raio imagem que passa por M.

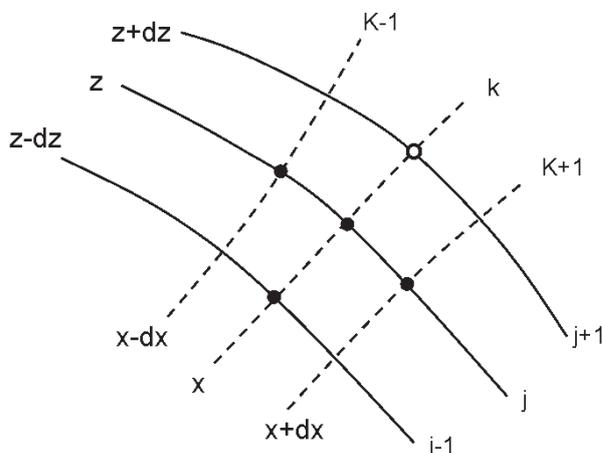


Figura 3: Construção de “frentes de onda modelo” usando o princípio de Huygens. O ponto branco localizado na posição de índice (j+1,k), é obtido por um operador de diferenças finitas envolvendo as duas frentes de onda anteriores (j e j-1) e dois raios vizinhos (K-1 e K+1).

ARTIGO TÉCNICO

RAIOS MODELO PELO PRINCÍPIO DE HUYGENS

Com base no método desenvolvido por Sava & Fomel (2001) para construção de frentes de onda pelo princípio de Huygens, foi desenvolvido um algoritmo para construir “frentes de onda modelo” e consequentemente os raios modelo em tempo. O esquema descrito é baseado num sistema formado pela Equação 2 e sua derivada em relação à coordenada x . Neste sistema, a Equação 2 é associada a um círculo, enquanto a coordenada x é considerada como o parâmetro do raio modelo para o caso 2D. A solução do sistema de equações diferenciais, obtida por diferenças finitas, determina as coordenadas das “frentes de onda modelo” em tempo. Neste algoritmo, cada ponto depende de diferenças medidas em duas “frentes de onda modelo” anteriores, conforme mostrado na Figura 3.

EXEMPLO DE APLICAÇÃO

Sismogramas sintéticos são frequentemente usados para amarrar dados sísmicos com poços. Usualmente, eles são gerados a partir da convolução de uma assinatura sísmica extraída de uma seção migrada em tempo com uma função refletividade fornecida por um perfil sônico. Sismogramas sintéticos são mostrados juntamente com o dado sísmico depois de serem estirados e/ou comprimidos de modo a ajustar-se à seção sísmica. O objetivo da presente técnica é melhorar a amarração de sismogramas sintéticos evitando deformações artificiais, o que é possível através do uso de raios modelo.

Geralmente, na amarração dos sismogramas sintéticos com o dado sísmico cria-se uma seção híbrida formada pela inserção do sismograma sintético na seção migrada em tempo. No caso de poços verticais, os sismogramas sintéticos são inseridos verticalmente na posição do poço. O uso de raios modelo é proposto tanto na geração de sismogramas sintéticos quanto na geração das seções híbridas.

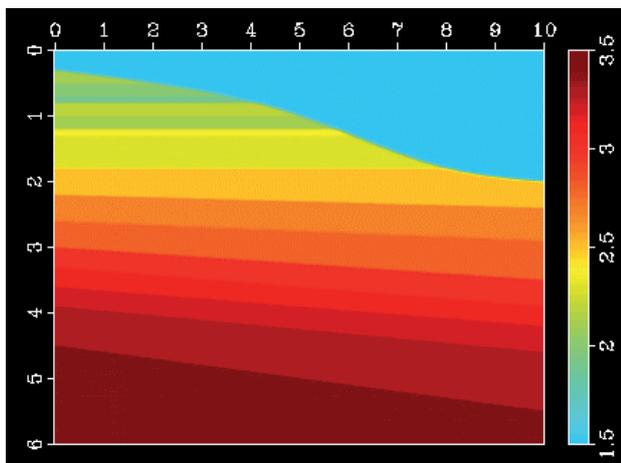


Figura 4: Modelo sísmico simulando modelo geológico de talude.

A Figura 4 mostra um modelo sísmico usado para a geração de dado sintético e simulação de informação de poço. O modelo é composto por dezesseis camadas homogêneas separadas por catorze interfaces planas de baixo mergulho e uma interface curva no topo simulando uma situação geológica de talude. A variação lateral de velocidade imposta

pela primeira camada promove o encurvamento dos raios imagem. Consequentemente, os raios modelo são curvos e o processo de amarração de sismogramas sintéticos ao longo de linhas verticais fica prejudicado.

Para exemplificar o uso de raios modelo foi gerada, através de modelagem Kirchhoff, a seção sísmica de afastamento nulo apresentada na Figura 5.

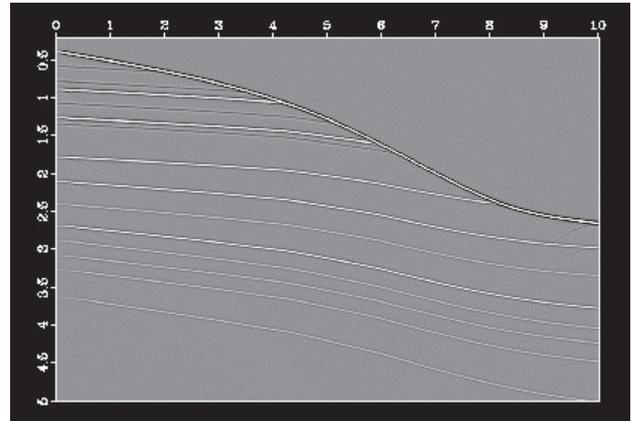


Figura 5: Seção sísmica de afastamento nulo gerada por modelagem Kirchhoff.

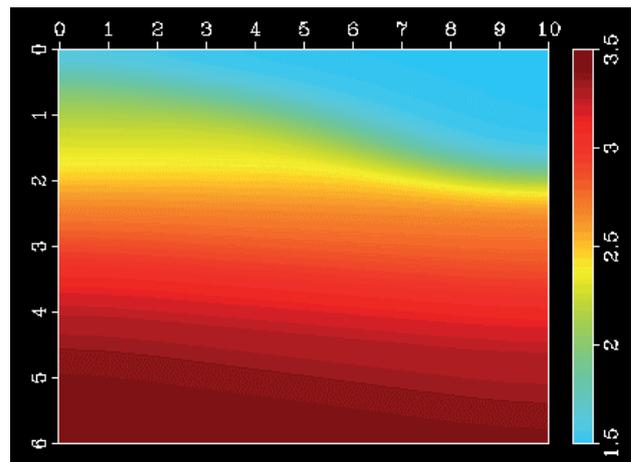


Figura 6: Modelo de velocidade suavizado empregado na computação de velocidade RMS, traçado de raios imagem e construção de “frentes de onda modelo”.

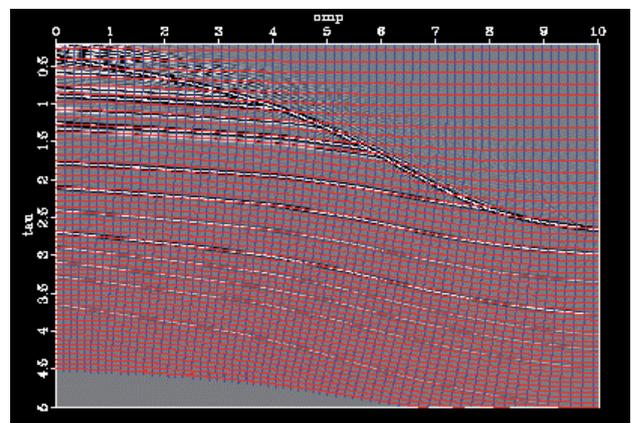


Figura 7: Seção migrada em tempo com superposição dos raios modelo e correspondentes “frentes de onda modelo”.

A seção de afastamento nulo foi migrada por algoritmo de migração Kirchhoff em tempo usando o campo de

velocidade RMS computado ao longo de raios imagem, os quais foram traçados no modelo de velocidade suavizado apresentado na Figura 6. O mesmo modelo de velocidade foi usado para construir as “frentes de onda modelo” e raios modelo pelo algoritmo baseado no princípio de Huygens. A Figura 7 mostra a superposição dos raios modelo, “frentes de onda modelo” e a seção migrada em tempo. Os raios modelo também foram traçados pelo algoritmo baseado na teoria do raio paraxial com precisão similar.

Um sismograma sintético foi gerado pela convolução do pulso de Ricker com uma função refletividade obtida através da simulação de um poço vertical localizado na posição $x=5.1$ km. A função refletividade foi determinada de duas maneiras distintas. No primeiro caso, ela foi computada da maneira tradicional levando-se em consideração o tempo de trânsito duplo ao longo da reta vertical coincidente com a trajetória do poço. No segundo caso, o tempo de percurso foi computado ao longo de raios modelo, os quais foram calculados pelo algoritmo baseado na teoria do raio paraxial.

Uma seção híbrida construída a partir da inserção do sismograma sintético na seção migrada em tempo foi preparada de duas maneiras distintas. No primeiro caso, o sismograma sintético foi inserido verticalmente na posição do poço, enquanto que no segundo caso o sismograma sintético foi inserido na seção migrada em tempo amostra por amostra seguindo o raio modelo que começa na posição do poço.

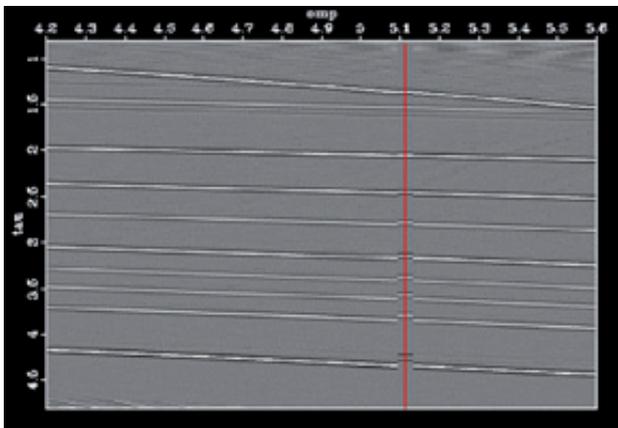


Figura 8: Detalhe da seção migrada em tempo com o sismograma sintético inserido verticalmente na posição do poço.

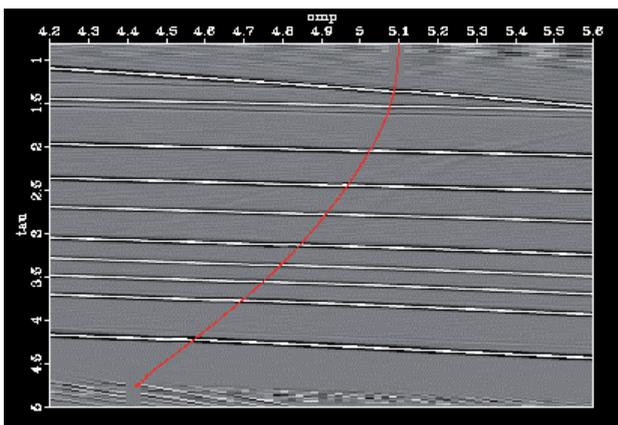


Figura 9: Detalhe da seção migrada em tempo com o sismograma sintético inserido ao longo do raio modelo que começa na posição do poço.

As Figuras 8 e 9 mostram detalhes das seções híbridas geradas da maneira tradicional e pela metodologia dos raios modelo, respectivamente. Em ambas figuras a linha vermelha indica o lugar onde os sismogramas sintéticos foram inseridos. Observe o perfeito casamento entre sismograma sintético e seção sísmica migrada em tempo no caso da metodologia do raio modelo, enquanto que as discordâncias são evidentes no caso tradicional.

CONCLUSÕES

Nós introduzimos o conceito de raios modelo para desenhar trajetórias virtuais no domínio da seção migrada em tempo. Os raios modelo apresentam uma relação direta com os raios imagem e desempenham um papel importante na solução de problemas relacionados à conversão de profundidade para tempo. Além de duas equações básicas que governam o movimento hipotético de “frentes de onda modelo” em tempo, duas metodologias para traçar raios modelo em meios com variação lateral de velocidade foram apresentadas. Finalmente, nós demonstramos uma aplicação prática do conceito de raios modelo na exploração de petróleo. Por simplicidade, foram apresentados exemplos e fórmulas para o caso 2D, mas todos os conceitos e equações apresentados neste artigo são diretamente estendidos para o caso 3D.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Petrobras por permitir a publicação deste artigo.

REFERÊNCIAS

- CAMERON M, FOMEL S & SETHIAN J. 2008. Time-to-depth conversion and seismic velocity estimation using time-migration velocity. *Geophysics*, 73: 205-210.
- CERVENÝ V, KLIMES L & PSENCIK I. 1988. Complete Seismic-Ray Tracing in Three-Dimensional Structures. *Seismological Algorithms*, 91-168.
- CUNHA P & SILVA EFF. 2001. Time-to-depth conversion by multivariate mapping. *Expanded Abstracts of the 9th International Congress of the Brazilian Geophysical Society*. CD-ROM.
- FILPO E. 2002. MAPEAMENTO TAUZO – Conceitos Básicos. VIII Simpósio de Geofísica da Petrobras.
- HUBRAL P. 1977. Time migration – Some ray theoretical aspects. *Geophysical Prospecting*, 25: 738-745.
- IVERSEN E & TYGEL M. 2008. Image-ray tracing for joint 3D seismic velocity estimation and time-to-depth conversion. *Geophysics*, 73: 99-114.
- SAVA P & FOMEL S. 2001. 3-D travelttime computation using Huygens wavefront tracing. *Geophysics*, 66: 883-889.

Atualize
seu cadastro
no site

www.sbgf.org.br

▶ **Semana de Inverno de Geofísica da Unicamp**

19 a 23 de julho de 2010 – Campinas – SP
 Informações: www.ime.unicamp.br/ggc-escolainverno

▶ **62ª Reunião Anual da SBPC**

25 a 30 de julho de 2010 – Natal – RN
 Informações: www.sbpnet.org.br/natal

▶ **AGU Joint Assembly 2010**

8 a 12 de agosto de 2010 – Foz do Iguaçu – PR
 Informações: www.agu.org/meetings/ja10

▶ **XVI Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas
 XVII Encontro Nacional de Perfuradores de Poços**

31 de agosto a 03 de setembro de 2010 – São Luís – MA
 Informações: www.abas.org/xvicongresso

▶ **AAPG 2010 International
 Conference & Exhibition**

12 a 15 de setembro de 2010 – Calgary – Canadá
 Informações: www.aapg.org/calgary

▶ **Rio Oil & Gas 2010**

13 a 16 de setembro de 2010 – Rio de Janeiro – RJ
 Informações: www.rioilgas.com.br

▶ **SPE ATW: Deepwater Development:
 Managing Risks and Uncertainties**

13 a 16 de setembro de 2010 – Mumbai – Índia
 Informações: www.spe.org/events/10amum

▶ **Fórum 'Non-seismic methods:
 birth and re-birth of geophysics'**

20 a 23 de setembro de 2010 – Rio de Janeiro – RJ
 Informações: <http://forum.sbgf.org.br>

▶ **45º Congresso Brasileiro de Geologia – CBG**

26 de setembro a 1 de outubro de 2010 – Belém – PA
 Informações: www.45cbg.com.br

▶ **Deepwater Drilling and Completions Conference**

5 a 6 de outubro de 2010 – Texas – EUA
 Informações: www.spe.org/events/ddc

▶ **80th SEG Annual Meeting**

17 a 22 de outubro de 2010 – Denver – Colorado – EUA
 Informações: www.seg.org/am

▶ **IV Simpósio Brasileiro de Geofísica da SBGF – SimBGf**

14 a 17 de novembro de 2010 – Brasília – DF
 Informações: <http://simposio.sbgf.org.br>

**AGU Joint Assembly 2010,
 Encontro das Américas**

**8 A 12 DE
 AGOSTO**

WWW.AGU.ORG/MEETINGS/JA10

FOZ DO IGUAÇU - PR

Embratur