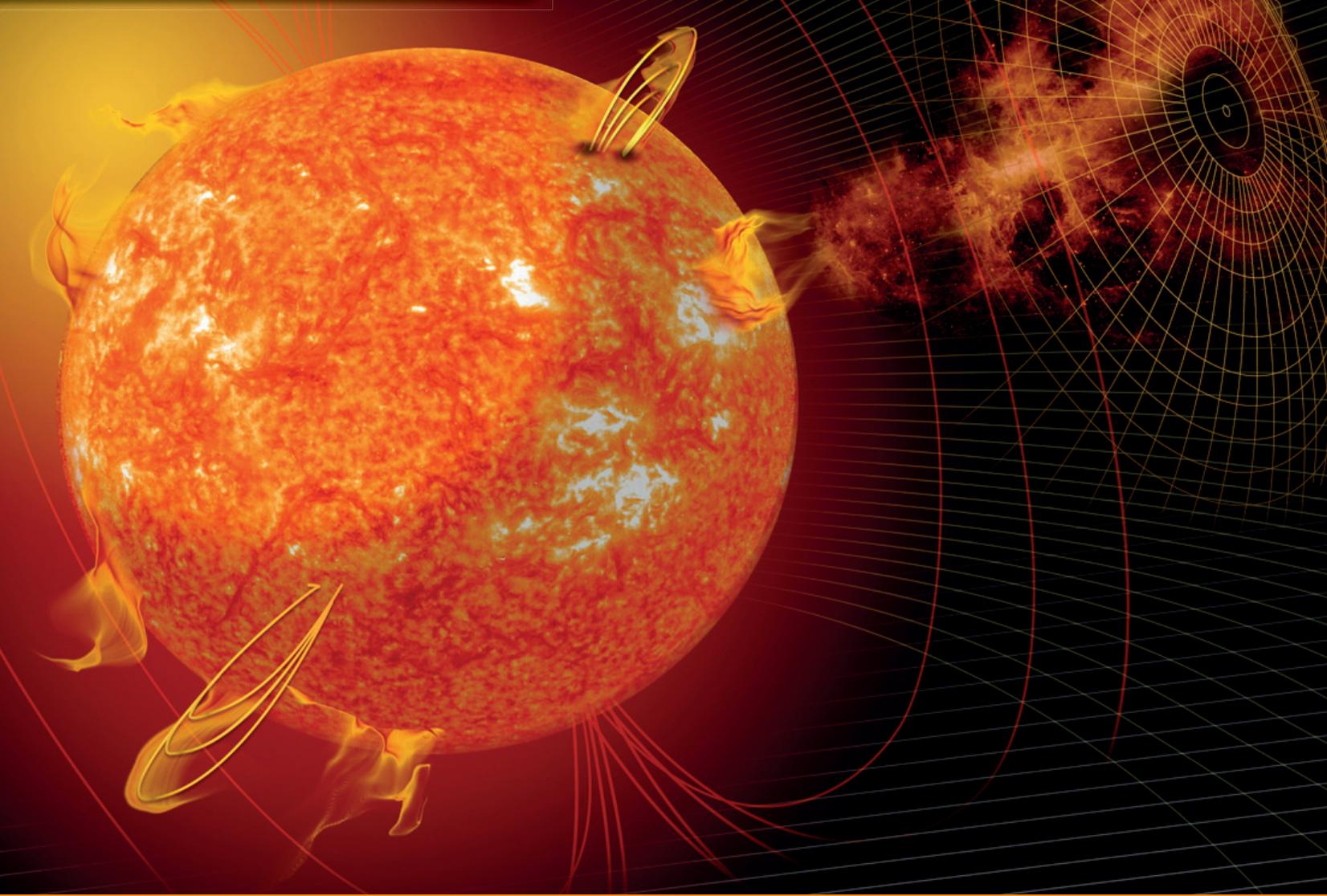


# boletim **SBGf**

Publicação da Sociedade Brasileira de Geofísica  
Número 98 – ISSN 2177-9090



## Geofísica Espacial

A Geofísica é fundamental para as previsões do Clima Espacial. Através da pesquisa aplicada, é possível identificar manifestações capazes de influenciar o sistema terrestre com maior ou menor efetividade.

O VII Simpósio Brasileiro de Geofísica reuniu estudantes e profissionais do setor

PÁG. 6

50 anos da Sismologia na UnB – Observatório Sismológico

PÁG. 15

# A importância das Ciências Espaciais e Atmosféricas nas atividades humanas

Por Renato Silveira

O tema principal desta última edição de 2016 do Boletim SBGf trata das Ciências Espaciais e Atmosféricas, assunto de extrema relevância em razão das diversas aplicações em atividades que, de alguma forma, são afetadas pelo clima nas nossas ações. Ao enfocar esse assunto, a Sociedade Brasileira de Geofísica manifesta o seu reconhecimento aos pesquisadores e outros profissionais que lidam com ciências espaciais em nosso país. O Brasil é um país privilegiado por contar com pesquisadores de renomada competência, além de dispor de centros de excelência em pesquisa espacial. Apesar das competências, a atividade é carente de recursos financeiros que propiciem o desenvolvimento de técnicas mais avançadas em pesquisa básica e aplicada, e ainda da necessidade de uma maior divulgação sobre o tema, razão pela qual estamos aqui tentando minimizar essa carência de divulgação. Por outro lado, um outro assunto destacado neste Boletim diz respeito ao VII Simpósio Brasileiro de Geofísica realizado sob a magia da cidade de Ouro Preto – MG, entre os dias 25 e 27 de outubro, evento que recebeu cerca de 400 participantes. Contando com uma rica programação técnica e científica, foram apresentados 205 trabalhos, distribuídos em sete sessões temáticas, sendo 76 orais e 129 pôsters. Adicionalmente, foram ministrados quatro minicursos enfocando diversos assuntos do conhecimento geofísico. Durante o evento, a Diretoria e o Conselho Consultivo SBGf avaliaram as atividades realizadas no ano em curso e elaboraram o Plano de Ação para 2017. Foram atividades muito produtivas.

Ao ensejo das festas natalinas que se avizinham, a diretoria da SBGf agradece a todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para o sucesso da SBGf e deseja a todos os sócios um Feliz Natal e um 2017 repleto de realizações.

**AGRADECIMENTO** – A SBGf agradece a todos os colaboradores do Boletim nº98, em especial à Maria Virginia Alves, pesquisadora sênior e coordenadora acadêmica de PG em Geofísica Espacial do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.

## CONFIRA NESTA EDIÇÃO

### 3 REGIONAIS

- Regional Nordeste Meridional
- Regional Nordeste Setentrional
- Regional Centro-Oeste

### 6 COBERTURA ESPECIAL

- VII Simpósio Brasileiro de Geofísica

### 13 INSTITUCIONAL

- SBGf entrega Prêmio de Tese/Dissertação
- Palestra – O Tríplíce Papel da PPSA no Pré-Sal Brasileiro

CAPA: NASA

### 15 NOTAS

- 30 anos do terremoto de João Câmara
- 50 anos da Sismologia na UnB – Observatório Sismológico

### 16 ESPECIAL

Geofísica Espacial

### 19 MEMÓRIA

Uma Faceta da Personalidade do Dr. Acyr Ávila da Luz

### 21 ARTIGO TÉCNICO

- Correntes Geomagneticamente Induzidas
- Reconexão Magnética na Magnetosfera

## ERRATA

Boletim nº97: Na matéria especial, página 12, o cargo de Albary Telles é de diretor-presidente da Lasa Prospecções S.A.

## ADMINISTRAÇÃO DA SBGf

Presidente

Jorge Dagoberto Hildenbrand

Vice-presidente

Ellen Nazare de Souza Gomes

Secretário-Geral

Marco Antonio Pereira de Brito

Secretário de Finanças

Neri João Boz

Secretário de Relações Institucionais

Ricardo Augusto Rosa Fernandes

Secretário de Relações Acadêmicas

Eder Cassola Molina

Secretário de Publicações

Pedro Mário Cruz e Silva

Conselheiros

Adalene Moreira Silva

Adriana Perpétuo Socorro da Silva

Augusto Cesar Bittencourt Pires

Jessé Carvalho Costa

Luiz Fernando Santana Braga

Marco Cesar Schinelli

Maria Amélia Novais Schleicher

Renato Cordani

Rosângela Correa Maciel

Sergio Luiz Fontes

Secretários Regionais

Eliane da Costa Alves (Centro-Sul)

George Sand Leão A. de França (Centro-Oeste)

Maximilian Fries (Sul)

Marco Alberto Rodrigues (Nordeste Meridional)

Josibel Gomes Junior (Nordeste Setentrional)

Carolina Barros da Silva (Norte)

Editor-chefe da Revista Brasileira de Geofísica

Cleverson Guizan Silva

Gerente

Rosemery Gonçalves

Assistente de Diretoria

Luciene Victorino de Carvalho

Assistente Administrativo

Ivete Berlice Dias

Coordenadora de Eventos

Renata Vergasta

Assistente de Eventos

Keylla Cristina Teixeira

Editora de publicações científicas

Adriana Reis Xavier

Analista de Tecnologia da Informação

Gabriel Nunes Dias

BOLETIM SBGf

Editor-chefe

Renato Silveira

Edição

Bruna Vaz Mattos

Edição gráfica

Thiago Felix Oliveira

Tiragem: 2.500 exemplares

Distribuição restrita

Também disponível no site [www.sbgf.org.br](http://www.sbgf.org.br)

Sociedade Brasileira de Geofísica – SBGf

Av. Rio Branco, 156 sala 2.509

20040-003 – Centro – Rio de Janeiro – RJ

Tel./Fax: (55-21) 2533-0064

[sbgf@sbgf.org.br](mailto:sbgf@sbgf.org.br) | [www.facebook.com/sbgf.org](http://www.facebook.com/sbgf.org)

## FUNDO SBGf

DIAMANTE



PETROBRAS

OURO

HALLIBURTON

PRATA



BRONZE



## SECRETARIAS REGIONAIS

Nesta seção os associados da SBGf ficam informados sobre as ações de suas secretarias regionais e sobre os principais fatos ocorridos em diversos estados do país.

## REGIONAL NORDESTE MERIDIONAL

## I Semana de Métodos Não-Sísmicos da UFBA



Foto: Divulgação UFPA

Alunos participantes do evento

A I Semana de Métodos Não-Sísmicos da Universidade Federal da Bahia (UFBA) foi realizada entre os dias 12 e 14 de Julho de 2016, e contou com sete minicursos abordando os principais tópicos dos métodos elétricos, eletromagnéticos, gravimétricos e radiométricos. Destes sete minicursos, seis deles tiveram carga horária em campo, abrangendo teoria e prática. Além dos minicursos, o evento contou com 14 palestras também sobre os Métodos Não-Sísmicos.

Esta primeira edição contou com a participação de 51 estudantes, e foi o primeiro grande evento organizado pelo EAGE/UFBA *Student Chapter*, criado neste ano de 2016. A Semana contou com o apoio do CPGG/UFBA e da empresa Strataimage. O evento foi idealizado a partir do pedido de alunos, os quais sentiam falta de uma maior vivência no campo, principalmente nos métodos os quais a indústria define como “não-sísmicos”.



Foto: Divulgação UFPA

Organizadores, colaboradores e participantes do evento

“Particpei dos minicursos VLF e MT e assisti a algumas palestras durante a I Semana de Métodos Não-Sísmicos. Tudo foi muito proveitoso e enriquecedor. Esclareci dúvidas, participei da prática de aquisição e fiz contatos que estão sendo importantes para meu período final de graduação. Estava pensando em fazer o meu TCC com a utilização do método MT, mas ainda não tinha certeza a respeito. O curso da Patricia Lugão fez com que eu entendesse ainda mais o método e decidisse que esta seria realmente a área que quero me aprofundar. Parabéns à organização do evento! Acredito que todos que participaram puderam aprender bastante coisas que não vemos em sala de aula”, conta Paula Ribeiro estudante do 7º semestre do curso de Geofísica da UFBA.

## VII Semana de Geofísica da UFBA



A VII Semana de Geofísica da Universidade Federal da Bahia ocorreu entre os dias 21 e 25 de novembro. O evento teve nove minicursos e 15 palestras abordando os mais diversos tópicos da Geofísica, além do II Geo-Quiz, envolvendo trios de estudantes respondendo perguntas sobre o tema Geociências, do *Student Webinar*, apresentado pelo Ph.D. Paolo Dell'Aversana, Geofísico Sênior da ENI E&P. O tema da mesa-redonda foi a “Distância entre Indústria e Universidade”.



Foto: Facebook do evento.

Alunos organizadores do evento

Devido ao sucesso do I Geo-Quiz, na edição de 2015 da Semana de Geofísica, este ano a organização idealizou o II Geo-Quiz, desta vez com uma nova plataforma online.

O *Student Webinar* foi uma palestra transmitida direto de Roma, Itália, pelo pesquisador Ph.D. Paolo Dell'Aversana, Geofísico Sênior da ENI E&P, e teve como tema *Integrated Geophysical Models – Theory, Examples and Implications on Creativity*. Esta é a primeira edição que teve uma palestra neste formato, fruto da nova parceria dos alunos de geofísica com a EAGE.

A VII Semana de Geofísica da UFBA foi organizada exclusivamente pelo EAGE/UFBA *Student Chapter*, e contou com o apoio especial da SBGf, a maior apoiadora deste evento. EAGE, Geosoft, CGG, Proext/UFBA, INCT-GP e CPGG/UFBA também apoiaram a Semana.



Foto: Facebook do evento.

Geoquiz durante a VII Semana de Geofísica da UFBA

## SECRETARIAS REGIONAIS

## REGIONAL NORDESTE SETENTRIONAL

## VII Semana de Geofísica da Universidade Federal do Rio Grande do Norte



Foto: Arquivo UFRN

Uma das variadas palestras proferidas no evento

Profissionais da Geofísica estiveram reunidos em Natal (RN) para a VII Semana de Geofísica da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (VII SEGEF), realizada no período de 17 a 21 de outubro, no Departamento de Geofísica da UFRN (DGEF). Durante o evento os participantes puderam se inscrever em quatro minicursos e oito palestras com temas relevantes à Geofísica (veja ao lado a programação). Coube ao geofísico e Dr. Paulo Johann (Petrobras) proferir a palestra de abertura sobre o tema “Geofísica na Caracterização e Monitoramento de Reservatórios”. Este evento já vem sendo realizado pelo DGEF desde o ano de 2010 e contou com a parceria da SBGf, Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Geofísica do Petróleo (INCT-GP) e da Central de Imageamento Geofísico (CImaGeo), empresa de processamento de dados sísmicos de reflexão 2D e 3D terrestres e marítimos.

Em paralelo à VII SEGEF também aconteceu a Semana de Ciência, Tecnologia e Cultura da UFRN (CIENTEC), e nela esteve presente a mostra “O que é Geofísica?”. Esta mostra teve por finalidade divulgar os métodos geofísicos, interagindo alunos e professores do ensino médio. Cabe ressaltar que, comparando-se com edições anteriores, o número de visitantes na Semana CIENTEC ultrapassou mais de mil pessoas durante os quatro dias do evento.



Foto: Arquivo UFRN

Curso de segurança sendo apresentado



Foto: Arquivo UFRN

Diversos cursos foram oferecidos durante o evento



Foto: Arquivo UFRN

Curso de sismologia na prática

### Minicursos realizados:

“Monitoramento de Sismicidade Local: aspectos teóricos e práticos” - Prof. Dr. Jordi Julia (DGEF/UFRN)

“Uso do Geosoft em métodos potenciais” - Prof. Dr. José Antonio Moreira

“Segurança Laboral e Prevenção de Incêndios” - MSc.Eng. Marcel Amorim / Bel. Julio Cezar Barbosa Lopes de Oliveira - DAS/UFRN.

“Noções básicas do processamento sísmico de reflexão” - Prof. Dr. Flávio Lemos de Santana.

### Palestras realizadas:

“O dia em que a Terra quase parou: a atividade solar e suas implicações na Terra”, Prof. Dr. Eder Molina - IAG/USP.

“Dinâmica convectiva na borda de litosfera continental em margens divergentes”, Prof. Dr. Victor Sacek - IAG/USP.

“Foguetes e a corrida espacial: breves notas históricas”, Prof. Dr. Gilvan Borba - DGEF/UFRN.

“Mineração marinha em águas profundas na região de Clarion-Clipperton”, Prof. Victor Hugo Rocha Lopes - CPRM.

“A atuação de geofísicos em equipes sísmicas”, Dr. Pedro Xavier Neto - PETROBRAS.

“30 anos dos sismos de João Câmara de 1986”, Prof. Dr. Joaquim Ferreira - DGEF/UFRN.

“Pesquisas em geodinâmica e geofísica na UFRN”, alunos de Pós-graduação- PPGG/UFRN.



Foto: Arquivo UFRN

Alunos organizadores do evento

## SECRETARIAS REGIONAIS

## REGIONAL CENTRO-OESTE

## III Semana de Geociências da UnB



A III Semana de Geociências da Universidade de Brasília (UnB) aconteceu de 24 a 28 de outubro e envolveu os três cursos do Instituto de Geociências: Geologia, Geofísica e Ciências Ambientais. Foram nove minicursos realizados, com destaque para o minicurso “Perfilagem Geofísica”, ministrado pelo geofísico Geraldo Girão Nery (Hydrolog), e “Fluidos Hidrotermais: da Fonte ao Minério”, ministrado pelo Dr. Roberto Perez Xavier (Unicamp).

Um destaque foi a mesa redonda das “Mulheres nas Geociências”, que teve professoras convidadas do Instituto de Geociências e contou com a presença da reitora eleita Profa. Marcia Abrãao. Da mesma maneira, o *Workshop* de Empresas valorizou a III Semana ao focar na localização espacial e levantamento de dados. Com o intuito de integrar os cursos, os docentes Rejane Cicerelli, Paola Barbosa, George Sand, Elder Yokoyama e Maria Emilia Giustina foram os coordenadores e trabalharam para concretizar o evento.

Por meio de seminários, estandes e apresentações de empreendimentos como Amaztop, Topocart, Sudeco e empresas juniores Phygeo (Geofísica), Cráton (Geologia), O2 (Ciências Ambientais), o mundo empresarial ficou mais perto dos alunos!



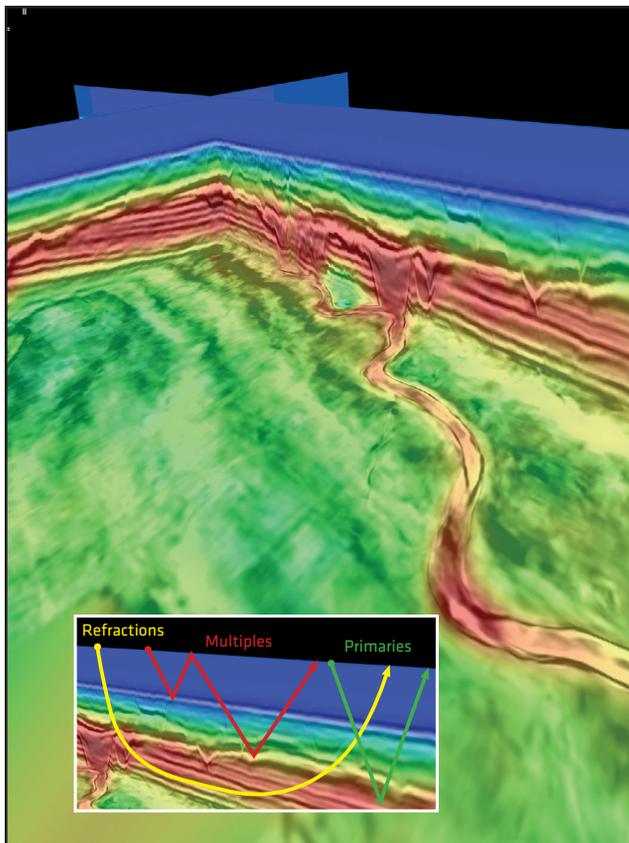
Alunos assistindo a umas das aulas do evento

Foto: Arquivo UnB



Workshop das empresas com a presença da Santiago & Cintra, Topocart, SUDECO e Empresas Juniores: Phygeo, Cráton e O2 Consultoria Ambiental

Foto: Arquivo Pedro Moreth



## Complete Wavefield Imaging

CWI utilizes the complete wavefield uniquely recorded and identified by GeoStreamer® dual-sensor measurements.

The CWI workflow is ideally suited for shallow water environments in areas with complex geological overburdens.

Combining FWI, Wavelet Shift Tomography and SWIM (Separated Wavefield Imaging) provides superior images both in the near surface and at reservoir level, thereby de-risking prospects and increasing the accuracy of reserve estimates.

For information please contact  
Stephane.Dezaunay@pgs.com  
+55 21 2421 8400



A Clearer Image | [www.pgs.com](http://www.pgs.com)



## VII Simpósio Brasileiro de Geofísica – SimBGf

Reportagem

Bruna Vaz Mattos

Com o tema “Debatendo a Geofísica sob a Magia de Ouro Preto”, o VII Simpósio Brasileiro de Geofísica (SimBGf) foi realizado de 25 a 27 de outubro, na cidade histórica de Minas Gerais, atraindo estudantes dos diversos estados brasileiros para a difusão do conhecimento e discussão dos rumos da Geofísica nacional e internacional. A escolha da cidade de Ouro Preto, Patrimônio Cultural da Humanidade, segue o caráter itinerante do evento e ressalta a geofísica da região, situada dentro do Quadrilátero Ferrífero, uma das mais importantes províncias minerais brasileiras.

Na cerimônia de abertura do VII SimBGf, a coordenadora Adriana Silva (Petrobras) deu as boas-vindas aos cerca de 400 participantes, convidando-os a participar os trabalhos, palestras, debates, mesas redondas e atividades realizadas durante o evento.

Ao todo, foram 205 trabalhos, orais e *posters*, distribuídos entre sete sessões temáticas: Cartografia Geológica, Ensino em Geofísica, Exploração Mineral, Geofísica Espacial, Geofísica Global, Geofísica Rasa e Óleo & Gás Natural.

Também foram oferecidos aos participantes quatro minicursos: Camada equivalente aplicada ao processamento e interpretação de dados de campos potenciais (professor Vanderlei Coelho, Observatório Nacional), Geofísica aplicada à prospecção mineral (professora Maria Silva Barbosa, Universidade Federal de Ouro Preto - UFOP), Geofísica aplicada à engenharia submarina (professor Athur Ayres, Universidade Federal Fluminense - UFF) e Processamento sísmico (professor Dr. Rodrigo Portugal, Halliburton).

Além disso, foram apresentados cinco painéis sobre a caracterização geofísica das principais províncias, jazidas mineiras e ambientes geológicos do estado de Minas Gerais e parte de Goiás, montados pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM) e Sociedade de Geofísica Aplicada (SGA). O SimBGf contou com apoio institucional do Centro de Artes e Convenções da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP), através da parceria entre a Agência de Desenvolvimento Econômico de Ouro Preto (ADOP) e UFOP.



O palestrante e doutor da UFOP, Fernando Flecha de Alkmim

### Sessão de Abertura

O professor doutor da UFOP, Fernando Flecha de Alkmim, deu uma legítima aula de História e Geologia, entrelaçando as ciências e explicando toda a trajetória da “Cidade do Ouro”, desde o seu cenário geológico, antes mesmo da área ser conhecida como “Minas Gerais”. Foi somente após a descoberta dessa região, que o Brasil avançou em busca da sua urbanização, cerca de 150 anos após a ocupação portuguesa no território nacional.

A palestra intitulada “Ouro Preto e sua região: onde geologia e história se entrelaçam” citou todos os momentos de auge e declínio da cidade. No século XVIII, período de descoberta do ouro e conhecido como período aurífero, estima-se que tenham sido retiradas 664 toneladas de ouro das minas da região. Ao longo dos anos e dos eventos mundiais, no final do século XIX e início do XX, a produção de aço nacional disparou e novamente a região recebeu destaque, reflexo da produção do minério de ferro. Devido a toda sua história e a uma série de acontecimentos, mundiais e nacionais, a cidade foi declarada em 1980 Patrimônio Mundial da Humanidade.

### Mesa-redonda Exploração Mineral: Cobertura Aerogeofísica de Minas Gerais: presente e futuro

Presidida pela professora Adalene Moreira Silva (UnB) e pelo presidente da SBGf Jorge Hildenbrand, no dia 26, o debate contou com a participação dos seguintes convidados: Dra. Lilia Mascarenhas Santa'Agostinho (Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral –MME), Dr. Marcelo Arruda Nassif (diretor da Companhia de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais –CODEMIG), Dr. Luís Gustavo Rodrigues Pinto (Serviço Geológico do Brasil - CPRM) e o Dr. Onildo Marini (Agência para o Desenvolvimento Tecnológico da Indústria- ADIMB). Representantes da UFOP, Observatório Nacional e das empresas Votorantim Metais, Vale e AngloGold Ashanti também participaram da discussão sobre o potencial mineral do Estado de Minas Gerais. Apesar do histórico período de intensa exploração mineral no local, todos os presentes na mesa-redonda concordaram que ainda é possível desenvolver áreas e locais específicos que ainda não foram rotas de estudos, principalmente, comerciais. O levantamento de dados aerogeofísicos, inclusive, certifica tal questão. “Eu particularmente acredito muito ainda no potencial de Minas. Países que são tradicionalmente mineradores estão se investigando novamente, e a cada vez que temos notícias de novas descobertas, mais acreditamos em nosso próprio potencial”, afirma Marcelo Arruda Nassif, diretor da CODEMIG.

Além disso, foi citada a importância das parcerias para o novo desenvolvimento da região. Não apenas parcerias da cidade com o Governo Federal e Estadual, mas parcerias com empresas do setor, as quais muitas vezes podem contribuir para que a atividade mineradora possa se redirecionar de uma forma mais intensa e mais “saudável”, no que se refere ao meio-ambiente. “Está sendo estudada no momento uma legislação para licenciamento ambiental. Devemos ter ainda neste ano (2016) um fórum para discussão aberta junto à Secretaria, da proposta de uma nova lei ambiental”, conta a Dra. Lilia Mascarenhas Santa'Agostinho, da Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral – MME.



Na mesa o Dr. Onildo Marini (ADIMB), a Dra. Lilia Mascarenhas Santa'Agostinho (MME), Adalene Moreira Silva (UnB), Jorge Hildenbrand (SBGf), Dr. Marcelo Arruda Nassif (CODEMIG) e o Dr. Luís Gustavo Rodrigues Pinto (CPRM)



Dra. Lilia Mascarenhas Santa'Agostinho (da Secretaria de Geologia Mineração e Transformação Mineral –MME)

### Reunião de Diretoria e de Conselho (Biênio 2015/2017) e Planejamento Anual

No dia 25, a diretoria da SBGf se reuniu pela manhã para revisar as ações decorrentes do Plano 2016 e elaborar o Plano 2017. Na parte da tarde, os secretários nacionais e regionais, apresentaram o resumo de suas atividades e também suas propostas de projetos para o próximo ano. Além disso, foi debatida e aceita a proposta de formalização de Comitês de Trabalho e Grupos de Especialistas, a serem divididos de acordo com suas responsabilidades e contribuições. Os comitês criados anteriormente, que se encontram ativos, serão ratificados pela atual Administração. A previsão é a de que todos os comitês, com suas atribuições e nomes atualizados, sejam divulgados no site da SBGf até o final de janeiro de 2017.



Nas fotos, a Diretoria e o Conselho reunidos durante o dia 25. Foi um dia inteiro de reunião



## COBERTURA ESPECIAL

### 38ª Assembleia Geral Ordinária da Sociedade Brasileira de Geofísica

Nas dependências do Parque Metalúrgico de Ouro Preto, dia 26, com a participação dos associados que atenderam à convocação, foi realizada a 38ª Assembleia Geral Ordinária da Sociedade Brasileira de Geofísica. Jorge Dagoberto Hildenbrand (Presidente da SBGf) e Marco Antonio Pereira de Brito (Secretário Geral da SBGf) foram indicados pelos presentes para conduzir a Assembleia.



Rosângela Maciel, Marco Brito e Jorge Hildenbrand na 38ª AGO



O Secretário Geral, Marco Brito, apresentando o Relatório Financeiro

Jorge Hildenbrand se dirigiu aos presentes fazendo detalhada exposição sobre as atividades da Diretoria relativa ao ano de 2015, e ao período de janeiro a junho de 2016. Destacou que a atual administração pautou suas atividades em cumprimento ao compromisso estabelecido pela Diretoria, Conselho e Secretarias Regionais durante a Assembleia Geral Extraordinária realizada em dezembro de 2014, ocasião em que foi estabelecido o atual Plano de Ação. Ainda com a palavra, o presidente explanou sobre os eventos técnicos ocorridos durante o ano e que foram promovidos e organizados pela SBGf. Entre eles o Third EAGE/SBGf Workshop 2016 “Quantitative Seismic Interpretation of Lacustrine Carbonates”, realizado na cidade do Rio de Janeiro, nos dias 6 e 7 de abril de 2016. Na área de Educação enfatizou que, a partir de sua criação, em 2015, o Programa de Educação Continuada da SBGf (SBGf\_EduC) proporcionou os seguintes cursos: 1º) Mé-

todo Magnetotélúrico: Teoria, Processamento e Interpretação, ministrado por Emanuele La Terra (ON), no período de 08 a 11 de Junho 2015. 2º) Introdução à Interpretação Sísmica, ministrado por Marco Cesar Schinelli (Petrobras), no período de 08 a 11 de Setembro 2015. 3º) Fundamentos e Aplicações do Método GPR, ministrado por Jandyr de Menezes Travassos (LAMEMO/COPPE/UFRJ), entre os dias 9 e 12 de maio 2016. 4º) Geofísica para não-geofísicos: conceitos e aplicações, ministrado por Eder Molina (IAG/USP e Secretário de Relações Acadêmicas da SBGf), nos dias 26 e 27 de setembro de 2016. 5º) Sensoriamento Remoto aplicado a recursos naturais e meio ambiente, ministrado pela professora Sílvia Rolim (UFRGS), no período de 21 a 25 de novembro de 2016.

O Comitê Executivo do 15º Congresso Internacional da SBGf também foi apresentado e está composto da seguinte forma: Chairman: Francisco Carlos Neves de Aquino, Co-Chairman: Eduardo Lopes de Faria; Comitê de Infraestrutura: Adriana Silva, Andre Rabelo, Marco Aurélio Latgé, Marco Brito; Comitê Técnico: Claudio Guerra, Jurandyr Schmidt, Pedro Mário Silva, José Eduardo Lira, Eliane Alves, Tiago Manes Nunes; EXPOGEf/Patrocínio: Ricardo Fernandes, Guilherme Canha, Simplicio Freitas; Finanças: Neri João Boz.

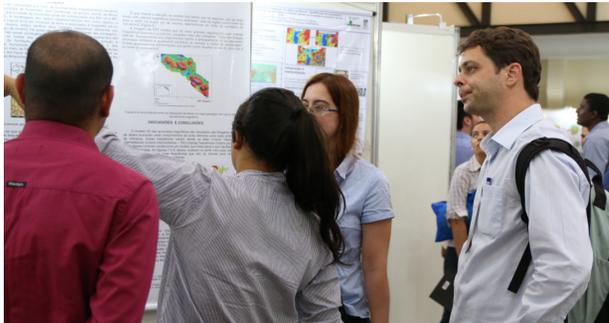
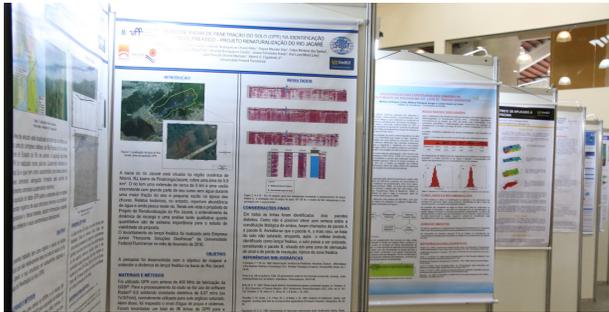
Na sequência, o Presidente destacou que este ano a Palestra Itinerante da SBGf está sendo proferida pelo geofísico Paulo Roberto Schroder Johann, com o título de “Tecnologias Geofísicas gerando oportunidade de trabalho em Exploração e Produção de Petróleo”. Logo em seguida, os presentes foram informados sobre as ações voltadas para captação de novos patrocinadores do Fundo de Apoio à Ciência - Fundo SBGf, tendo sido realizadas várias ações de marketing com visitas e reuniões para atração de novos patrocinadores e ações junto aos atuais patrocinadores para renovação dos contratos.

No item relativo à “Análise e Votação do Relatório Financeiro (2015 - 2016)” o Secretário, Marco Brito, explicou aos presentes a ausência do Secretário de Finanças, Neri João Boz e apresentou o Relatório Financeiro referente ao ano de 2015 e ao período de janeiro a junho de 2016. Em seguida, foi dada a palavra à Conselheira Nacional, Rosângela Corrêa Maciel, que na reunião de Diretoria e Conselho da SBGf havia sido designada juntamente com o Conselheiro Nacional Renato Cordani como responsável por realizar a análise financeira do Relatório. A Conselheira Rosângela Maciel leu o parecer financeiro, recomendando a sua aprovação. Posto em votação, o parecer foi aprovado por unanimidade.

A Assembleia decidiu também que a taxa de anuidade deverá permanecer com o mesmo valor deste ano, ou seja, Associados Efetivos deverão fazer o pagamento no valor de R\$ 100,00 (cem reais) e Associados Aspirantes (estudantes de graduação) deverão pagar o valor de R\$ 45,00 (quarenta e cinco reais) até 31 de julho de 2017. Veja tabela com datas atualizadas no site da SBGf.

### Sessão Oral e Pôster - VII SimBGf

As sessões orais e posters foram divididas pelas diversas áreas de aplicação da geofísica: Cartografia Geológica, Ensino em Geofísica, Exploração Mineral, Geofísica Espacial, Geofísica Global, Geofísica Rasa e Óleo & Gás Natural. Todos os participantes (autores, alunos, palestrantes) receberam o certificado de participação. Aos que por algum motivo não retiraram o seu, pedimos que entrem em contato conosco pelo e-mail [sbgf@sbgf.org.br](mailto:sbgf@sbgf.org.br).



Na primeira foto, sessão de posters do VII SimBGf e na segunda alunos apresentando trabalhos

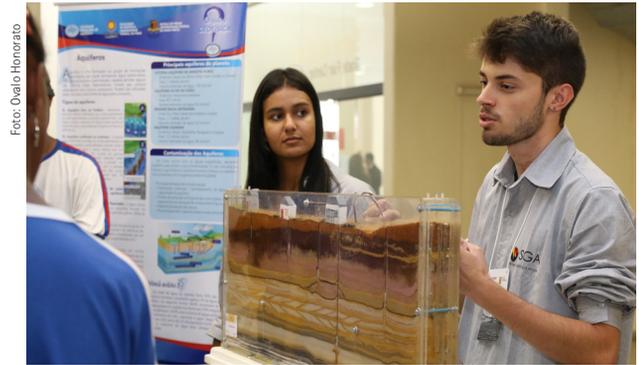
### Exposição "O Que é Geofísica?"

Esta foi a primeira vez que a SBGf levou sua Exposição "O Que é Geofísica?" ao SimBGf. O objetivo da exposição é divulgar a geofísica como ciência e com enfoque principal nos estudantes de 1º e 2º grau, atraindo-os para serem futuros profissionais na área de geofísica e geociências.



Alunos de Ensino Médio e Fundamental visitaram a Exposição durante os dias de evento

Além disso, durante o VII SimBGf, os presentes tomaram conhecimento da inauguração da segunda Exposição Permanente "O que é Geofísica?", com dez experimentos, que após o Simpósio será montada no Museu de Geologia da Universidade Federal de Ouro Preto e será mantida em parceria com a UFOP/Escola de Minas, com apoio da Fundação Gorceix.



Alunos de Ensino Médio e Fundamental visitaram a Exposição durante os dias de evento

A Exposição "O que é Geofísica?" foi idealizada e organizada na UFPA, com participação dos professores Alberto Leandro de Melo, Carolina Barros e Ellen de Nazaré Souza Gomes, aos quais a SBGf credita o sucesso do empreendimento.



Alunos de Ensino Médio e Fundamental visitaram a Exposição durante os dias de evento

**Sem limites,  
Sem fronteiras**

Volume sísmico

Reservatório de Atlanta

Testemunho

Seção delgada

A QGEP é a única empresa brasileira independente de E&P a operar na zona de exclusão do pré-sal, na Bacia de Santos. Com uma proposta inovadora e apoio da FINEP, está desenvolvendo com sucesso o reservatório de óleo pesado (14º API) em águas ultraprofundas do Campo de Atlanta (BS-4).

**queiroz galvão**  
 EXPLORAÇÃO E PRODUÇÃO

[www.qgеп.com.br](http://www.qgеп.com.br)

## COBERTURA ESPECIAL

**#EuNaExposição**

Durante os dias do SimBGf, a SBGf promoveu o sorteio dos seus exemplares de livros e edições sobre geofísica. Para participar era preciso se locomover até a Exposição “O Que é Geofísica? ”, fotografar uma selfie e postar nas redes sociais com a hashtag “EuNaExposição”. Foram muitos participantes e a cada dia era feito um sorteio das publicações da SBGf.



O professor Eder Molina, do IAG-USP, e secretário de Relações Acadêmicas da SBGf entregou camisetas, livros, pendrives e diversos outros brindes aos alunos que tiraram a fotografia e postaram na internet. Foram mais de 50 fotos participantes

**Sociedade de Geofísica Aplicada (SGA)**

A Sociedade de Geofísica Aplicada (SGA) foi criada em 2014. É uma entidade sem fins lucrativos filiada à Society of Exploration Geophysicists (SEG) – The International Society of Applied Geophysics, e tem sede em Ouro Preto, Minas Gerais. A sociedade é organizada e coordenada por acadêmicos e docentes da UFOP e tem como fins primários divulgar conhecimento e despertar interesse por qualquer assunto relacionado à geofísica e suas aplicações práticas. Além de estimular a realização de atividades de cunho científico aplicado e promover a amizade e a cooperação entre aqueles interessados em geofísica como ciência.

Durante a realização do “VII Simpósio Brasileiro de Geofísica” a SGA teve participação destacada onde, juntamente com o geofísico sênior da CPRM Antonino Juarez Borges, teve a oportunidade de expor 5 painéis com mapas geofísicos inéditos do Brasil e regiões. Além disso apoiou, juntamente com a UFPA, a exposição “O que é Geofísica?”. A sessão de painéis permanentes, que teve como tema “Geofísica Aplicada à Prospecção Mineral e ao Mapeamento Geológico”, contou com os seguintes trabalhos expostos: Integração dos bancos de dados dos Estados de MG, ES e RJ; Caracterização Geofísica do Quadrilátero Ferrífero; Caracterização geofísica das chaminés alcalinas de Araxá, Tapira, Catalão e Iporá; Caracterização magnetométrica da Bacia do Paraná.

Com o objetivo de atingir seus fins, a SGA tem realizado atividades de campo, de extensão, de pesquisa e de cunho acadêmico, como o “Café Geofísico”, que divulga o trabalho de profissionais da indústria no universo acadêmico e o “I Workshop de Geofísica da Escola de Minas”, que teve como tema da sua primeira edição “Geofísica: O Futuro da Prospecção Mineral”.



Sociedade de Geofísica Aplicada: SGA



Apresentação sobre rochas e minérios no espaço da SGA

### Sonda da GEOSOL S/A na área externa

Por ocasião do VII SimBGf a GEOSOL – Geologia e Sondagens S/A teve a oportunidade de expor uma Sonda Rotativa Diamantada (GSL 526 Modelo CT-20 da Atlas Copco) e ofereceu uma visita guiada de aproximadamente 15 minutos aos interessados que compareceram no pátio externo do evento.



Foto: Ovalo Honorato

Sonda GEOSOL no pátio externo

Foram salientadas as características operacionais que são comuns a todas as sondas utilizadas nas campanhas de sondagem contratadas em território brasileiro e no exterior. Quem esteve presente às visitas guiadas teve a oportunidade de compreender que as sondas têm sempre uma fonte de força, mecanismo de transmissão e controle desta força. Além de direcionamento, torre, guincho e sistema de conversão, para a execução da sondagem propriamente dita, onde a finalidade é a coleta de amostras do bem mineral que está sendo pesquisado com finalidade econômica.

A questão de como a GEOSOL S/A acompanha a evolução do mercado de GEOFÍSICA como um dos termômetros indicador das futuras demandas de campanhas de sondagem foi enfatizada pelo responsável técnico da apresentação, procurando destacar a importância que o trabalho dos geofísicos tem para a cadeia produtiva na indústria mineral brasileira. “Bons anos de contratação de serviços geofísicos, em regra geral, se traduzem em quantidades significativas de contratações de campanhas de sondagem mineral”, afirma Thiago José Augusto Madeira, Mestre em Evolução Crustal e Recursos Naturais da Escola de Minas - DEGEO / UFOP.



Foto: Ovalo Honorato

Caminhão de Sonda GEOSOL no VII SimBGf

#### Patrocínio Ouro



#### Patrocínio Prata



#### Patrocínio Bronze



#### Patrocínio Institucional



#### Apoio



FUNDAÇÃO GORCEIX  
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA DO PETRÓLEO



Área de Atuação ..... Geologia do Petróleo

Sistemas Petrolíferos ..... Remasterização de Dados Sísmicos

Vetorização ..... Linhas Sísmicas

Rede de Dados Geofísicos ..... RDG

CONTATO: Fundação Gorceix - DEPETRO  
Rua Carlos Walter Marinho Campos, nº57, Vila Itacolomy  
CEP:35400-000 Ouro Preto - Minas Gerais - Brasil  
Telefones: (31) 3559 - 7100/ 3559 - 7144

**15<sup>th</sup> International**  
**CONGRESS** OF THE



**BRAZILIAN  
GEOPHYSICAL  
SOCIETY  
&  
EXPOGEF**

**31 July - 03 August | 2017**  
**Rio de Janeiro**  
**SulAmérica Convention Center**



## SEG ANNUAL MEETING

## Participação da Sociedade Brasileira de Geofísica na SEG Annual Meeting

A *Society of Exploration Geophysicists (SEG)* realizou este ano sua 86ª Reunião Anual, em Dallas, Texas, entre os dias 16 e 21 de outubro. Tratando-se de evento internacional de expressiva importância, a SBGf não poderia deixar de participar, presente com um estande e três representantes: o presidente, Jorge D. Hildenbrand, o chairman do Comitê Organizador do 15º CISBGf, Francisco Aquino, e um dos membros do Comitê Técnico do Congresso, o geofísico José Eduardo Lira.

O evento da SEG este ano expressou bem o atual momento de baixa atividade pela qual passa a Indústria da Geofísica, particularmente de exploração de O&G. Mas apesar do menor número de participantes e de expositores, pode-se dizer que a SEG Dallas 2016 não desapontou, principalmente pela excelente organização, qualidade técnica dos artigos, número de cursos oferecidos, *luncheons*, dentre outras atividades paralelas.



Jorge Hildenbrand no estande da SBGf na SEG Annual Meeting

Foram apresentados 1.103 papers (sendo 720 orais, 197 posters, 186 e-presentations), 140 sessões técnicas (incluindo 91 sessões orais, 25 posters e 24 e-presentations), e 5.773 delegados inscritos, procedentes de 68 países. A área de exposição efetivamente comercializada foi de 7.878 m<sup>2</sup>, contando com 251 expositores e 20 patrocinadores. Dentre os expositores, os maiores espaços foram adquiridos pelas petrolíferas e pelas maiores e mais tradicionais companhias de serviços geofísicos. Havia ainda uma infinidade de estandes de pequeno e médio porte, contemplando os diversos segmentos da indústria geofísica, incluindo fornecedores de equipamentos e de software, além das empresas de serviços menores com atuação em geofísica rasa.

Por ser uma sociedade que congrega o segmento da geofísica aplicada, os temas das sessões técnicas da SEG Dallas 2016 eram predominantemente ligados a esta atividade, mostrando em sua maior parte artigos voltados para prospecção de hidrocarbonetos pelos métodos sísmicos. Como esperado, houve também um grande número de sessões relacionadas à *Full waveform inversion (FWI)*, o que indica a aposta do mercado nesta tecnologia. Outro ponto que chamou atenção foi a palestra de abertura do congresso tratar do tema “reservatórios não-convencionais”. Com a queda dos preços do barril de petróleo a ideia era que este tipo de reservatório teria um futuro bastante incerto, como pareciam mostrar as estatísticas do mercado. Porém, a presença do tema na palestra de abertura, assim como a apresentação de alguns trabalhos no congresso apontam para uma retomada na

exploração, fato que deve estar ligado à diminuição expressiva nos custos exploratórios dos recursos não-convencionais. As sessões dedicadas aos métodos sísmicos, notadamente à exploração mineral e aos estudos do meio ambiente, também estavam representadas na temática do evento.



*The Partner VIP Reception:* estavam presentes o ex-presidente da SEG (2015-2016), John Bradford, o seu sucessor Bill Abriel (2016-2017) e, em primeiro plano, a presidente eleita para 2017-2018, Nancy House. Ao lado de Jorge Hildenbrand, Marcel van Loon, diretor executivo da EAGE.

Além da SBGf estavam presente à feira a Australian Society of Exploration Geophysicists (ASEG), a European Association of Geoscientists Et Engineers (EAGE) e outras sociedades locais como Houston Geophysical Society.

Jorge Hildenbrand compareceu à reunião do Latin America Advisory Committee, da qual participaram Elsa Paul, Sergio Chávez-Perez, Gustavo Carstens e Paul Cunningham. Dentre as iniciativas propostas pelo Comitê, destaca-se a realização do Challenge Bowl mobilizando os capítulos da SEG no Brasil, o estabelecimento de acordo genérico com a SBGf para promoção de *workshops* e outros eventos de interesse mútuo em conjunto, e a escolha de um *Young Professional* para fazer parte deste Comitê, que deve ser estudante ou profissional com até 10 anos de formado.

O presidente da SBGf também participou do evento denominado *The Partner VIP Reception*, onde estavam presentes o presidente atual da SEG (2015-2016), John Bradford, o seu sucessor Bill Abriel (2016-2017), e a presidente eleita (2017-2018), Nancy House, segunda mulher a comandar a SEG desde sua fundação, que tomará posse como presidente em 2017. Outros membros da equipe SEG estavam presentes, dentre eles Dorsey Morrow, diretor executivo da SEG.

Nas conversações mantidas neste encontro ficou evidente a preocupação com o desempenho financeiro da SEG nos últimos anos, que está diretamente relacionada à queda da atividade exploratória no mundo em decorrência do baixo preço do petróleo. Como a SEG é dirigida como uma empresa, foi elaborado um plano estratégico para os próximos dois anos, onde se prevê um trabalho intensivo para captação de novos sócios. Para isto é evidente o esforço na formação dos Capítulos Estudantis mundo afora, o que tem proporcionado a elevação do número de sócios estudantes de menos de 10.000 em 2014 para quase 15.000 no final de 2015. A entrada de estudantes fez com que o total de sócios da SEG se elevasse para quase 35.000 em pouco mais de um ano, mas houve uma queda de 10% no que a SEG denomina de *core associated members*.

O próximo evento da SEG (87th SEG Annual Meeting) será realizado no *George R. Brown Convention Center*, em Houston, entre 24 e 29 de setembro de 2017. A SBGf já reservou o espaço para seu estande e confirmou sua participação.

## INSTITUCIONAL

## SBGf cria o Prêmio de Tese/Dissertação

Com o objetivo de incentivar a formação de recursos humanos qualificados na área de Geofísica, a Sociedade Brasileira de Geofísica criou o Prêmio SBGf de Tese e Dissertação, para premiar a melhor Tese e a melhor Dissertação em Geofísica.

### 1. Disposições Gerais

O Prêmio SBGf de Tese e Dissertação é constituído de:

- Premiação da melhor Tese em área da Geofísica
- Premiação da melhor Dissertação em área da Geofísica

O Prêmio será outorgado à melhor Tese e melhor Dissertação de dois em dois anos, por ocasião do Congresso Internacional da Sociedade Brasileira de Geofísica. Serão premiadas apenas uma Tese e uma Dissertação em todo o país.

### 2. A Premiação

A premiação consistirá em:

- I. Passagens + inscrição + minicurso no CISBGf para os orientandos e respectivos orientadores para que compareçam à cerimônia de premiação que ocorrerá no Congresso Internacional da SBGf.
- II. Um Tablet tipo Kindle ou similar.
- III. Certificado da SBGf de melhor trabalho.
- IV. Artigo no Boletim da SBGf.
- V. Convite para publicação do trabalho no Brazilian Journal Geophysics (RBGf).

Nota: esta premiação se estenderá apenas ao orientador principal da Tese e Dissertação.

### 3. Poderão candidatar-se:

Alunos que tenham concluído cursos de Mestrado e/ou Doutorado em Programas de Pós-Graduação de Geofísica, ou com Tese/Dissertação na área de Geofísica, formados em programas de pós-graduação em Geociências ou áreas afins reconhecidas pela CAPES. A data de conclusão não pode exceder a 02 (dois) anos da data final de submissão da candidatura.

### 4. Da Inscrição:

Para concorrer ao Prêmio SBGf de Tese/Dissertação devem ser atendidos obrigatoriamente os seguintes critérios de elegibilidade:

- A) A Tese/Dissertação deverá estar disponível na Plataforma Supercupira da CAPES;
- B) A Tese/Dissertação deverá ter sido defendida no Brasil, mesmo em casos de cotutela ou outras formas de dupla diplomação;

A inscrição para concorrer à melhor Tese e melhor Dissertação de 2016-2017 será de 01 de dezembro de 2016 a 31 de março de 2017. A inscrição pode ser feita na página da SBGf ([www.sbgf.org.br](http://www.sbgf.org.br)). Serão necessários os seguintes documentos:

- Tese/Dissertação no formato pdf.
- Documento de comprovação de vínculo com o Programa de Pós-Graduação, caso o aluno ainda não tenha homologado, ou diploma de Doutorado/Mestrado.
- Currículo Lattes.
- Anuência do orientador principal.

O Comitê de Avaliação da Tese/Dissertação será escolhido entre pesquisadores da Academia e profissionais da área, e constituído de 03 (três) avaliadores.

## Palestra – O Tríplice Papel da PPSA no Pré-Sal Brasileiro



Foto: Arquivo UnB

Olavo Bentes David, consultor jurídico da Pré-Sal Petróleo S.A. (PPSA) fez dia 24 de novembro uma apresentação inédita sobre a tríplice atuação da empresa no contexto do Pré-Sal brasileiro, na sede da SBGf, no Centro do Rio de Janeiro. A palestra, que durou cerca de 01h40min, foi transmitida ao vivo através da página da SBGf. Os que desejarem assistir o conteúdo na íntegra podem acessar o canal no YouTube – Sociedade Brasileira de Geofísica.

A Lei nº 12.304/2010 estabelece as principais atividades da empresa pública PPSA: a gestão dos contratos de partilha da produção, a gestão da comercialização de petróleo e gás natural da União e a representação da União nos acordos de Individualização da Produção (AIPs).

Para receber a apresentação de *slides* da palestra envie um e-mail para [imprensa@sbgf.org.br](mailto:imprensa@sbgf.org.br).



Uma empresa brasileira fornecedora de serviços e produtos no setor de óleo & gás e mineração.

- Extensivo Banco de Dados de Sísmica e Poços
- Gerenciamento de Dados de E&P
- Projeto de Aquisição Sísmica
- Interpretação Geológica e Geofísica
- Avaliação de Prospectos e Reservas
- Estudos Multiclientes
- Sistema de Gestão de Conteúdo Local - ginlocal
- Portal de informação E&P - geopost

[www.geohub.com.br](http://www.geohub.com.br)  
 +55 21 3535 - 9664 / [contato@geohub.com.br](mailto:contato@geohub.com.br)

## NOTAS

## 30 anos do terremoto de João Câmara



Foto: Divulgação

Destruição depois de uma série de tremores na cidade de João Câmara (RN) em 1986. Dias antes, no dia 30 de novembro, ocorreu o mais forte deles

O terremoto que abalou a cidade de João Câmara (a 79 km de Natal) no dia 30 de novembro de 1986, e deu início a uma sequência de eventos sísmicos no local, completa 30 anos este ano. Estes eventos sísmicos foram marcantes sob aspectos científicos e sociais, e foram sem dúvida, a sequência sísmica mais estudada no Brasil. Em alusão à data, o Laboratório de Sismologia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (LabSis/UFRN) e o campus João Câmara do Instituto Federal do Rio Grande do Norte (IFRN) realizaram uma série de palestras com nomes da Sismologia nacional, técnicos e pessoas que vivenciaram o fato.

O seminário ocorreu dia 29 de novembro no anfiteatro do Centro de Ciências Exatas e da Terra (CCET/UFRN), e no encerramento houve o lançamento do Livro "João Câmara, 1986: Os abalos sísmicos e seus efeitos", do Prof. Dr. Mario Takeya.

Já na cidade de João Câmara, o evento aconteceu no campus local do IFRN, no dia 30 de novembro, mesmo dia e mês do principal abalo sísmico da cidade, de magnitude 4.3 na Escala Richter. Nomes da Sismologia do Brasil, como Joaquim Ferreira, Alberto Veloso e Marcelo Assumpção estiveram presentes.

"Não poderíamos deixar de relembrar um acontecimento tão importante como esse. O sismo que ocorreu em 1986 abalou todo o país e mexeu diretamente com muitas famílias. Vamos rememorar e homenagear todo trabalho e aqueles que trabalharam nessa época", explica o coordenador do LabSis, prof. Dr. Aderson Nascimento.

O Sismo de João Câmara

O sismo de João Câmara foi de maior magnitude em uma série de eventos sísmicos que tiveram início no ano de 1986. O primeiro tremor – sentido inclusive em Natal – aconteceu no dia 21 de agosto, e alcançou 4.3 na Escala Richter. No mês seguinte, foram outros dois eventos sísmicos: 4.3 e 4.4, respectivamente. O terremoto principal ocorreu no dia 30 de novembro, com magnitude de 5.1, seguido por milhares de réplicas.



Leia mais sobre a Sismicidade no Brasil na edição nº 96 do Boletim SBGf

Acesse: [sbgfisica.org/portal/](http://sbgfisica.org/portal/)

## 50 anos da Sismologia na UnB – Observatório Sismológico



Foto: Arquivo UnB

Comemoração dos 50 anos da sismologia na UnB

No dia 31 de outubro foi celebrado os 50 anos da Sismologia na Universidade de Brasília (UnB) / Observatório Sismológico (SIS). A comemoração teve a participação especial do ex-prof. da Universidade de Brasília, José Alberto Vivas Veloso, pioneiro do Observatório Sismológico, e também contou com a presença do Prof. Dr. George Sand França, Secretário Regional da SBGf e professor do SIS. A programação começou no dia 30 de outubro, com o curso sobre instrumentação sismológica e participação de técnicos, professores e estudantes de quatro estados. O curso foi ministrado pelo Dr. Angel Luis Rodriguez Atencio do OSOP (Panamá). Na abertura, além do reitor da UnB, Ivan Camargo, teve a também presença da futura reitora da UnB, Profa. Dra. Marcia Abraão. A chefe do Observatório Sismológico, Profa. Dra. Mônica G. Von Huelsen deu início à abertura, agradecendo a participação de todos. Durante a programação, ocorreu o lançamento do livro 50 anos da Sismologia, escrito pelo Prof. Veloso e o lançamento do vídeo institucional do Observatório Sismológico. Estavam presentes no evento os professores e ex-chefes Marcelo Assumpção (IAG-USP) e Jorge Cravo (aposentado).



Foto: Arquivo UnB

Durante o evento algumas palestras foram proferidas na UnB

## ESPECIAL

# Geofísica Espacial

*A Geofísica busca a compreensão dos fenômenos físicos que ocorrem no planeta Terra, no espaço próximo e em outros planetas. São realizadas atividades de pesquisa que abrangem estudos sobre diversos temas: processos solares e interplanetários relacionados à origem das tempestades geomagnéticas e a previsão do Clima Espacial; estudo da variabilidade do Clima Espacial utilizando raios cósmicos; simulações numéricas de fenômenos de plasmas espaciais; bem como estudos sobre reconexão magnética e processos fundamentais em magnetosferas planetárias, e sobre o campo geomagnético e suas variações espaço-temporais.*

Rio de Janeiro

Por Bruna Vaz Mattos

O trabalho dos geofísicos espaciais é fundamental na determinação da geofetividade das estruturas que emanam do sol junto ao campo magnético terrestre. Em outras palavras, através da análise rotineira é possível adquirir o devido conhecimento se a estrutura citada, que sai do sol, tem capacidade de influenciar o sistema terrestre de forma mais, ou menos efetiva.

Foto: Arquivo pessoal



Segundo **Clezio Marcos de Nardin**, cientista do INPE, Gerente Geral do Programa Embrace/INPE, as pesquisas que estudam a atmosfera e o campo magnético terrestre são relevantes, pois são elas que têm o potencial de estabelecer a magnitude dos efeitos do clima espacial nos diversos sistemas tecnológicos possíveis de serem afetados.

rem afetados.

O Programa Embrace/INPE, o qual significa “Estudo e Monitoramento Brasileiro de Clima Espacial”, foi criado em agosto de 2007 por uma força tarefa designada entre os servidores do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) para desenvolver e operar um programa de clima espacial. Em 2008, o Programa Embrace/INPE foi nomeado como o Centro de Alerta Regional do Brasil para Previsão do Clima Espacial, membro da International Space Environment Services (ISES), organização na qual seus representantes discutem e propõem mecanismos de alerta e de procedimentos de defesa para os sistemas tecnológicos da era espacial. Entre estes, se enquadram os sistemas de telecomunicação por satélite, sistemas de georeferenciamento, com base nos sistemas GNSS (usados em navegação aérea), sistemas de segurança de voo, sistemas energéticos de grande dimensão, sistemas de proteção e de controle de atitude de satélites, entre outros.

Foto: Arquivo pessoal



De acordo com o pesquisador, especialista em geofísica espacial e professor, **Jean Pierre Raulin**, da Universidade Presbiteriana Mackenzie, existem três manifestações mais relevantes para a Geofísica Espacial contribuir com a previsão do Clima Espacial. Todas elas são decorrentes de eventos transientes na superfície e

na atmosfera do Sol, a uns 150 milhões de quilômetros da nossa Terra, como por exemplo, as explosões solares e as Ejeções de Massa Coronal (CME-Coronal Mass Ejections). As três manifestações são associadas a:

A) Tempestades geomagnéticas que podem afetar o setor de distribuição de energia;

B) Presença de partículas energéticas no meio interplanetário, e mais próximo nos cinturões de radiação, que podem afetar sistemas tecnológicos a bordo de satélites, são letais para seres humanos em missões espaciais habitadas, ou daninhas durante voos comerciais na alta troposfera ou baixa estratosfera;

C) Excesso de radiação solar mudando as propriedades físicas da atmosfera e ionosfera terrestre, o que pode afetar a trajetória de satélites em órbitas baixas, e alterar as comunicações trans-ionosféricas.

“Uma prioridade para melhor previsão das condições do Clima Espacial é a pesquisa fundamental e aplicada, objetivando uma melhor descrição e compreensão dos fenômenos explosivos solares. Embora estes sejam diagnosticados em todo o espectro eletromagnético, ainda há regiões espectrais muito pouco exploradas, como o infravermelho médio desde o solo ou o infravermelho distante fora da atmosfera terrestre, isso porque tais propostas representam desafios tecnológicos”, afirma Jean Pierre Raulin. Para o pesquisador, uma descrição espectral completa dos fenômenos solares é imprescindível para entender os mecanismos e processos físicos responsáveis. Estudos sobre a trajetória no meio interplanetário de nuvens magnéticas oriundas do Sol são essenciais para poder prever a chegada das mesmas na órbita terrestre, e o possível início de uma tempestade geomagnética.

Há indícios, hoje em dia, de que o diagnóstico indireto fornecido pelos raios cósmicos seja mais eficaz na previsão do início de tempestades geomagnéticas. A pesquisa fundamental e simulações em física ionosférica e atmosférica são necessárias para uma melhor descrição da resposta e variabilidade da atmosfera terrestre a eventos de distúrbios do Clima Espacial. Pesquisas sobre Partículas Energéticas Solares (SEP, Solar Energetic Particles), raios cósmicos e vento solar permitem estudar o conteúdo da magnetosfera e dos cinturões de radiação, assim como as suas dinâmicas que podem resultar na precipitação de partículas energéticas na alta atmosfera. Estudar o acoplamento Magnetosfera-Ionosfera-Termosfera é importante para compreender a formação e estimar a intensidade de correntes elétricas induzidas na superfície da Terra após uma tempestade geomagnética (GIC, Geomagnetically Induced Currents), ou distúrbios menores do vento solar. Estes são alguns exemplos de como o conhecimento de Geofísica Espacial pode contribuir para a previsão do Clima Espacial.

Segundo Clezio de Nardin, são pesquisas e teses desenvolvidas nestas áreas que tornam possível o avanço na criação de modelos de evolução de campos magnéticos

solares, em especial, em regiões de manchas solares de grande área com configuração magnética complexa, as principais causadoras das explosões solares.

O geo-espaço é um sistema complexo, formado de subsistemas interligados, como o Sol, meio interplanetário, vento solar, magnetosfera, ionosfera e atmosfera. Portanto, para o estudo do Clima Espacial é imprescindível o esforço colaborativo de especialistas desses diferentes subsistemas. Por outro lado, a qualidade das previsões depende muitas vezes do monitoramento global na Terra inteira, e, assim, a necessidade das colaborações internacionais. O Brasil participa de forma direta no esforço mundial relacionado a estudos sobre questões de Clima Espacial. Pesquisadores brasileiros integram comitês executivos de diversos programas internacionais de estudo do Clima Espacial. O Programa de clima espacial (Programa Embrace/INPE) do Brasil está inserido mundialmente nas questões de clima espacial. “Estamos trabalhando como representantes brasileiros na Organização Meteorológica Mundial para questões de Clima Espacial. Atualmente, ocupamos a vice-presidência da organização *International Space Environment Service*, encarregada de organizar e (com a pretensão de) regular o setor de clima espacial no mundo”, conta Clezio de Nardin.

Jean Pierre explica a relevância de tais previsões para a indústria e para o comércio. “Todos os setores que utilizam os serviços de posicionamento de precisão e navegação por satélite (GNSS, Global Navigation Satellite System), ou comunicação por satélite, sentirão as consequências de distúrbios do Clima Espacial. Assim, monitoramento em tempo real e modelos ionosféricos são necessários”, explica o geofísico. Dentre os setores afetados estão: o setor das finanças, que precisa registrar transações com altíssima resolução temporal de um milionésimo de segundo; setor agrícola, na busca por agricultura extensiva e de precisão; setor militar; setor das telecomunicações; setor automotivo, que num futuro próximo utilizará transporte individual e coletivo autônomos e sem motorista; setor da exploração energética e plataformas objetivando perfurações de precisão; setor aeronáutico, na busca das melhores rotas comerciais, otimizando assim a capacidade do espaço aéreo; setor aeroespacial para o controle de órbitas de satélites. “Outros setores como o setor de distribuição de energia, linhas de transmissão da energia elétrica, dutos de transmissão (gás, petróleo) sofrerão os efeitos de intensas correntes induzidas por distúrbios geomagnéticos. Surtos de partículas energéticas solares e magnetosféricas afetarão sistemas tecnológicos e eletrônicos a bordo de satélites, assim como impedirão o uso de rotas áreas polares mais econômicas, prejudicando ambos setores aéreo e aeroespacial”, completa Jean Pierre. Previsões e observações em tempo real são igualmente necessárias. O ideal, a longo prazo, seria chegar a um nível de previsão (tempo e qualidade) que temos atualmente referente a previsões meteorológicas. A previsão do clima espacial é importante para os diferentes setores econômicos porque permite a tomada de decisão sobre ações preventivas. O estudo de casos e a boa qualidade da previsão deve servir também para aprimorar os sistemas tecnológicos visando torná-los mais robustos e menos vulneráveis a distúrbios do Clima Espacial.



Foto: Arquivo pessoal

De acordo com o investigador principal do Instituto de Astronomia e Física Espacial, **Sérgio Dasso**, da Universidad de Buenos Aires e Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas - CONICET, os governos deveriam incentivar e financiar a pesquisa nacional. “Penso que agências nacionais deveriam incluir um orçamento para ajudar o desenvolvimento de áreas associadas à previsão do Clima Espacial. E, ainda, apoiar programas nessa direção”, afirma o geofísico. Ainda, para Sérgio, é possível atrair setores não governamentais para o financiamento das atividades ligadas ao Clima Espacial. Para isso, basta fornecer aos investidores as devidas informações para que eles estejam cientes dos reais riscos e da relevância da Geofísica Espacial. “O Brasil pode dar uma importante contribuição para um monitoramento regional na América do Sul, em particular, se considerarmos a presença da Anomalia do Atlântico Sul (AMAS) que ao nível do solo coincide com o território brasileiro”, explica o pesquisador.

O Brasil está localizado em uma posição geográfica onde dois dos maiores fenômenos de Clima Espacial parecem afetar os sistemas tecnológicos, o equador geomagnético (ao longo do qual as bolhas de plasma ocorrem) e a Anomalia Magnética da América do Sul (região do globo terrestre onde o campo magnético tem sua menor intensidade absoluta e onde ocorre uma maior incidência de precipitações de partículas energéticas). Devido a isso, o Brasil pode contribuir para o esforço mundial de previsão de Clima Espacial no mundo simplesmente fornecendo dados sobre estes ambientes, ou fazendo pesquisa de qualidade que gerem modelos e informação a respeito destes ambientes.

Clezio de Nardin diz que alguns dos setores já estão sendo atraídos para o mercado. Eles vão desde prestadores de serviços de previsão meteorológica que querem expandir sua faixa de atuação para o setor espacial até as companhias seguradoras de lançamentos de satélites. Estas empresas já estão desenvolvendo novos negócios e financiando pesquisas em países da Europa e nos Estados Unidos. “Na Alemanha e na França modelos de fluxo solar já estão sendo incorporados a modelos meteorológicos, por exemplo. Nos Estados Unidos, previsores de Clima Espacial já alertam sobre explosões e até fornecem previsão de auroras para assinantes. Aqui no Brasil é que este movimento ainda não está ocorrendo e, se as empresas não acordarem para isso, logo estaremos pagando o custo da *late anternance fee* para aprendermos como o novo mercado funciona”, opina Clezio.

Jean Pierre Raulin pensa que, no Brasil, é preciso mais incentivo no setor, não apenas financeiro. “É necessário um maior incentivo para a participação ativa de grupos de usuários de produtos do Clima Espacial nos diferentes setores econômicos. Afinal, são eles que definem quais são as necessidades. Maior incentivo e divulgação no ensino básico é importante para fomentar o interesse de futuros profissionais na área. A formação de recursos humanos na área em níveis de pós-graduação é imprescindível”, afirma Jean Pierre. Para isso, é necessário o reconhecimento

## ESPECIAL

da área de estudo das causas, variabilidade, e mitigação dos efeitos do Clima Espacial.

É importante frisar que para discutir financiamento às atividades (pesquisa e operação) em Clima Espacial é importante pensar em política de atuação. Para Clezio de Nardin, se não for estabelecida uma política de atuação e manutenção, que contemple formação continuada, assimilação de profissionais e que envolva dispêndio com custeio, o Brasil corre o risco de formar profissionais capacitados e tê-los absorvidos por empresas no exterior. Segundo ele, a formação de profissionais deve ser feita em duas fases. A primeira delas é manter a excelência nas pós-graduações existentes para manter o fluxo de bons profissionais em uma cadência desejável, a fim de atender as demandas existentes de pesquisa e desenvolvimento de aplicações. A segunda é a criação de possibilidade de formações de profissionais multi-disciplinares com competência em gestão científica, jornalismo científico, formação didática em ciência espacial e o encaminhamento destes profissionais aos ambientes onde eles são necessários, ou seja, centros de pesquisa e operação (gestores), imprensa especializada, relações públicas e universidades (jornalistas), e cursos universitários em ciências exatas. “A previsão e os negócios associados com Clima Espacial são atividades do futuro e estarão presentes nas nossas vidas, gostemos ou não. E, por se tratar de um setor em formação que será seguido por uma fase de expansão, a demanda por profissionais das mais diversas áreas é alta”, conclui Clezio.

Hoje, existem no Brasil vários programas de pós-graduação de excelente qualidade que incluem dentro de suas atividades questões relacionadas ao estudo da variabilidade e dos efeitos do Clima Espacial. Porém, a adesão é baixa. Para Jean Pierre Raulin é preciso uma maior divulgação com objetivo de incentivar novos estudantes nas áreas de física, engenharia elétrica e engenharia da computação, dentre outras. “Programas internacionais como ISWI (e o *IHY-International Heliophysical Year* antes), o SWPC (*Space Weather Prediction Center*) fazem isso há mais de dez anos, providenciando material sobre fontes e efeitos do Clima Espacial em diferentes níveis”, cita o geofísico.

Foto: Arquivo pessoal



Para **João Galera**, pesquisador do Departamento de Cartografia da Universidade Estadual Paulista (UNESP), o obstáculo técnico encontrado pelos geofísicos espaciais brasileiros para uma efetiva contribuição para previsões de Clima Espacial é desenvolver não só pesquisa básica, mas também

aplicada. Além de melhorar os modelos de assimilação e previsão e a infraestrutura de coleta de dados dos estabelecimentos de previsão. “Para realização de uma boa previsão são necessários *softwares* para previsão e assimilação, e acredito que ainda não temos os computadores adequados para o uso e desenvolvimento de tais *softwares*. O problema é apenas uma porção muito pequena da sociedade ter a noção da importância do Clima Espacial para suas atividades, tão dependentes das modernas tecnologias. A relevância está na redução de custos de des-

locamentos para o desenvolvimento de atividades que são prejudicadas por eventos extremos, na agricultura de precisão que usa GNSS em tempo real e sofre com os eventos de cintilação. E acredito que também na aviação civil, que ainda não dispõe de sistema GBAS no Brasil relacionadas com a cintilação ionosférica”, comenta João Galera.

Contudo, os maiores desafios ainda existentes para o estabelecimento da previsão de Clima Espacial, são os desafios globais. Ainda são necessárias informações sobre o sol e suas estruturas, bem como dados mais precisos sobre onde ocorrem as reconexões magnéticas que permitem a entrada do material solar para dentro do sistema terrestre na causa magnética. Ainda faltam mapeamentos mais completos dos sistemas geológicos do território nacional e informações mais detalhadas sobre os diversos ambientes espaciais durante interações do sistema solar-terrestre. E, finalmente, um sistema global organizado para disseminar as informações entre os diversos grupos de pesquisa e desenvolvimento.

Curta a SBGf  
no facebook!



[www.facebook.com/sbgf.org](http://www.facebook.com/sbgf.org)



TOCANDO O  
INVISÍVEL

TECNOLOGIA GEOFÍSICA APLICADA AO E&P

Processamento sísmico

Pré-condicionamento

Caracterização de reservatório

Inversão sísmica

EQUIPE ESPECIALIZADA EM PROJETOS DE P&DI

[www.invisiongeo.com.br](http://www.invisiongeo.com.br)

## Uma Faceta da Personalidade do Dr. Acyr Ávila da Luz

Por Roberto Breves Vianna

Geólogo pela USP; Pós-graduado em Geofísica pela UFBA (Convênio CENAP/Petrobras); Safety Manager (Austin, Texas, EUA); Engenheiro em Segurança do Trabalho e Perito Judicial em Insalubridade e Periculosidade pela Uff

Uma vez por mês, os veteranos geólogos e geofísicos aposentados, ex-funcionários da Petrobras, se reúnem em um restaurante no Rio de Janeiro para um almoço de confraternização. A idade média dos participantes é de tal ordem que o evento já ganhou um codinome jocoso: "allvelho", um neologismo criado com a junção de palavras dos idiomas inglês e português. Em resumo, "tudo velho", já que no almoço a juventude passa longe.

Para corroborar, uma foto tirada em um dos últimos eventos, do qual participou o Dr. Acyr, ladeado pelos colegas José Ignácio e Alberto, tendo ao fundo em pé, os Robertos: Gonçalves e Vianna.

Pois é justamente sobre o Dr. Acyr Ávila da Luz, recentemente falecido, que eu gostaria de escrever para relembrar um episódio de sua vida, do qual eu participei ativamente e que demonstra muito bem sua personalidade, centrada na justiça e no bem espargido entre as pessoas que tiveram o privilégio de conviver com ele.

No "allvelho" de julho/2016, o Dr. Acyr lançou seu último livro, sobre a história da exploração de petróleo no Brasil. O evento foi anunciado com antecedência e eu estava pronto para comparecer, principalmente porque queria compartilhar com o Dr. Acyr a mesma emoção que eu sentira há muitos anos, quando tive a oportunidade de conhecer uma faceta da personalidade do então meu chefe supremo, na época Superintendente de Exploração e Produção na Região de Produção da Bahia (RPBA).

Lamentavelmente, alguns dias antes, fui acometido por uma súbita e inesperada doença, de modo que não pude me encontrar com o mestre. A meu pedido, um colega me representou, recebi um exemplar autografado do livro, mas deixei de me comunicar com o autor.

Tudo bem, pensei. Não comento com ele agora, fica para uma próxima vez...

Não haverá próxima vez...em 13 de agosto de 2016 Dr. Acyr nos deixou para sempre, deixando, no entanto, o legado de seus exemplos de humanidade, uma das características marcantes de sua personalidade.

Passo a contar para vocês o episódio nunca esquecido, que nos aproximou e marcou muito nossa convivência. Tive inúmeras oportunidades depois do acontecido de contar os desdobramentos de sua atitude, mas envolvidos ambos nos turbilhões do trabalho, nunca encontrei uma oportunidade de comentar com ele o fato. Lamento agora, apenas ressalto a verdade contida no lema: "não deixe para depois o que pode fazer agora"!

Corria o ano de 1968, eu havia acabado de concluir o CBAG (Curso Básico de Geofísica) patrocinado pela Petrobras/CENAP e Universidade Federal da Bahia - UFBA, em Salvador. Originalmente lotado na SRAZ, eu havia sido recentemente transferido para a RPBA, onde Dr. Acyr era o responsável pela exploração e produção. Nunca o havia encontrado antes, e a distância que nos separava era a de um

homem experiente e notoriamente conhecido no cenário da indústria do petróleo no país e um geofísico de campo, recentemente incorporado ao quadro técnico da região.

Lamentavelmente, em um acidente com o veículo que dirigia, quando ia ocupar seu posto de geólogo de poço, na bacia de Tucano, o colega Jacy Ferreira da Silva, veio a falecer. Foi um acontecimento que repercutiu muito em nosso meio geológico, Jacy era uma pessoa muito querida pelos colegas. Seu sepultamento foi realizado em Salvador, apesar da família ser de São Paulo.

Jacy foi meu contemporâneo na USP. Entramos juntos, no ano de 1958, e participamos das festas da faculdade. Jacy, tal qual eu, admirava muito as músicas de Noel Rosa, o que nos aproximou bastante. No curso, eu fiquei pelo caminho em 1960 e Jacy se formou em 1961, ingressando na Petrobras em 1962, como geólogo de poço, sendo designado para a SRAZ.

No ano seguinte, 1963, ingressei na "Peroba" e fui encontrar o Jacy, e outros colegas, em Belém do Pará, estreitando ainda mais nossa amizade. Era folclórica a estória da disputa entre Jacy e um sondador, conhecido como Don Birro, que aconteceu no poço de Fordlandia. Os dois se empenharam em uma disputa, durante a folga, sobre quem bebia mais. Lá por certa hora Don Birro, enorme, forte como um touro, desabou e o Jacy, magrinho, continuou na dele... bebendo seu limãozinho...

Bem, voltando à Bahia, com a desativação de sondas na Amazônia, Jacy foi transferido para a RPBA, mais especificamente para trabalhar na bacia do Tucano. Quando se dirigia ao trabalho, sofreu o acidente, que resultou em sua morte.

Um pouco depois de seu falecimento, estava eu trabalhando na Jequitiaia, quando a secretária do setor de geofísica veio me dizer que um senhor desejava falar comigo.

Fui ver quem era, curioso por saber quem iria me procurar no serviço, e me deparei com o pai do Jacy.

Eu conhecia a família dele, moravam em um bairro na periferia de São Paulo, lembro-me bem, era uma casinha muito simples, a última da rua, uma ladeira sem calçamento e sem iluminação. A mãe de Jacy era magrinha, miúda, despertava uma vontade de amparo, de proteção, nas pessoas que a conheciam. O pai, soldado reformado da então Força Pública, atual Polícia Militar, e um irmão, instrutor de jiu-jitsu, moravam na casa onde uma vez estive. A pobreza da família era evidente, Jacy depois de formado enviava uma boa parte de seu salário para seus pais, na verdade ele era o arrimo da família.

Quando de nossa contratação pela Petrobras, foi-nos comunicado que existia um seguro de acidente, que no caso de morte, seria pago aos dependentes. Era sobre isto que o Sr. José (o chamarei assim) queria falar comigo. Estava abatido, muito triste mesmo, percebia-se que a morte do filho o abalara muito, era um verdadeiro ancião. A recusa

## MEMÓRIA DA GEOFÍSICA

do pagamento do seguro deixara-o ainda mais prostrado.

Ele havia procurado o Setor de Assistência Social e fora informado que não tinha direito ao benefício, pois não era dependente direto do acidentado. Jacy não havia indicado beneficiário, e assim ele estava ali, pedindo uma orientação para mim, que conhecera quando da minha visita ao seu lar.

Eu imaginava muito bem as provações que a família estava passando. A mãe, doente, o pai reformado, com um soldo insuficiente, o irmão ajudava no que podia, mas a família estava passando necessidades. O valor do seguro certamente não traria o filho de volta, mas era uma forma de assegurar a presença dele, como arrimo dos pais.

Disse ao Sr. José que iria ajudá-lo como pudesse e levei-o para meu apartamento, pois percebi que ele precisava de amparo.

Na época, minha filha Alice Regina, estava com cerca de um ano de idade, como pai coruja posso afirmar que era uma criança linda, muito vivaz, aprendendo a andar, enfim, encantava a todos que a conheciam. Minha esposa, Wanda Regina, apesar da surpresa da presença do senhor idoso, preparou um jantar magnífico e ficamos a conversar até altas horas, quando então fui levá-lo a um hotel modesto, na Cidade Baixa, onde ele se hospedara. O apartamento, pequeno, não comportava um hóspede e, além do mais, todos os seus pertences estavam no hotel.

Fiquei a matutar o que eu poderia fazer para ajudar o Sr. José. Eu tinha plena convicção das necessidades da sua família, mas como prová-lo? Os burocratas, e existiam muitos deles na Petrobras, seguem a letra morta dos regulamentos, não se deixam influenciar pelos sentimentos.

No dia seguinte, pela manhã, lá estava o Sr. José, confiante em minha ajuda. Juntei toda coragem que tinha e resolvi pedir uma audiência com o superintendente, Dr. Acyr, figura na minha concepção, praticamente inatingível.

Marcada a reunião para a parte da tarde, pela manhã levei o Sr. José ao tumulto de Jacy e me afastei, deixando-o em paz, para curtir as dores da perda. Por razões de saúde, ele não pudera viajar a Salvador, e o enterro se fez sem nenhum parente presente.

E à tarde, na hora aprazada, lá fomos eu e o Sr. José à presença do superintendente.

Fomos recepcionados de forma surpreendente. O Dr. Acyr, de voz mansa e cativante, deixou sua mesa e abraçou o Sr. José, apresentando suas condolências. Depois, dirigindo-se a mim que nunca havia visto antes, perguntou o motivo da reunião.

Disse-lhe tudo, falei do seguro, da penúria da família, da recusa dos burocratas e da, na minha opinião, absoluta necessidade do Sr. José receber a importância que iria minimizar a perda de um filho querido, arrimo do lar.

Dr. Acyr ouviu-me com interesse, não me interrompeu nenhuma vez e ao final de minha fala concordou comigo, dizendo que iria autorizar o pagamento, sob sua responsabilidade. Apenas afirmou que não poderia fazê-lo de imediato, havia providências formais a serem cumpridas e pediu para nós retornarmos em 15 dias.

O animo do Sr. José modificou-se completamente após nossa reunião. Manifestou sua confiança na promessa, agradeceu efusivamente a atenção que lhe fora dispensada

e prometeu regressar a Salvador no prazo delimitado. Após a reunião, fomos à rodoviária, na época no bairro de Sete Portas e comprei a passagem do ancião, que disse que não entraria em um avião nem amarrado, tinha pavor de voar, preferia enfrentar as 36 horas de estrada, que separavam Salvador de São Paulo. Adquiri a passagem para a manhã do dia seguinte, o ancião estava ansioso por dar a boa nova à família.

Levei-o novamente à minha casa, tomamos um lanche substancioso, e fomos conversar na sala, quando então fomos, eu e Wanda Regina, surpreendidos com um pedido do Sr. José.

Ele se declarou encantado com nossa filha e pediu que déssemos a ele um retrato da menina. Não perguntamos o motivo da solicitação, tínhamos um retratinho 3 por 4 da criança e a demos ao Sr. José. Após isso, fui levá-lo ao hotel, que ficava próximo à rodoviária, ele me disse que iria caminhando no dia seguinte até o embarque no ônibus.

Vinte dias depois, lá estava o ancião novamente em Salvador, me procurou na Jequitaita e fomos até a Assistência Social, onde, como prometido pelo Dr. Acyr, lá estava o cheque, se não me engano correspondia a 40 salários-base, uma pequena fortuna. O Sr. José fez questão de agradecer ao Dr. Acyr, mesmo sem marcarmos entrevista, ele nos recebeu com carinho, disse que não havia feito mais do que sua obrigação e abraçou o ancião, que estava emocionado.

Novamente, o mesmo ritual. Dirigi meu fusca até Sete Portas, comprei a passagem para o dia seguinte e novamente levei o velhinho para jantar em casa.

Foi então que aconteceu um episódio inesperado, que nos emociona até os dias de hoje, ao relembrar o fato.

O velhinho tirou um embrulhinho do bolso, uma caixinha porta-jóias e a entregou a Wanda Regina, como uma pequena lembrança pelo auxílio que havíamos prestado.

Aberta a caixinha, outra surpresa, que me deixou com os olhos marejados e fez minha esposa chorar, em um misto de perplexidade e alegria. No seu interior, havia uma jóia de imenso valor, um pendente de ouro com a foto de minha filha, encastado por diamantes pequeninos e preso a uma corrente também de ouro, muito delicada, em harmonia com a fotografia de uma criança.

A lembrança nos deixou comovidos, desde o momento em que solicitara a fotografia, o Sr. José já estava planejando a confecção da jóia. Certamente, ainda não a havia pago, dependia do recebimento do seguro, o que comprova a imensa confiança que ele teve de recebê-lo, após a conversa com o Dr. Acyr. Eis aí mais uma qualidade dele, sua palavra transpirava confiança.

Nem é preciso dizer que minha filha, hoje Dra. Alice Regina, médica pediatra, ainda guarda com imenso carinho a jóia, consciente do imenso valor sentimental que representa.

Nunca tive oportunidade de contar esta estória ao Dr. Acyr, gostaria de tê-lo feito antes de sua morte, mas agora, divido com vocês a emoção que a atitude firme, justa e humana, daquele que foi em vida um exemplo de honestidade, compromisso com a verdade, dedicação ao trabalho e sobretudo uma pessoa extremamente humanitária. Foi um privilégio conviver com ele, no trabalho e no convívio social.

## Correntes Geomagneticamente Induzidas

Livia R. Alves – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE (livia.alves@inpe.br)

Antonio L. Padilha – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE (antonio.padilha@inpe.br)

Assegurar a manutenção do fornecimento de energia elétrica e de sua qualidade é um tema que tem exigido grandes esforços técnicos e científicos nos últimos anos. Isso ocorre pelo fato de o fornecimento de energia elétrica estar constantemente exposto a agentes internos e externos ao sistema de transmissão de energia, os quais podem comprometer a qualidade do serviço. Dentre os eventos externos, destacam-se os meteorológicos e os de Clima Espacial.

Compreende-se aqui como Clima Espacial a ocorrência de fenômenos solares que impactam o ambiente espacial de forma recorrente e afetam os astros e artefatos no espaço. Particularmente, os efeitos do Clima Espacial sobre a Terra são consequência de diversos fatores, os quais incluem o comportamento do Sol, o espaço interplanetário, o campo magnético terrestre e a natureza da atmosfera. Explosões e ejeções solares injetam grande quantidade de massa e energia solar no meio interplanetário, formando o vento solar e seus transientes. Essas estruturas alcançam a Terra e provocam tempestades geomagnéticas e uma série de fenômenos geofísicos que afetam desde o funcionamento de satélites em órbita da Terra, até sistemas tecnológicos instalados na superfície do planeta. Nesse último caso, correntes elétricas induzidas no interior da Terra por variações do campo geomagnético, associadas a eventos solares extremos, podem afetar transformadores de linhas de transmissão de energia e a proteção catódica de dutos para transporte de óleo e gás (Pirjola et al., 2005, Trivedi et al., 2007). Na terminologia científica, essas correntes elétricas são denominadas GIC (do inglês para correntes geomagneticamente induzidas). Os efeitos oriundos desses eventos do Clima Espacial representam um desafio à comunidade científica e tecnológica quanto ao seu acompanhamento, previsão e mitigação.

Dentre os fenômenos geomagnéticos que são monitorados pelos diversos centros regionais de Clima Espacial instalados em diferentes países, as tempestades geomagnéticas são as mais energéticas e com potencial para afetar a infraestrutura tecnológica da civilização moderna. Essa possibilidade foi dramaticamente demonstrada durante uma grande tempestade magnética ocorrida em março de 1989, quando campos geoeletricos induzidos por essa tempestade atingiram a rede de energia elétrica Hydro-Québec do Canadá. Relés de proteção falharam, a rede entrou em colapso e cerca de 9 milhões de pessoas ficaram temporariamente sem eletricidade (Bolduc, 2002). Essa tempestade magnética, embora intensa, não se compara a algumas que já foram observadas no passado. A tempestade magnética mais intensa que já foi registrada seguiu-se a uma explosão solar observada pelos astrônomos Richard Carrington e Richard Hodgson em setembro de 1859. De acordo com alguns cenários, a ocorrência de uma tempestade magnética desse porte nos dias de hoje poderia causar falhas generalizadas nas redes de energia elétrica em todo o globo, com um impacto imenso sobre a economia e a segurança mundial (NRC, 2008).

Regiões de alta latitude são particularmente sensíveis às GIC, devido aos intensos sistemas de correntes elétricas presentes na ionosfera dessas regiões (eletrojato auroral e as correntes de Birkeland alinhadas ao campo geomagnético). Por outro lado, a

ocorrência de GIC de grande intensidade seria improvável em regiões de baixas e médias latitudes, o que tem se confirmado pelo monitoramento desenvolvido pelo INPE junto a uma subestação de FURNAS em Itumbiara, Estado de Goiás. Nos últimos anos, porém, têm sido construídas linhas de transmissão cada vez mais longas para transportar grandes quantidades de energia por distâncias cada vez maiores, com o objetivo de melhorar a robustez e a capacidade desses sistemas no fornecimento de energia a preços competitivos. A tendência de aumento da interconectividade entre as redes de energia também aumenta sua suscetibilidade à ocorrência de GIC, mesmo em baixas latitudes. Como consequência, existem relatos recentes de GIC de magnitudes significativas perturbando subestações chinesas (Liu et al., 2009), e até mesmo causando falhas em transformadores na África do Sul (Ngwira et al., 2009). Com o objetivo de monitorar e prever a resposta do ambiente Sol-Terra às contínuas mudanças da atividade solar, incluindo possíveis falhas de sistemas tecnológicos em operação no Brasil que possam ser associadas a eventos solares extremos, foi criado no INPE um programa para monitoramento e previsão do Clima Espacial. Esse programa disponibiliza em tempo real dados provenientes de medidas de vários parâmetros importantes, incluindo a variação do campo geomagnético (ver <http://www2.inpe.br/climaespacial/portal/pt/>).

### Indução eletromagnética e GIC

Durante uma tempestade magnética, o campo geomagnético observado na superfície da Terra apresenta significativas variações de magnitude em função do tempo. De acordo com a lei de indução de Faraday, essas variações temporais do fluxo do campo magnético ( $\Phi_B$ ) vão induzir um campo elétrico (E) em um meio condutor (interior da Terra),

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{l} = - \frac{d\Phi_B}{dt}.$$

De acordo com a lei de Snell, no interior da Terra a frente de onda formada pelo campo magnético transmitido e pelo campo elétrico induzido vai se propagar verticalmente devido ao contraste de condutividade entre o interior da Terra (meio condutor) e o ar (meio isolante). Também, esses campos magnéticos e elétricos vão ser ortogonais para o caso de uma Terra sem contraste lateral de condutividade (unidimensional - 1D). Para regiões nas quais a condutividade varie lateralmente (Terra multidimensional, 2D ou 3D), os campos deixam de ser ortogonais e surge uma componente vertical. A profundidade de penetração desses campos no interior da Terra é governada pela profundidade pelicular ("skin depth"), cuja expressão mostra que a amplitude do sinal eletromagnético diminui com a profundidade, em função da raiz quadrada do período e da condutividade elétrica dos materiais do meio. Assim, os campos penetram maiores profundidades para períodos mais longos e/ou rochas com menor condutividade (mais resistentes). Para os valores típicos de condutividade observados na Terra, campos induzidos em períodos da ordem de 1000 s penetram até dezenas de quilômetros de profundidade (até

## ARTIGO TÉCNICO

a base da crosta terrestre), enquanto períodos mais longos (superiores a 10.000 s) podem penetrar até centenas de quilômetros de profundidade (manto superior terrestre).

O campo elétrico induzido (E) relaciona-se linearmente com a corrente elétrica (J) através da lei de Ohm

$$\vec{J} = \sigma \vec{E},$$

sendo  $\sigma$  a condutividade elétrica do meio. A essa corrente induzida no interior da Terra como efeito do Clima Espacial denomina-se GIC.

Genericamente, as GIC são correntes com frequência da ordem de milihertz e que por isso são consideradas correntes quase-DC, quando comparadas com a frequência de oscilação das redes de transmissão de energia. Sua intensidade pode ser obtida tanto por métodos experimentais ou através de modelagens, conforme descrito nas próximas seções.

### Resultados obtidos por medições

Os métodos de medição utilizados com maior frequência são: a determinação da corrente elétrica através da comparação de dados de magnetômetros posicionados embaixo da linha de transmissão, com dados de outros magnetômetros posicionados distante da linha e a medição direta da corrente por efeito Hall, utilizando um medidor instalado de forma passiva no neutro do transformador de uma subestação.

A técnica de medição baseada no emprego de magnetômetros foi utilizada no Brasil em campanhas realizadas nos anos 2000 e forneceu os primeiros registros de GIC que se tem conhecimento em nosso país. No procedimento utilizado, tanto as componentes do campo referentes à operação da linha de transmissão (60 Hz e seus harmônicos), como àquelas referentes às oscilações do campo magnético da Terra são removidas, restando apenas os campos magnéticos diretamente relacionados às GIC. A partir desse resultado e considerando a distância entre o instrumento no solo e a altura das linhas onde fluem as correntes, aplica-se a lei de Biot-Savart para o caso do campo magnético em um condutor infinito linear:

$$B = \frac{\mu \cdot I}{2\pi \cdot r} \therefore GIC = \frac{B \cdot r}{200}$$

onde B é o campo magnético em Tesla, I é a corrente em Ampères, r é a distância em metros do condutor ao instrumento de medição e  $\mu$  é a permeabilidade magnética do ar ( $\mu=400 \cdot \pi$  nH.m-1).

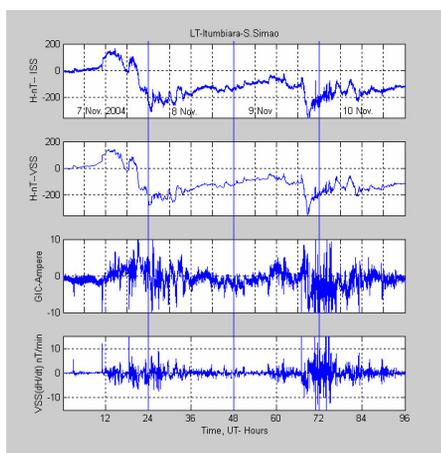


Fig. 1 - GIC registrada na linha Itumbiara-São Simão durante tempestade magnética em Novembro de 2004. São mostradas a variação da componente H do campo magnético para um magnetômetro sob a linha (ISS), essa mesma variação no observatório de Vassouras (VSS), a GIC calculada sob a linha e a variação da derivada temporal do campo em Vassouras (assemelhada da GIC)

Os detalhes dessa campanha e os resultados obtidos por essa medição podem ser encontrados em apresentações em congresso e publicações (Soares et al., 2005, 2006; Trivedi et al., 2007), e mostraram correntes que chegaram a 15 A durante uma tempestade magnética. A Figura 1 mostra o exemplo de uma tempestade registrada em novembro de 2004 na qual se registrou GIC com amplitude de até 10 A.

A segunda técnica de medição, baseada no efeito Hall, esteve operando de 2009 a 2014 na subestação de Itumbiara. Durante esse período foram observados 32 eventos que puderam ser associados a tempestades magnéticas com intensidades que variaram de moderadas a intensas (Alves et al., 2015, 2016; Barbosa et al., 2015). Não houve qualquer registro de ocorrência de GIC em dias em que não houvesse tempestade. Observou-se que os valores de correntes medidos durante as tempestades variaram de 3 a 8,5 A (podendo chegar a 15 A, conforme Trivedi et al., 2007). A duração dos eventos é da ordem de minutos em tempestades moderadas, mas pode chegar a algumas horas em tempestades intensas.

### Resultados obtidos por modelagem

A intensidade da GIC pode ser obtida por meio do cálculo do campo geoeletrico induzido durante uma tempestade e dos parâmetros da linha de transmissão (sua extensão e impedância). Para isso é necessário conhecer a amplitude de variação do campo geomagnético na região onde a instalação está aterrada. Na maioria dos casos, usam-se métodos de cálculos de correntes induzidas quando não se tem resultados de medições. Esse método foi utilizado no Brasil para se estimar os valores de GIC durante as tempestades intensas ocorridas no ciclo solar 23, período em que as medições ainda não haviam sido iniciadas (Barbosa et al., 2015). Os resultados obtidos demonstraram que durante tempestades intensas a amplitude da GIC pode atingir até 30 A. Mostraram também que em latitudes baixas, como é o caso do Brasil, a intensidade da tempestade (referenciada pelo índice de atividade magnética - Dst), não está diretamente relacionada com a intensidade da corrente gerada, como pode ser observado na Figura 2.

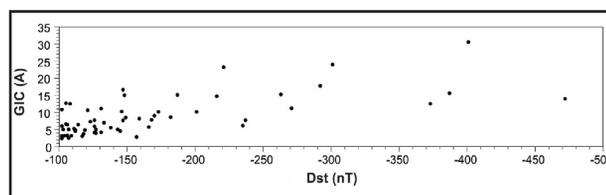


Fig. 2 - Amplitude máxima diária calculada para as GIC na subestação de Itumbiara em função da intensidade do índice Dst durante o ciclo solar 23.

A intensidade da GIC pode ainda ser obtida por meio de métodos numéricos de interpolação do campo geomagnético. Nesse caso, são utilizados arranjos de magnetômetros instalados na superfície da Terra, originalmente utilizados para realizar observações sobre variações do campo geomagnético por longo período de tempo. A metodologia utilizada consiste em derivar sistemas equivalentes de correntes ionosféricas que reproduzam as variações geomagnéticas observadas na superfície (Haines & Torta, 1994). Desde que se disponha de informações sobre a distribuição local de condutividade elétrica no interior da Terra, pode-se estimar o campo elétrico induzido em qualquer ponto na área onde se situem os magnetômetros, sem a necessidade de medi-lo diretamente sob a linha de transmissão ou o duto que se queira avaliar. Utilizando esse método, Caraballo et al. (2013) estimaram que uma corrente de 15 A atingiu o neutro do transformador em uma subestação no Uruguai durante uma tempestade magnética severa.

### Olhando para o futuro

Em resumo, o conhecimento sobre possíveis efeitos deletérios da indução eletromagnética nos sistemas tecnológicos de grande porte em operação na superfície da Terra é de crescente relevância para a sociedade moderna, mas ainda está em estágio inicial de desenvolvimento quando comparado com aquele das atividades meteorológicas. As observações realizadas até agora no Brasil mostram a ocorrência de GIC com amplitude de dezenas de ampères durante tempestades intensas. Correntes dessa amplitude não seriam capazes de produzir danos sérios aos transformadores, mas poderiam fazê-los funcionar fora de seu regime ideal reduzindo sua vida útil no caso de a rede não estar protegida por capacitores em série. Conforme ressaltado por Love et al. (2014), somente uma colaboração continuada envolvendo grupos acadêmicos, órgãos financiadores e o setor privado pode ajudar a manter e expandir o monitoramento operacional e a modelagem dos efeitos do Clima Espacial em tempo real, de modo que os riscos associados a essas correntes induzidas possam ser melhor compreendidos, avaliados, e previstos a longo prazo.

### Referências

ALVES LR, SOARES AP, LUZ GS, PADILHA AL, PÁDUA MB, NETTO AMV & KABATA W. 2015. Revisitando as correntes geomagneticamente induzidas no Brasil: os 5 anos de dados de Itumbiara. Proceedings of the XXIII SNPTEE, Foz do Iguaçu, PR.

ALVES LR, BARBOSA C, CARABALLO R, HARTMANN GA, PAPA ARR & PIRJOLA R. 2016. Geomagnetically induced currents measured in Brazil: 5 years of monitoring during solar cycle 24. *Latinmag Letters*, 6, Special Issue, A01, 1-5.

BARBOSA C, ALVES L, CARABALLO R, HARTMANN GA, PAPA ARR & PIRJOLA R. 2015. Analysis of geomagnetically induced currents at a low-latitude region over the solar cycles 23 and 24: comparison between measurements and calculations. *J. Space Weather Space Clim.*, 5, A35, doi: 10.1051/swsc/2015036.

BOLDUC L. 2002. GIC observations and studies in the Hydro-Québec power system. *J. Atmos. Sol. Terr. Phys.*, 64, 1793-1802.

CARABALLO R, BETTUCCI LS & TANCREDI G. 2013. Geomagnetically induced currents in the Uruguayan high-voltage power grid. *Geophys. J. Int.*, 195: 844-853.

HAINES GV & TORTA JM. 1994. Determination of equivalent current sources from spherical cap harmonic models of geomagnetic field variations. *Geophys. J. Inter.*, 118, 499-514.

LIU CM, LIU LG, PIRJOLA R & WANG ZZ. 2009. Calculation of geomagnetically induced currents in mid- to low-latitude power grids based on the plane wave method: A preliminary case study. *Space Weather*, 7, S04005, doi:10.1029/2008SW000439.

LOVE JJ, RIGLER EJ, PULKKINEN A & BALCH CC. 2014. Magnetic storms and induction hazards. *Eos Trans. AGU*, 95, 445-446, doi:10.1002/2014EO480001.

NGWIRA CM, MCKINNEL LA, CILLIERS PJ, VILJANEN A & PIRJOLA R. 2009. Limitations of the modeling of geomagnetically induced currents in the South African power network. *Space Weather*, 7, S10002, doi: 10.1029/2009SW000478.

NRC. 2008. Severe Space Weather Events - Understanding Societal and Economic Impacts: A Workshop Report. National Research Council of the National Academies, National Academies Press, Washington, 144 pp.

PIRJOLA R, VILJANEN A, PULKKINEN A, KILPUA S & AMM O. 2005. Ground effects of space weather: Space weather effects on electric power transmission grids and pipelines. In: DAGLIS IA (Ed.). *Effects of Space Weather on Technology Infrastructure*. Kluwer, p. 135-256.

SOARES AP, LUZ GS, TRIVEDI NB, KABATA W, PADILHA AL & DUTRA SLG. 2005. Simulação computacional dos efeitos das Correntes Geomagneticamente Induzidas (GIC) em linhas de transmissão na Região Sudeste do Brasil. Proceedings of the XVIII SNPTEE, Curitiba - PR.

SOARES AP, TRIVEDI NB, VITORELLO I, LUZ GS, DUTRA SLG & KABATA W. 2006. Evaluation of Geomagnetically Induced Currents (GIC) effects on Electrical Power Systems in the Southeastern Brazilian Region. Proceedings of the X SEPOPE, Florianópolis - SC.

TRIVEDI NB, VITORELLO I, KABATA W, DUTRA SLG, PADILHA AL, BOLOGNA MS, PÁDUA MB, SOARES AP, LUZ GS, PIRJOLA R & VILJANEN A. 2007. Geomagnetically induced currents in an electric power transmission system at low latitudes in Brazil: A case study. *Space Weather*, 5, S04004, doi:10.1029/2006SW000282.

Atualize seu cadastro  
no site

[www.sbgf.org.br](http://www.sbgf.org.br)

Grupo de

**GEOFÍSICA  
COMPUTACIONAL**



CONTATO: [pmario@tecgraf.puc-rio.br](mailto:pmario@tecgraf.puc-rio.br) | 21 99874 2888

## Reconexão Magnética na Magnetosfera

Maria Virginia Alves, Roberta Gonçalves Schmitz – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais INPE (mvirginia.alves@inpe.br)

Em uma sociedade cada vez mais dependente de serviços espaciais, os efeitos do Clima Espacial aumentam em importância, pois podem causar alterações na órbita de satélites, interrupções em sinais de telecomunicações e afetar, inclusive, sistemas tecnológicos na superfície da Terra. Os conceitos físicos que embasam os processos do Clima Espacial dizem respeito ao Sol, fenômenos de erupção solar, ao vento solar, magnetosfera, ionosfera e indução geomagnética no interior da Terra. Embora vários sejam os fatores que determinam o Clima Espacial, em última análise o Sol pode ser considerado como a principal fonte de energia a alimentar o complexo sistema Sol-Terra. Acredita-se que o principal mecanismo responsável por converter a energia magnética solar em energia térmica e cinética, mais a radiação eletromagnética dos transientes solares, seja a reconexão magnética (RM). Entretanto, a RM não explica apenas as erupções solares como os “flares” e as ejeções coronais de massa (CME). Ela também acontece quando as partículas carregadas fluindo do Sol atingem a Terra e interagem com sua magnetosfera, permitindo a entrada de massa, momento e energia, desta forma alterando o sistema de correntes da magnetosfera e gerando as auroras e as tempestades e subtempestades magnéticas.

Os primeiros esforços analíticos propostos para explicar o processo de RM segundo a perspectiva da magneto hidrodinâmica (MHD) foram recentemente sumarizados por Souza et al. (2016). De fato, vários avanços teóricos no conhecimento sobre RM foram obtidos com base na teoria MHD. Em paralelo, observações recentes e modelagens cinéticas trouxeram uma visão mais detalhada do que ocorre nas regiões de RM da magnetosfera (Gonzalez & Parker, 2016).

A magnetosfera terrestre é o resultado da interação do vento solar e do campo magnético interplanetário (IMF) carregado por ele com o campo magnético terrestre. A forma da magnetosfera é determinada pelo balanço entre a pressão exercida pelo vento solar e o IMF e a pressão do plasma e campo magnético terrestre. A magnetosfera se estende por aproximadamente 10 raios terrestres no lado diurno e apresenta uma longa cauda magnética no lado noturno que vai além da Lua. A magnetopausa é o nome dado à região que separa o campo magnético da Terra do IMF, ou seja, a fronteira entre a magnetosfera e o vento solar. Reconexão magnética ocorre em plasmas onde campos magnéticos com direções opostas se rompem e se fundem, transformando energia magnética em energia cinética e calor. Esse processo ocorre entre o IMF e o campo magnético terrestre no lado diurno da magnetosfera, transferindo energia do vento solar ao espaço próximo à Terra. Ocorre ainda no lado noturno, na cauda magnética. A Figura 1 apresenta uma ilustração da magnetosfera terrestre e indica a localização de regiões onde ocorre a RM, para a configuração magnética ilustrada. Saliente-se que a RM não acon-

tece da mesma maneira no lado diurno e noturno, como veremos a seguir.

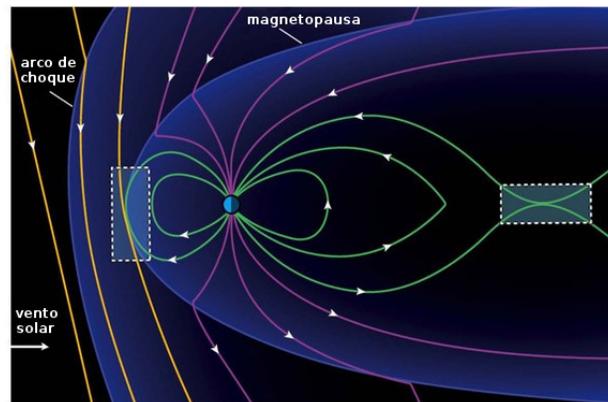


Fig.1 – Ilustração da magnetosfera. As linhas representam o campo magnético e as caixas indicam as regiões de RM, lado diurno (ou subsolar) à esquerda e noturno à direita. O vento solar que emana do sol atinge a magnetosfera, gerando um arco de choque; o limite entre o vento solar e a região dominada pelo campo geomagnético é chamado de magnetopausa.

As investigações sobre o fenômeno de reconexão magnética na magnetosfera terrestre começaram com Dungey (1961), o qual desenvolveu a premissa básica da RM como uma mudança na topologia do campo magnético. Em seu modelo, existe um ponto neutro que se forma quando o IMF está direcionado para o sul, em direção oposta ao campo geomagnético, podendo assim ocorrer reconexão. Já naquela época, esse autor propôs que a RM poderia ocorrer mesmo quando o IMF está direcionado para o norte. Nesse caso, as linhas do campo geomagnético estão paralelas às linhas do IMF, e o fluxo de campo magnético é arrastado da magnetopausa subsolar em direção à magnetopausa noturna e a reconexão acontece no cúspide polar (região na Figura 1 indicada pelas linhas de cor magenta, saindo ou entrando dos polos geomagnéticos). A transferência de energia do vento solar para a magnetosfera nesse último caso é muito mais fraca do que a que ocorre no caso em que o IMF está na direção sul (Gonzalez & Parker, 2016).

As variações das propriedades do plasma na magnetopausa terrestre no lado magnetosférico dependem das condições do meio interplanetário (Cassak & Fuselier, 2016). A Tabela 1.1 mostra os principais parâmetros de plasma na magnetopausa terrestre subsolar.

| Parâmetro                     | Valor típico      |
|-------------------------------|-------------------|
| Magnetosférico                |                   |
| $n_{MS}$ ( $\text{cm}^{-3}$ ) | 0,1               |
| $B_{MS}$ (nT)                 | 56                |
| $T_{i,MS}$ ( $\times 10^5$ K) | $2,4 \times 10^3$ |
| $c_{A,MS}$ (km/s)             | $3,9 \times 10^3$ |
| $\beta_{MS}$                  | 0,27              |

Tabela 1.1 - Parâmetros típicos de plasma no lado magnetosférico da magnetopausa terrestre subsolar: densidade,  $n$ , intensidade do campo magnético,  $B$ , temperatura dos íons,  $T_i$ , velocidade de Alfvén,  $CA$  e parâmetro  $\beta$  de plasma (Cassak & Fusilier, 2016).

A RM pode ser um processo simétrico ou assimétrico. RM simétrica ocorre quando as densidades do plasma e as intensidades dos campos que estão se reconectando são similares nos dois regimes de plasma. Quando um ou ambos os parâmetros citados diferem significativamente a reconexão é assimétrica.

A RM simétrica é a mais investigada, uma vez que é o caso em que uma abordagem teórica é mais simples, além de descrever o que ocorre na cauda magnética terrestre e que leva a tempestades e subtempestades magnéticas, uma situação de interesse prático (Eastwood et al. 2013). Por outro lado, o exemplo mais óbvio de uma RM assimétrica é a que ocorre na magnetopausa diurna, onde o plasma da bainha magnética com um campo magnético de 20 a 30 nT e densidade de 20 a 30 cm<sup>-3</sup> se reconecta com o plasma magnetosférico com um campo magnético de 50 a 60 nT e uma densidade de 0.3– 0.5 cm<sup>-3</sup> (Cassak & Shay, 2007). A presença dessas assimetrias altera alguns aspectos da reconexão magnética.

A Figura 2 permite apontar as diferenças entre RM simétrica e assimétrica. O painel à esquerda na figura mostra dados do satélite Polar analisados por Mozer et al. (2002) durante um evento de RM simétrica; no painel à direita são apresentados dados do satélite THEMIS (Mozer et al., 2008) durante um evento de RM assimétrica. A Figura 2 e a descrição a seguir representam reconexão na magnetopausa subsolar, onde a direção  $x$  está apontada para o Sol e a direção  $z$ , que é a direção de saída do fluxo magnético, é aproximadamente perpendicular ao plano da eclíptica, um grande círculo imaginário na esfera celeste no qual o Sol parece se mover ao longo de um ano.

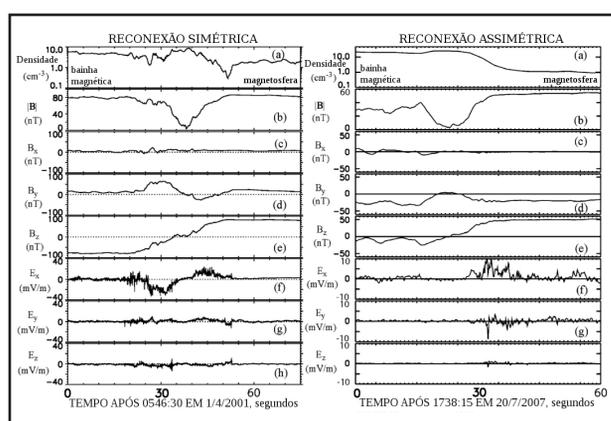


Fig. 2 - Exemplos de RM simétrica (à esquerda) e assimétrica (à direita) observadas próximo à magnetopausa subsolar. Fonte: Mozer e Pritchett (2011).

A física por trás da diferença entre os dois processos pode ser entendida através da análise do termo Hall da Lei de Ohm generalizada (Gonzalez & Parker, 2016; Birn & Priest, 2007), descrita como

$$\mathbf{E} + \mathbf{v} \times \mathbf{B} = \frac{\mathbf{J} \times \mathbf{B}}{ne} - \frac{\nabla \cdot \mathbf{p}_e}{ne} + \frac{m_e}{e} \frac{d(\mathbf{J}/ne)}{dt} + \eta \mathbf{J}, \quad (1)$$

onde  $\mathbf{v}$  é a velocidade do fluxo do plasma,  $\mathbf{B}$  o campo magnético,  $\mathbf{J} = \nabla \times \mathbf{B}/\mu_0$  a densidade de corrente,  $n$  a densidade numérica,  $e$  a carga do elétron,  $\mathbf{p}_e$  o tensor de pressão dos elétrons,  $m_e$  a massa do elétron e  $\eta$  a resistividade. O primeiro termo do lado direito da Equação (1) é o termo Hall. Vasyliunas (1975) mostrou que esse termo se torna importante em escalas espaciais da ordem de  $d_i = c/\omega_{pi}$  e  $d_e = c/\omega_{pe}$ , onde  $\omega_{pi}$  e  $\omega_{pe}$  são, respectivamente, as frequências de plasma dos íons e dos elétrons e  $c$  a velocidade da luz. O termo Hall é responsável pelo desacoplamento das partículas do plasma em escalas espaciais diferentes, formando a região de difusão dos íons e a região de difusão dos elétrons. A diferença entre as velocidades dos íons e dos elétrons dá origem a uma corrente, que por sua vez gera um campo magnético Hall na direção perpendicular ao plano de reconexão (Birn & Priest, 2007). No modelo de RM simétrica o campo magnético Hall possui uma estrutura quadrupolar, a qual pode ser observada na Figura 2 na componente  $B_y$ , painel (d) do lado esquerdo. Na RM assimétrica, a componente  $B_y$  não apresenta a mesma estrutura, notando-se apenas um desvio do campo magnético ambiente.

Além de observações como as apresentadas na Figura 2, diversos modelos numéricos para simular RM foram desenvolvidos. Simulações MHD estudam o comportamento global da magnetosfera, pois consideram o plasma como um fluido magnetizado. Estudos recentes sobre RM mostram que a quebra das linhas de campo magnético ocorre em uma região muito pequena do espaço, em muitas situações tratada quase como uma caixa preta (Cassak, 2016). Essa pequena região recebe o nome de região de difusão ou região de dissipação, e a Figura 3 ilustra os campos elétricos e magnéticos ali presentes, bem como a direção do fluxo de plasma antes (“inflow”) e depois da RM (“outflow”). As simulações por partículas têm sido úteis no estudo da região de difusão dos elétrons e dos íons (Pritchett, 2000).

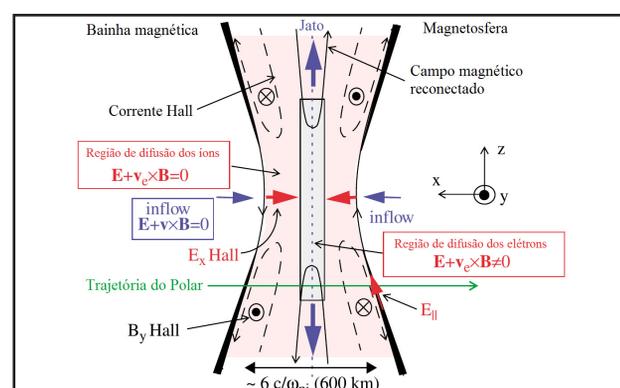


Fig. 3 - Ilustração da região de difusão para o caso de RM simétrica. A região de difusão dos íons é representada pela área sombreada em rosa e a dos elétrons pelo retângulo acinzentado no centro. Adaptada de Mozer et al. (2002)..

Devido à sua grande importância, a RM tem sido estudada em laboratórios, por simulações teóricas e por observações in situ. Como exemplo desse último caso, recentemente a NASA lançou uma missão que possui como objetivo estudar os processos relacionados à região de difusão dos elétrons. A missão Magnetospheric Multiscale Mission, ou MMS, pretende fornecer medidas em escalas comparadas ao raio de giro dos elétrons na magnetosfera (Cassak, 2016).

## ARTIGO TÉCNICO

Ainda citando Cassak, (2016), a RM desempenha um papel crucial em muitos dos aspectos relacionados com os efeitos do Clima Espacial. Se não houvesse RM na coroa solar, não existiriam as explosões solares e nem as ejeções de massa coronal, e o impacto de eventos solares no meio interplanetário seria bastante reduzido. Também, se não houvesse RM na magnetosfera terrestre, a resposta da magnetosfera terrestre ao plasma vindo do espaço interplanetário seria mínima. Essas afirmações nos permitem concluir que entender a RM é um aspecto chave para a ciência do Clima Espacial elucidar tanto os fenômenos solares quanto os fenômenos magnetosféricos e seus consequentes impactos sobre a Terra e o meio espacial que nos circunda.

## REFERÊNCIAS

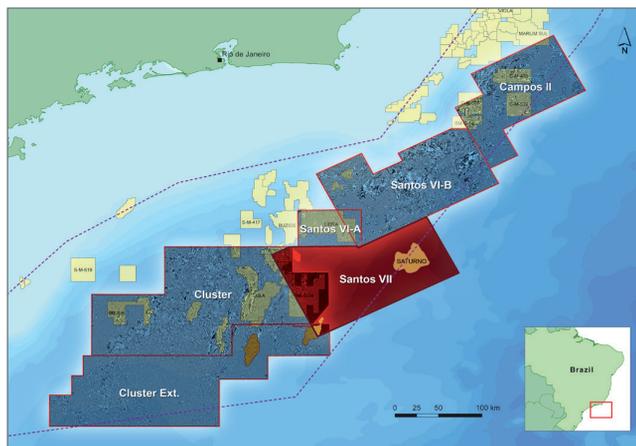
BIRN J, PRIEST ER 2007. Reconnection of magnetic fields: magnetohydrodynamics and collisionless theory and observations, Cambridge University Press, USA.  
 CASSAK P 2016 Inside the black box: Magnetic reconnection and the magnetospheric multiscale mission. *Space Weather*, 14, 186–197.  
 CASSAK PA & FUSELIER SA 2016 Reconnection at Earth's dayside magnetopause, In: GONZALEZ W & PARKER E (Ed.) *Magnetic reconnection: Concepts and Applications*. USA: Springer, 213-276.  
 Scaling of asymmetric magnetic reconnection: General theory and collisional simulations  
 CASSAK PA & SHAY MA 2007 Scaling of asymmetric magnetic reconnection: General theory and collisional simulations. *Phys. Plasmas* 14, 102114, <http://dx.doi.org/10.1063/1.2795630>

DUNGEY JW 1961 Interplanetary magnetic field and the auroral zones, *Phys. Rev. Letters*, 6:47.  
 EASTWOOD JP, PHAN TD, TD, ØIEROSET MA, SHAY MA, MALAKIT K, SWISDAK M, DRAKE JF & MASTER A 2013. Influence of asymmetries and guide fields on the magnetic reconnection diffusion region in collisionless space plasmas, *Plasma Phys. Control. Fusion* 55 124001 (6pp) doi:10.1088/0741-3335/55/12/124001  
 GONZALEZ W, PARKER E 2016 *Magnetic reconnection: Concepts and Applications*. USA: Springer.  
 MOZER F, BALE S, PHAN T 2002 Evidence of diffusion regions at a subsolar magnetopause crossing, *Physical Review letters*, 89: 015002  
 MOZER F, PRITCHETT P, BONNELL J, SUNDKVIST D, CHANG M 2008 Observations and simulations of asymmetric magnetic field reconnection, *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, 113(A1):  
 MOZER FS, & PRITCHETT PL 2011 Electron physics of asymmetric magnetic field reconnection. *Space Science Reviews*, 158 (1):119–143.  
 PRITCHETT PL 2000 Particle-in-cell simulations of magnetosphere electrodynamic, *IEEE transactions on plasma science*, 28(6): 1976–1990.  
 SOUZA VM, SILVEIRA MVD, KOGA D, & JAUER PR. 2016. Bases teóricas da reconexão magnética. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, vol. 38, nº 2, e2301, DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-11173812132>  
 VASYLIUNAS VM 1975 Theoretical models of magnetic field line merging. *Reviews of Geophysics*, v. 13, n. 1, p. 303–336



PRIME PROSPECT

## Santos VII 3D BroadSeis Survey Saturno Pre-salt Prospect Offshore Brazil



The best data, the right location, the right time!

Covering approximately 13,900 square kilometers, the Santos VII (Saturno) survey represents CGG's continuing commitment to improved understanding of pre-salt reservoirs.

When complete, the Saturno **BroadSeis™** survey will deliver the first 3D images using full waveform inversion (FWI) technology in anticipation of future licensing rounds in this major pre-salt exploration area.

in f t y i  
[cgg.com/brazil](http://cgg.com/brazil)

**CGG**  
 Passion for Geoscience

# Fundo SBGf 2016



O Fundo da SBGf visa ampliar as ações de promoção da geofísica no Brasil. Através do Fundo, instituições e empresas podem contribuir com recursos financeiros que serão utilizados no desenvolvimento de profissionais e disseminação do conhecimento no setor.

As empresas que fizerem parte desse empreendimento farão contribuições anuais. Em contrapartida, se tornarão associados corporativos da SBGf, além de receberem uma série de benefícios, como publicação de anúncios, franquia de anuidade para seus funcionários e exposição da marca do site e no newsletter digital.

Para outras informações sobre o Fundo SBGf envie mensagens para [sbgf@sbgf.org.br](mailto:sbgf@sbgf.org.br) ou acesse [sbgf.org.br](http://sbgf.org.br).

Diamante



**PETROBRAS**

Ouro

**HALLIBURTON**

Prata



Bronze



## 2017

▶ **Subsea Tieback Forum**  
21 a 23 de março – San Antonio – EUA  
Informações: [www.subseatiebackforum.com](http://www.subseatiebackforum.com)

▶ **15th International Congress of the Brazilian Geophysical Society and EXPOGEF**  
31 de julho a 3 de agosto de 2017 – Rio de Janeiro  
Informações: [congresso.sbgf.org.br](http://congresso.sbgf.org.br)

▶ **Brasil Offshore Oil & Gas Exhibition**  
20 a 23 de junho – Macaé – RJ  
Informações: [www.brasiloffshore.com/](http://www.brasiloffshore.com/)

▶ **OTC Brazil – Offshore Technology Conference**  
24 a 26 de outubro – Rio de Janeiro – RJ  
Informações: [info.speccommunications.org/17OTCBrazil\\_17OTCBrazil-Welcome.html](http://info.speccommunications.org/17OTCBrazil_17OTCBrazil-Welcome.html)

▶ **2017 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium – IGARSS**  
23 a 28 de julho – Texas – EUA  
Informações: [www.ieee.org](http://www.ieee.org)

▶ **Exploration 17 DMEC**  
21 a 25 de outubro – Toronto – Canadá  
Informações: [www.dmec.ca/](http://www.dmec.ca/)



**“O que a Petrobras está fazendo para **melhorar sua gestão?**”**

Temos feito uma série de mudanças para fortalecer a governança da companhia. Entre outras medidas, tornamos mais rigorosos os critérios de contratação e a gestão dos fornecedores. Também reformulamos o nosso Canal de Denúncia, que agora é administrado por uma empresa independente e especializada.

Você tem as perguntas. Nós temos as respostas.  
[petrobras.com.br/daquiaprente](http://petrobras.com.br/daquiaprente)





o desafio é a nossa energia