

INSTRUMENTAÇÃO PARA SEGURANÇA DE
BARRAGENS

ASPECTOS SOBRE MODERNIZAÇÃO,
AUTOMAÇÃO E ACOMPANHAMENTO EM TEMPO
REAL



 ENGENHARIA

 INSTRUMENTOS



ENGENHARIA

A **G5 Engenharia** oferece diversos serviços nas áreas de gerenciamento, consultoria técnica e projeto de obras de infraestrutura. São duas décadas de experiência teórica e prática, alcançando novos níveis de excelência a cada projeto finalizado.





INSTRUMENTOS

A **G5 Instrumentos** é especializada em instrumentação geotécnica e estrutural. É representante técnico e comercial exclusiva da GEOKON em todo o território nacional. Oferece apoio técnico e logístico, solucionando todas as necessidades relacionadas a sistemas de instrumentação e monitoramento de obras de infraestrutura de seus clientes.



INTRODUÇÃO

PRINCIPIOS BÁSICOS DA INSTRUMENTAÇÃO

- POR QUE monitorar o comportamento da estrutura?
- QUAIS são os problemas a serem resolvidos?
- QUAIS medidas devem ser obtidas?
- COMO realizar as medições?
- COMO interpretar os resultados?

INTRODUÇÃO

PRINCIPIOS BÁSICOS DA INSTRUMENTAÇÃO

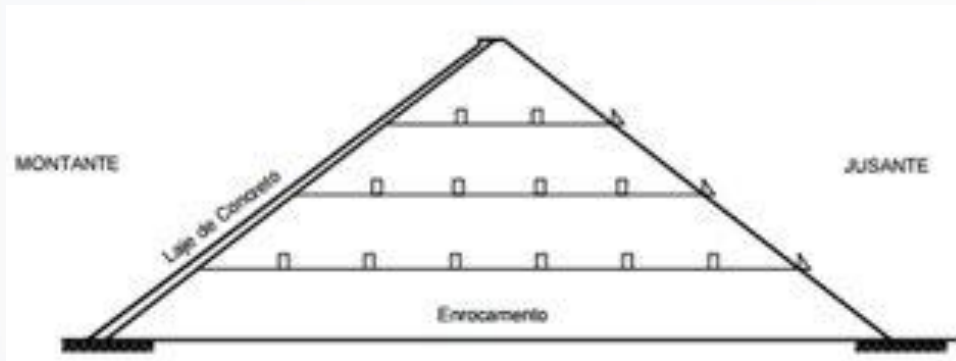
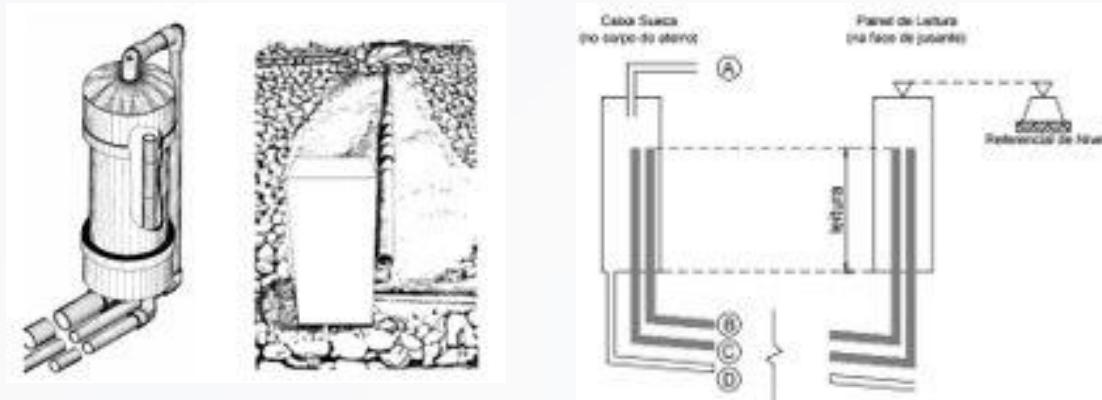
“Cada instrumento em um projeto deve ser selecionado e instalado para ajudar a responder a uma pergunta específica: se não houver nenhuma pergunta, não deveria haver instrumentação.”

“Every instrument on a Project should be selected and placed to assist with answering a specific question: if there is no question, there should be no instrumentation” (Dunnicliff, 1988)

TIPOS DE SENSORES GRANDEZAS A SEREM MEDIDAS

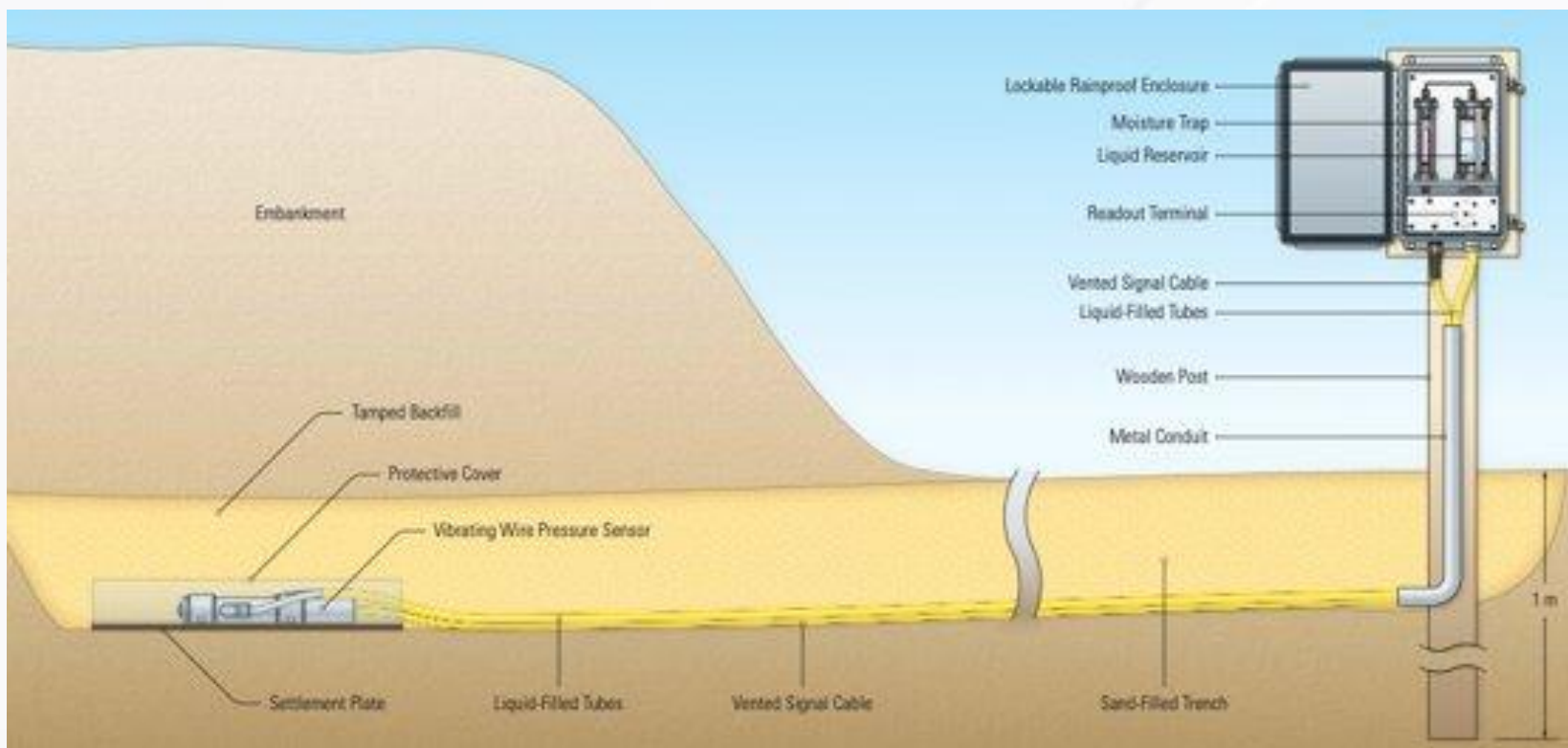
SENSORES E GRANDEZAS MEDIDAS

DESLOCAMENTOS - CAIXA SUECA



SENSORES E GRANDEZAS MEDIDAS

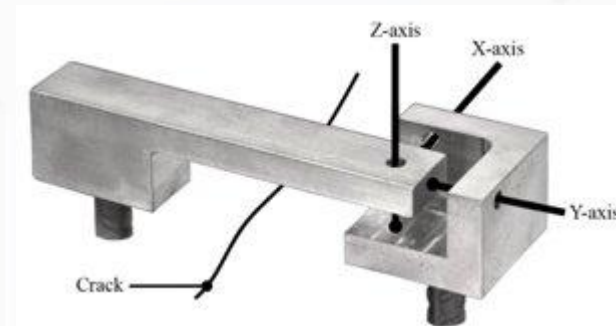
DESLOCAMENTOS – SENSORES DE RECALQUE



SENSORES E GRANDEZAS MEDIDAS

DESLOCAMENTOS - MEDIDOR TRIORTOGONAL

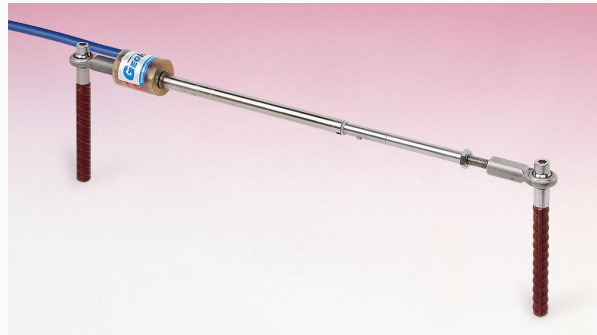
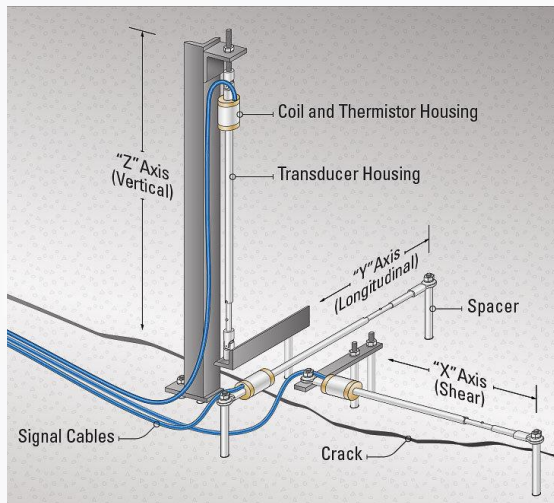
- Crackmeter 3D
- Leitura com Relógio comparador



SENSORES E GRANDEZAS MEDIDAS

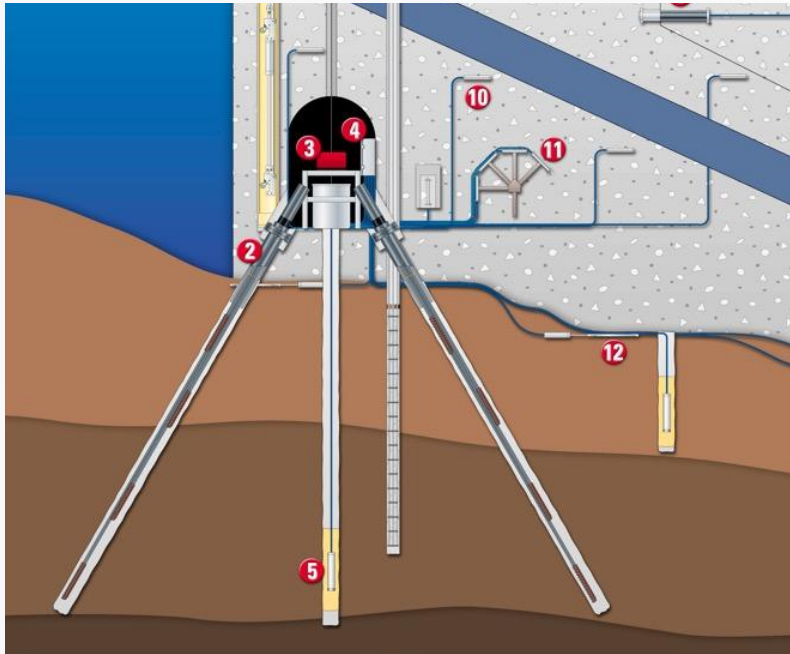
DESLOCAMENTOS – CRACKMETER/ TRIORTOGONAL

- Pode ser instalado com calda de cimento, parafusos, em lados opostos da trinca ou junta



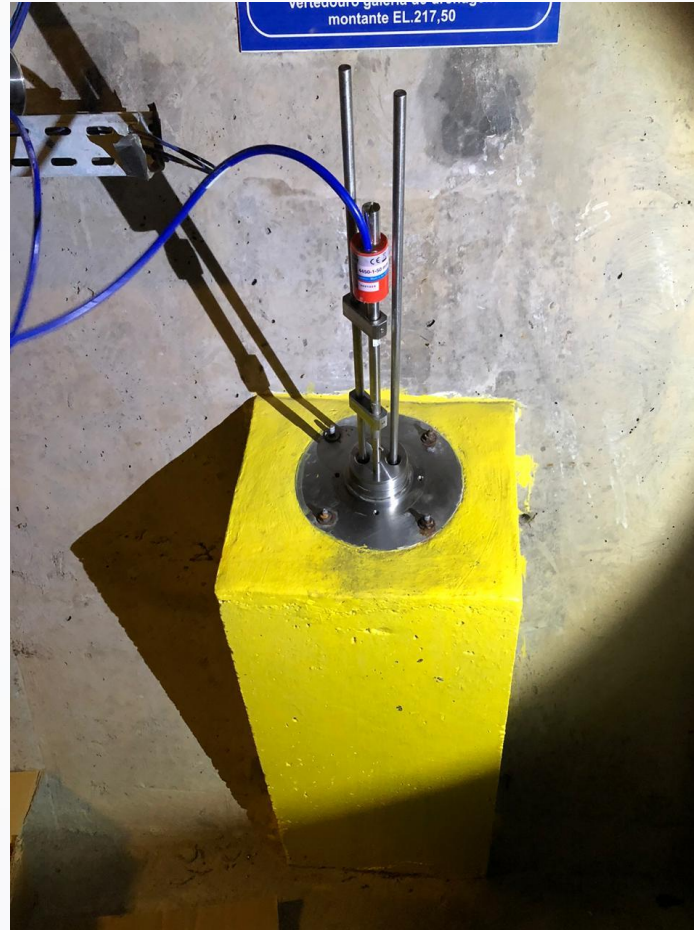
SENSORES E GRANDEZAS MEDIDAS

DESLOCAMENTOS - EXTENSÔMETROS MÚLTIPLOS



SENSORES E GRANDEZAS MEDIDAS

DESLOCAMENTOS – EXTENSÔMETROS MÚLTIPLOS



SENSORES E GRANDEZAS MEDIDAS

DESLOCAMENTO HORIZONTAL - INCLINÔMETRO



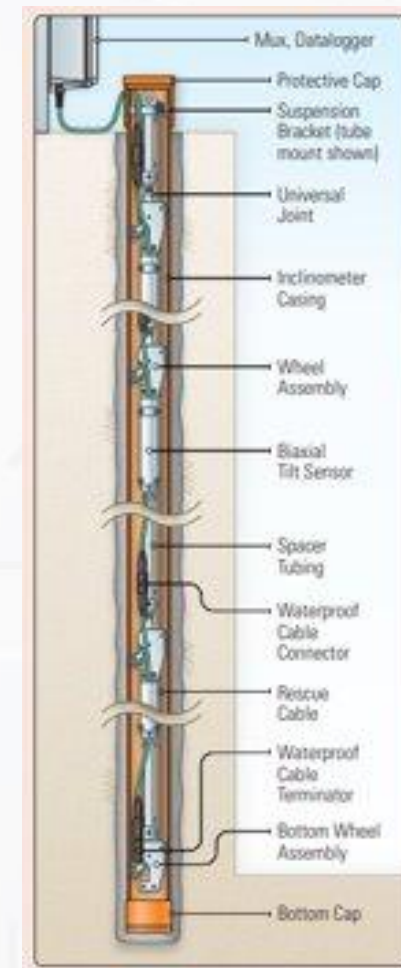
SENSORES E GRANDEZAS MEDIDAS

DESLOCAMENTO HORIZONTAL - INCLINÔMETROS FIXOS

- Inclínômetros mantidos permanentemente dentro do tubo-guia
- Possibilidade de monitoramento contínuo



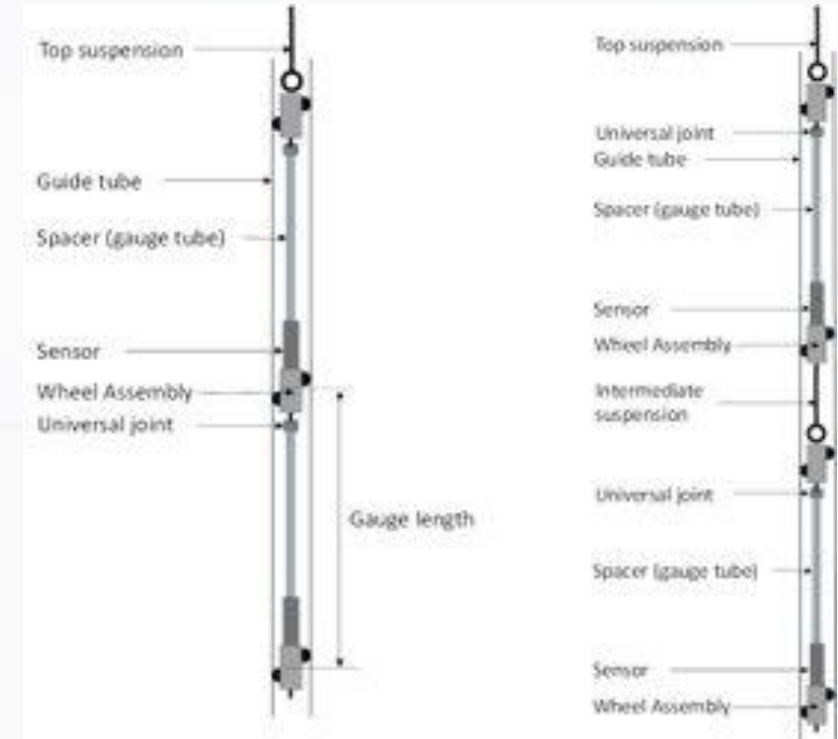
Model 6180 Vertical In-Place Inclinometer.



SENSORES E GRANDEZAS MEDIDAS

DESLOCAMENTO HORIZONTAL - INCLINÔMETROS FIXOS

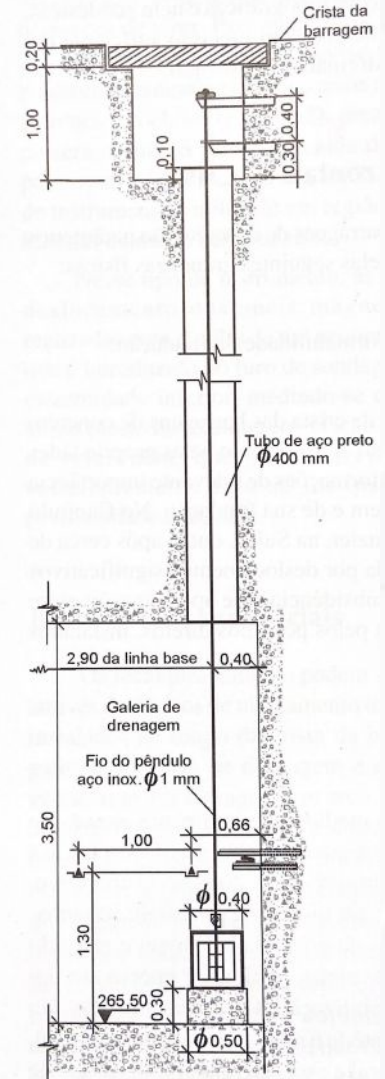
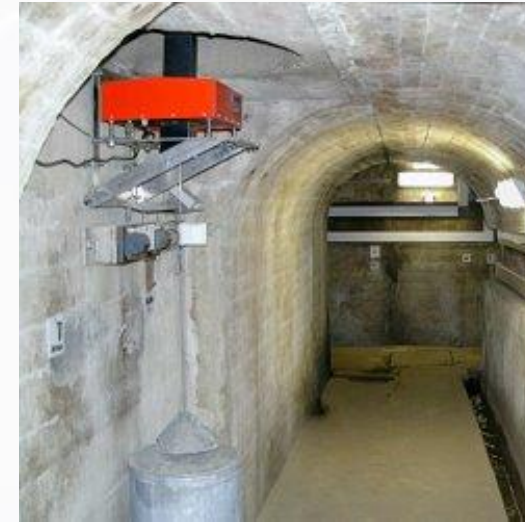
- Os inclinômetros fixos podem ser conectados através de tubos contínuos ou suspensos por cabos.
- Os suspensos por cabos só podem detectar inclinação discreta e não perfis ou deslocamentos
- Os sistemas IPI são geralmente montados sobre rodas



SENSORES E GRANDEZAS MEDIDAS

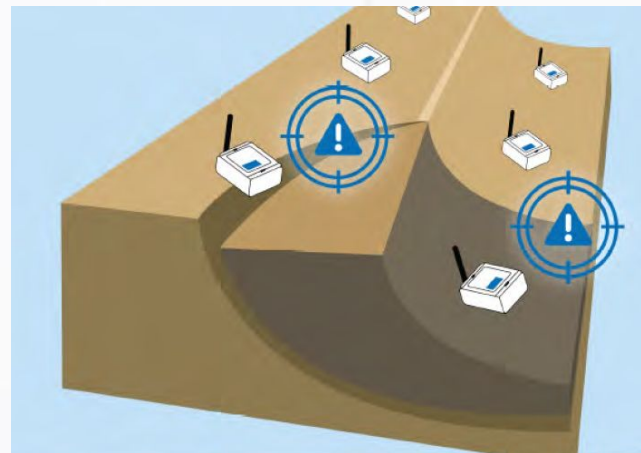
INCLINAÇÃO - PÊNDELÓS DIRETOS E INVERTIDOS

- Tubulações posicionadas verticalmente na estrutura da barragem
- A fixação do fio ocorre próximo a crista
- O fio deve ser mantido tensionado com um peso na extremidade



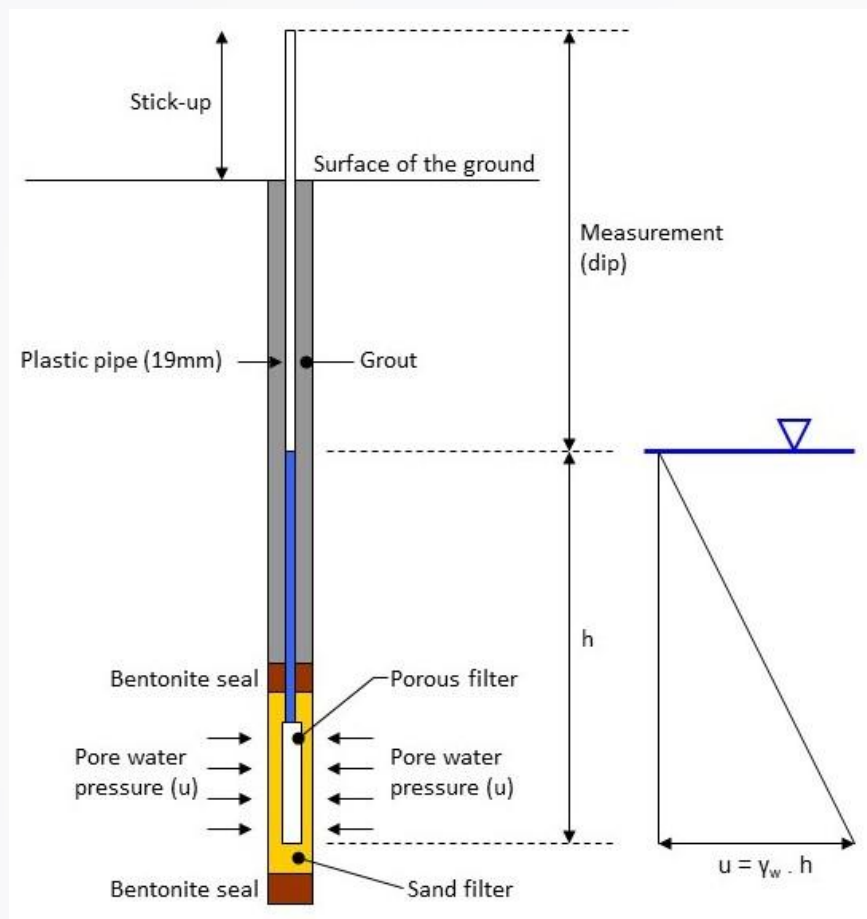
SENSORES E GRANDEZAS MEDIDAS

INCLINAÇÃO - TILTMETERS



SENSORES E GRANDEZAS MEDIDAS

PRESSÃO /POROPRESSÃO – TUBO ABERTO



- Água em contato direto com a atmosfera
- Tubo de PVC fornece acesso ao nível de água
- Instrumento / dispositivo de medição
- Medidor de nível de água
- Transdutor de pressão no tubo

VANTAGENS

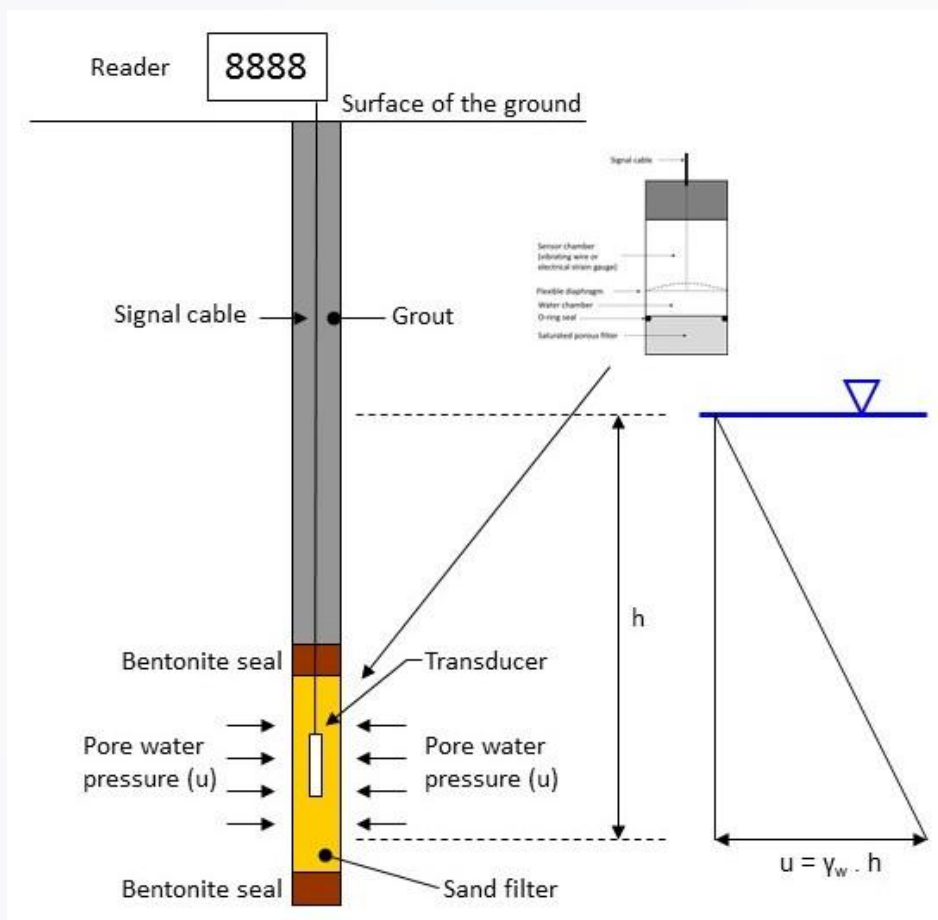
- Confiabilidade
- Durabilidade
- Sensibilidade
- Verificação do desempenho através de ensaios de recuperação do nível d'água
- Estimativa da permeabilidade
- Mais baratos
- Fácil instalação

DESVANTAGENS

- Maior tempo de resposta para solos de baixa permeabilidade
- Interferência na praça de construção
- Não adequado para período de construção
- Não permite a medição de pressões negativas
- Maior dificuldade de acesso aos terminais de leitura

SENSORES E GRANDEZAS MEDIDAS

PRESSÃO /POROPRESSÃO - FECHADO



TIPOS

- Pneumático
- Tubo duplo hidráulico
- Elétrico de Corda Vibrante
- Strain gage (Solid State)
- Fibra ótica

- Água não está em contato direto com a atmosfera
- Dispositivo de medição normalmente um transdutor de pressão enterrado no solo
- A deflexão do diafragma do transdutor de pressão proporcional à pressão dos poros
- Deflexão medida por meio de piezômetro elétrico, pneumático, de fibra ótica ou hidráulico

VANTAGENS

- Respostas mais rápidas
- Menos dependente do operador
- Tubo protegido

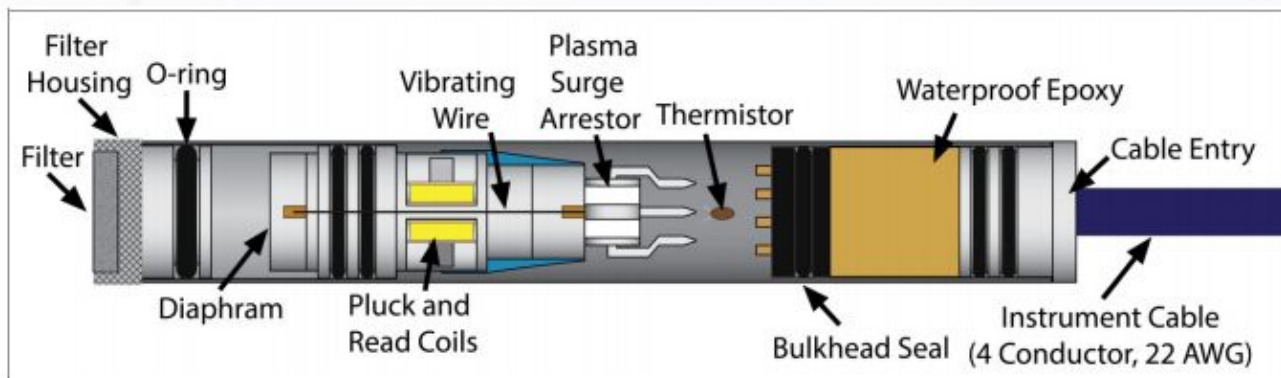
DESVANTAGENS

- Podem ser afetados por descargas elétricas (instrumentos elétricos)
- Não é possível medir o nível d'água

SENSORES E GRANDEZAS MEDIDAS

PRESSÃO /POROPRESSÃO - PIEZÔMETRO DE CORDA VIBRANTE

- Piezômetro consiste em diafragma e pedra porosa, corda vibrante (fio tensionado) e dispositivo de leitura
- Variação de pressão no diafragma gera mudança de tensão na corda
- A vibração da corda gera um sinal de frequência
- Leitura realizada por unidade leitora portátil ou datalogger;
- Calibração em Fábrica
- Não tem influencia do comprimento de cabo, resistividade ou temperatura com
- Estabilidade a Longo prazo
- Zero Drift



SENSORES E GRANDEZAS MEDIDAS

PRESSÃO /POROPRESSÃO - PIEZÔMETRO DE CORDA VIBRANTE

Piezômetros Standard → Furos de Sondagem



Sensores de Pressão - Substituir / complementar manômetros.



SENSORES E GRANDEZAS MEDIDAS

PRESSÃO /POROPRESSÃO - PIEZÔMETRO DE CORDA VIBRANTE PEQUENOS DIÂMETROS TUBOS DE 3/4" E 1/2"



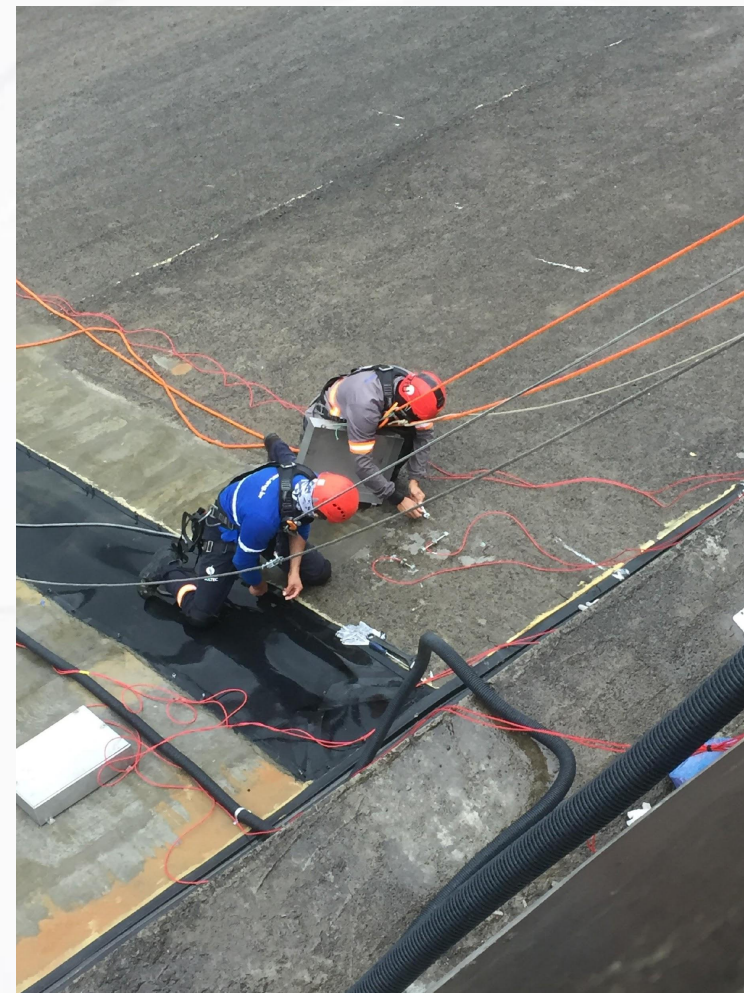
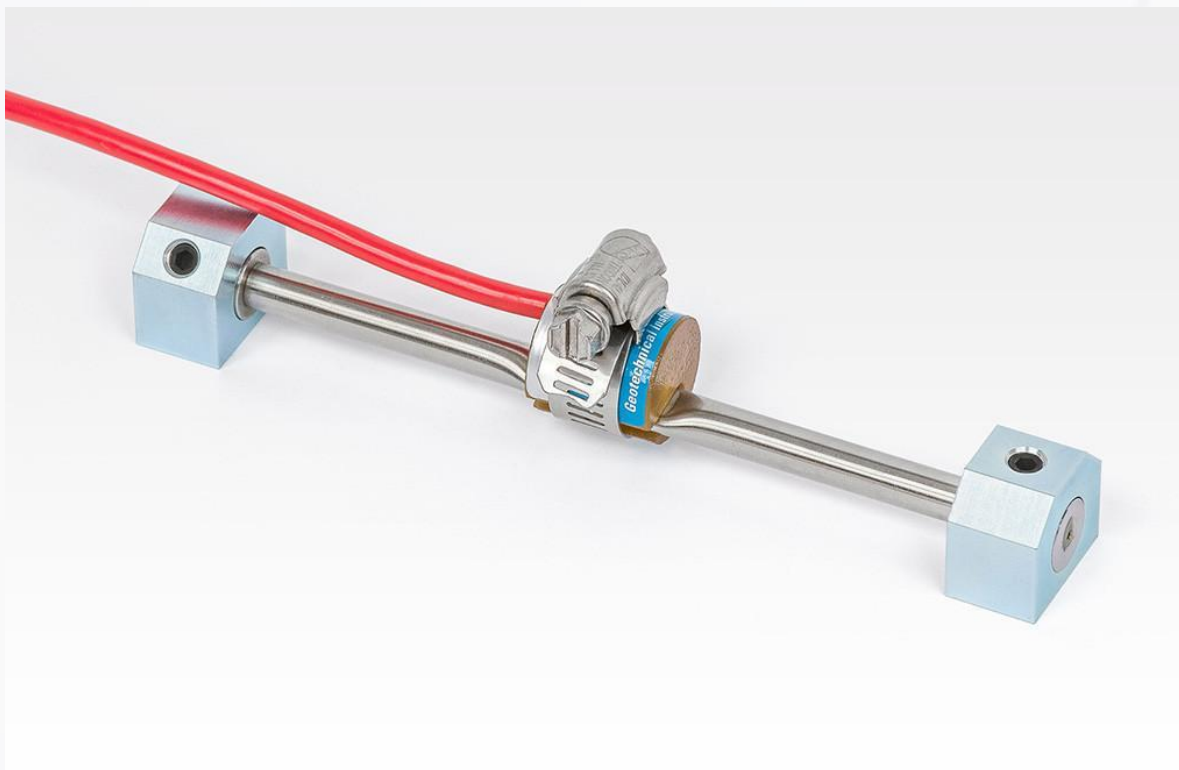
SENSORES E GRANDEZAS MEDIDAS

TENSÃO / CARGA EM TIRANTES - CÉLULAS DE CARGA



SENSORES E GRANDEZAS MEDIDAS

TENSÃO - STRAIN GAGES



SENSORES E GRANDEZAS MEDIDAS

MEDIDOR DE VAZÃO

- Medição da vazão de percolação através de maciços de terra, taludes, fundações ou ombreiras
- Consiste em um vertedouro de parede delgada com perfil triangular, quadrangular ou trapezoidal
- Cálculo do fluxo vertente através de fórmulas hidráulicas



PLANOS DE INSTRUMENTAÇÃO

PLANOS DE INSTRUMENTAÇÃO

ELETROBRAS

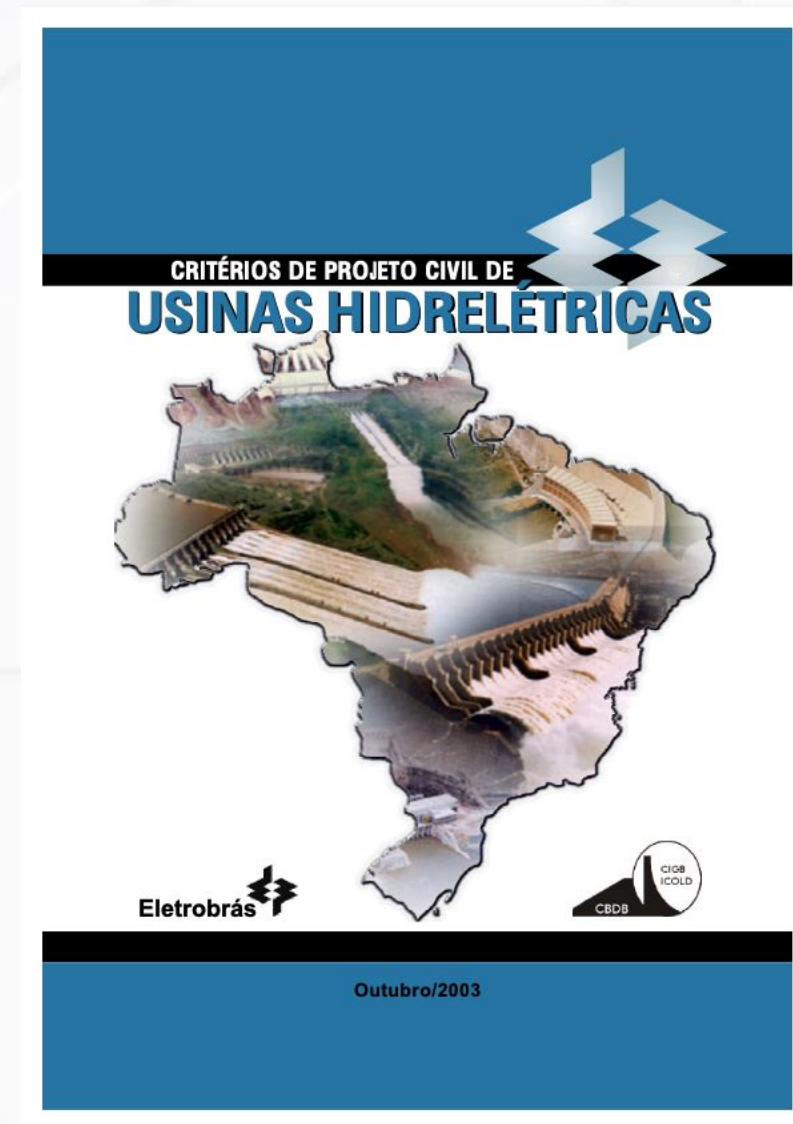
CAPÍTULO 14 AUSCULTAÇÃO E INSTRUMENTAÇÃO DAS OBRAS CIVIS

Auscultação

É o conjunto de métodos de observação do comportamento de uma determinada obra de engenharia, com o objetivo de controlar as suas condições de segurança, comprovar a validade das hipóteses e dos métodos de cálculo utilizados no projeto, verificar a necessidade da utilização de medidas corretivas, fornecer subsídios para a elaboração de novos critérios de projeto, etc.[1].

Instrumentação

Refere-se ao conjunto de dispositivos instalados nas estruturas e em suas fundações objetivando monitorar seu desempenho através de medições de parâmetros, cujos resultados, devidamente analisados e interpretados, servirão para avaliar suas condições de segurança.



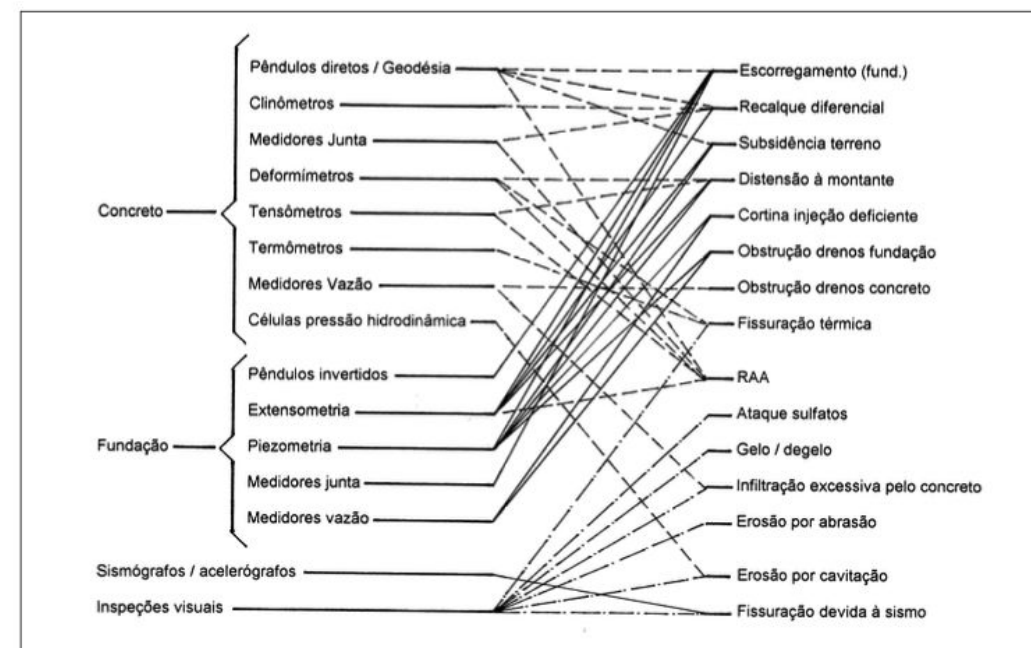
PLANOS DE INSTRUMENTAÇÃO

ELETROBRAS

TABELA 14.1
BARRAGENS DE CONCRETO
GRANDEZAS A SEREM MONITORADAS

| GRANDEZA | TIPO DE ESTRUTURA | | | |
|---|-------------------|------------------------------------|------|-----|
| | GRAVIDADE MACIÇA | GRAVIDADE ALIVIADA OU CONTRAFORTES | ARCO | CCR |
| Vazões de infiltração | X | X | X | X |
| Subpressões na fundação | X | X | X | X |
| Recalques na fundação dos "blocos-chave" | X | X | X | X |
| Tensões | | X | X | |
| Comportamento térmico do concreto | X | X | X | X |
| Deslocamentos horizontais e verticais da crista | X | X | X | X |
| Deslocamentos diferenciais entre blocos | X | X | X | X |
| Deslocamentos diferenciais entre monolitos | | X | | |
| Abertura de Juntas entre blocos | | X | X | |
| Pressão intersticial entre camadas de concretagem | | | | X |

QUADRO 14.1
INSTRUMENTOS DE BARRAGENS DE CONCRETO



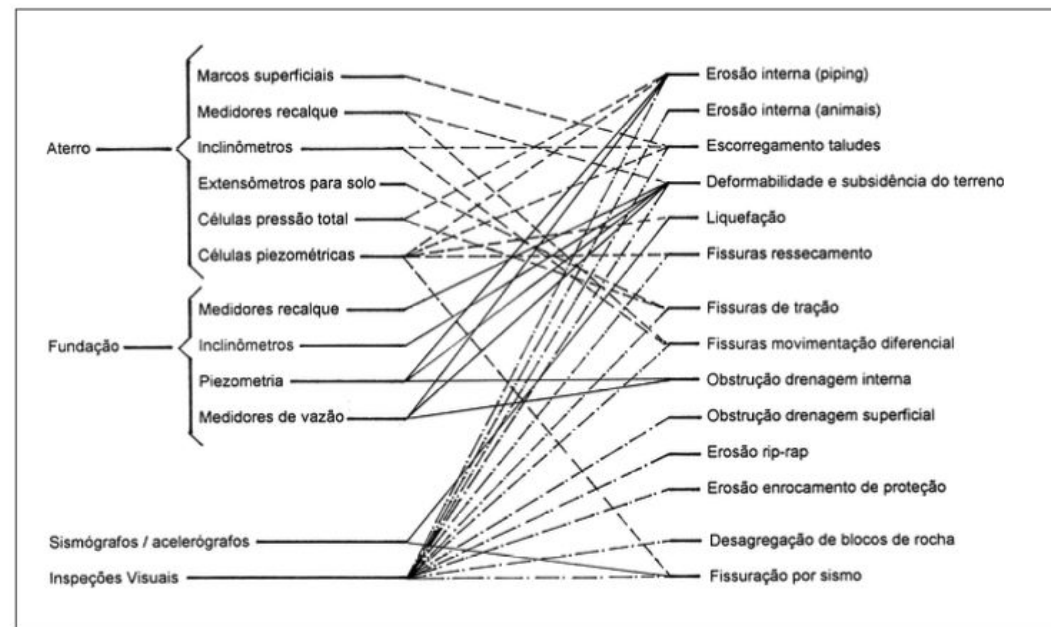
PLANOS DE INSTRUMENTAÇÃO

ELETROBRAS

TABELA 14.2
BARRAGENS DE ATERRO
GRANDEZAS A SEREM MONITORADAS

| GRANDEZA | TIPO DE ESTRUTURA | | |
|--|---------------------|----------------------------------|-----------------------------|
| | TERRA – ENROCAMENTO | ENROCAMENTO COM FACE DE CONCRETO | TERRA COM GALERIA ENTERRADA |
| Pressões neutras no aterro (poropressões) | X | X | X |
| Recalques do aterro | X | X | X |
| Deslocamentos superficiais (plani-altimétricos) | X | X | X |
| Subpressões na fundação | X | | X |
| Vazões de Percolação | X | X | X |
| Materiais sólidos carregados pelas águas de percolação | X | | X |
| Pressões totais e poropressões nas interfaces | X | | X |
| Deslocamentos diferenciais da junta perimetral | | X | |
| Deslocamentos entre lajes na região das ombreiras | | X | |
| Tensões internas no concreto | | X | |
| Deflexão da laje de montante | | X | |
| Tensões na interface solo-concreto da galeria | | | X |
| Recalques ao longo da galeria | | | X |

QUADRO 14.2
INSTRUMENTAÇÃO DE BARRAGENS DE TERRA - ENROCAMENTO



PLANOS DE INSTRUMENTAÇÃO

ASCE

PLANOS DE MONITORAMENTO

- Planejamento / projeto
- Implementação
- Responsabilidades
- Operação e Manutenção.

AQUISIÇÃO DE DADOS MANUAL x AUTOMÁTICA

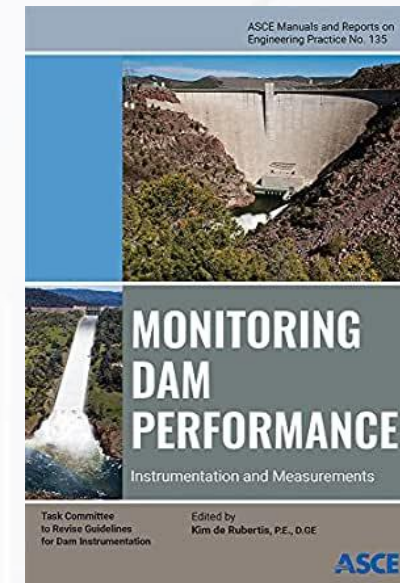
OBTENÇÃO DE DADOS E APRESENTAÇÃO

- Organização
- Recepção
- Conversão
- Validação
- Apresentação / Relatórios
- Objetivos, Sinopse, Análises preditivas,
- Armazenamento

AVALIAÇÃO DECISÃO E AÇÃO

“Monitoring programs have failed, because the data generated were never used. If there is a clear sense of purpose for a monitoring program, the method of data interpretation will be guided by that sense of purpose. Without a purpose there can be no interpretation.”

John Dunnycliff



PLANOS DE INSTRUMENTAÇÃO

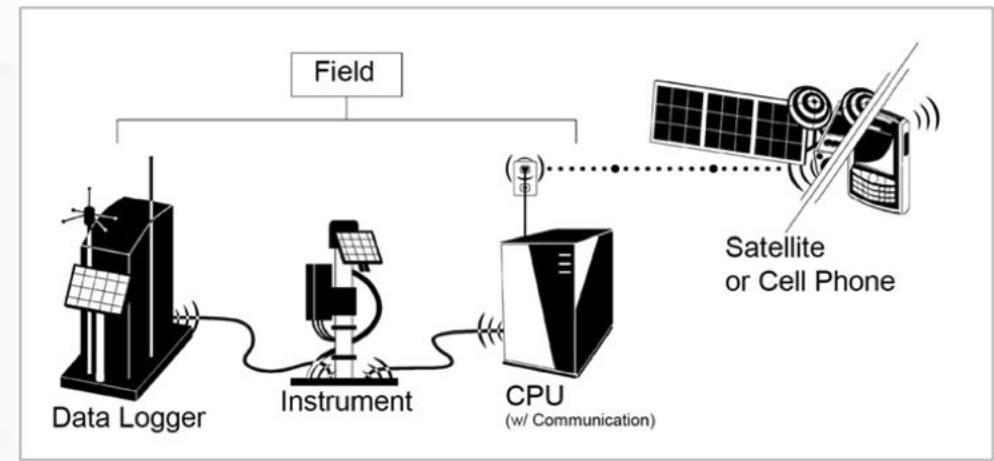
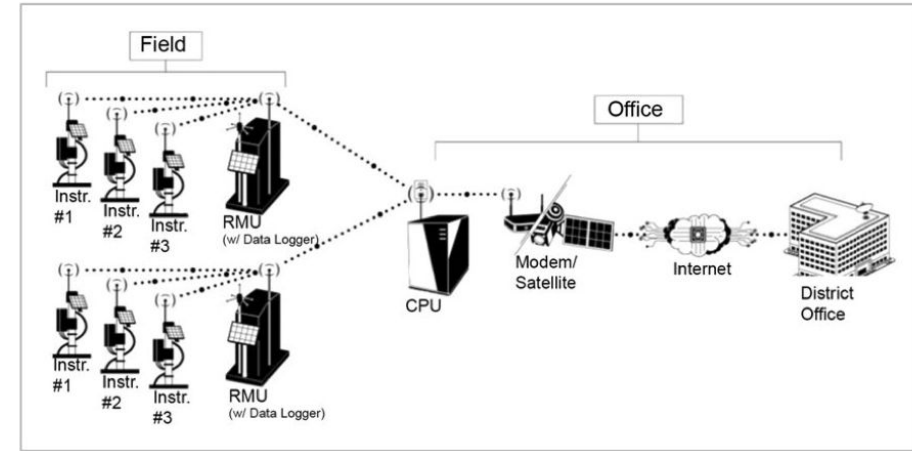
USACE / REDBOOK DUNNICLIF

Table 6.1
Advantages and Disadvantages of Automation

| Item | Advantage | Disadvantage |
|---|-----------|--------------|
| Reduced labor and human error | ✓ | |
| Increased frequency of data collection | ✓ | |
| Near-real-time access to data | ✓ | |
| Remote data acquisition | ✓ | |
| Remote diagnostics troubleshooting and editing | ✓ | |
| Notification of alarms for exceeding threshold | ✓ | |
| High cost of installation and maintenance | | ✓ |
| Reduced visual observation during data collection | | ✓ |
| Special training required | | ✓ |

Chapter 6.....

- 6.1. Introduction.....
- 6.2. Suitability.....
- 6.3. Advantages and Disadvantages.....
- 6.4. Description.....
- 6.5. Planning.....
- 6.6. Timing the Purchase.....
- 6.7. Data Management.....





PLANOS DE INSTRUMENTAÇÃO

USACE / REDBOOK DUNNICLIF

Passo 1. Definição das condições de projeto

Passo 2. Previsão dos mecanismos que controlam o comportamento

Passo 3. Definição das questões geotécnicas estruturais a serem respondidas

Passo 4. Identificação, análise, alocação e planos para controle de riscos

Passo 5. Seleção dos parâmetros a serem monitorados:

Passo 6. Prever a magnitude de variações

Passo 7. Concepção de ações corretivas

Passo 8. Atribuir tarefas para a fase de construção

Passo 9. Seleção dos instrumentos

Passo 10. Seleção da localização dos instrumentos

Passo 11. Identificar quais problemas podem causar variações nos dados

Passo 12. Preparação do orçamento

Passo 13. Preparar dois contratos

INSTRUMENTOS QUE PODEM SER AUTOMATIZADOS

INCLINÔMETROS FIXOS, TRADICIONAIS

MEDIDORES DE JUNTA (UNI E TRIORTOGONAL)

PERFILÔMETROS/ SENSORES DE RECALQUE

TILTMETERS / INCLINAÇÃO

PIEZÔMETROS / MEDIDORES DE NIVEL DE ÁGUA

CÉLULAS DE CARGA / PRESSÃO

TERMOMETROS

MEDIDORES DE VAZÃO

TECNOLOGIAS DE MONITORAMENTO DISPONÍVEIS

TECNOLOGIAS DE MONITORAMENTO DISPONÍVEIS

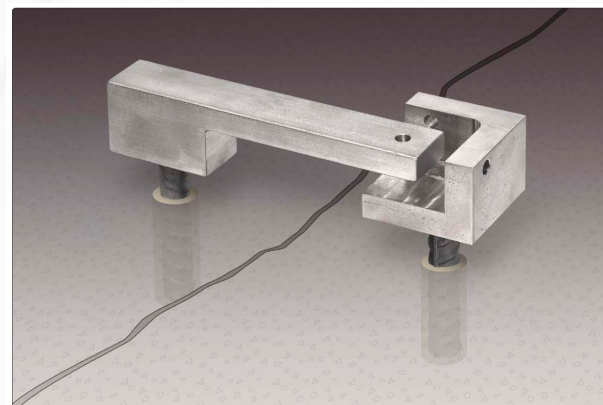
SENSORES MECÂNICOS / MANUAIS

Tipos de Sensores e Tecnologias

- Mecânicos
- Hidráulicos
- Elétricos
- Fibra Ótica
- *Entre outros ...*

Tecnologias “não pontuais”

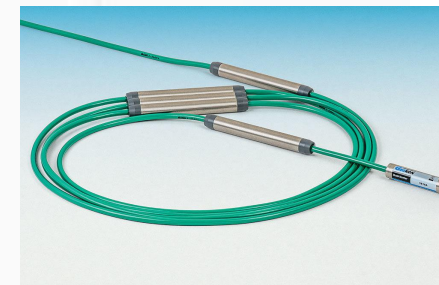
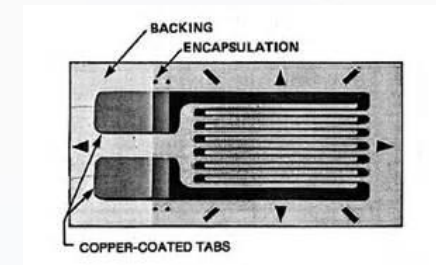
- Microssísmica
- Eletro-resistividade
- Satélite
- Radar



TECNOLOGIAS DE MONITORAMENTO DISPONÍVEIS

SENSORES ELÉTRICOS

- Resistivos
- Semicondutores
- Potenciômetros
- LVDTs (DCDTs)
- Capacitivos
- **Ultrasonicos**
- **MEMS**
- Servo Acelerômetros
- **Corda Vibrante**
- Termistors



TECNOLOGIAS DE MONITORAMENTO DISPONÍVEIS

FIBRA ÓTICA

Fabry Perot

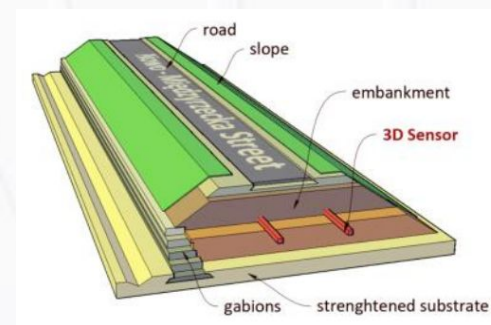
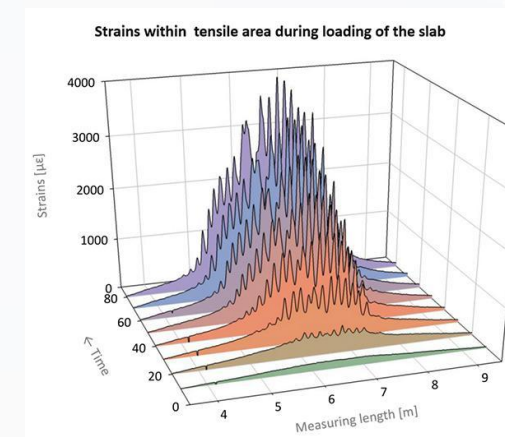
- Reflexos de comprimentos de onda entre dois espelhos parciais estreitamente espaçados
A distância entre espelhos (e comprimentos de onda) muda com a mensuração

Fiber Bragg Grating

- Grade cria zona de maior índice de refração
O comprimento de onda refletido é proporcional ao espaçamento das linhas na grade - temperatura ou deformação.

Distributed Temperature & Strain Sensors

- Mede a mudança na luz refletida (laser pulsado) A natureza das reflexões muda com a temperatura | tensão



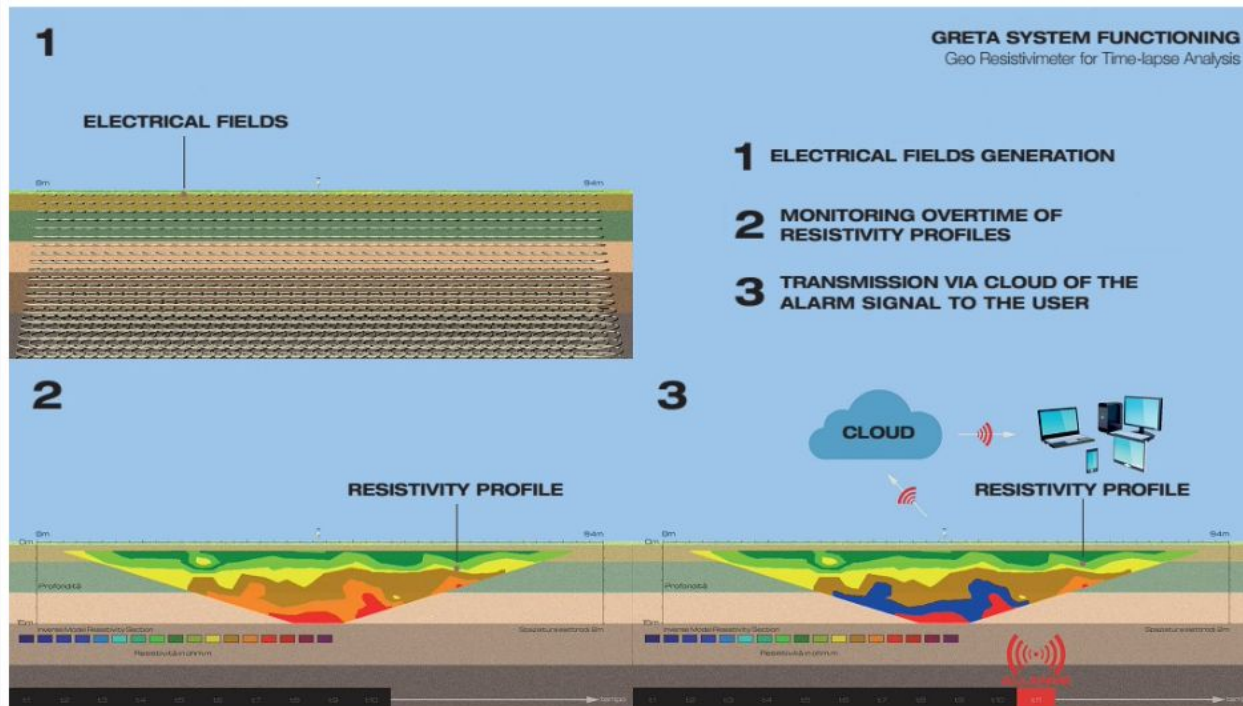
TECNOLOGIAS DE MONITORAMENTO DISPONÍVEIS

TOPOGRAFIA



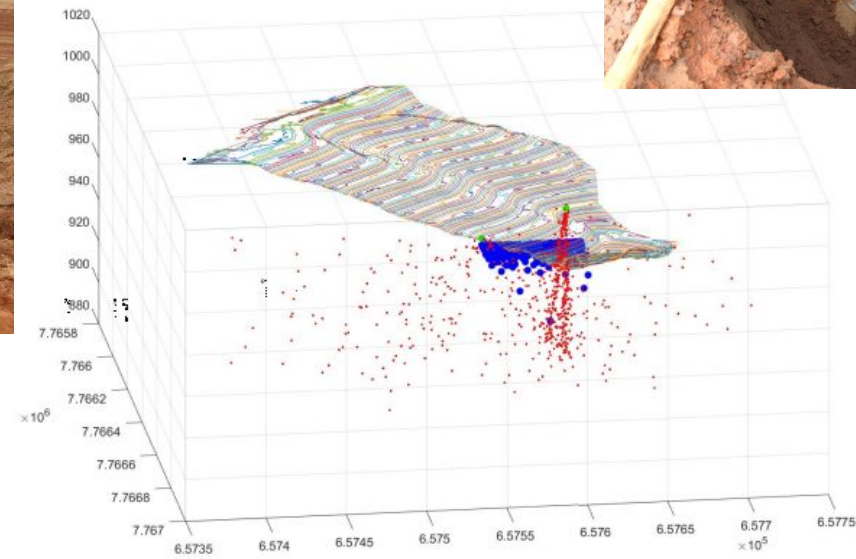
TECNOLOGIAS DE MONITORAMENTO DISPONÍVEIS

GEORESSISTIVIDADE



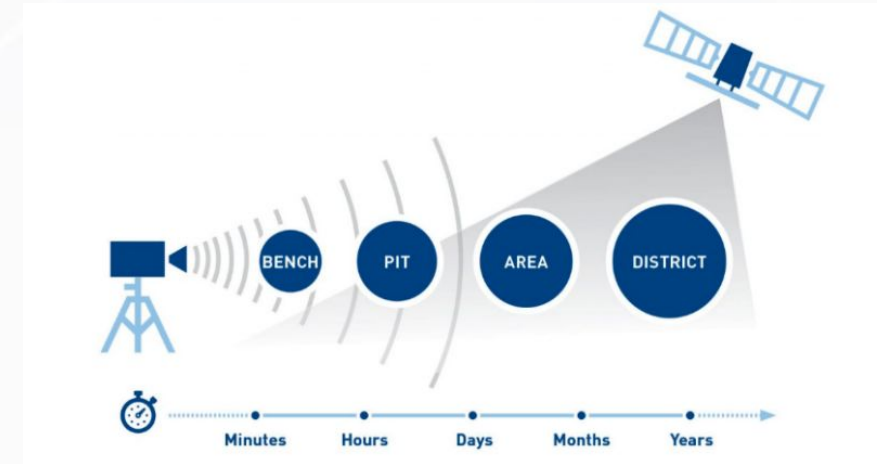
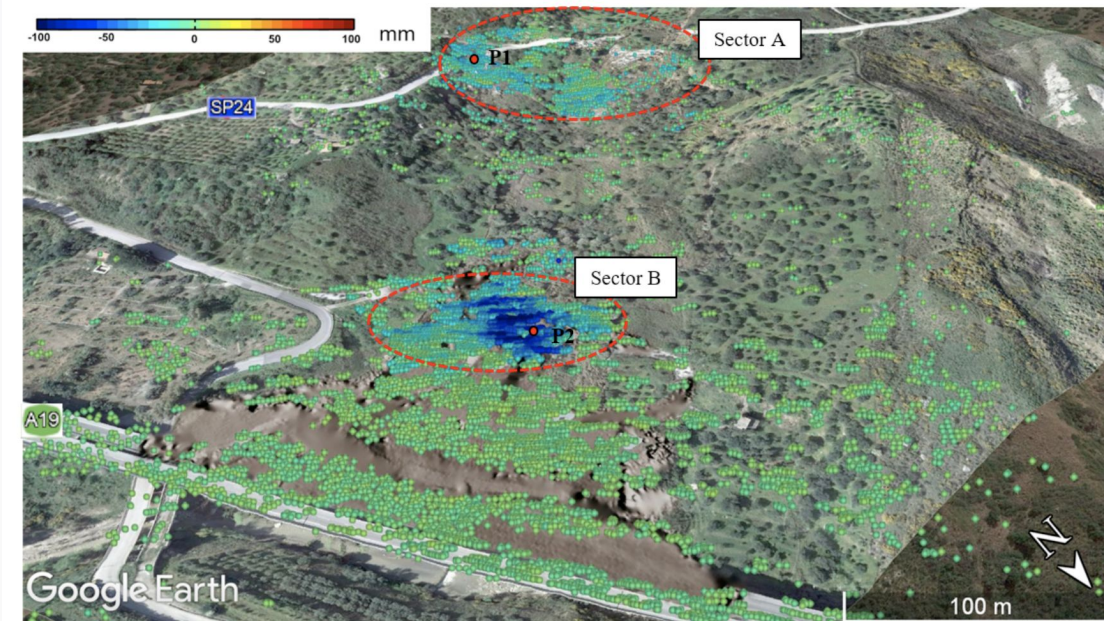
TECNOLOGIAS DE MONITORAMENTO DISPONÍVEIS

MICRO SISMICA



TECNOLOGIAS DE MONITORAMENTO DISPONÍVEIS

INSAR

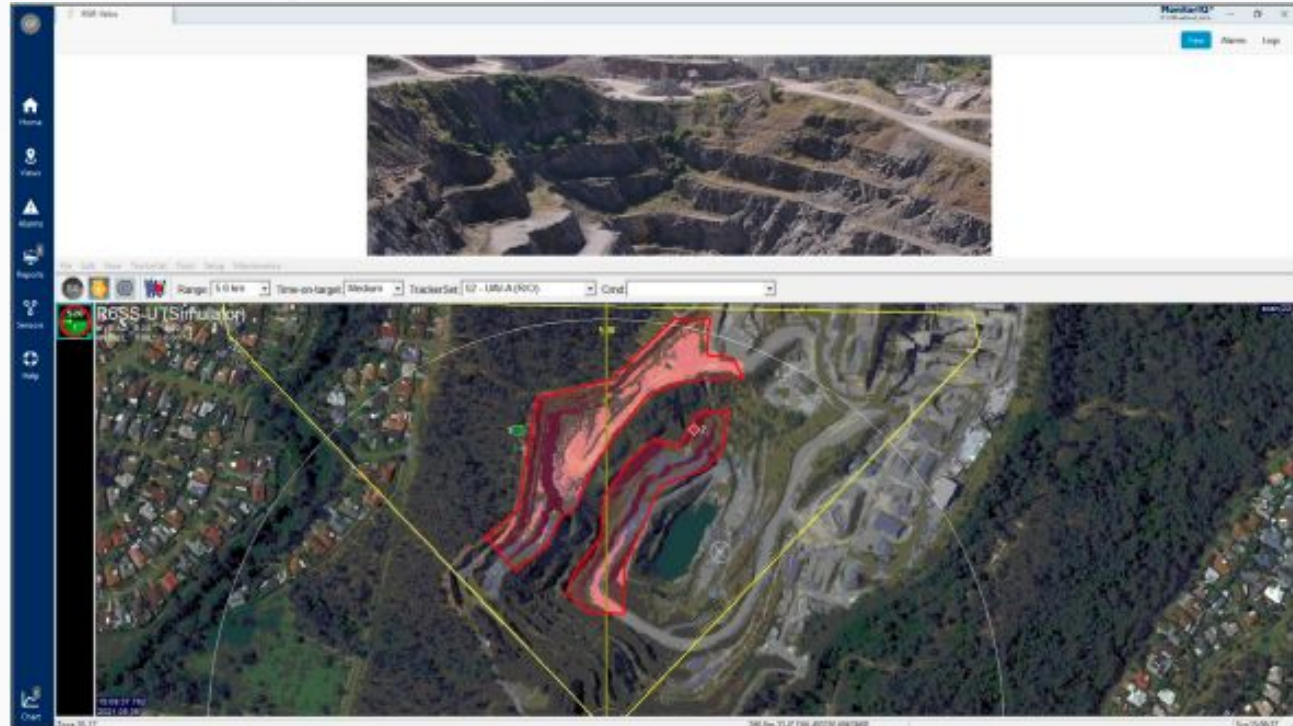


Synthetic Aperture Radar (SAR)

- **The 2015 Scillato Landslide (Sicily, Italy): deformational behavior inferred from Satellite & Terrestrial SAR Interferometry** . Moretto S. - FMGM 2018
- <https://idsgeoradar.com/products/interferometric-radar/insar-service>

TECNOLOGIAS DE MONITORAMENTO DISPONÍVEIS

RADAR



TECNOLOGIAS DE MONITORAMENTO DISPONÍVEIS

DRONES



LEITURA MANUAL VERSUS LEITURA AUTOMATIZADAS

EXECUÇÃO DAS LEITURAS

LEITURAS MANUAIS

- Aquisição manual de dados requer diferentes ferramentas
 - Indicadores de nível de água
 - Poços de observação
 - Réguas
 - Topografia
 - Sondas especiais, como inclinômetros
- Leituras anotadas em papel ou armazenadas em leitores portáteis
- Transferência da leitura para um sistema de gerenciamento dos dados

EXECUÇÃO DAS LEITURAS

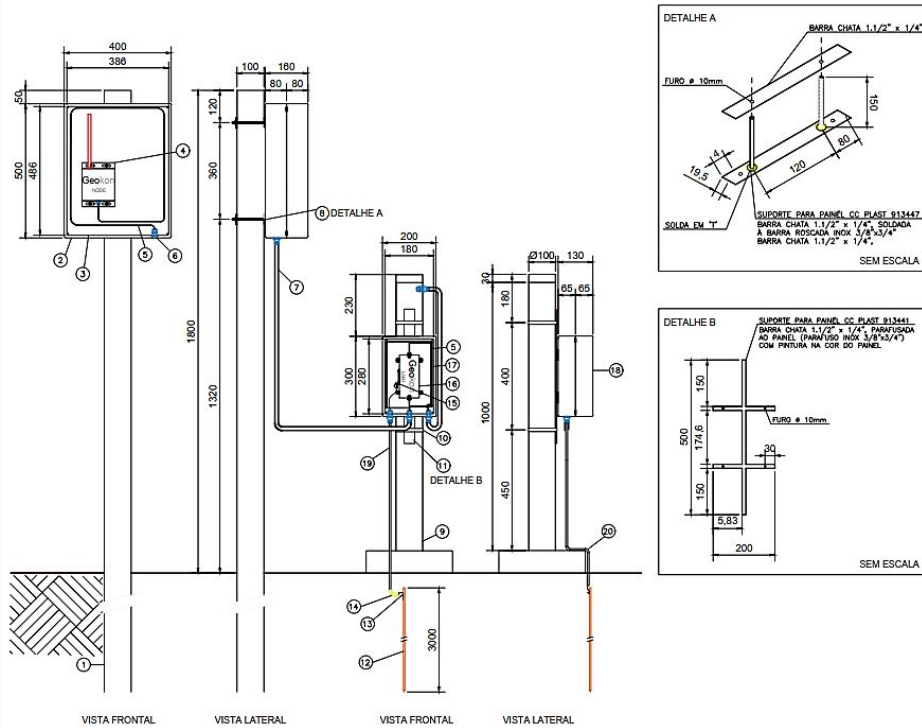
LEITURAS AUTOMATIZADAS

Definição dos instrumentos a automatizar:

- Seções principais e mais altas;
- Instrumentos que já apresentam leituras com nível de alerta, atenção e/ou emergência;
- Instrumentos instalados em locais críticos, como regiões mais deformáveis, permeáveis no aterro ou fundação.

PROJETO DE AUTOMAÇÃO

PREMISSAS E CARACTERÍSTICAS DE CADA SITE



LEGENDA

- ① POSTE DE CONCRETO ARMADO - 3m
- ② PAINEL EXTERNO CEMAR - CC PLAST 913447
- ③ PLACA DE FIXAÇÃO CELERON - (486 X 386 X 5)mm
- ④ GEONET WIRELESS NETWORK - MODEL 8800 SERIES
- ⑤ CABOS LAB 3 SURGE MODULE - MODEL 499-12 L/E
- ⑥ TERMINAL PASSAGEM SEAL TUBE - 1/2"
- ⑦ SEAL TUBE - 1/2"
- ⑧ SUPORTE DE FIXAÇÃO PAINEL - CC PLAST 913447 (DETALHE A)
- ⑨ POSTE CILINDRICO METALICO EXISTENTE - GUIA DO SENSOR
- ⑩ FITA FUSÍMICA EM AÇO INOX COM FECHO - 1/2"
- ⑪ SUPORTE DE FIXAÇÃO PAINEL - CC PLAST 913441 (DETALHE B)
- ⑫ HASTE DE ATERRAMENTO COBREADA 5/8" - 3m
- ⑬ SOLDA EXOTÉRMICA COPPERWELD
- ⑭ CABO DE ATERRAMENTO - COBRE NÚ 1/4"
- ⑮ CONECTOR PARA ATERRAMENTO - LAB 3 - MODEL 499-12 L/E
- ⑯ LAB 3 SURGE MODULE - MODEL 4999-12 L/E
- ⑰ PLACA DE FIXAÇÃO CEMAR - CC PLAST 913441
- ⑱ PAINEL EXTERNO CEMAR - CC PLAST 913441
- ⑲ ELETRODUTO CORRUGADO - PVC 1/2"
- Ⓜ CURVA PVC 90° - 1/2"
- Ⓝ PARAFUSOS DOS COMPONENTES

NOTA

- ① EM FUNÇÃO DE UMA RESERVA TÉCNICA, OS CABOS QUE SERÃO CONECTADOS NO LAB 3 - MODEL 4999-12 L/E E GEONET WIRELESS NETWORK - MODEL 8800 SERIES, DEVERÃO DAR DUAS VOLTAS NO INTERIOR DOS SEUS RESPECTIVOS PAINÉIS.
- ② OS PAINÉIS QUE POSSUIREM O COMPONENTE GEONET WIRELESS NETWORK - MODEL 8800 SERIES (NODE), DEVERÃO TER A SUAS RESPECTIVAS PLACAS DE MONTAGEM, SUBSTITUÍDAS PELO MODELO EM MADEIRA CELERON

DIAGRAMA ELETRICO FUNCIONAL - TÍPICO 2

GEONET MULTIPLEX - MODEL 8800-B-1 (MUX)

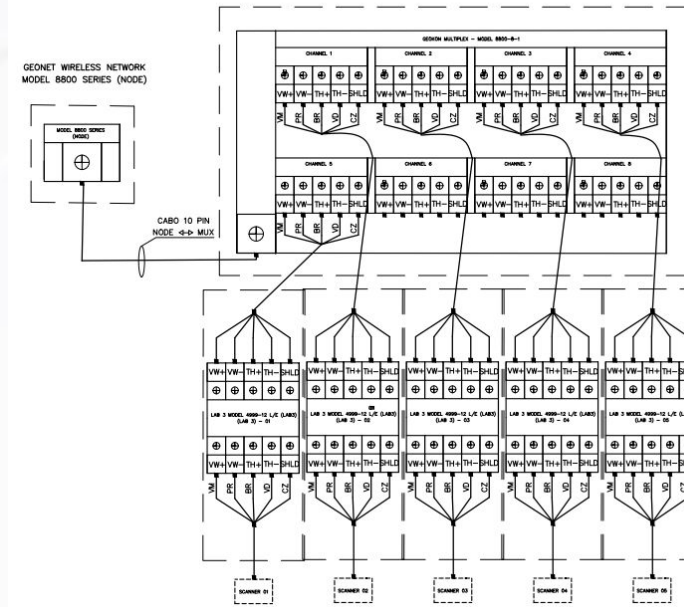
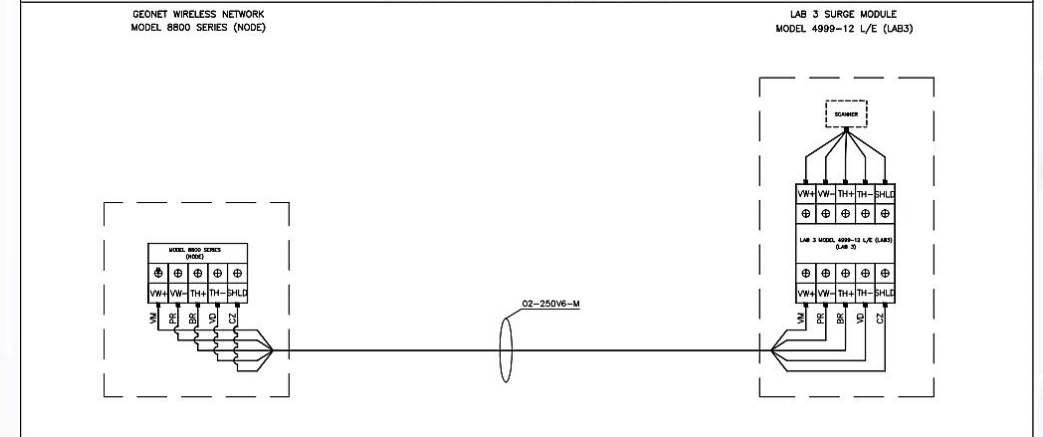


DIAGRAMA ELETRICO FUNCIONAL - TÍPICO 1



LEITURA MANUAL VERSUS LEITURA AUTOMATIZADAS

LEITURAS MANUAIS



Custo inicial inferior

Menor necessidade de manutenção

Menor nível de especialização do operador

Menos susceptível à dados ambientais e vandalismo

Permite a realização da inspeção visual simultânea

LEITURA MANUAL VERSUS LEITURA AUTOMATIZADAS

LEITURAS MANUAIS 

Necessidade de listas ou planilhas para manter a integridade dos dados

Leituras divergentes com as anteriores devem ser refeitas

Erros podem ocorrer devido ao mal funcionamento do instrumento ou durante a leitura dos dados

Erros de leitura

Calibração de dispositivos

Tempo de execução

Intempéries

LEITURA MANUAL VERSUS LEITURA AUTOMATIZADAS

LEITURAS AUTOMATIZADAS



Redução dos custos de mão-de-obra para realizar e analisar as leituras

Leituras mais frequentes

Obtenção de dados de locais inacessíveis ou remotos

Transmissão instantânea das leituras através de longas distâncias

Aumenta a sensibilidade e precisão das leituras

LEITURA MANUAL VERSUS LEITURA AUTOMATIZADAS

LEITURAS AUTOMATIZADAS



Aumenta a flexibilidade na seleção dos dados requeridos

Monitoramento de movimentações/efeitos rápidos

Erros de gravação são menores e imediatamente detectáveis (I.A.)

Armazenamento dos dados permitem a análise direta pelo computador ou celular

LEITURA MANUAL VERSUS LEITURA AUTOMATIZADAS

LEITURAS AUTOMATIZADAS



Maior custo inicial e de manutenção

Necessidade de componentes adicionais, como datalogger

Possibilidade de geração de muitos dados e pouca análise

Aceitação "cega" dos dados sem verificações e análises

Sistema mais complexo que necessita adaptação

DISPOSITIVOS E SISTEMAS DE AUTOMAÇÃO

DISPOSITIVOS E SISTEMAS DE AUTOMAÇÃO

OS 3 ESTÁGIOS DA AUTOMAÇÃO

Maneiras de se realizar Leituras

1. Totalmente Manual

- Sensores Mecânicos / Hidráulicos
- Sensores Elétricos – Corda Vibrante

2. Semi-Automatizada (Armazenamento local com dataloggers) – Coleta com Laptop

3. Automatizada – *Near real-time*

- Acompanhamento Local / Site
- Armazenamento Cloud – web

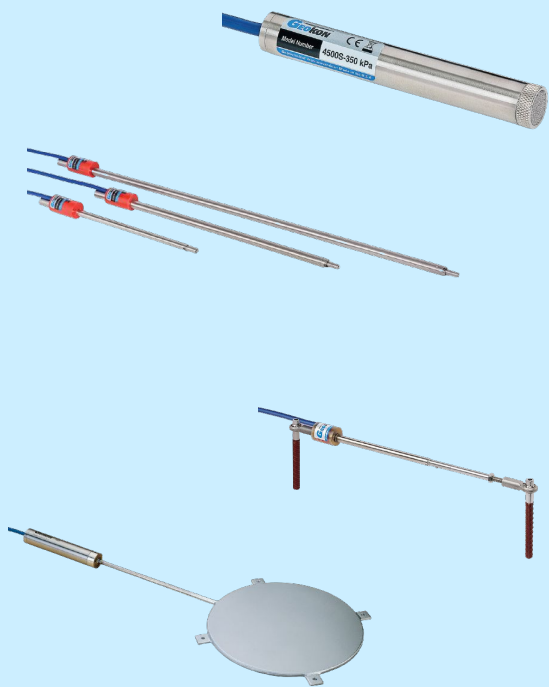


DISPOSITIVOS E SISTEMAS DE AUTOMAÇÃO

DATALOGGERS - CONEXÕES CABEADAS



INSTRUMENTAÇÃO

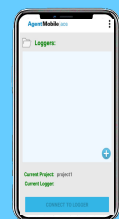


SENSORES

AQUISIÇÃO



DATALOGGER



MOBILE

TRANSMISSÃO



GATEWAY



SOFTWARE AGENT

SALA DE CONTROLE

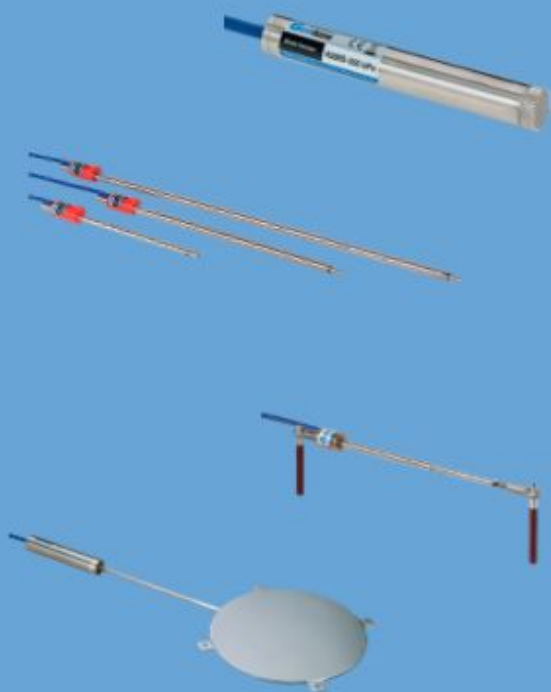


SERVIDOR LOCAL
OU CLOUD



SOFTWARE GESTÃO

INSTRUMENTAÇÃO



SENSORES

AQUISIÇÃO



DATALOGGER



TRANSMISSÃO



GATEWAY

SALA DE CONTROLE



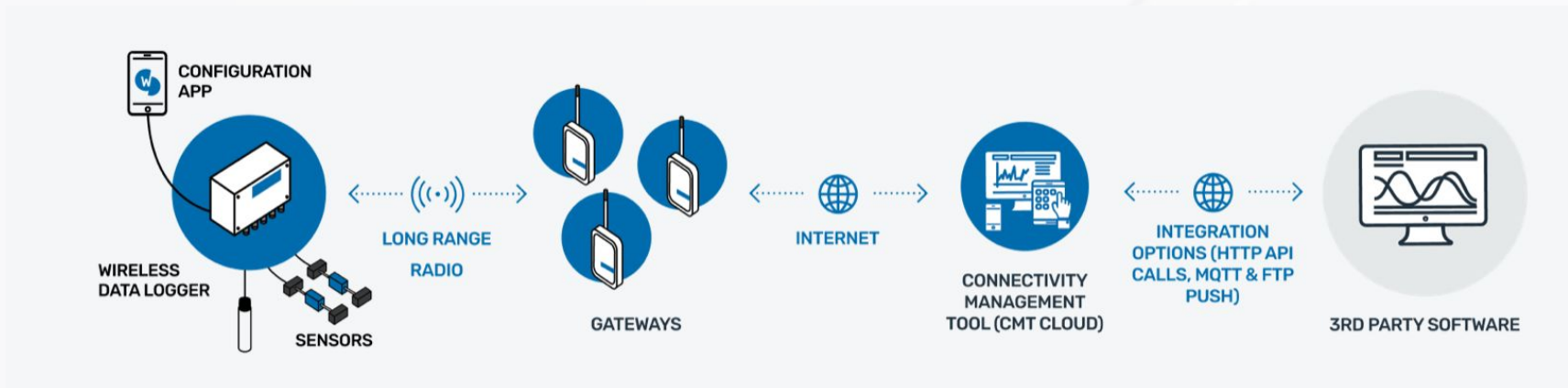
SERVIDOR LOCAL
OU CLOUD



SOFTWARE GESTÃO

DISPOSITIVOS E SISTEMAS DE AUTOMAÇÃO

DATALOGGERS E REDE WIRELESS



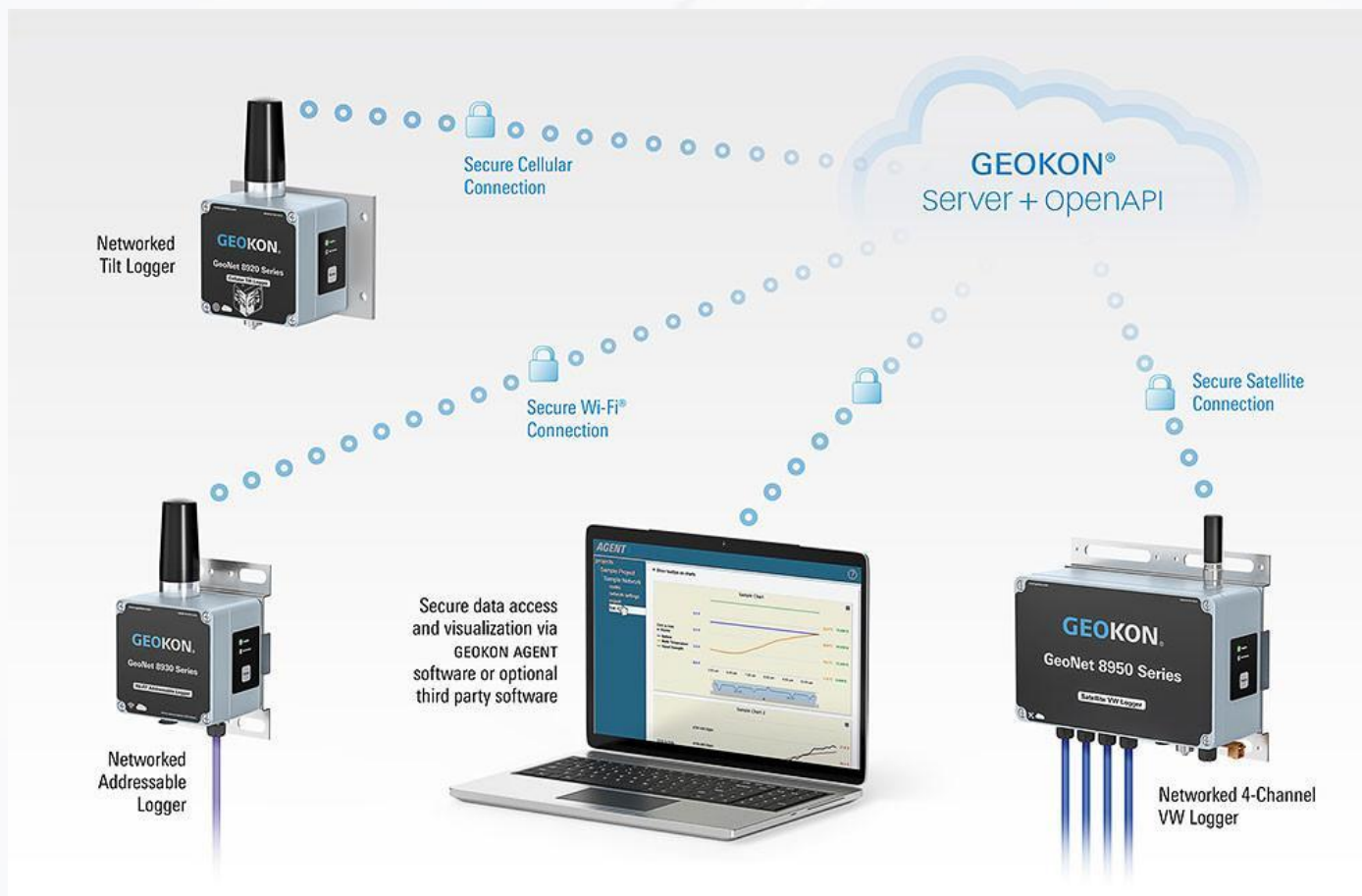
DISPOSITIVOS E SISTEMAS DE AUTOMAÇÃO

DATALOGGERS E REDE WIRELESS



DISPOSITIVOS E SISTEMAS DE AUTOMAÇÃO

CELULAR



DISPOSITIVOS E SISTEMAS DE AUTOMAÇÃO

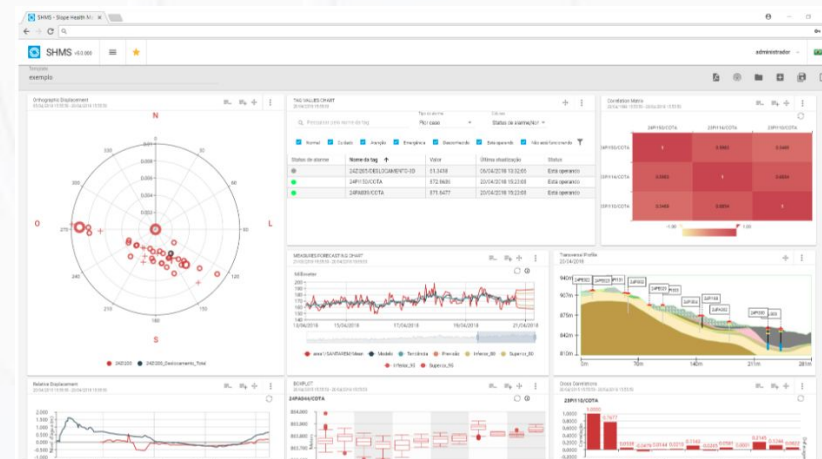
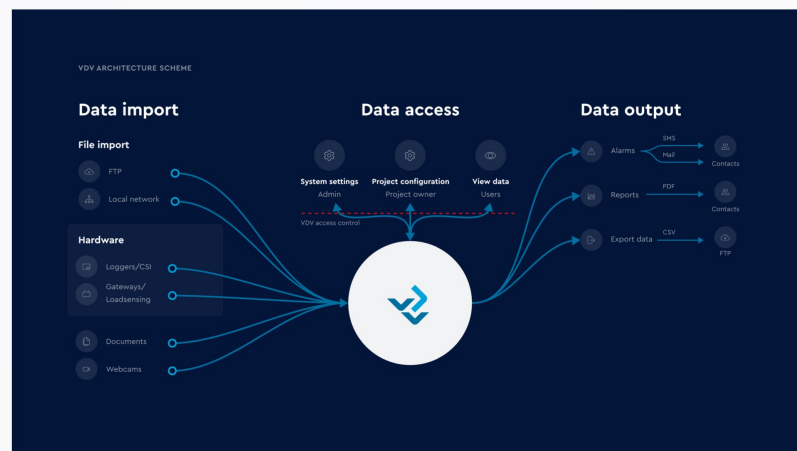
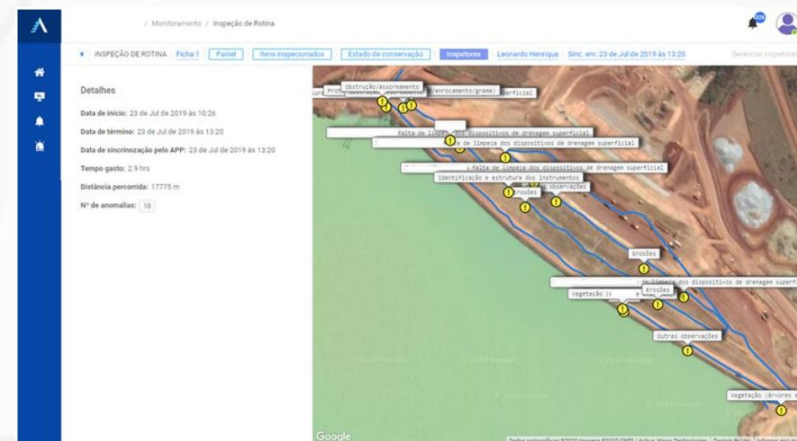
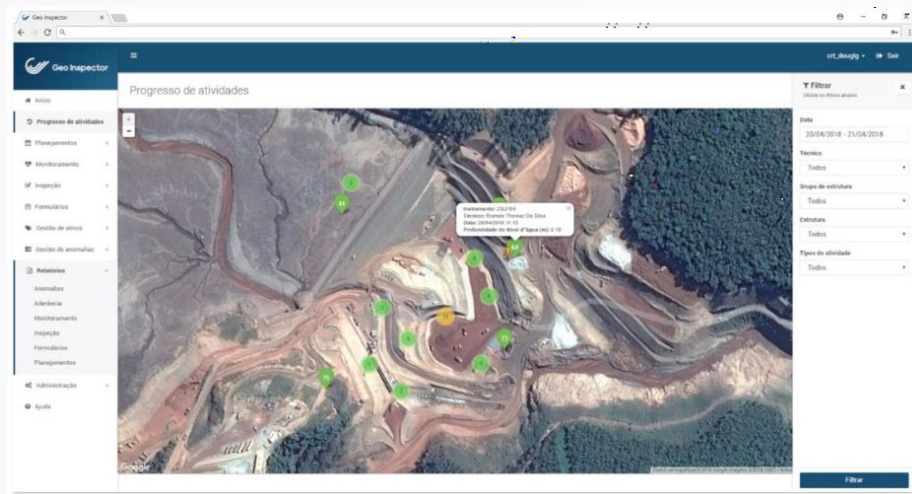
SATELITAL



SOLUÇÕES DE ACOMPANHAMENTO EM TEMPO REAL


SOLUÇÕES DE ACOMPANHAMENTO EM TEMPO REAL

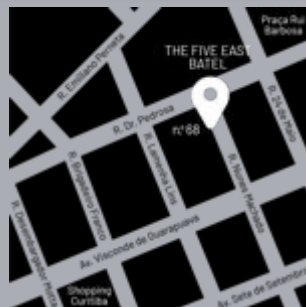
CLOUD



5/20 ANOS

PRECISÃO EM OBRAS DE INFRAESTRUTURA

 **EDIFÍCIO THE FIVE EAST BATEL**
Rua Nunes Machado, 68 | Conjunto 709
Centro | 80250-000 | Curitiba | PR
+55 41 3402-1707



ENGENHARIA



g5engenharia



www.g5engenharia.com.br



INSTRUMENTOS



g5instrumentos



www.g5instrumentos.com.br