

RELATÓRIO TÉCNICO: NOVAS ESTRATÉGIAS DE EXPLORAÇÃO GEOFÍSICA DE BAIXO IMPACTO

1. Introdução e Estado da Arte da Aquisição Sísmica Terrestre

Diversas empresas agora se especializam em aquisição sísmica terrestre de baixo impacto ambiental, utilizando tecnologias miniaturizadas e sem cabos (nós autônomos) ou métodos de medição passivos. Essas inovações reduzem significativamente o desmatamento, o tráfego de veículos pesados e as emissões de carbono em campo.

Principais intervenientes e tecnologias do setor

Fabricantes e fornecedores de tecnologias nodais

- **STRYDE:** Líder de mercado em pequenos receptores sísmicos terrestres. Seus sensores (" nós ") pesam apenas 150 gramas. Permitem a instalação totalmente a pé, eliminando a necessidade de desmatar.
- **Sercel (com a LISS):** A Sercel adquiriu a startup Low Impact Seismic Sources (LISS). Ela comercializa a tecnologia Tuned Pulse Source (TPS™), uma fonte pneumática de baixa frequência que reduz o impacto acústico e ambiental em comparação com os métodos de impacto tradicionais.

Empresas de Serviços e Aquisição

- **Explor :** Uma empresa de aquisição sísmica que utiliza tecnologias com impacto ambiental quase nulo . Ela prioriza o uso de sensores portáteis e fontes de energia adequadas para eliminar a necessidade de tratores.
- **TenzorGEO :** Especialista em sísmica passiva de baixa frequência (LFS). Seu método não utiliza fontes de energia ativas (sem dinamite, sem caminhões vibratórios). Ele simplesmente capta as vibrações naturais da Terra, tornando o impacto ambiental completamente neutro.
- **Oceania Geo :** Uma empresa de serviços geofísicos que oferece levantamentos personalizados e de baixo impacto. Ela combina fontes de energia altamente móveis e leves com receptores sem fio para proteger os ecossistemas.

2. Análise Comparativa: Sistemas Sísmicos Passivos vs. Sistemas Ativos Leves

A comparação entre nós sísmicos passivos e nós ativos leves depende principalmente dos seus objetivos de imageamento, orçamento e restrições do terreno.

Resumo das Diretrizes

- **A imagem sísmica passiva** destaca-se para o monitoramento ambiental contínuo e para a obtenção de imagens profundas a baixo custo operacional, sem necessidade de fonte artificial.
- **Os nós ativos leves** oferecem resolução de imagem significativamente maior, imagens direcionadas e alta produtividade em campo graças à sua rápida implantação, combinada com uma fonte vibratória ou explosiva.

Vantagens detalhadas

Vantagens do projeto sísmico passivo

- Sem fonte artificial: Utiliza ruído ambiente (ondas, vento, tráfego) ou microterremotos.

 RSS NMR THE SIMPLE WAY OF EXPLORATION	Michel L. Friedman-Matarese <small>(Destom LH 67/11)</small>
 GEO-NMR.NET Exploration by satellite	 Mobile: +591-71696657
	 Speaker: FR-UK-ES-BR/PT
	 WhatsApp: +591-71696657
	 GMT: -04h
	 Email: michel@geo-nmr.net
	 Base: Bolívia, Santa Cruz
	 In Charge: África & Américas

RELATÓRIO TÉCNICO: NOVAS ESTRATÉGIAS DE EXPLORAÇÃO GEOFÍSICA DE BAIXO IMPACTO

- Baixo impacto ambiental: Ideal para áreas urbanas, protegidas ou de difícil acesso.
- Gravação contínua: Permite o monitoramento temporal (4D) de reservatórios ou riscos naturais.
- Redução dos custos operacionais: Não é necessário alugar caminhões vibratórios nem comprar explosivos.
- Profundidade da investigação: As baixas frequências naturais penetram muito profundamente na crosta terrestre.

Vantagens dos nós Ativos de luz

- Resolução de imagem superior: O sinal controlado proporciona imagens de alta frequência com alto nível de detalhamento.
- Dados sob demanda: Não é necessário esperar que o ruído ambiente seja suficiente ou estável.
- Implantação ultrarrápida: Equipamento leve e sem cabos, rápido de posicionar e recuperar.
- Relação sinal-ruído controlada: A fonte artificial geralmente supera o ruído de fundo.
- Geometria de aquisição flexível: Configuração personalizada de linha ou patch para o alvo.

Tabela Comparativa Sinóptico

Crítérios	Sísmica Passiva	Nós ativos leves
Fonte	Natural / Ambiente	Artificial (Vibrador/Dinamite)
Resolução	Baixo a médio	Muito alto
Logística de campo	Leve (Entrada única)	Moderado (Nós Leves + Equipe Fonte)
Restrição regulamentação	Muito baixo	Alto (Permissões para Disparo/Vibração)
Período de aquisição	Longo (dias a meses)	Curto (Horas a Dias)

3. Avanço Tecnológico: Acoplamento de Nós Sísmicos e RSS-NMR

A combinação da aquisição sísmica por nós (ativos e passivos) e RSS-NMR (Ressonância Magnética Nuclear por Ressonância Estocástica de Superfície) representa um grande avanço tecnológico para reduzir os custos da exploração mineral, petrolífera ou hidrogeológica.

Definições Fundamentais

1. Nós Ativos e Passivos : Os nós são sensores sísmicos autônomos (sem fio) instalados no solo para registrar vibrações subterrâneas.

- **Nós Ativos (Sísmica Ativa) :** Registram a resposta do subsolo a uma fonte de energia artificial controlada.
- **Nós Passivos (Sísmica Passiva) :** Captam continuamente as vibrações naturais da Terra.

2. RSS-NMR: Método geofísico eletromagnético de superfície baseado em ressonância magnética nuclear. Excita núcleos de hidrogênio (em água ou hidrocarbonetos) para detectar diretamente a presença de fluidos, seu volume e a porosidade da rocha, sem necessidade de perfuração.

Os benefícios da sinergia geocientífica

sísmica nodal e RSS-NMR cria uma sinergia geofísica altamente rentável, combinando geometria estrutural e natureza do fluido.



Michel L. Friedman-Matarese

(Destom LH 67/11)

Mobile: +591-71696657

Speaker: FR-UK-ES-BR/PT

WhatsApp: +591-71696657

GMT: -04h

Email: michel@geo-nmr.net

Base: Bolívia, Santa Cruz

In Charge: Africa & Américas

RELATÓRIO TÉCNICO: NOVAS ESTRATÉGIAS DE EXPLORAÇÃO GEOFÍSICA DE BAIXO IMPACTO

[RSS-NMR] —> Identificação direta da natureza dos fluidos (Água/Óleo) = redução máxima do risco de perfuração a seco

[Sísmica por Nós] —> **Mapeamento 3D de estruturas** geológicas e armadilhas , os pontos ideais

Eliminar o risco de 'perfuração a seco'

Os levantamentos sísmicos (nós) são excelentes para mapear a geometria, mas não conseguem diferenciar entre uma armadilha vazia e uma preenchida com fluido útil. Ao aplicar a técnica RSS-NMR aos alvos identificados pelos nós , é possível validar a presença real de fluido antes de realizar levantamentos sísmicos de precisão e perfurar poços de teste. Evitar um único poço desnecessário economiza milhões de euros.

Nota: A principal vantagem operacional: Esta primeira fase de avaliação pode ser realizada sem qualquer licença de exploração, em modo " espião " ou discreto.

Reduzindo custos operacionais por meio de nós

- **Sem cabeamento (Logística leve):** Os sistemas tradicionais exigem quilômetros de cabeamento pesado. Os nós são instalados manualmente .
- **Sem necessidade de cortar cabos (ecológico) :** Não é mais preciso abrir amplas áreas na floresta para instalar cabos.
- **Eliminação dos custos da fonte (Passiva) :** A tecnologia sísmica passiva elimina completamente a necessidade de comprar dinamite.
- **Impacto mínimo em saúde, segurança e meio ambiente:** Menos funcionários e veículos pesados reduzem drasticamente o risco de acidentes.

RELATÓRIO TÉCNICO: NOVAS ESTRATÉGIAS DE EXPLORAÇÃO GEOFÍSICA DE BAIXO IMPACTO

4. Estratégias de Exploração da Terra e Processos de Tomada de Decisão

Abordagem Metodológica: Seleção de Sequências

Opção A: Abordagem Sequencial Tradicional

- **Fase 1:** Implantação de nós passivos em uma grande área para um modelo estrutural 3D preliminar (requer licença e um prazo de 12 a 24 meses).
- **Fase 2:** Implantação de RSS-NMR apenas em anomalias detectadas.
- **Fase 3:** Utilização de nós ativos na área de interesse final.

Opção B: Abordagem otimizada de "pontos ideais" (Recomendada)

- **Fase 1:** Implantação do RSS-NMR em 100% do bloco sem permissões ou autorizações para localizar diretamente áreas de grande interesse.
- **Fase 2:** Utilização de nós ativos restritos exclusivamente a pontos ideais para orientar com precisão o posicionamento dos poços.

Redução geral no tempo do projeto (tempo para tomada de decisões)

A implementação sequencial otimizada (começando com o RSS-NMR) evita a espera associada ao pedido inicial de licença de exploração (economizando de 12 a 18 meses) e fornece resultados concretos em 4 a 6 meses. Essa economia de tempo reduz drasticamente os custos operacionais da campanha.

RELATÓRIO TÉCNICO: NOVAS ESTRATÉGIAS DE EXPLORAÇÃO GEOFÍSICA DE BAIXO IMPACTO

5. Cronogramas comparativos das campanhas

1. Diagrama da Linha do Tempo da Sinergia: RSS-NMR + Nós Ativos

Operações	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12
1. Pedido de Licença e EIA	X	X	X	X	X	X						
2. Aquisição de RSS-NMR				X	X	X						
3. Análise e direcionamento por RMN					X	X						
4. Implantação de nós ativos							X	X	X	X		
5. Aquisição sísmica direcionada								X	X	X		
6. Recuperação e Garantia da Qualidade/Controle de Qualidade									X	X		
7. Processamento e Inversão										X	X	X

2. Cronograma: Sísmica Tradicional (Explosivos / Vibroseis)

Operações	M1-M12	M13	M14	M15	M16	M17	M18	M19	M20	M21	M22	M23-M48
1. Licenças e EIE Pesado	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2. Logística do Acampamento Base		X	X	X								
3. Abertura das linhas				X	X	X	X	X	X			
4. Implantação de Cabos						X	X	X	X	X	X	
5. Perfuração / Detonação / Vibroseis							X	X	X	X	X	X
6. Processamento e Inversão									X	X	X	X

RELATÓRIO TÉCNICO: NOVAS ESTRATÉGIAS DE EXPLORAÇÃO GEOFÍSICA DE BAIXO IMPACTO

6. Catálogo de Tecnologias de Fontes Sísmicas Leves

A utilização de fontes sísmicas leves com nós autônomos é fundamental para manter a agilidade obtida através do pré-direcionamento por RSS-NMR. Ao contrário de caminhões vibratórios de 30 toneladas, essas fontes têm um impacto ambiental mínimo.

1. Fontes Vibracionais de Luz (Mini-Vibrosets)

- Mini-vibradores em trilhos (ex: EnviroVibe : Peso de 1,5 a 5 toneladas. Oferece um sinal controlado com baixíssimo impacto no solo, ideal para alcances de até 1500-2000 metros.
- Vibradores eletromagnéticos portáteis: menos de 100 kg. Logística ultraleve (pode ser transportado nas costas), ideal para áreas ultrasensíveis.

2. Fontes de Impulso Mecânico

- Peso em queda acelerada (AWT): 200 a 500 kg em quadricóptero. Repetibilidade de sinal, custo operacional insignificante, imageamento de até 1000 metros.
- Câmara de impacto a gás: 50 a 80 kg. Transportável manualmente em áreas acidentadas (florestas densas, montanhas).

3. Microexplosivos e fontes químicas alternativas

- Microcargas e detonadores eletrônicos: Minicargas de algumas dezenas de gramas colocadas a profundidades muito rasas por meio de uma perfuratriz portátil.
- Pistola de Cartucho Sísmico: Uma ferramenta portátil semelhante a um rifle industrial que dispara um cartucho de festim em um microfuro de 50 cm.

4. Fontes Passivas (Ruído Ambiente)

- Interferometria de Ruído Ambiente (ANT): Os nós registram continuamente o ruído natural da Terra. Impacto ambiental absolutamente nulo e custo da fonte igual a €0.

7. Compromisso com a Responsabilidade Ecológica e Impacto Regulatório

Para manter a filosofia de "impacto zero" da tecnologia RSS-NMR, a estratégia ideal é combiná-la com as técnicas de subsuperfície menos invasivas. O objetivo é eliminar qualquer destruição da vegetação (sem corte de cabos).

Concentre-se nos três métodos mais virtuosos.

1. **Levantamento sísmico passivo com ruído ambiente (ANT)** : Absolutamente nenhum impacto. Equipes a pé ou deslocadas por minidrones. Nenhum ruído gerado.
2. **Peso em queda acelerada (elétrico, pneumático ou AWT)** : Quadriciclos equipados com pneus de baixa pressão não danificam a vegetação rasteira.



Michel L. Friedman-Matarese

(Destom LH 67/11)

Mobile: +591-71696657

Speaker: FR-UK-ES-BR/PT

WhatsApp: +591-71696657

GMT: -04h

Email: michel@geo-nmr.net

Base: Bolívia, Santa Cruz

In Charge: África & Américas

RELATÓRIO TÉCNICO: NOVAS ESTRATÉGIAS DE EXPLORAÇÃO GEOFÍSICA DE BAIXO IMPACTO

3. **Mini vibradores eletromagnéticos portáteis** : propulsão 100% elétrica com baterias de lítio, sem risco de vazamento de óleo.

Tabela de pontuação ecológica para técnicas

Técnica / Fonte	Pegada de carbono	Destruição de Plantas	Pontuação ecológica
Sísmica Passiva (ANT)	Ultrabaixo	Nenhum	10/10
Vibrador eletromagnético	Muito baixo	Nenhum	9/10
Soltar peso (Quad)	Fraco	Nenhum	8/10
Explosivos sísmicos	Muito forte	Enorme	1/10