

boletim **SBGf**

Publicação da Sociedade Brasileira de Geofísica
Número 113 – Abril/Maio/Junho de 2020
ISSN 2177-9090



DRONES NA GEOFÍSICA

Nas asas da Geofísica

Por Alan Cunha

Mais um Boletim SBGf é editado e publicado em meio a Pandemia do Novo Corona Vírus. O segundo nessas condições, porém, o único na fase mais aguda da pandemia, em meio ao que as autoridades acreditam ser o pico da doença nas metrópoles brasileiras. A temática relacionada a Drones não poderia ser mais propícia: Veículos autônomos que substituem o trabalho humano na fase de aquisição de dados, quando os humanos, por precaução ou por medo, estão impedidos de executar esta tarefa. Sendo assim, torna-se muito fácil a conclusão sobre como os drones substituirão posições humanas na cadeia de valor da Geofísica: Aquisições terrestres, lentas e perigosas, e aquisições por aviões, arriscadas e custosas, tem seus dias contados com o horizonte tecnológico apresentado neste Boletim. Não se trata de uma "Revolução dos Robôs" imediata, mas sim de uma evolução de médio e longo prazos. Apesar de termos avançado muito, com aquisições de dados magnetométricos e Lidar com drones, outros métodos ainda demandam melhoramentos expressivos para alcançar a qualidade de uma aquisição Aerogeofísica clássica, como é o caso da Gravimetria e da Eletromagnetometria. Os depósitos minerais explorados a profundidades cada vez maiores, demandam especificações muito rígidas para garantia de investigação à grandes distâncias do sensor e retorno do investimento feito em tecnologias geofísicas. Temos mais uma revolução tecnológica apresentada em nosso Boletim e temos os atores desta revolução provendo suas perspectivas sobre como ela se processará no mundo e em território brasileiro. Deixe sua mente VOAR pelos rincões do Brasil. Boa Leitura.

CONFIRA NESTA EDIÇÃO

3 NOTÍCIAS

- Anuidade 2020

6 EVENTOS

- I Workshop de Monitoramento Geofísico de Barragens

9 ENTREVISTA

- Francesco Antonelli, Luana Cunha, César Félix e Stefan Burns

14 ARTIGO TÉCNICO I

- UAV MAGNETICS – THE NEXT GENERATION OF MAGNETIC SEARCH

18 ARTIGO TÉCNICO II

- MAGNETOMETRIA COM VANT COMO APOIO ÀS OPERAÇÕES PÓS COLAPSO DE BARRAGEM: SUPORTE À DRAGAGEM E BUSCA POR OBJETOS METÁLICOS

ADMINISTRAÇÃO DA SBGf

Presidente

Ellen de Nazaré Souza Gomes

Vice-presidente

Luiz Fernando Santana Braga

Secretário-Geral

Marco Antonio Pereira de Brito

Secretário de Finanças

Rui Pinheiro Silva

Secretário de Relações Institucionais

Pedro Mário Cruz e Silva

Secretário de Relações Acadêmicas

Carolina Barros da Silva

Secretário de Publicações

Alan de Souza Cunha

Conselheiros

Adalene Moreira Silva

Adriana Perpetuo Socorro da Silva

Eliane da Costa Alves

Franciane Conceição Peters

José Jadsom Sampaio de Figueiredo

Mário Sérgio Costa

Marco Antonio Cetale Santos

Renato Cordan

Rosângela Corrêa Maciel

Simplicio Lopes de Freitas

Secretários Regionais

Cícero Régis (Norte)

Roberta Vidotti (Centro-Oeste)

Francisco José Fonseca Ferreira (Regional Sul-Sudeste)

Manilo Soares Marques (Regional Nordeste)

Coordenador de Mídias Sociais

George Sand

Editor-chefe da Revista Brasileira de Geofísica

Silvia Beatriz Alves Rolim

Assistente de Diretoria

Luciene Victorino de Carvalho

Assistente Administrativo

Ivete Berlice Dias

Coordenadora de Eventos

Renata Vergasta

Editora de publicações científicas

Adriana Reis Xavier

Técnico de Informática

Gabriel Nunes Dias

Técnico em Manutenção de Equipamentos de Informática

Daniel dos Santos da Conceição

BOLETIM SBGf

Editor-chefe

Alan Cunha

Jornalista Responsável

Juliana Lima de Souza

Edição gráfica

Juliana Lima de Souza

Tiragem: 1.000 exemplares

Distribuição restrita

Também disponível no site www.sbgf.org.br

Sociedade Brasileira de Geofísica – SBGf

Av. Rio Branco, 156 sala 2.509

20040-901 – Centro – Rio de Janeiro – RJ

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

sbgf@sbgf.org.br | www.facebook.com/sbgf.org

FUNDO SBGf

DIAMANTE

OURO

PRATA

BRONZE



HALLIBURTON

SHEARWATER



Enauta



NOTÍCIAS

Anuidade 2020



Fique de olho nos valores atualizados para 2020. Aproveite para efetuar o pagamento.

Estudantes – R\$75,00
Efetivos – R\$150,00

Mantenha-se em dia com a Sociedade.

Comunicado – RBGf e YouTube



Caros Associados,

Informamos a que a nova Editora-Chefe da Revista Brasileira de Geofísica é a Prof^ª. Dr^ª. Silvia Beatriz Alves Rolim (UFRGS). A Revista encontra-se em fase de reformulação e dentro em breve serão disponibilizadas no formato .doc e .tex.

A primeira edição começou a ser publicada em “previews”, utilize o [link](#) para acessar.

Submissões podem ser feitas no [link](#).

Informamos também que o Canal SBGf no Youtube encontra-se em plena atividade e apresentado uma série de vídeos sobre a Geofísica e áreas afins.

A Coordenação do Canal SBGf é do Prof. Dr. George Sand Leão Araújo de França (UnB) com a colaboração da Prof^ª. Dr^ª. Cintia Rocha da Trindade (UFOPa).

[Visite o Canal!](#)

Junte-se a nós! Inscreva-se!

Faça parte do projeto
“Divulgue sua defesa!”

PROJETO
*Divulgue sua
Defesa*



Se você defendeu sua tese de Mestrado ou Doutorado e deseja que a apresentação seja divulgada pela SBGf, envie a sua gravação para o e-mail imprensa@sbgf.org.br e divulgaremos no nosso canal do YouTube.

Não esqueça de anexar seu documento de autorização e do seu orientador.

Comunicado sobre acesso
ao acervo digital da SBGf

A SBGf, juntamente com os autores, está disponibilizando gratuitamente alguns de seus títulos em formato digital. O acesso é permitido somente aos associados adimplentes, sendo intransferível para terceiros. A consulta ao acervo deverá ser feito exclusivamente através da Área do Associado.



Siga a SBGf no Instagram
[@sbgeofisica](#)

NOTÍCIAS

Nota aos associados



Rio de Janeiro, 04 de maio de 2020

Nota da SOCIEDADE BRASILEIRA DE GEOFÍSICA

Prezados associados e parceiros,

É de conhecimento de todos a grave situação de saúde que passa a humanidade neste momento com consequências na economia, nas pessoas e nas Instituições de uma forma geral. A Sociedade Brasileira de Geofísica não está imune aos efeitos e consequências desta crise, e vimos assim nos manifestar junto aos associados e parceiros que nossa Associação está seguindo rigorosamente as recomendações das autoridades competentes e da comunidade científica pertinente adotando para isso os seguintes procedimentos:

Todos os empregados da SBGf continuam trabalhando normalmente em home office, com seus vínculos empregatícios e salários mantidos integralmente;

- A diretoria tem realizado suas reuniões semanais por videoconferência, utilizando as tecnologias disponíveis;
- Estudos estão em andamento para realização em formato virtual de eventos programados para 2020;
- A SBGf continua com seu atendimento aos associados através do número telefônico 021 2533-0064;
- Um grupo de análise está sendo formado para avaliar os impactos da situação no médio e longo prazos;
- A produção Bibliográfica: Boletim, Revista e a publicação de livros encontra-se em ritmo normal, com mínimo impacto gerado pela pandemia;

Se você, associado da SBGf, tem ideias para contribuir com a Associação, por favor, compartilhe conosco através dos nossos diversos canais: Telefone, e-mail, site e redes sociais. Sua contribuição é importantíssima nesse período crítico para sociedade, academia e indústria.

A SBGf espera que a situação se normalize em curto prazo, mas se mantém atenta a possibilidade de extensão da situação e possíveis impactos em nossos eventos futuros. Todas as decisões serão comunicadas à comunidade por todos os meios de comunicação disponíveis.

Temos ciência de que a questão sanitária e suas consequências não são os únicos motivos de preocupação da comunidade geofísica do Brasil, percebemos a presente crise dos preços de petróleo como um fator

que leve a redução de investimento por parte das empresas petrolíferas. Esperamos que esta situação seja momentânea e nos manteremos atentos aos fatos para ajudar nossos associados naquilo que for possível.

Cuidem-se.

Ellen Nazaré de Souza Gomes
Presidente da SBGf

Campanha – Dia Nacional do Geofísico



Caros(as) Geofísicos(as)

Concluimos a primeira parte da segunda etapa para a escolha do Dia Nacional do Geofísico. Agradecemos a todos pelas contribuições.

Agora, iniciaremos o segundo escrutínio.

A escolha será entre as três datas mais votadas. A votação acontecerá de 7 a 12 de agosto de 2020.

O resultado da votação será divulgado no dia 13 de agosto de 2020.

O seu voto é muito importante. Não deixe de votar!

Estão convidados a participar alunos, professores/pesquisadores e profissionais de Geofísica, independente de ser associado ou não da SBGf.

Atenciosamente,

Ellen Gomes
Presidente



Inscreva-se no nosso canal do

YouTube

Atualize seu cadastro no site

www.sbgf.org.br

Inscreeva-se no nosso canal do YouTube!

Estamos no **YouTube**

Confira nosso conteúdo exclusivo

 **INSCREVA-SE**



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

Acesse o nosso canal e confira o conteúdo exclusivo.

Inscreeva-se no [link](#).

Participe do sorteio da SBGf!

SBGf  **Sorteia**

A SBGf irá sortear a 2ª Edição do livro Análise do Sinal Sísmico de André Romanelli, junto com uma mochila do 16º CISBGf.

Para participar você deve:

1. Se inscrever no canal do [YouTube da SBGf](#).
2. Seguir nossa página no [Instagram](#).
3. Marcar 3 amigos na [publicação do Facebook](#).

O sorteio será feito através do facebook quando atingirmos o número de 1.000 inscritos no YouTube. Participe conosco!



Cadastre-se no LinkedIn da SBGf

SBGf no Instagram



Estamos no

Instagram

@sbgeofisica



Agora você também pode nos acompanhar pelo Instagram. Siga [@sbgeofisica](#).

Para sugestões, entre em contato pelo e-mail imprensa@sbgf.org.br.

Curta a SBGf no facebook!



www.facebook.com/sbgf.org



EDUCAÇÃO,
CIÊNCIA
TECNOLOGIA
E AÇÃO SOCIAL

DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA DO PETRÓLEO -
DEPETRO

Áreas de Atuação

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

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

EVENTOS

I Workshop de Monitoramento Geofísico de Barragens

Manhãs de 10, 11 e 12 de Agosto 2020 | **On-line**

Foto: Instituto Minere

O “I Workshop de Monitoramento Geofísico de Barragens” será realizado on-line nas manhãs dos dias 10, 11 e 12 de agosto de 2020. Esse evento contará com a participação da Indústria (Empresas de Mineração, Companhias de Base Tecnológica em Engenharia, Geofísica e Geotecnia, Companhias Prestadoras de Serviços da área mineral, Empresas de Consultoria, entre outras); de Órgãos dos Governos Federal e Estadual e da Academia.

Na oportunidade, especialistas abordarão a importância do desenvolvimento de tecnologias de aquisição, processamento e análise de dados geofísicos para o monitoramento de barragens, sua integração com dados de engenharia e geotecnia e o Estado da Arte das práticas de monitoramento nas mineradoras. Neste workshop estarão em foco tecnologias relacionadas à Microssísmica, aos Métodos Elétricos e Eletromagnéticos, ao Radar de Penetração de Solo, aos Métodos de Sensoriamento Remoto, à Integração de Dados e a outros de alta relevância relacionadas com o tema do evento.

REALIZAÇÃO

APOIO INSTITUCIONAL

PATROCINADORES



Clique nos ícones para acessar

Inscrições

Programa técnico

Patrocínio

EVENTO ADIADO - IX Simpósio Brasileiro de Geofísica

IX Simpósio
Brasileiro
de Geofísica



EVENTO ADIADO

A Sociedade Brasileira de Geofísica comunica que diante desse cenário que estamos vivenciando da Pandemia do COVID-19, a Diretoria, juntamente com o Comitê Organizador, decidiu ADIAR o IX Simpósio Brasileiro de Geofísica que seria realizado nos dias 15 a 17 de setembro de 2020, para o ano de 2022. Fique atento aos novos prazos.

Contamos com a presença de todos em 2022!

Informações adicionais pelo e-mail:
eventos@sbgf.org.br

17th International Congress of the Brazilian Geophysical Society & Expogef



O 17º Congresso Internacional da Sociedade Brasileira de Geofísica, 17º CIBSGf, está programado para o período de 16 a 19 de agosto de 2021.

Devido à pandemia do COVID-19 e visando a segurança de todos, estamos planejando um Congresso com um número menor de participantes e estrutura híbrida presencial e/ou virtual que possibilitará uma maior participação de congressistas e expositores no evento.

Em breve, divulgaremos informações sobre a chamada para trabalhos.

Visite nosso [site](#).

First EAGE/SBGf Online Symposium on Reservoir Monitoring



A SBGf, junto com a EAGE, organiza o I Simpósio ON-LINE de Monitoramento de Reservatório nos dias 17, 18 e 19 de novembro. O programa preliminar será divulgado em breve.

2nd Joint SBGf/SEG Workshop on Machine Learning



Com a evolução da pandemia pelo COVID-19 no Brasil, a SBGf e a SEG decidiram realizar no formato on-line, a 2ª edição do Workshop Machine Learning, nos dias 10 e 11 de novembro de 2020.

Inscreva-se [aqui](#).

Mais informações no [site](#).

Make Better Decisions on Brazil Exploration Opportunities



Data over 17th Round blocks
Contact to view: nsa.info@pgs.com

A Clearer Image | www.pgs.com/Campos



A Sociedade Brasileira de Geofísica agradece
às empresas que participam do Fundo SBGf
de Apoio à Ciência Geofísica
2020

Diamante



Ouro



Prata



Bronze



Entrevista

Por Juliana Lima e Alan Cunha

Boletim SBGf - Fale um pouco sobre você e sua experiência com Drones na Geofísica.



Meu nome é **Francesco Antonelli**, sou geofísico formado pela Universidade Federal do Pampa (Unipampa) e Mestre em Geologia pela Universidade Federal do Paraná (UFPR) com ênfase em geofísica aplicada para exploração mineral. Atualmente sócio-fundador e geofísico nas empresas DETECT e SIGNAL – Soluções em Geofísica.

A minha atenção sobre o tema se voltou em 2016. Fui acompanhando a evolução da tecnologia enquanto desenvolvia projetos paralelos. Sempre vi um potencial muito grande nessa área. Hoje, através da DETECT trabalho com aquisição e processamento de dados magnetométricos em RPAS (Remotely Piloted Aircraft System) com planos para expandir para outros métodos em um futuro próximo.



Meu nome é **Luana Cunha**, sou formada em geofísica pela Universidade Federal Fluminense e atuo como geofísica de projetos na Seequent trabalhando com o processamento de dados geofísicos, principalmente magnetométricos. No final do ano passado tive a oportunidade através da Seequent de ministrar o minicurso de extensão UAV

Geophysics para o I MagArrow Workshop & Demonstration, organizado pela UFPR em Curitiba - PR.



Eu me chamo **César Félix**, sou oceanógrafo, tenho 10 anos no mercado e venho desenvolvendo minha carreira em geociências aplicadas a hidroambientes. Tenho experiência em projetos de telecomunicações, de infraestrutura costeira, de óleo e gás e de meio ambiente.

Minha experiência na aplicação de métodos geofísicos com drones é recente, e se iniciou há pouco mais de 1 ano quando encontrei um desafio técnico-profissional: a identificação de objetos soterrados de grandes dimensões para alimentar uma grande base de dados do Corpo de Bombeiros, de forma a se correlacionar com a eventual localização de vítimas. O trabalho citado

gerou um dos artigos que o leitor pode acessar neste boletim.



Meu nome é **Stefan Burns**, sou geofísico de formação e trabalho para a multinacional geofísica Geometrics Inc. Nós somos os criadores e fabricantes do magnetômetro MagArrow, o primeiro magnetômetro construído para aplicações em veículos aéreos não tripulados (VANT's ou UAV's).

Anteriormente à minha carreira na Geometrics, participei de diversas aquisições geofísicas UAV durante o meu trabalho como co-apresentador na série *Secrets of the Underground*, especificamente na segunda temporada da série de TV apresentada no Science Channel, em 2017. Nós executamos diversos levantamentos UAV nesse programa, entre os quais o LiDAR, termal FLIR, fotogrametria e outros.

Boletim SBGf - Atualmente, quais dados geofísicos podem ser levantados através de Drones? Quais desses métodos estão maduros comercialmente no Brasil e no mundo?

Luana Cunha - Os métodos geofísicos adquiridos com drones mais conhecidos incluem a magnetometria, gamaespectrometria e o método eletromagnético, especificamente, o VLF. No entanto, observamos que algumas empresas já estão testando outros métodos geofísicos com drones como, por exemplo, a gravimetria.

17th
International
Congress
of the **Brazilian**
Geophysical
Society
& Exposé

SAVE THE DATE

16-19 August 2021

RIO DE JANEIRO
SULAMÉRICA CONVENTION CENTER

ENTREVISTA

A magnetometria é o método mais utilizado para esse tipo de aquisição no Brasil e no mundo e, consequentemente, é o método geofísico mais consolidado na aquisição com drones. Atualmente, é possível encontrar magnetômetros próprios para esse tipo de levantamento tais como o MagArrow (Geometrics) e o DRONEmag (GEM Systems).

Stefan Burns - Os dados mais comumente adquiridos com UAV's são os de topografia, medidos com o LiDAR. Mapas topográficos precisos do LiDAR e modelagem 3D usando aerofotogrametria nos permitem modelar o estado atual do nosso ambiente em alta resolução, de forma autônoma. À medida que essas tecnologias amadureceram, esses dados se mostraram excepcionalmente úteis, coletados por sistemas movidos com energia limpa. As pesquisas de espectroscopia de raios gama em UAV são úteis para certas aplicações, fornecendo importantes dados geológicos e do conteúdo de minerais radioativos no solo ou em rochas aflorantes.

As pesquisas com magnetômetros de UAV nos permitem modelar o campo magnético da Terra em alta resolução em grandes áreas, e suas aplicações são inúmeras. Os levantamentos de GPR em UAV podem fornecer dados de alta resolução e baixa penetração em profundidade do subsolo, de forma completamente não invasiva. Vejo pesquisas de GPR em UAV sendo especialmente úteis para aplicativos industriais 3D quando casados ao LiDAR. Por fim, as pesquisas eletromagnéticas em UAV foram realizadas com algum sucesso e são promissoras, devido ao fato deste campo estar na fase conceitual.

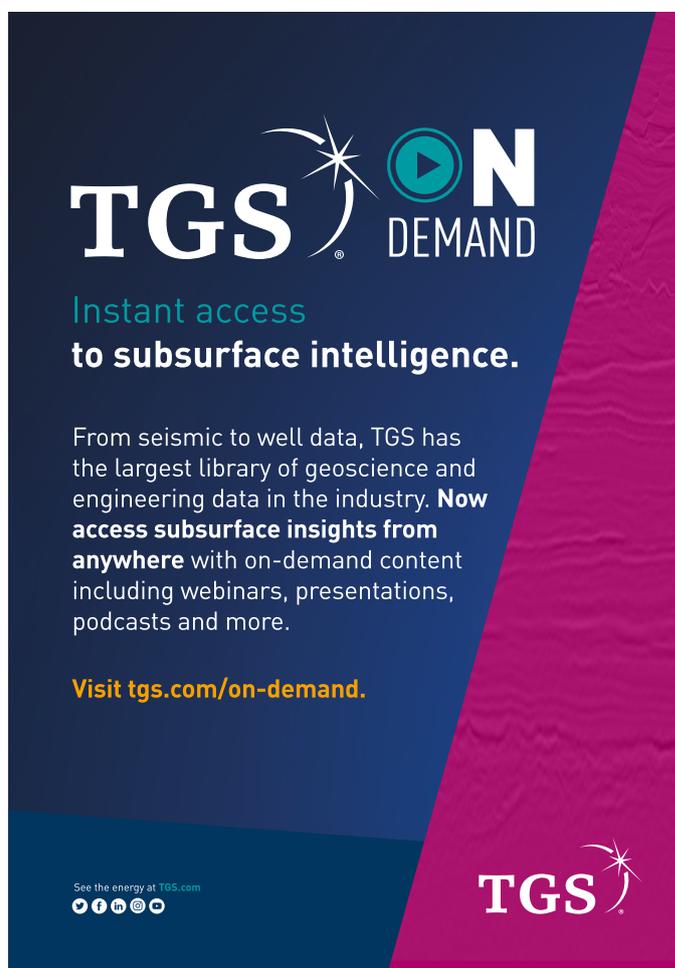
Essas tecnologias estão em vários estados de uso e em diversos locais do planeta. Atualmente, o LiDAR e a fotogrametria estão sendo praticados em todo o mundo, o gamespectrômetro é frequentemente adicionado como um sensor secundário e os levantamentos magnetométricos com UAV têm sido utilizados aqui e no exterior com grande sucesso. No Brasil e na maior parte do mundo, a geofísica em drones tem sido utilizada de forma restrita. Um forte impulso por parte de qualquer grupo, seja ele público ou privado, pode se estabelecer como líder mundial da geofísica em VANT. Com as grandes empresas compreendendo cada vez mais o valor da magnetometria em um universo cada vez mais digital, as oportunidades tendem a crescer. A integração de sensores geofísicos com drones continua sendo um fator limitante. Pequenas aeronaves de decolagem e aterrissagem vertical (VTOL) que podem viajar além da linha visual do local (BVLOS) com recursos de integração geofísica é o necessário para que um líder comercial surja e que as pesquisas geofísicas em UAV se tornem frequentes e sem fronteiras.

Boletim SBGF - Poderia citar os desafios técnicos específicos para cada método geofísico em relação a sua viabilidade tecnológica de aquisição por Drone? (Magnetometria, Gravimetria, Radiometria, e Eletromagnetometria).

Francesco Antonelli - Acredito que os maiores desafios de uma aquisição geofísica em drones giram em torno da operação dos próprios drones. Para executar um voo de forma perfeita primeiramente deve-se levar em conta os condicionantes naturais, como clima, relevo e vegetação, e as características do drone, como alcance do sinal de telemetria e autonomia (ou tempo de voo) com carga acoplada, que normalmente é constituída pelo sensor, case, data logger e baterias. Tem também a questão do planejamento de voo, ou pré-processamento, que é uma etapa incomum na aquisição geofísica tradicional (terrestre) e que pode ser bastante complexa. Também, é necessário adequar toda a logística de voo para atender a legislação brasileira e as normativas da Anatel, ANAC, DECEA e Ministério da Defesa.

Em relação à tecnologia envolvida na criação dos sensores geofísicos, os desafios consistem em tornar os equipamentos cada vez mais compactos, de forma a reduzir o peso e a operar em baixa energia. Cada método possui suas particularidades. É sabido, por exemplo, que a contagem de raios gama diminui conforme o distanciamento da fonte radioativa, entre outros fatores. O problema pode ser compensado aumentando o tamanho do cristal, mas em contrapartida irá acarretar sobrecarga.

Além disso, leva-se em conta o tempo morto, que é o tempo que o detector necessita para registrar e que deve ser considerado no cálculo da velocidade do voo já que,



TGS **ON DEMAND**

Instant access
to subsurface intelligence.

From seismic to well data, TGS has the largest library of geoscience and engineering data in the industry. **Now access subsurface insights from anywhere** with on-demand content including webinars, presentations, podcasts and more.

Visit tgs.com/on-demand.

See the energy at [TGS.com](https://tgs.com)

TGS

por consequência, afetará a estatística dos dados. Ainda há o fenômeno de atenuação de energia pela vegetação, solo e água. Nos métodos eletromagnéticos, em geral a preocupação é com o ruído e com a carga total (payload), pois são muito sensíveis e normalmente pesados. Para o radar de penetração de solo (GPR), é importantíssimo voar baixo e sem variações significativas de altura, pois elas afetam o tempo de emissão e registro da onda EM. O VLF é muito afetado pela mudança na direção do sensor e os de looping pelas oscilações, principalmente.

Stefan Burns - O tempo de voo também é uma limitação para todos os métodos. Cada um deles exige um certo intervalo para o registro da medida durante a aquisição. Um drone que só pode voar por 20 minutos e, portanto, inspecionar por volta de 10-15 minutos adotando precauções de segurança, não será de grande utilidade.

Por fim, o tamanho do equipamento e os requisitos de alimentação de energia ainda exigem a redução para os sistemas VTOL (Veículos de Decolagem e Aterragem Vertical). A maioria dos sensores geofísicos ainda tem dimensões muito grandes. Magnetômetros como o MFAM da Geometrics são pequenos o suficiente para o uso eficaz em UAV.

Boletim SBGf - Poderia citar as vantagens operacionais do uso de drones na aquisição geofísica e como tais vantagens foram importantes em algum desafio real, por exemplo, algum projeto executado?

Francesco Antonelli - O uso de drones fornece muitas vantagens no nosso campo. Entre as principais estão a qualidade dos dados por conta da alta taxa de amostragem e a precisão da leitura, a velocidade no processo de aquisição, a economia de custos e a segurança para o operador. O drone contorna as dificuldades causadas pelos padrões topográficos e geomorfológicos de modo a fornecer cobertura completa da área. Em inúmeras ocasiões na geofísica terrestre tivemos que reprogramar a malha devido à periculosidade ou características áruas do terreno que impossibilitaram a chegada em um ou mais pontos. Cito, como exemplo o último trabalho realizado na região da Amazônia, onde enfrentamos diversos riscos, entre os quais, de ataques de animais selvagens, alagamentos e quedas de árvores. Foram gastos mais de dez dias do projeto apenas abrindo caminho na selva. Não teríamos essas preocupações se a aquisição fosse feita de forma remota e aérea.

Luana Cunha - Percebo que o uso de UAV's para geofísica é extremamente vantajoso, permitindo profissionais levantarem dados de áreas que eram até então inacessíveis, incluindo aquelas de topografia acidentada. Os drones, além disso, contribuem para a otimização do trabalho e segurança da equipe. Por outro lado, a capacidade de autonomia de voo do drone, ou seja, a duração da bateria é um fator determinante para o levantamento. Hoje é possível encontrar no mercado

drones com baterias que podem durar de 20 minutos até 4 horas de voo, no caso de drones mais robustos. A escolha do equipamento adequado é fundamental para o sucesso da aquisição de dados e, conseqüentemente, da qualidade dos dados gerados. Além disso, percebo que o planejamento da aquisição de dados geofísicos com drones não pode ser negligenciado, a aquisição de dados é uma etapa decisiva para os projetos e, portanto, precisa ter todos os parâmetros de voo muito bem controlados diante da automação do voo. A falta de conhecimento da área a ser levantada e todo o entorno desse polígono de interesse também é fundamental para evitar eventuais colisões e perda de equipamento.

César Félix - Entendo que os principais diferenciais desta aplicação estão associados à logística de acesso às áreas de estudo e à produtividade alcançada para os serviços, dada a possibilidade de se adquirir dados a uma alta velocidade, causando grande impacto positivo na alocação de recursos financeiros. Além disso, destaco a possibilidade de realizar levantamentos em ambientes terrestres e aquaviários em simultâneo, sem que haja necessidade de mudar a configuração de aquisição do conjunto de equipamentos utilizado.

Stefan Burns - Os levantamentos em drones apresentam vantagens importantes sobre os métodos tradicionais de pesquisa, onde tudo depende da missão/objetivo e do ambiente-alvo. Como exemplo de caso de estudo, uma pesquisa foi concluída com o MagArrow nas Montanhas Rochosas do Colorado a 4000m acima do nível do mar. As assinaturas magnéticas dos picos montanhosos foram investigadas, na esperança de detectar depósitos minerais. As encostas dessas cordilheiras impossibilitavam o acesso tornando muito perigosa a pesquisa dos terrenos, e a elevação e a topografia íngreme tornavam impraticável a aquisição por helicópteros e impossível o percurso terrestre. Ao longo de três dias, doze levantamentos com o MagArrow foram concluídos usando um M600 da DJI, e os dados apresentaram resultados de excelente qualidade. O drone foi programado para acompanhar a elevação do local de modo a garantir que todos os dados de magnetométricos fossem coletados com a mesma distância entre o nível do solo e a aeronave.

A capacidade dos UAV's de navegar por terrenos difíceis, acidentados e perigosos é uma enorme vantagem em comparação aos sistemas geofísicos tradicionais.



ENTREVISTA

A questão sempre foi "como", e os instrumentos geofísicos dos VANTs responderam a essa pergunta, pelo menos para o nosso atual ciclo de macro mercado.

Boletim SBGf - Como você ou sua organização enxergam o futuro da aquisição geofísica através de Drones? Quais métodos amadurecerão a curto, médio e longo prazo?

Francesco Antonelli - Vejo um futuro repleto de oportunidades, sendo essa, na minha opinião, a área mais promissora da geofísica. Os fabricantes de equipamentos geofísicos já investem em pesquisa e desenvolvimento nessa área há muitos anos. É só questão de tempo para conseguirem adaptar os sensores já existentes em RPAS Classe III (peso máximo de decolagem de até 25 kg, de acordo com as normas da ANAC). A maioria dos métodos não-sísmicos disponibilizarão alternativas para essa finalidade.

César Félix - Maior produtividade é algo benéfico para qualquer tipo de aquisição, e o acesso a locais difíceis, especialmente por não expor uma pessoa ao

risco, são muito relevantes e servem de subsídio para qualquer desenvolvimento.

Stefan Burns - A indústria de geofísica dos VANT's está começando a florescer. Nos próximos vinte anos, o setor crescerá significativamente. Importantes avaliações serão alcançadas à medida que as informações geofísicas coletadas com a próxima onda de instrumentação geofísica cresçam. Como exemplo, pense nas consequências sociais que resultarão de uma previsão de terremoto relativamente precisa (se isso acontecer). A escala de detalhe que a geofísica de VANT's oferece é o que precisamos se quisermos entender e monitorar melhor nosso planeta Terra, para a saúde e segurança de todos.

Métodos em UAV como o LiDAR já estão maduros, e o levantamento de magnetometria está amadurecendo. Em cinco anos, a magnetometria do UAV parecerá completamente diferente. As pesquisas em UAV de GPR, gravimetria e de EM levará mais tempo para evoluir e atualmente são fortes oportunidades para fins de pesquisa privada e governamental.

Atualize seu cadastro no *site*

www.sbgf.org.br



© 2015 Halliburton. All Rights Reserved.

Increase Production.
Maximize Results.

THROUGHOUT THE LIFE OF YOUR ASSETS

Whatever your production challenge, Halliburton offers a full range of engineered solutions. From real-time diagnostic well interventions to customized specialty chemicals, reliable artificial lift systems, and pipeline and process pre-commissioning and maintenance solutions, we're ready to help keep your production high and costs low. Contact us to learn more.

halliburton.com/production

HALLIBURTON



Foto: Instituto Minere

I Workshop de Monitoramento Geofísico de Barragens

MANHÃS DE 10, 11 E 12 - AGOSTO 2020 | ON-LINE

REALIZAÇÃO



APOIO INSTITUCIONAL



PATROCINADORES



UAV MAGNETICS – THE NEXT GENERATION OF MAGNETIC SEARCH

Written by: Stefan Burns – Geometrics, Kevin Hurley – Geometrics, Naiema Jackson – Geometrics

Edited by: Francesco Antonelli – Geophysicist, BSc.; MSc. in Geology,

Data provided by: Ron Bell – International Geophysical Services, LLC

INTRODUCTION

Total field magnetic surveying is evolving into a new frontier. Rapid developments in autonomous vehicles, ten-fold size reductions in magnetometers (ZHANG, R., SMITH, K., & MHASKAR, R., 2016), and advances in battery technology have transformed the field of magnetics. Traditional surveying methods, of walking with a heavy backpack system over arduous terrain or towing a delicate system behind a boat in shallow waters, are fraught with technical difficulties and dangers. Unexpected events can sometimes cost a company more than just money. With integrated Unmanned Aerial Vehicles (UAV), the geophysicist relocates the perimeter of the survey where they can observe and monitor survey progress safely.

ADVANTAGES OF UAV MAGNETIC SURVEYS

With the addition of lightweight autonomous vehicle technology to the geophysicist's equipment arsenal, magnetic survey possibilities are greatly expanded. One of the main advantages over traditional survey methods is time. An operator for a typical backpack magnetometer survey can walk 10 kilometers in a day (SHELDON BREINER, 1999). With backpack systems being heavy and cumbersome, this is tiring work. For a survey requiring 100 kilometers to be walked, this would take 10 days of operator time and significant operational expenses would add up. A UAV magnetic survey can fly 100 kilometers in a day, with areas a few square kilometers in size being reasonably surveyed in a day depending on the line spacing.

Another key advantage of UAV magnetic surveying is site accessibility. Areas where traditional airborne or marine magnetometers cannot safely operate, such as rugged terrain and shallow marine environments, are accessible with UAV technology. High elevation areas 1000's of meters above sea level with low oxygen levels can be surveyed with UAV, and with no surveying or health risks to the geophysicist and flight operator.



Figure 1 – Photo from a UAV magnetic survey performed over the shallow waters off the coast of Florida.

UAV magnetics also is highly accurate. Using flight software, survey routes can be replanned down to cm accuracy, and highly accurate GPS systems onboard UAV ensure survey lines remain on course. When flying at 10 m/s and sampling at 1000 Hz, high precision GPS is critical.

TYPES OF UAV MAGNETOMETERS

The current field of UAV magnetics has three different sensor types being widely used. Cesium, Potassium, and fluxgate magnetometer technologies have all successfully adapted to the low weight and size requirements needed for UAV surveying. These three different types of magnetometers have their own unique advantages and disadvantages.

Optically pumped Cesium vapour magnetometers are a total field magnetometer, highly sensitive, and have been the industry standard for decades. MFAM1 technology is the latest iteration of this, operating at a sample rate of 1000 Hz, having no dead zones (with proper sensor orientations), being fully autonomous, and having on-board orientation sensors for magnetic compensation calculations. The biggest drawback is the lack of altimeter integration, though UAV flight software mitigates this.

Optically pumped Potassium vapour magnetometers, are another type of total field magnetometer. Potassium

magnetometer technology has a high sensitivity, a low heading error, and current Potassium magnetometers for UAV can integrate with a laser altimeter for accurate altitude measurements. Potassium magnetometers are heavy though, and can experience significant dead zones, meaning parts of a survey might need to be flown again if dead zones are encountered.

Fluxgate magnetometers are a type of vector magnetometer, which measures the three vector components of the magnetic field. They are lightweight and have been in use for decades. However, Fluxgate magnetometers are extremely susceptible to motion induced noises. Even with a multiple-sensor setup measuring the vector gradient between sensors, additional data processing techniques are required to mitigate this issue. As a result, fluxgate magnetometers are only used to search for targets with large magnetic signatures in mobile applications. In addition, fluxgate magnetometers are subject to temperature drift issues and may require calibration.

UAV INTEGRATION

One of the significant challenges with performing magnetic surveys using UAV technology is the question of magnetometer and UAV integration. The physics of magnetometry dictate that the least amount of magnetic contamination should be strived for when performing a magnetic survey.

Common UAV like the DJI Matrice 600 as shown in figure 2 are constructed from a variety of carbon fiber, plastic, electronics, and lightweight metallic parts. The electronics and metallic components of commercially available UAV create a sizable magnetic signature, a signature which can interfere with data collected during a UAV magnetic survey. Each UAV will have a different magnetic signature based on its materials, design, and working environment. Permanent magnetism, induced magnetism, and eddy-current magnetism all contribute to the creation of a UAV's unique magnetic signature.

Currently, there are two strategies for working around this integration limitation. If the magnetometer or UAV collects compass, gyroscope, and accelerometer data, a traditional set of nineteen compensation equations can be calculated to determine the appropriate noise coefficients (P. LELIAK, 1961). Otherwise compensation can be ignored altogether if the magnetometer sensor is separated far enough away from the UAV for the UAV's magnetic signature to not be detectable.

There are two common methods of UAV and magnetometer integration. The magnetometer can be affixed to the UAV via a rigid frame, or the magnetometer can be suspended via flexible cables. Each attachment method has advantages and complications.

Attachment of a magnetometer to a UAV via a rigid frame has the advantages of simpler flight dynamics and a consistent sensor orientation. Drawbacks include added weight which decreases flight time and magnetic contamination from the UAV, due to its closer proximity.

Suspension of a magnetometer under a UAV with a cable system has the advantages of being easy to implement, only adds a negligible amount of weight, and removes the magnetometer from the magnetic contamination of the UAV. This suspension distance is typically 2-4 meters, and should be calculated before surveying. Disadvantages of suspension include more challenging flight dynamics and a variable sensor orientation. For magnetometers that have dead zones, this can prove highly problematic.

EXAMPLE MAGNETIC DATASETS

To understand the operational and data differences between a UAV magnetic survey and a land magnetic survey, Ron Bell of International Geophysical Services LLC performed both a walking and UAV magnetic survey over Crestone Crater located in San Luis Valley, Colorado, USA.



Figure 2 – Geometrics MagArrow Magnetometer affixed to a DJI M600 UAV with a rigid frame.

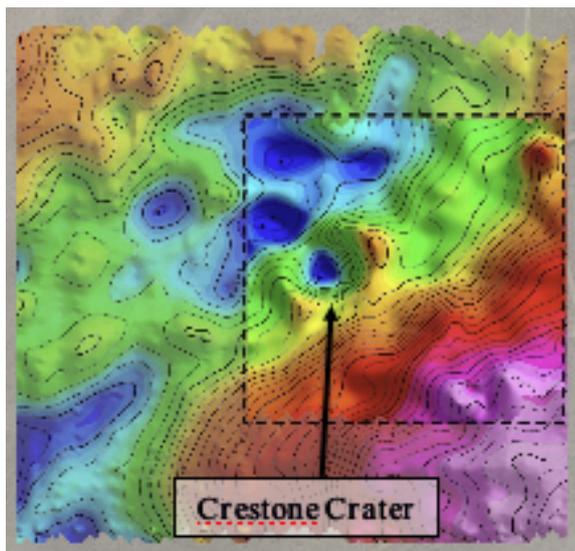


Figure 3 – Total magnetic intensity map of Crestone Crater. The dashed section is data from a land magnetic survey overlaid on top of a larger magnetic data set collected with a MagArrow and UAV. Data collected 2017.

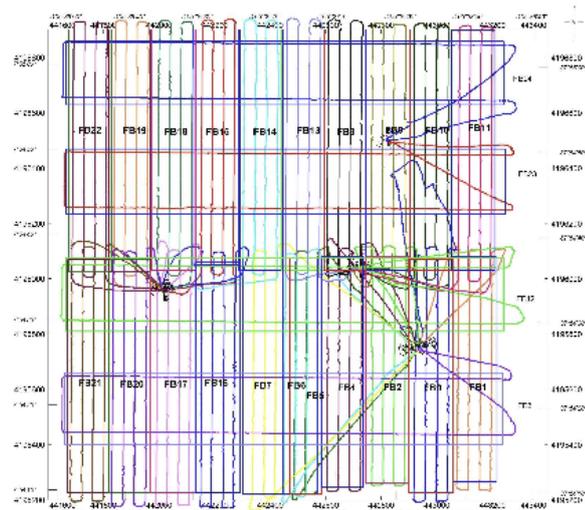


Figure 5 – UAV magnetic survey flight paths for the data from figure 4.

UAV magnetic surveys open up a wide range of new possibilities, and adventurous geophysicist have begun exploring and surveying the world in ways never before done. The increased scale of UAV magnetics compared to traditional land surveys, and also the ability to survey in remote inaccessible terrain, has opened the door for big institutions interested in the promise of magnetics.

Large scale mineral exploration projects, surveys for legacy oil and gas infrastructure, geothermal projects, and geologic reconnaissance are just some of the ways UAV magnetics is currently being put to use. The best applications for this technology, and the potential reward, are likely still undiscovered.

REFERENCES

1. ZHANG, R., SMITH, K., & MHASKAR, R. (2016). Highly sensitive miniature scalar optical gradiometer. 2016 IEEE SENSORS. doi:10.1109/ic-sens.2016.7808768.

The area shown in figure 3 is 500 meters by 500 meters. Survey lines were spaced 20 meters apart, with tie lines flown every 100 meters. The altitude of the magnetometer sensor was 16 meters above ground level, and the data was collected during four sorties each 15 minutes in length. Total time to collect this data via UAV was less than 4 hours.

During 2018, more UAV magnetic surveys were flown over the Crestone Crater by International Geophysical Services. With these surveys, it was determined by Ron Bell that UAV magnetic data, if collected properly, will be of higher quality than a typical ground magnetic survey.

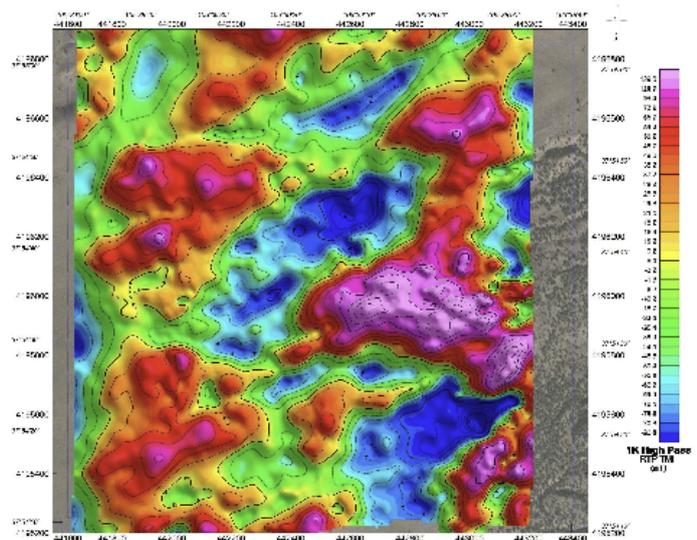


Figure 4 – High pass filtered reduced to pole total magnetic intensity map of Crestone Crater. Data collected 2018.

CONCLUSION

The advent of unmanned aerial vehicle technology has already started to transform a wide variety of industries globally, from delivery to geophysics. UAV technology offers the promise of time savings, reduced risk, increased precision, and lower operational costs.

2. SHELDON BREINER. Applications Manual for Portable Magnetometers. Technical Report ,1. Sunnyvale, CA 94066: Geometrics. 1999 (tDAR id: 171768) ; doi:10.6067/XCV8DJ5JD6

3. P. LELIAK. Identification and Evaluation of Magnetic-Field Sources of Magnetic Airborne Detector Equipped Aircraft. in IRE Transactions on Aerospace and Navigational Electronics, vol. ANE-8, no. 3, pp. 95-105, Sept. 1961, doi:

2nd Joint SBGf-SEG Workshop on Machine Learning 10-11 November 2020 | On-line

| First EAGE/SBGf Online Symposium on Reservoir Monitoring

17-19 NOVEMBER 2020 | ONLINE



Marine Acquisition

Clearly Better.

Combining innovative and efficient vessels with the most advanced acquisition systems.

Revealing possibilities
shearwatergeo.com

SHEARWATER

Somos energy finders.

Com o conhecimento de nossos experts, revelamos a geologia de importantes bacias sedimentares brasileiras.

Dos estudos geológicos e geofísicos, na exploração e desenvolvimento de diferentes prospectos, à produção em campos com características únicas.

São muitos os desafios que, desde o começo, norteiam a trilha da nossa história.

Enauta

Energia é o nosso norte.

www.enauta.com.br

MAGNETOMETRIA COM VANT COMO APOIO ÀS OPERAÇÕES PÓS-COLAPSO DE BARRAGEM: SUPORTE À DRAGAGEM E BUSCA POR OBJETOS METÁLICOS

FELIX, C.A.; TESSLER, T.M.

Tessec Engenharia e Serviços Marítimos Ltda.

INTRODUÇÃO

Colapsos de barragens são eventos resultantes de falhas estruturais, criando uma liberação abrupta do material que originalmente foi concebido para se manter em elevação diferencial (e.g. água, solo, rejeitos). O que ficou conhecido como o Desastre de Brumadinho, ocorreu em 25 de janeiro de 2019, em Brumadinho, Minas Gerais. Foi um evento de grande proporção resultante de um rompimento abrupto de uma barragem de rejeitos, projetada para apoiar uma exploração em larga escala de minério de ferro. Infelizmente, o evento resultou em centenas de fatalidades e suas causas ainda estão sendo investigadas.

A cerca de 6 km do local do rompimento, o Rio Paraopeba foi assoreado com os rejeitos oriundos da mineração, compostos primordialmente por uma mistura de argila e minério. Uma rápida operação de dragagem foi projetada e instalada pela empresa Allonda no local, para limpeza dos rejeitos do leito e das margens, buscando retornar o rio à seu curso normal e evitar ao máximo impactos ambientais a jusante. A fim de otimizar a operação de dragagem e evitar sua interrupção devido ao provável encontro da draga com os inúmeros detritos e objetos depositados após o transporte pelo vale, foi realizado levantamento com magnetômetro próprio para a instalação em VANT (Veículo Aéreo Não Tripulado) com o intuito de identificar e mapear objetos metálicos.

Foi executado levantamento aerofotogramétrico (com VANT) e topobatimétrico (com embarcação e a pé) nos primeiros três quilômetros do Rio Paraopeba a partir da área de confluência do rejeito. Pelo resultado destes levantamentos observou-se um estreitamento significativo do rio, e profundidades rasas (de 0,5 a 3 m), gerando assim uma forte correnteza. Estas características limitam significativamente a operação de aquisição de dados magnéticos aquáticos, uma vez que não há mínima condição para uma navegação paralela com equipamento a reboque (condições essenciais para localização de objetos), bem como outros detalhes que diminuiriam muito a qualidade e efetividade do levantamento. A aquisição de dados terrestres seria também muito limitada, uma vez que o mosaico de fotos e o modelo digital de terreno, gerado a partir da composição dos dados levantados, mostraram que nas áreas onde o rejeito se acumulou acima do nível das águas havia montes íngremes de rejeito e vegetação. Com isso, as projeções pessimistas de acessibilidade e produtividade, em conjunto com a dificuldade de realizar um levantamento em malha, eliminaram a possibilidade de um levantamento com magnetômetro terrestre convencional. Este estudo mostra a primeira aplicação da magnetometria aérea para apoio a atividades de dragagem no Brasil

Dentro do mesmo contexto, as buscas por vítimas na área afetada pelo depósito do material do rompimento eram efetuadas por grande efetivo do Corpo de Bombeiros. O mapeamento de objetos metálicos na área do desastre apresentou-se com especial utilidade pela identificação de veículos e outros ativos metálicos de grande porte soterrados, que poderiam estar associados a presença de vítimas. Nesta etapa os dados foram utilizados para alimentar um banco de dados de inteligência multidisciplinar gerenciado pelo Corpo de Bombeiros. Os pontos com a localização das anomalias magnéticas eram combinados com outras informações levantadas para identificar o paradeiro de um equipamento antes e depois do rompimento e, possivelmente, associar os locais das vítimas que poderiam estar perto deste equipamento em particular. Neste aspecto, considerando a vasta dimensão das áreas de busca e levantamentos (aproximadamente 280 ha), a experiência neste trabalho elucidou grandes vantagens de se utilizar VANT para levantamentos geofísicos: sua agilidade, possibilidade de voo baixo e trabalho em locais de difícil acesso (Malehmir et al., 2017).

Ao mesmo tempo, a rapidez da aquisição e processamento dos dados indica a magnetometria aérea como uma metodologia dinâmica para atividades de resgate, pois fornece produtos eficientes e sistemáticos essenciais nestas situações, reforçando a capacidade dos levantamentos com drone de apoiar a resposta a desastres naturais (Kim et al., 2019).

Neste trabalho serão apresentados os métodos de planejamento e aquisição de dados, bem como os resultados obtidos para o caso de Brumadinho. Não obstante, compreender o potencial da técnica no mapeamento de obstruções incorpora-se aos objetivos deste artigo, uma vez que o histórico desta aplicação no ambiente terrestre ou águas



ultra rasas no Brasil é incipiente, principalmente ao tratarmos de produtos científicos. Sendo assim, um histórico da utilização deste método no mundo e sua comparação com o Brasil será realizado.

APLICAÇÕES E FUNDAMENTO DE MAGNETOMETRIA E SUA APLICAÇÃO NO BRASIL

O principal catalisador do desenvolvimento de métodos modernos de magnetometria foi sua aplicação militar, iniciando-se na identificação de submarinos na Segunda Guerra Mundial e, atualmente, no mapeamento de relíquias de guerra. Os chamados UXO (Unexploded Ordnance) são objetos de muita preocupação para o estabelecimento ou manutenção de empreendimentos e demandam um constante desenvolvimento tecnológico para sua detecção, uma vez que uma munição não deflagrada de qualquer tamanho apresenta risco à vida humana ou ao meio ambiente. Em outras regiões, a arqueologia é também uma beneficiária de levantamentos detalhados de magnetometria, configurando a procura por objetos ferromagnéticos antigos de grande porte, como embarcações (Schurmann et. al., 2011) e construções, ou de pequeno porte como armas brancas ou quaisquer utensílios de civilizações do passado.

Não existem casos relevantes de utilização de magnetometria para mapeamento de UXO no Brasil, menos ainda associados a projetos locais de infraestrutura. Em outras palavras, as obstruções existentes podem não significar diretamente risco à vida humana, uma vez que o Brasil não participou de conflitos armados de grandes proporções em seu território quando comparado a outros países.

As maiores demandas de identificação de obstruções no ambiente marinho no Brasil se dão em função de objetos já conhecidos, como o mapeamento de cabos e dutos (quando enterrados); ou quando estes objetos são perdidos e tornam-se obstruções, como os exemplos citados anteriormente. Ainda assim, neste mercado específico a magnetometria é aplicada muitas vezes de maneira qualitativa e secundária, uma vez que o país não conta com um corpo técnico de profissionais especializados, o que invariavelmente rebaixa a credibilidade ou mesmo o conhecimento do método no mercado. No ambiente marinho, ao tratarmos de obras de infraestrutura como a dragagem, não mapear detritos como âncoras e cascos soçobrados pode trazer riscos e incertezas, uma vez que objetos pequenos (~0.5 m de diâmetro) são potenciais agentes causadores de interrupções operacionais ou danos ao equipamento. Em operações de resposta a emergências ou acidentes marítimos, como identificação de contêineres perdidos no mar após eventos de tempestade ou equipamentos extraviados em áreas de canal de navegação, a aplicação da magnetometria é altamente recomendada desde que as metodologias sejam usadas corretamente. Sua aplicação pode ser discutida inclusive para auxílio em casos de justiça, como ocultação de armas ou veículos no mar (Geofísica Forense).

Em terra, a magnetometria é muito utilizada para caracterização geológica na mineração, com pouca aplicação em projetos de infraestrutura para mapeamento de ativos como tubulações (Parvar, 2016), ou verificação de ativos previamente à construção de uma planta industrial. Uma aplicação sobre este último caso é o mapeamento de barris metálicos com resíduos perigosos (Barrows & Rocchio, 1990).

EQUIPAMENTOS

Vários tipos de magnetômetros são disponíveis para medições a partir de um VANT, como sensores de potássio ou cério bombeados opticamente, próton, *overhauser* e *fluxgate*. O sensor pode ser rebocado por um cabo ou haste a uma distância adequada da aeronave, para evitar o ruído magnético dos motores, ou pode ser montado na aeronave fornecendo o que pode ser chamado de campo magnético compensado.

Como em qualquer outra operação de geofísica, a escolha do equipamento é fundamental e deve ser direcionada à resolução do problema ou da maioria dos problemas em questão. Cada sensor tem suas características e há razões para se escolher entre uma solução rebocada ou montada. Neste trabalho, o objetivo principal era identificar objetos grandes que poderiam representar um obstáculo para os serviços de dragagem a serem realizados e, posteriormente, quaisquer objetos metálicos grandes na área de influência da barragem. Ao mesmo tempo, a mobilidade do VANT era um fator decisivo para a escolha do equipamento, uma vez que no rio havia árvores empilhadas nas margens e nas ilhas recentemente formadas ao longo do curso, atribuindo risco de colisão e exigindo, portanto, uma boa manobrabilidade da aeronave. Mesmo com um levantamento aerofotogramétrico anterior, recente e preciso, havia um alto risco de emaranhamento por um eventual sistema rebocado. Após todos os fatores considerados, um magnetômetro vetorial com dois sensores 3fluxgate 3D acoplados na aeronave foi utilizado.

O MagDrone R3, fabricado pela Sensys, equipado com dois sensores triaxiais, modelo FGM3D/75, separados por um tubo de fibra de carbono de um metro, e um GPS interno que fornece precisão de 2 metros. Todo o sistema pesa menos de um quilo e pôde ser operado pelas aeronaves Inspire 1, Inspire 2 e Matrice 200 da DJI. É necessário ressaltar que esses dois sensores não constituem um gradiômetro, uma vez que são independentes e usados para melhoria da cobertura. Uma fotografia do sistema em operação pode ser observada na figura 1.



ARTIGO TÉCNICO II

A escolha da aeronave deve levar em consideração algumas variáveis importantes. No caso do presente trabalho, as mais importantes foram: capacidade de transportar 1 kg de carga útil, leveza, autonomia e custo (especialmente devido ao risco de perda do sistema). O peso do sistema e a capacidade de ser facilmente transportado foi importante para o sucesso das operações. A facilidade em transitar e coletar dados rapidamente através dos polígonos pré-definidos foram fundamentais para os resultados e a sinergia com a equipe de resgate. Para o suporte à dragagem, em alguns trechos em que não havia área de pouso e decolagem, o lançamento e recuperação do VANT foram feitos a partir de uma pequena embarcação. O conjunto Inspire 2 com o magnetômetro de 900 g permitiu 12 a 15 minutos de voo, o que resultou em menos de 1 km de produção real por voo. Para atenuar a baixa autonomia, o planejamento foi ajustado para disponibilizar baterias carregadas continuamente.

Dado o fato de que o equipamento é montado à aeronave, suas leituras resultam em um campo magnético compensado, ou seja, sofrem influência da aeronave. Sensores tipo *fluxgate* são historicamente considerados menos precisos, porém são muito mais robustos que sensores óticos por sua simplicidade operacional. O equipamento em questão possui frequência de aquisição de 200 Hz, o que torna possível a filtragem dos ruídos da aeronave, que são em torno de 40 Hz. Esta filtragem é mais complexa para sensores óticos, uma vez que estes costumam operar em frequências de aquisição próximas a 10 Hz.

Em sensores tipo *fluxgate* tridimensional, o sensor principal é composto por 3 sub-sensores, montados perpendicularmente aos eixos x, y e z, sendo cada um responsável pela medição do fluxo magnético em uma direção. Devido às tolerâncias de fabricação, os eixos não são perfeitamente alinhados entre si, o que pode acarretar geração involuntária de ruído por sua interação diferencial. Isso é compensado por uma calibração, realizada pela rotação dos sensores em um ambiente controlado e coleta de registros dos desvios na leitura. Esses desvios são armazenados em uma matriz de compensação e aplicado às leituras em tempo real. Os desvios em diferentes temperaturas também são armazenados pela variação causada por este componente. Com avanços recentes em relação à calibração e compensação, aliados à maior robustez se comparados aos sensores óticos, os sensores fluxgates configuram-se atualmente como uma ferramenta muito interessante para diferentes propósitos (Gravazzi et al., 2016).

A partir dos valores compensados dos vetores individuais calcula-se a intensidade magnética total. O valor resultante contém a anomalia e o campo ambiente, este último deve ser removido para obtenção da anomalia do campo magnético. Isso pode ser alcançado usando um magnetômetro de base, ou através da aplicação de mediana. Como todas as anomalias de interesse neste trabalho têm comprimento muito menor em relação a estruturas geológicas. Além disso, com o rápido movimento do equipamento, e das pequenas dimensões do objeto causador da distorção do campo, as anomalias são detectadas muito mais rapidamente do que o campo magnético pode mudar com a interação com os raios solares (variação diurna). Assim, a aquisição de dados de magnetômetro base, mesmo benéfica, não é crucial. Além disso, todos os blocos de aquisição de dados são analisados separadamente e cada campanha é finalizada em pouco tempo. Se todos os dados adquiridos fossem compor um grande mapa magnético da área, a utilização de base e métodos de processamento mais robustos seriam necessários.

PLANEJAMENTO E TESTES DE DETECTABILIDADE

O estágio de planejamento é mais importante para o sucesso das operações com um magnetômetro quando comparado aos sistemas ativos, como os sonares. Isso ocorre porque com um sonar, cabos de resistividade ou mesmo câmeras de vídeo, a estimativa de cobertura é assertiva, pois depende do sinal emitido no ambiente e das variáveis ambientais. Para técnicas de campo potencial, o sistema é passivo e a detecção e localização dos objetos desejados depende de uma série de variáveis, como massa metálica, volume, forma, direção das linhas de levantamento, intensidade do campo magnético local, entre muitos outros.

Para a pesquisa de apoio à operação de dragagem da Allonda, o conceito de obstrução significa qualquer material que possa, uma vez atingido pela draga, resultar em tempo de inatividade. É complexo definir com precisão, mas para a draga usada, foi feita a adoção de qualquer objeto maior que 0.3 m e mais pesado que 50 kg. Como

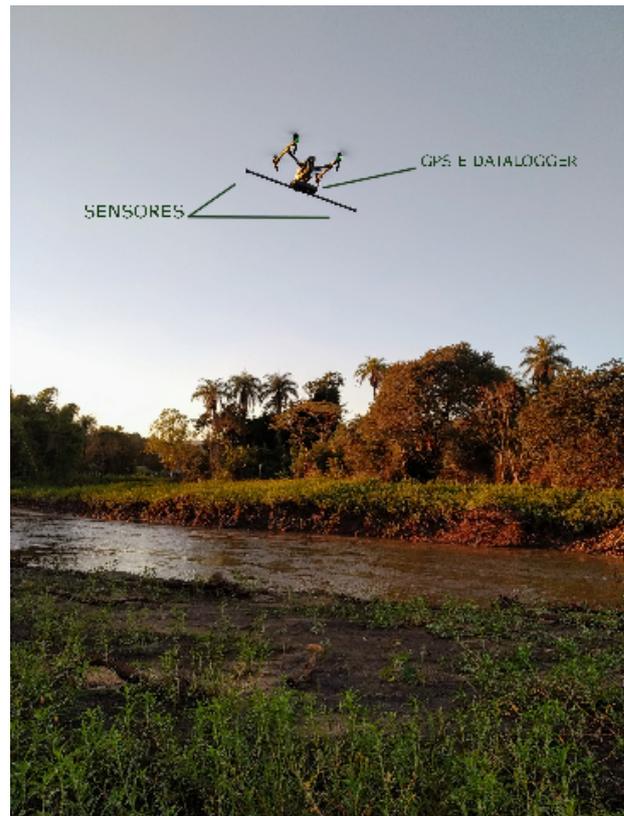


Figura 1 - Equipamento utilizado em operação acoplado a um drone Inspire 1, com indicações aos sensores e datalogger.

não há definição do material dos objetos, o tamanho de um objeto detectável por anomalia magnética foi estimado pela Equação de Hall ($\Delta M = 10 w / d^3$) (Breiner, 1999). A massa do objeto é definida por w , e a distância por d . O coeficiente 10 é uma generalização da indução de campo local. A equação de Hall leva em consideração a forma do objeto por meio da razão das dimensões a/b , mas como não havia informações sobre objetos, se adotou uma esfera (relação 1/1).

No entanto, estimar apenas o campo magnético indutor normalmente subestima a amplitude das anomalias magnéticas, uma vez que os fatores de amplificação, como magnetização remanescente, volume do objeto e outros, não são considerados, tornando complexa a estimativa da anomalia magnética.

Foram conduzidos dois testes principais para se avaliar os seguintes pontos: nível de ruído e influência dos motores do VANT nos dados; detecção propriamente dita (amplitude das anomalias sobre objetos conhecidos) e posicionamento das anomalias. Outros testes subjetivos, mas também muito relevantes, foram o comportamento do drone e escolha da melhor forma de montagem e parâmetros de aquisição como velocidade e estabilidade. Testes distintos foram feitos para o suporte à dragagem e às operações de resgate.

Para o suporte à dragagem, se utilizou um veículo utilitário. Para se observar o raio de influência da sua distorção do campo, se utilizou também uma roda de ferro fundido (~50 kg e 0.3 m de diâmetro) para se avaliar a capacidade de detecção do sistema em diferentes alturas de voos e espaçamento entre linhas de levantamento.

Para o auxílio ao resgate, foram feitos testes sobre veículos íntegros e destruídos e outros ativos, como geradores e torres de iluminação, para compreensão do nível de distorção do campo e forma das anomalias. O veículo íntegro foi sobrevoado em diferentes alturas, para que se avaliasse o padrão de atenuação da amplitude da anomalia.

Os planos de voo seguiram a orientação do rio no projeto de apoio à dragagem, com raio de 100 m para sempre manter o drone no visual (sistema VLOS). Para o apoio aos bombeiros, as orientações foram variadas: se não houvessem obstruções aos voos, estes seriam feitos na direção N-S, porém, normalmente, os voos foram segmentados em função do relevo acidentado (Stoll, 2013). Basicamente, o plano de voo foi segmentado toda vez que variações de nível superavam os 10 m.

RESULTADOS

Deteção de Obstruções para Suporte à Dragagem

Para esta etapa a aeronave voaria a não mais de 4 m acima do nível da água com um espaçamento entre sensores de 3 m. Portanto, na pior das hipóteses, os magnetômetros poderiam detectar uma anomalia de 2 nT causada por um objeto de 100 kg que estaria 3,5 m abaixo da linha d'água. Isso pode parecer baixo, mas situações em que pelo menos um fator de amplificação não é aplicado são muito raros.

Para o suporte à dragagem, 31 km de dados aprovados foram adquiridos em 5 dias e cerca de 216 anomalias foram assinaladas (várias potencialmente representavam o mesmo objeto). Como decorrência do grande número de anomalias, foram determinados alvos prioritários e secundários. Os primeiros foram aqueles capturados em perfil magnético com amplitudes iguais ou maiores que 40 nT e com claro padrão de dipolo em malha.

O processo de seleção das anomalias é laborioso, uma vez que é necessário também verificar se várias anomalias próximas não são causadas por um mesmo objeto. Nem sempre isso é possível e em algumas áreas o campo magnético torna-se tão ruidoso pela ocorrência de objetos que sua localização individualizada se torna impraticável. Para estas áreas são assinalados polígonos. Estes polígonos também podem significar zona de influência de grande anomalia magnética que pode mascarar objetos menores próximos. Um exemplo de anomalia identificada na região de dragagem pode ser observado na figura 2.

Entretanto, ao analisar uma imagem de satélite foi possível notar uma feição alongada (como um tubo) que se estende do banco até o rio, alinhando-se perfeitamente com as anomalias mapeadas. Mais tarde, descobriu-se que eram máquinas de uma atividade de extração de areia que ocorreu na área. Como depósito de lama com árvores. Assim, e para completar a cobertura, foi realizado um levantamento terrestre segundo linhas pré-determinadas.

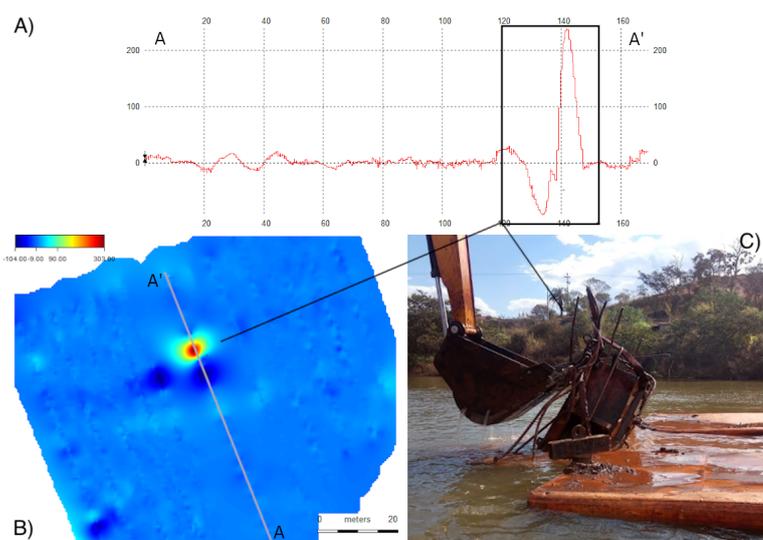


Figura 2 – A) Perfil de intensidade do campo magnético com destaque à anomalia magnética; B) localização do perfil mostrado sobre mapa interpolado de intensidade magnética; C) material que causou a distorção do campo magnético, mostrado em a e b, sendo retirado durante os serviços de dragagem.

nota operacional, na margem do rio, foi identificado um grande depósito de lama com árvores. Assim, e para completar a cobertura, foi realizado um levantamento terrestre segundo

ARTIGO TÉCNICO II

SUPORTE À EQUIPE DE RESGATE

Toda a área de barragem foi dividida pelo corpo de bombeiros em 469 polígonos quadrados de 125 m de lado, perfazendo 7,4 km² definido como a área de interesse. Em adição, pesquisas magnetométricas foram realizadas por demanda dos socorristas em áreas onde outras informações, como modelos de fluxo de lama, cães farejadores ou qualquer outro tipo, pudessem indicar a ocorrência de vítimas. Estes fatores podem estar associados a grandes anomalias magnéticas, como máquinas, carros, entre outros. A indicação de área a ser pesquisada foi feita com base no código do polígono. Foram adquiridos 276,71 km de dados magnéticos com voos automáticos respeitando as diretrizes definidas. Foram também efetuados voos manuais e até mesmo aquisições terrestres para ajudar a restringir as buscas e prover os pontos com melhor posicionamento possível. Estes não foram quantificados, mas seguramente mais de 300 km de dados foram adquiridos para o suporte aos bombeiros. Imagens de satélite anterior ao evento foram analisadas para averiguar a eventual correspondência das anomalias magnéticas com trilhos de trem, ou outros artefatos conhecidos. A fotogrametria recente foi crucial para selecionar anomalias, pois muito entulho era visível e facilmente identificável por estas imagens. Além disso, as equipes de busca trabalhavam em ritmo muito acelerado, exigindo boas notas de campo, com coordenadas precisas, decorrentes da localização de caminhões, tratores e outros maquinários durante os levantamentos.

Os relatórios também foram gerados com base no nome do código do polígono e da data. Um banco de dados compatível com o Google Earth era alimentado semanalmente (após 4 semanas foram gerados 41 relatórios). Esse banco de dados era interativo, fornecendo as coordenadas geográficas, as amplitudes das anomalias (nT) e a trajetória de voo.

Os alvos foram separados em 4 classes de anomalias: A - 0 a 10 nT; B - 10 a 100 nT; C - 100 a 250 nT e D - maior que 250 nT. Um exemplo do produto final e comparação com dados de campo pode ser observado na figura 3.

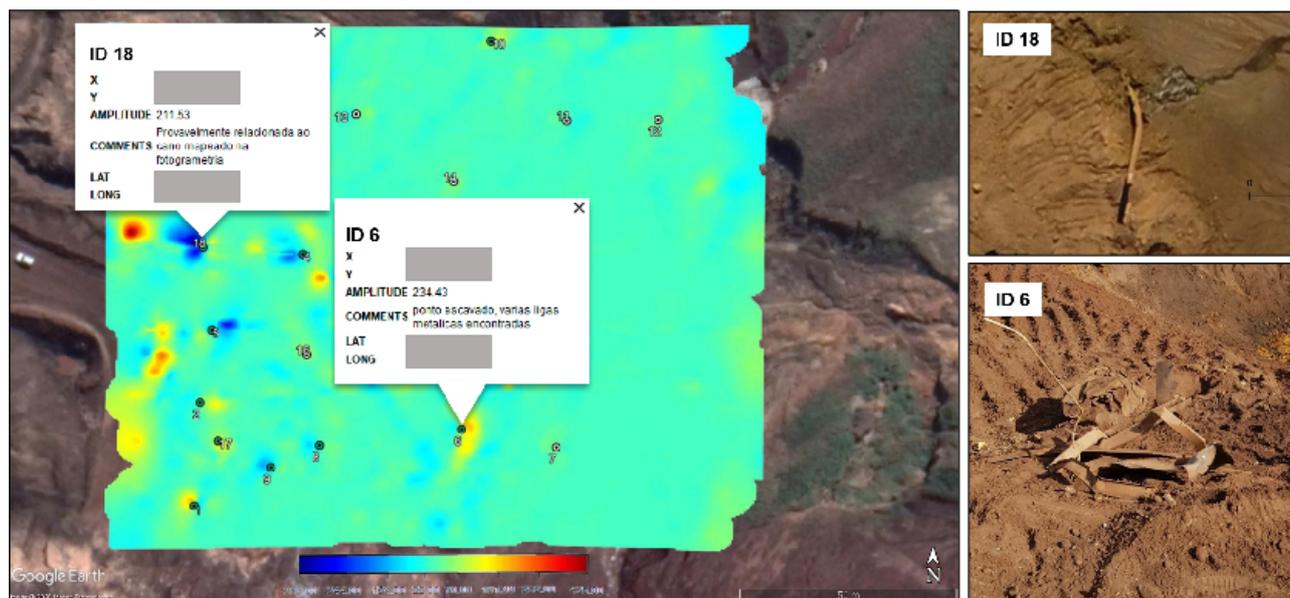


Figura 3 - Exemplos de anomalias magnéticas verificadas, das quais se obtiveram os materiais ID 18 e ID 6, mostrados em b e c.

CONCLUSÕES

Levantamentos magnéticos com drones se mostraram eficazes, especialmente em locais de difícil acesso. Também são muito versáteis e úteis para levantamentos de maior escala, em função da sua produtividade e de baixas alturas de voo, quando comparados a levantamentos aéreos clássicos. Entretanto, para o sucesso de uma operação, vários procedimentos devem ser adotados para garantir a qualidade dos dados. Por fim, o trabalho demonstrou o bom desempenho de magnetômetros modernos do tipo fluxgate na identificação de objetos de várias dimensões.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Allonda, responsável pela dragagem no Rio Paraopeba, pelo apoio operacional e por acreditar na aplicação inovadora de um método pouco conhecido no Brasil. Agradecemos também à todo o Corpo de Bombeiros, não só pelo apoio durante as operações, mas pela dedicação no exercício de sua tão difícil e importante função.



Cadastre-se no LinkedIn da SBGf

REFERENCES

- BARROWS, L., & ROCCHIO, J. (1990). Magnetic Surveying for Buried Metallic Objects. *Groundwater Monitoring & Remediation*, 10(3), 204-211.
- BREINER, S. (1999). Applications Manual for Portable Magnetometers. *Applications Manual for Portable Magnetometers*, 58. Geometrics Inc.
- CAMIDGE, K., HOLT, P., JOHNS, C., RANDALL, L., & SCHMIDT, A. (2010). Developing Magnetometer Techniques to Identify Submerged Archaeological Sites. (2010).
- GAVAZZI, B., LE MAIRE, P., MUNSCHY, M., & DECHAMP, A. (1 DE 9 DE 2016). Fluxgate vector magnetometers: A multisensor device for ground, UAV, and airborne magnetic surveys. *Leading Edge*, 35(9), 795-797.
- KIM, S., KIM, T., & SIM, J. (2019). Applicability assessment of uav mapping for disaster damage investigation in Korea. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives*. 42, pp. 209-214. International Society for Photogrammetry and Remote Sensing.
- MALEHMIR, A., DYNESIUS, L., PAULUSSON, K., PAULUSSON, A., JOHANSSON, H., BASTANI, M., . . . MARS-DEN, P. (1 DE 7 DE 2017). The potential of rotary-wing UAV-based magnetic surveys for mineral exploration: A case study from central Sweden. *Leading Edge*, 36(7), 552-557.
- PARVAR, K. (2016). *DEVELOPMENT AND EVALUATION OF UNMANNED AERIAL VEHICLE (UAV) MAGNETOMETRY SYSTEMS*. Queen's University Kingston, Ontario, Canada, Geological Sciences and Geological Engineering.
- SCHURMANN, V., TESSLER, T., & MENEZES, J. T. (2011). U513: A busca pelo lobo solitário. *XIV Congresso Latino Americano de Ciências do Mar*. Balneário Camboriú.
- STOLL, J. (2013). Unmanned aircraft systems for rapid near surface geophysical measurements. *75th EAGE Conference and Exhibition Incorporating SPE EUROPEC 2013*, XL(September), 4-6.

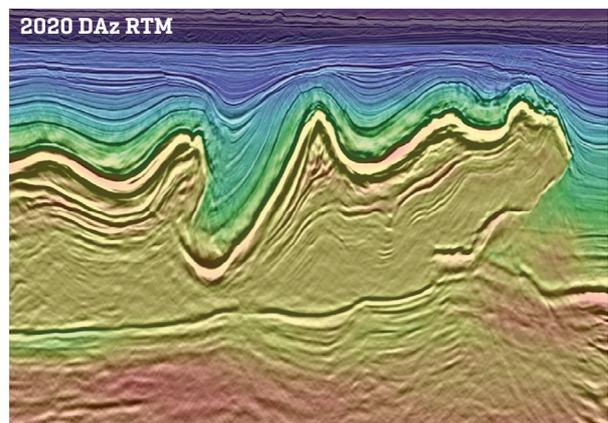
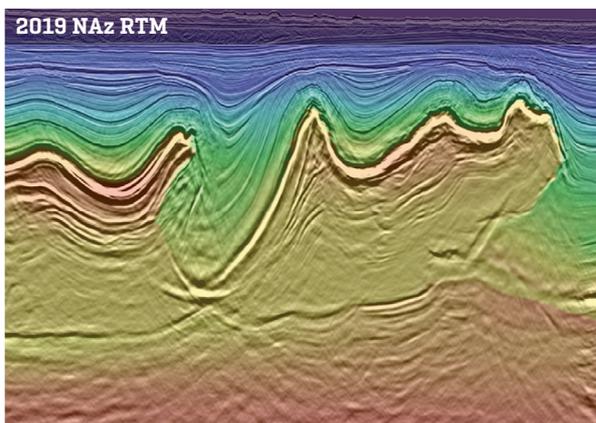
2nd Joint SBGf-SEG Workshop on Machine Learning

10-11 November 2020 | On-line

EXPLORE ESMERALDA



Dual-azimuth data delivers superior imaging in the Santos Basin



The right data, in the right place, at the right time

2020

▶ I Workshop de Monitoramento Geofísico de Barragens

10 a 12 de agosto - On-line

Informações: <https://sbgf.org.br/wsbarragens/>

▶ 2nd Joint SBGf/SEG Workshop on Machine Learning

10 e 11 de novembro - On-line

Informações: <https://seg.org/Events/Second-Workshop-on-Machine-Learning>

▶ First EAGE/SBGf Online Symposium on Reservoir Monitoring

17, 18 e 19 de novembro - On-line



I Workshop de Monitoramento Geofísico de Barragens

MANHÃS DE 10, 11 E 12 - AGOSTO 2020 | ON-LINE

REALIZAÇÃO



APOIO INSTITUCIONAL



PATROCINADORES



Essa tecnologia está na Petrobras.

petrobras.com.br/nossaenergia

A aplicação de tecnologias em levantamentos geofísicos faz parte do nosso dia a dia na Petrobras. Seja com os submarinos AUVs e ROVs, que atingem lugares impossíveis, com o uso de realidade virtual para diminuir riscos ou com os nossos supercomputadores, que nos dão respostas instantâneas: o que existe de mais avançado está na Petrobras.

