

Aplicação da Geofísica para identificação de zonas fraturadas para alocação de poço

Michelle Cintra Abud Mariano
Mosaic Fertilizantes



10º CONGRESSO BRASILEIRO DE
**MINAS A CÉU ABERTO E
MINAS SUBTERRÂNEAS**

10th BRAZILIAN CONGRESS ON SURFACE MINING AND UNDERGROUND MINING

28 E 29 DE ABRIL DE 2021

Agenda

Geofísica Aplicada

Planejamento

Pré-execução

Aquisição e Processamento

Balizamento

Produtos

Geofísica Aplicada Identificação Fraturas

Interpretação

Resultados

Vantagens

Geofísica Aplicada - Planejamento

Etapas de Campo:

- Reconhecimento da área de estudo;
- Entendimento do problema/objetivo exposto e produtos esperados;
- Identificação e delimitação dos pontos de interesse (*e.g.* zonas de surgência, trincas);
- Avaliação da necessidade para abertura de picada, preparação e liberações de acesso;
- Revisão e adequação do planejamento preliminar, de modo que as seções geofísicas sejam executadas em consonância aos objetivos pretendidos, dentro da área de interesse.

Geofísica Aplicada - Planejamento

Etapas de Escritório:

- Análise bibliográfica de estudos de geologia e hidrogeologia existentes, regionais e locais;
- Análise de mapeamentos litoestruturais pretéritos;
- Fotointerpretação dos alinhamentos estruturais;
- Planejamento preliminar das seções geofísicas de modo perpendicular às principais feições estruturais regionais;

Geofísica Aplicada - Planejamento

Etapas de Escritório:

- Definições das metodologias a serem empregadas frente aos objetivos propostos: Eletrorresistividade (técnica de campo do Caminhamento Elétrico - CE) e Potencial Espontâneo (SP);
- Parametrização dos dados de Eletrorresistividade (CE) e Potencial Espontâneo (SP): arranjo de eletrodos a serem testados, profundidade a ser imageada, espaçamento entre perfis, espaçamento entre eletrodos, protocolo de aquisição, etc.

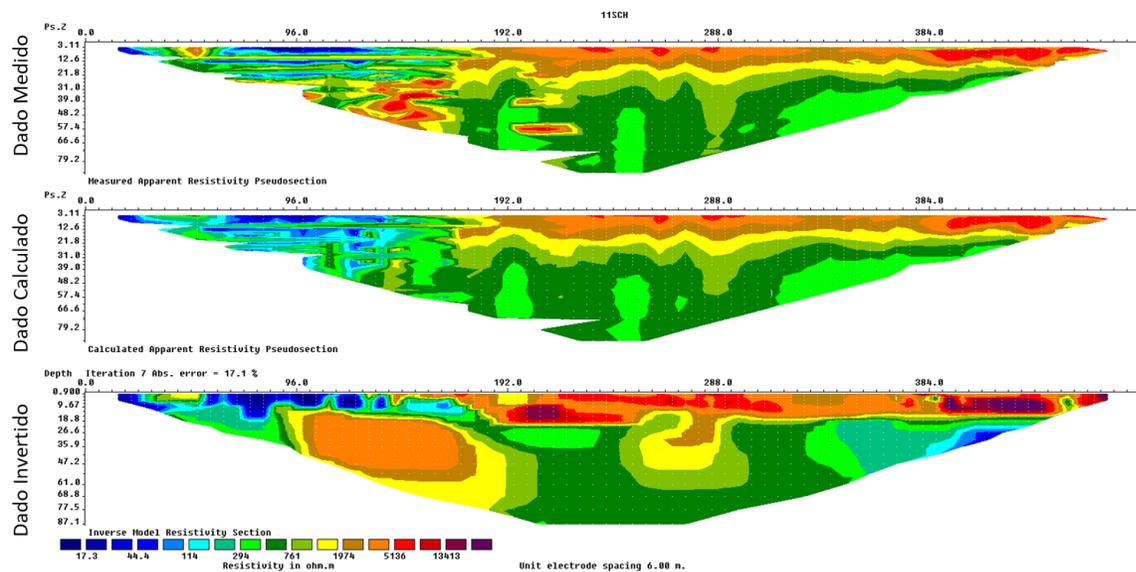
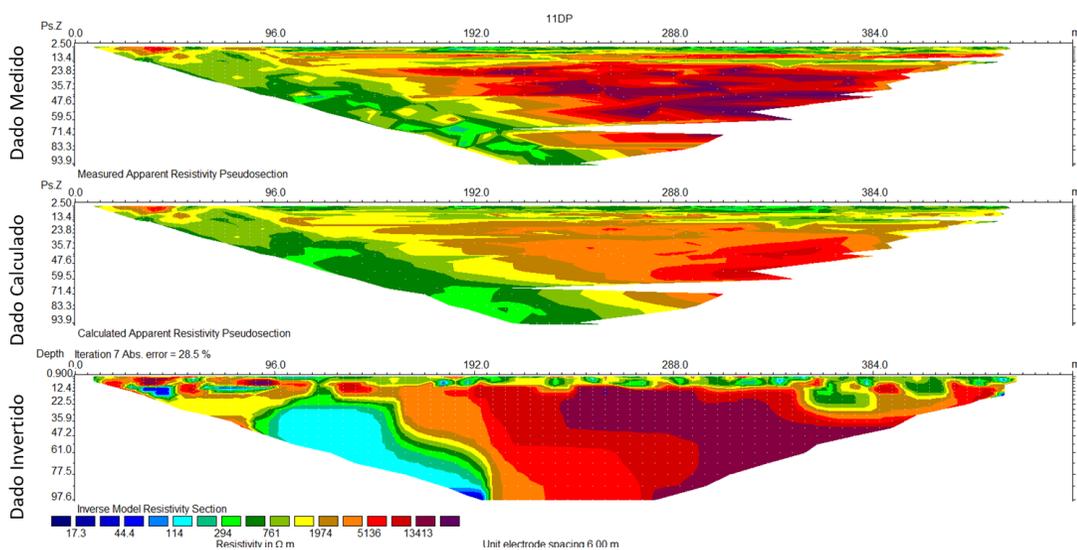
Geofísica Aplicada – Pré-execução

Testes de Arranjos de Eletrodos:

- O arranjo de eletrodos é o termo utilizado para definir a geometria de aquisição, no que diz sentido à lógica das medições realizadas. Um arranjo pode ter mais sensibilidade horizontal ou vertical e robustez que outro, assim como demais parâmetros;
- Realização de testes com utilização de diferentes arranjos nas fases iniciais do projeto como forma de procurar a melhor metodologia para as aquisições e avaliação de qual atende melhor ao objetivo do projeto proposto;
- Exemplo de tipos de arranjos: Dipolo-Dipolo (DDP) e Schlumberger Recíproco (SCH-Re).

Geofísica Aplicada – Pré-execução

Testes de Arranjos de Eletrodos:



Exemplos de dados com arranjos de eletrodos testados para definição e continuidade das atividades.

A) Dipolo-Dipolo (DDP) e B) Schlumberger Recíproco (SCH-Re).

Escolhido o DDP aceitável relação sinal-ruído, satisfatória relação profundidade de investigação versus resolução lateral, considerável quantidade de pontos, versatilidade do arranjo

Geofísica Aplicada – Aquisição e Processam.

Aquisição dos Dados Geométricos:

- Resistivímetro multieletrodo - SuperSting R8/IP da fabricante AGI (*Advanced Geosciences Inc*);
- Espaçamento entre eletrodos definido de acordo com objetivo proposto.



Aquisição em campo.

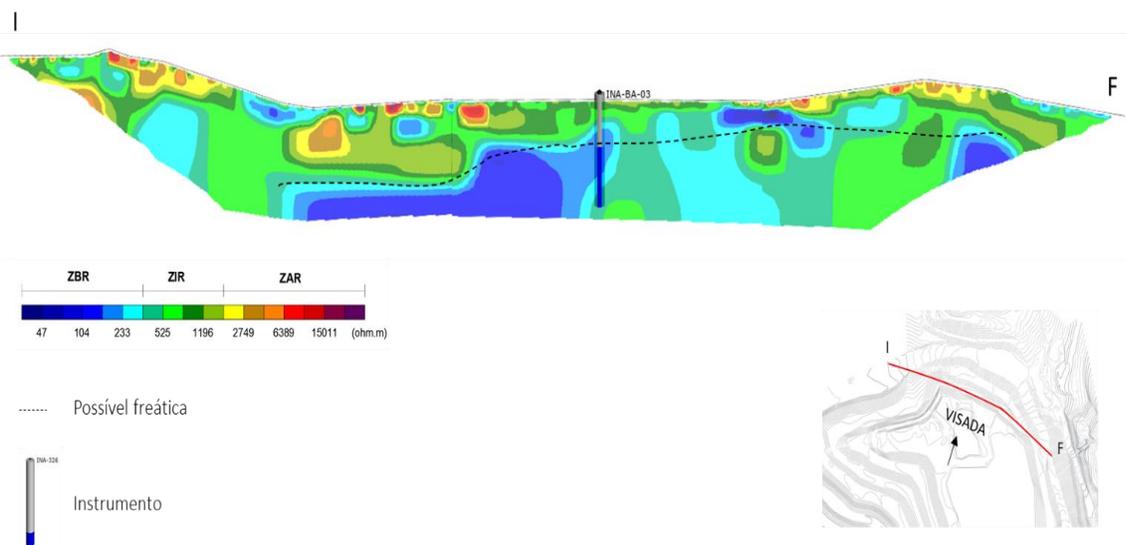
Geofísica Aplicada – Aquisição e Processam.

Processamento dos Dados Geométricos:

- Análise da pseudo-seção para filtragem de dados;
- Rotina de inversão: o modelo de blocos é reconstruído em um processo iterativo ou até que a diferença entre o modelo observado e o calculado fique abaixo de um valor aceitável;
- *Softwares: Res2DInv (Geotomo[®]) e Surfer (Golden Software[®]);*
- Modelagem numérica das interpretações e inserção em ambiente tridimensional (Leapfrog Geo – Seequent[®])

Geofísica Aplicada - Balizamento

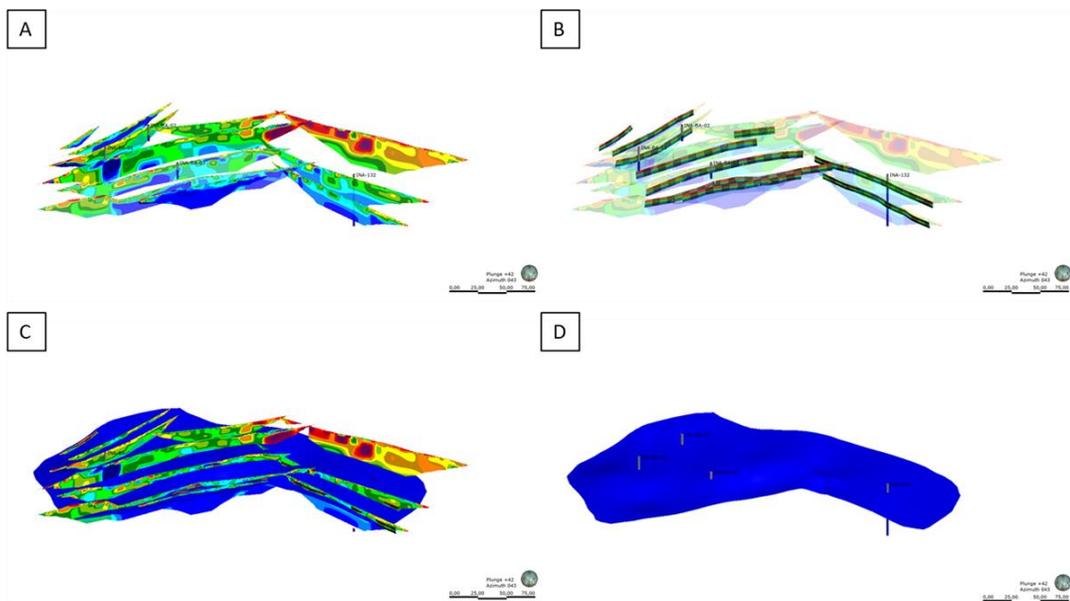
- **Balizamento das Assinaturas Geofísicas:** utiliza-se de uma seção geofísica com instrumentação devidamente georreferenciada e projetada, com as leituras do nível d'água, próximas ao período das aquisições geofísicas realizadas;
- Procura-se locais onde fora verificada a presença de água nos instrumentos de auscultação (e.g. INA), em projeção a uma seção geofísica de Eletrorresistividade (CE), assimilados a respostas geofísicas condutivas;
- Tais valores condutivos definidos pelo balizamento servem de **base** para a associação com materiais saturados e/ou com quantidade de umidade nos poros dos materiais constituintes.



Balizamento da leitura de instrumentos locais com resultados geofísicos – definição de assinatura geofísica para a presença de materiais saturados. Seção de Eletrorresistividade (CE).

Geofísica Aplicada - Produtos

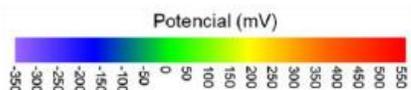
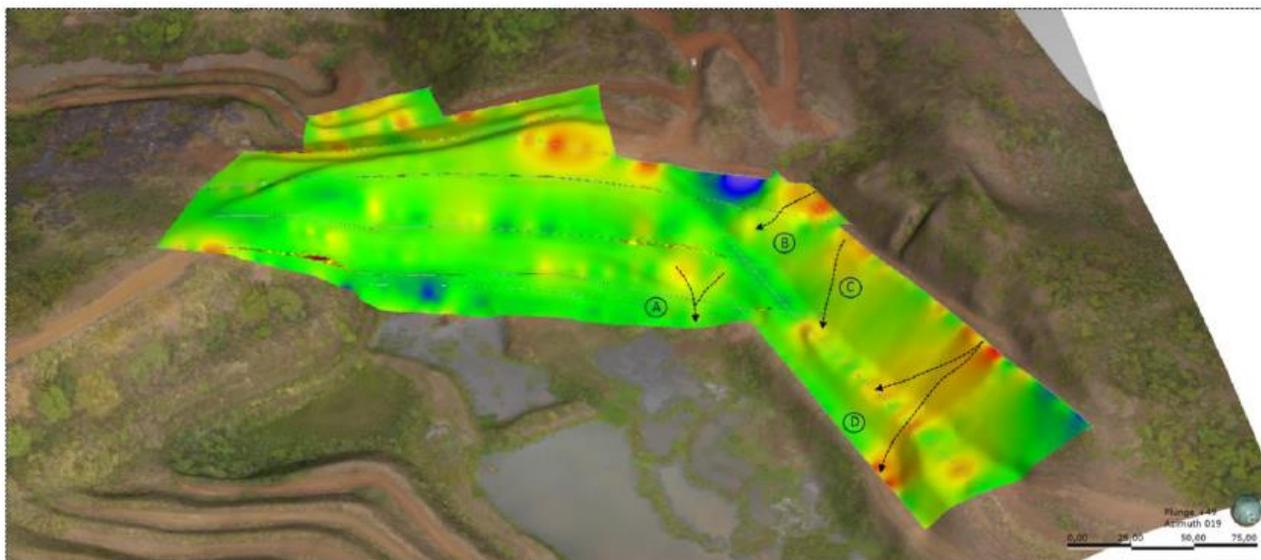
- **Modelamento da Superfície Freática:** a presença de uma superfície condutiva aproximadamente contínua ao longo de algumas seções geofísicas paralelamente dispostas, acaba por elucidar a identificação de nível possivelmente saturado no local, sendo esse correlacionado a uma provável superfície freática;
- As seções geofísicas são integradas, em um ambiente tridimensional, a demais informações disponibilizadas (e.g. ortofoto, instrumentos de auscultação, curvas de nível, seções-típicas e etc.) como forma de auxiliar nas interpretações e melhorar a imersão na estrutura.



*A: Seções de Eletroresistividade georreferenciadas;
B: Interpretação explícita do nível freático;
C: Modelamento da superfície freática a partir das linhas de interpretação;
D: Visualização tridimensional da superfície freática com os instrumentos de auscultação, evidenciando consonância interpretativa.*

Geofísica Aplicada - Produtos

- Mapa de Potencial e Indicações de Fluxos:



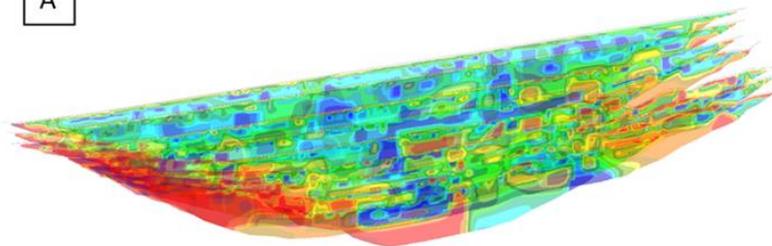
Mapa de Potencial no contexto da estrutura com indicação de feições relevantes.

- Em relação aos dados levantados de Potencial Espontâneo (SP), sabe-se que os potenciais crescem na direção do fluxo e suas intensidades são proporcionais ao gradiente hidráulico que, por sua vez, está relacionado à velocidade de percolação;
- Em virtude do baixo gradiente hidráulico existente na região do reservatório, a característica mais homogênea do mapa levantado (predomínio de tons em verde) vem de encontro ao esperado para a região;
- Anomalias positivas podem estar associadas a pontos de surgências. *Trends* positivos existentes no mapa (identificados como A, B, C e D) podem ser interpretados e indicar ocorrência de fluxos locais e subsuperficiais, com maior velocidade associada.

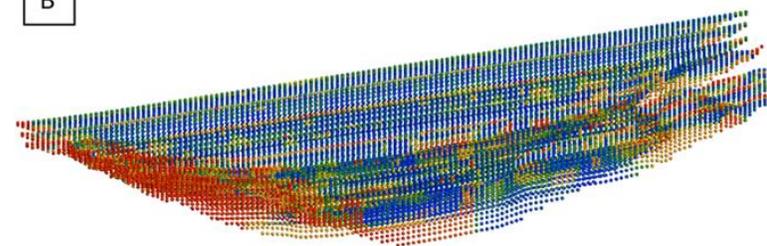
Geofísica Aplicada - Produtos

- **Identificação de Zonas Saturadas:** modelamento implícito das chamadas “Zonas de Atenção”, as quais correspondem a porções condutivas de maior concentração em baixos valores de resistividade aparente, de maior persistência/continuidade entre seções geofísicas adjacentes e, desta forma, de maior potencial para presença de umidade entre os poros e/ou conteúdo argiloso.

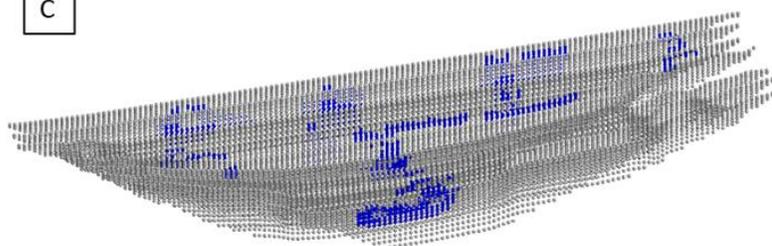
A



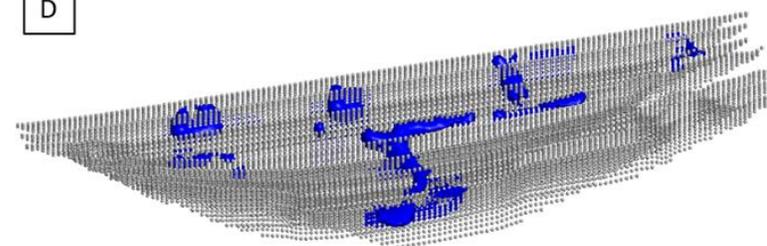
B



C



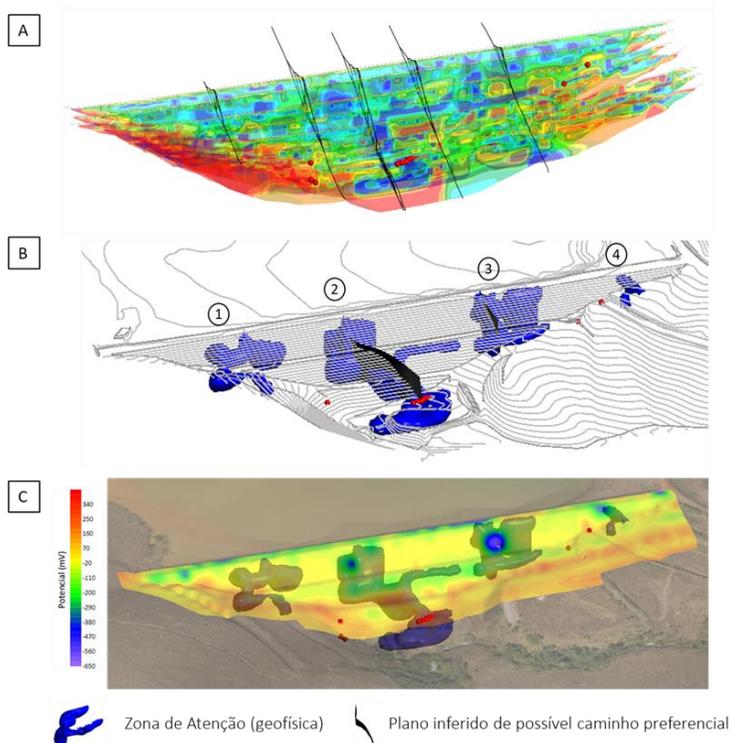
D



A: Importação de pontos georreferenciados com informações acerca da resistividade aparente dos materiais; B: Categorização dos pontos de baixa resistividade como “Zonas de Atenção”; C: Confecção de superfícies a partir dos pontos categorizados; D: Confecção de volumes a partir da delimitação de superfícies no contexto do barramento.

Geofísica Aplicada - Produtos

- **Identificação de Zonas Saturadas:** integração tridimensional com outros produtos (seções-típicas, curvas de nível, ortofoto, mapa de Potencial Espontâneo).

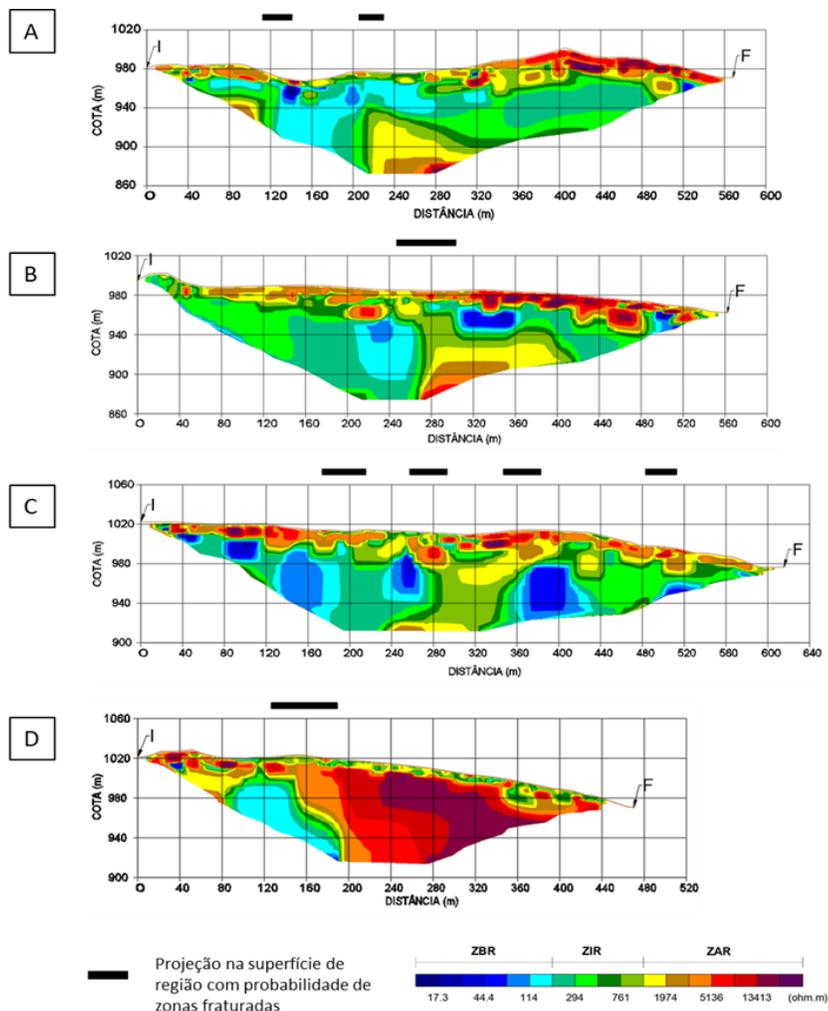


A: Relação entre seções geofísicas executadas e Seções-Típicas no contexto do barramento;
B: Relação entre “Zona de Atenção” e caminhos preferenciais modelados anteriormente;
C: Relação entre “Zona de Atenção” e Mapa de Potencial gerado pelo SP.

Geofísica Aplicada a Fraturas - Objetivos

- Identificação de **áreas potencialmente fraturadas** como ferramenta auxiliar aos projetos de hidrogeologia tais como: alocação de poços de rebaixamento, produção e monitoramento – principalmente onde não há informação geológica local detalhada.

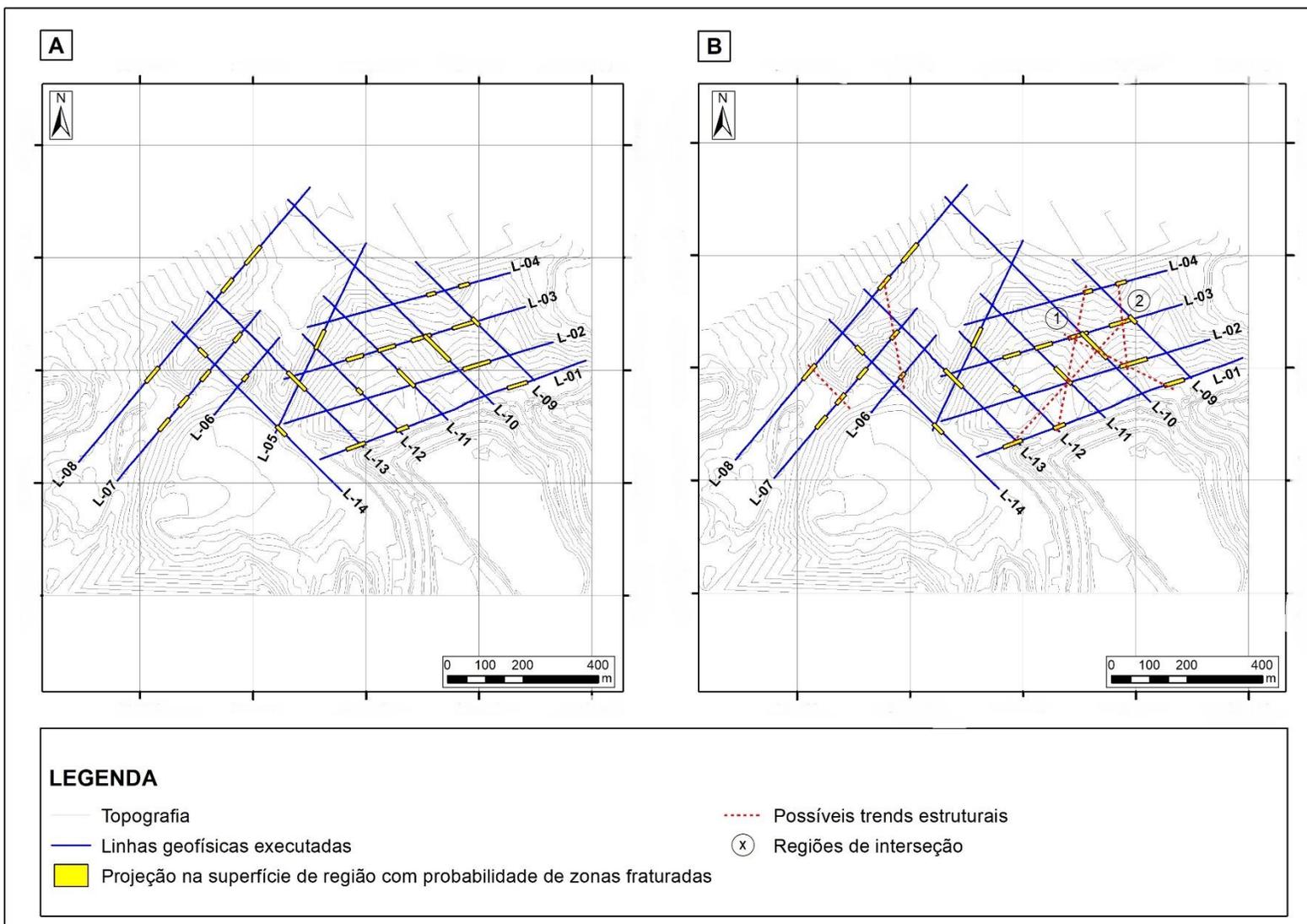
Geofísica Aplicada a Fraturas: Interpretações



- O principal objetivo dos levantamentos geofísicos pelo método da Eletrorresistividade foi o de detectar feições/aspectos correlacionáveis a possíveis fraturamentos/falhamentos;
- Normalmente, zonas fraturadas em domínios geológicos associados a rochas cristalinas apresentam-se por meio de variações laterais bruscas nos valores de resistividade. Tal fato deve-se, principalmente, à condição de tal estrutura favorecer a percolação de água assim como ao processo de alteração das rochas, que acabam por diminuir os valores de resistividade associados;
- As marcações, por meio de barras preenchidas, representam projeções na superfície de regiões com maior probabilidade para zonas fraturadas.

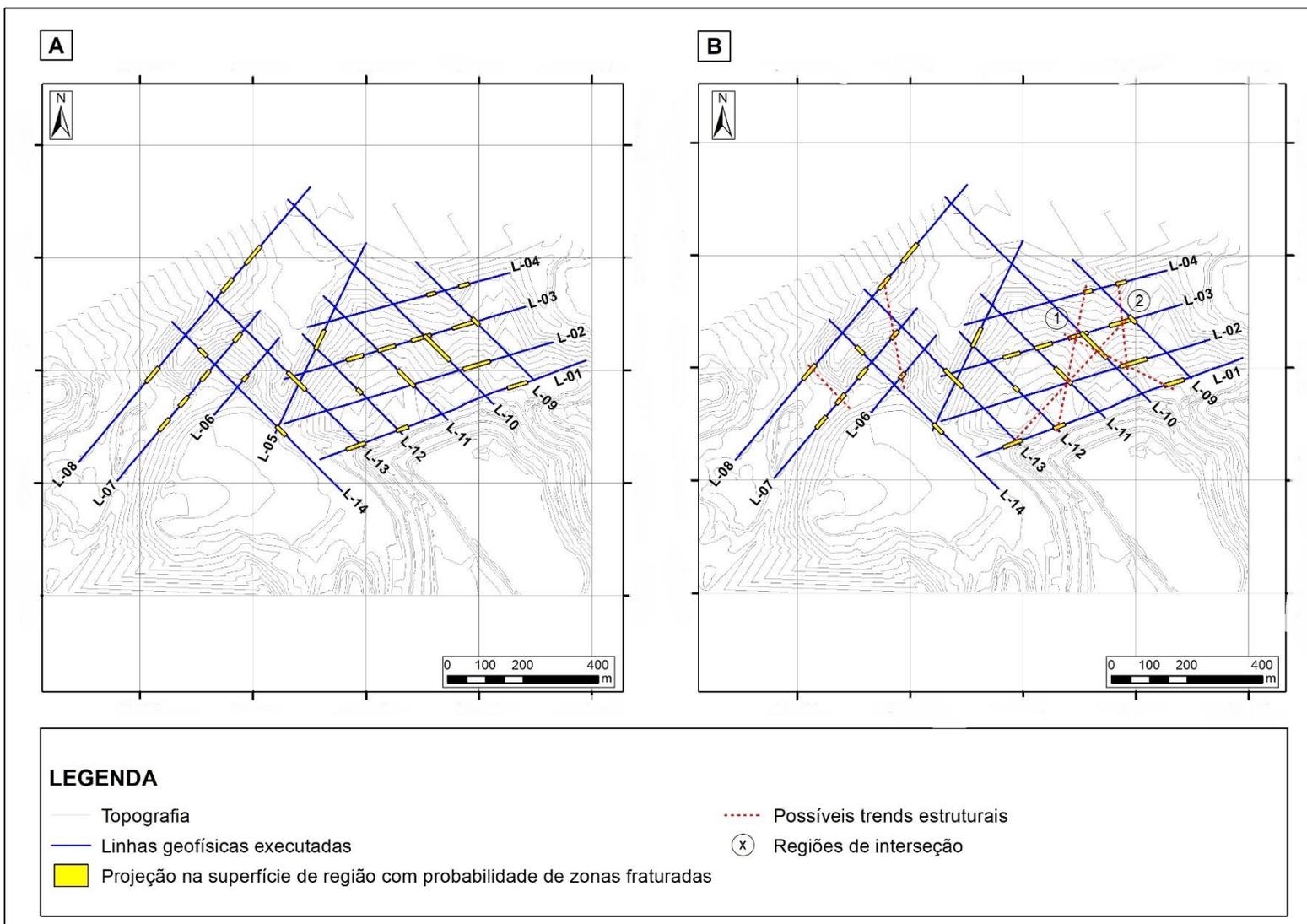
Identificação de porções associadas a possíveis fraturamentos nas seções de Eletrorresistividade.

Geofísica Aplicada a Fraturas - Resultados



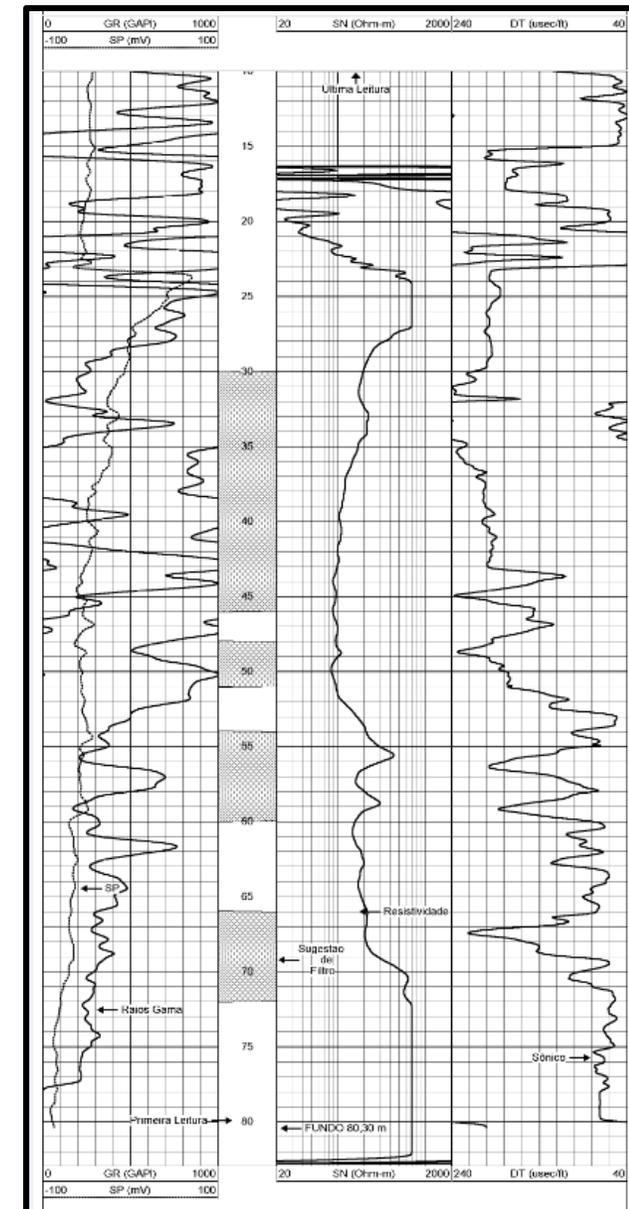
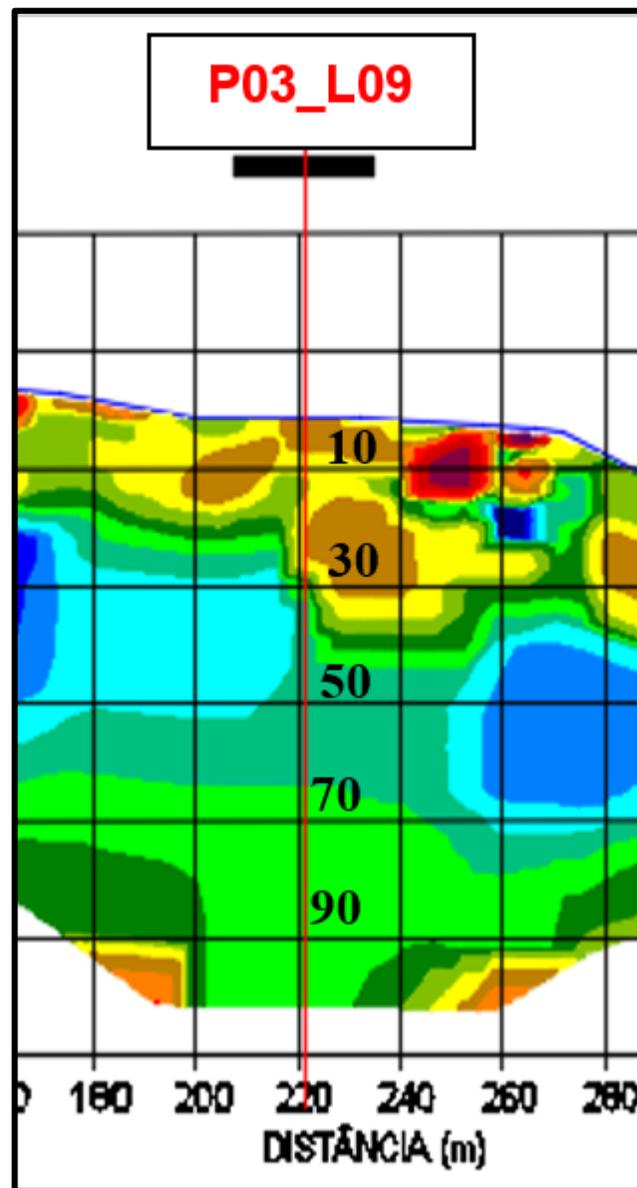
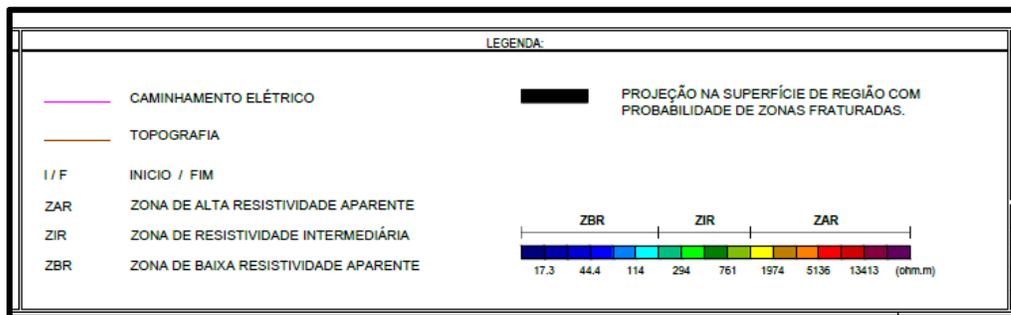
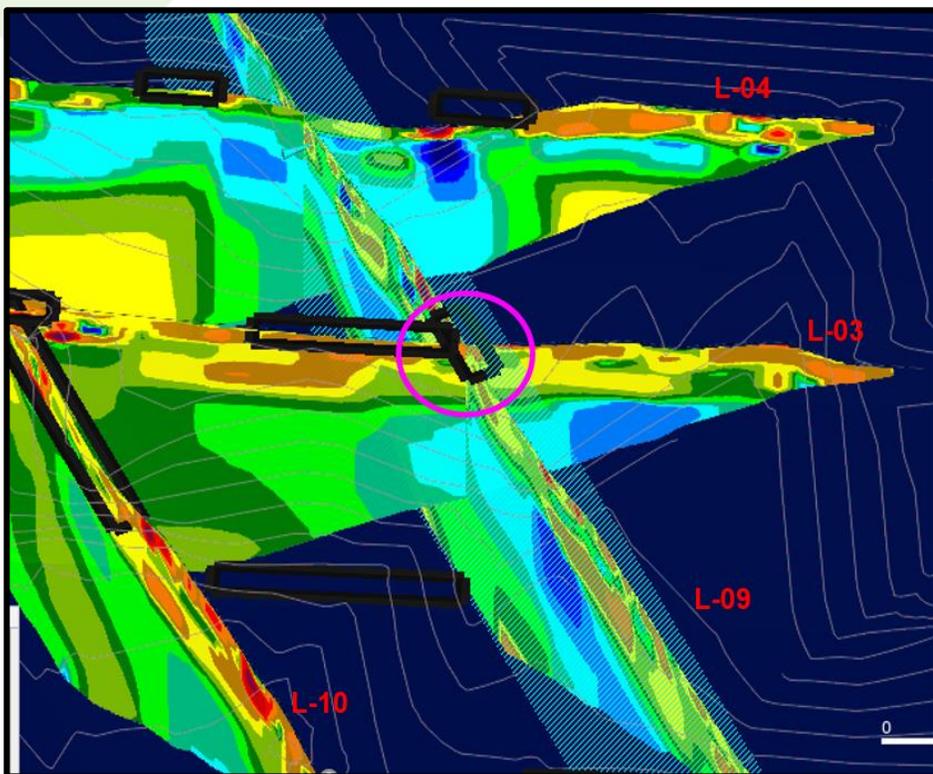
- Após a realização das marcações associadas a possíveis regiões fraturadas nas seções de Eletorresistividade, as mesmas foram posicionadas **em planta** com o intuito de verificar feições coincidentes entre perfis ortogonais assim como a possível existência de *trends* estruturais a partir da coincidência de feições interpretadas entre seções paralelamente dispostas.
- Tais alinhamentos mostram-se coincidentes com a tendência estrutural regional obtida a partir de análise bibliográfica regional preliminar e dados estruturais locais disponibilizados;

Geofísica Aplicada a Fraturas - Resultados



- As interseções de alguns alinhamentos interpretados a partir de perfis geofísicos adquiridos e dispostos ortogonalmente entre si (identificadas como 1 e 2), correspondem a locais de destaque para zonas de maior fraturamento associado;
- Tais regiões sugerem porções com maior concentração de feições associadas a uma porosidade secundária das rochas e, portanto, com maior probabilidade de êxito frente ao objetivo proposto.

Geofísica Aplicada a Fraturas - Resultados



Geofísica Aplicada - Vantagens

- Perfuração constitui um serviço oneroso, em que há grande economia com o estudo prévio pela geofísica;
- A geofísica gera imagens contínuas e, portanto, apresenta uma maior capacidade de identificar feições localizadas. Essa ampla amostragem espacial associada à investigação geofísica é feita de forma não invasiva;
- Mostra-se como alternativa economicamente interessante;
- Aumento da probabilidade de êxito frente ao objetivo proposto;
- Resposta rápida e segura de avaliação do comportamento da água nas estruturas;
- Caracterização de aquífero, litoestrutural;
- Mapeamento subterrâneo indireto ao longo das estruturas, com objetivo de identificar regiões possivelmente saturadas e eventuais percolações existentes.

Obrigada!

Michelle Cintra Abud Mariano

Mosaic Fertilizantes

michelle.abud@mosaicco.com