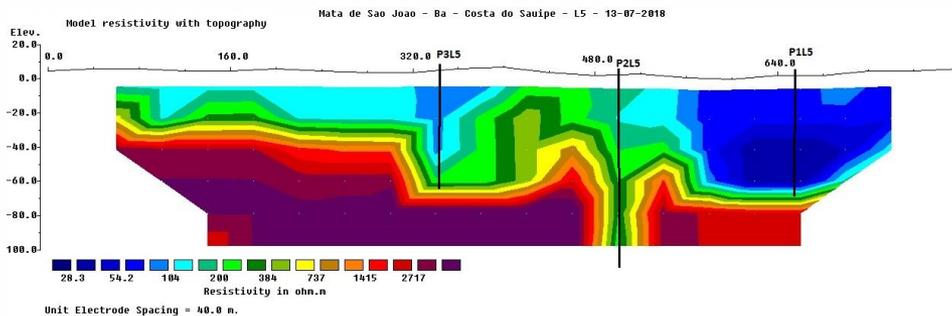


CURSO

MÉTODOS DE PROSPECÇÃO E LOCAÇÃO DE POÇOS TUBULARES PARA CAPTAÇÃO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS



29 E 30/04/2022



**João Batista
Matos de Andrade**
Hidrogeólogo MSc.
hidroexplorer@hidroexplorer.com.br

Realização:



Apoio:



O QUE É A ABAS?

A Associação Brasileira de Águas Subterrâneas - ABAS é uma pessoa jurídica de direito privado, sem fins lucrativos, com prazo de duração indeterminado. O mais importante de todo nosso Trabalho é Proteger os Recursos Hídricos Subterrâneos e Permitir seu Uso Legal e Sustentável, para fornecer água à População, Indústria e Comércio de nosso País, além de garantir que a cadeia produtiva dos poços, que hoje conta com um número aproximado de 1.000.000 de Empregos diretos e indiretos, não seja prejudicada por interesses Econômicos.

A ABAS possui sua Sede em São Paulo e mais 9 Núcleos Regionais:

- Bahia-Sergipe, Ceará, Centro-Oeste, Minas gerais, Paraná, Pernambuco, Rio de Janeiro, Rio Grande do Sul e Santa Catarina

Realização:



Apoio:



FINALIDADE / OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- I. Congregar técnicos e entidades interessados em estudo, pesquisa, prospecção, uso, preservação, tecnologia e gestão de águas subterrâneas e do ambiente subterrâneo;
- II. Manter intercâmbio e cooperação com sociedades congêneres e com entidades públicas e privadas, cujas atividades se relacionem com águas subterrâneas e com ambiente subterrâneo;
- III. Promover e divulgar estudos, pesquisas e trabalhos de qualquer natureza, que se refiram às águas subterrâneas e ao ambiente subterrâneo;
- IV. Realizar e promover cursos, congressos, simposios, seminários e conferências, com o propósito de difusão de trabalhos técnicos;
- V. Constituir comissões técnicas e promover reuniões específicas para análise e debate de assuntos que se relacionem com águas subterrâneas e com ambiente subterrâneo;
- VI. Estudar e propor, aos órgãos apropriados, procedimentos, normas, padronização, regulamentos e legislação relacionados com o uso das águas subterrâneas e do ambiente subterrâneo; e
- VII. Incentivar uma política nacional de estudos e pesquisas sistemáticas e de uso racional das águas subterrâneas e do ambiente subterrâneo.

Realização:



Apoio:



DIRETORIA ATUAL DO NÚCLEO BAHIA-SERGIPE

Presidente: Marco Antônio Peixinho

1º. Vice-Presidente: Cristovaldo Bispo dos Santos

2º. Vice-Presidente: Luiz Alberto Vedana

Secretário Geral: Leanize Teixeira Oliveira

Secretário Executivo: Elias Isler

Tesoureiro: Cristiane Neres Silva

Realização:



Apoio:



SEJA UM ASSOCIADO:

Seja um afiliado ABAS e assim você poderá contribuir com todo nosso Trabalho.

VANTAGENS:

- Defesa do setor de águas subterrâneas, especialmente nas questões legislativas com pretensões na limitação do uso de águas subterrâneas;
- Descontos especiais em todos os eventos promovidos pela ABAS;
- Revista Científica Águas Subterrâneas – Conteúdo online, publicação conceito A na CAPES, com periodicidade semestral que traz trabalhos técnicos e científicos;
- Guia de Compras Online: canal direcionados para interessados em contratar produtos e ou serviços.
- Cadastrar sua empresa;
- Entre outras inúmeras vantagens que a ABAS lhe oferecerá.

Realização:



Apoio:



PROGRAMAÇÃO

DIA 29/04/22 - MANHÃ

- Abertura;
- Introdução;
- Métodos e critérios na locação de poços tubulares em aquíferos granulares;
- Métodos e critérios na locação de poços tubulares em aquíferos cársticos;
- Perguntas e debates.
- **Coffee Break**
- Métodos e critérios na locação de poços tubulares em aquíferos fissurais: fatores influentes na quantidade e qualidade das águas;
- Perguntas e debates.

DIA 30/04/22 - MANHÃ

- Uso da geofísica, método eletrorresistividade, na prospecção de água subterrânea, com **Coffee Break**.

João Batista M.de Andrade, 2022.

Realização:



Apoio:



INTRODUÇÃO



João Batista M.de Andrade, 2022.

Realização:



Apoio:



A CRISE DAS ÁGUAS



João Batista M.de Andrade, 2022.

AUMENTO DA
DEMANDA

DEVASTAÇÃO
AMBIENTAL

POLUIÇÃO E
CONTAMINAÇÃO DAS
ÁGUAS SUPERFICIAIS

AGRAVAMENTO DOS
EFEITOS DAS SECAS

Realização:

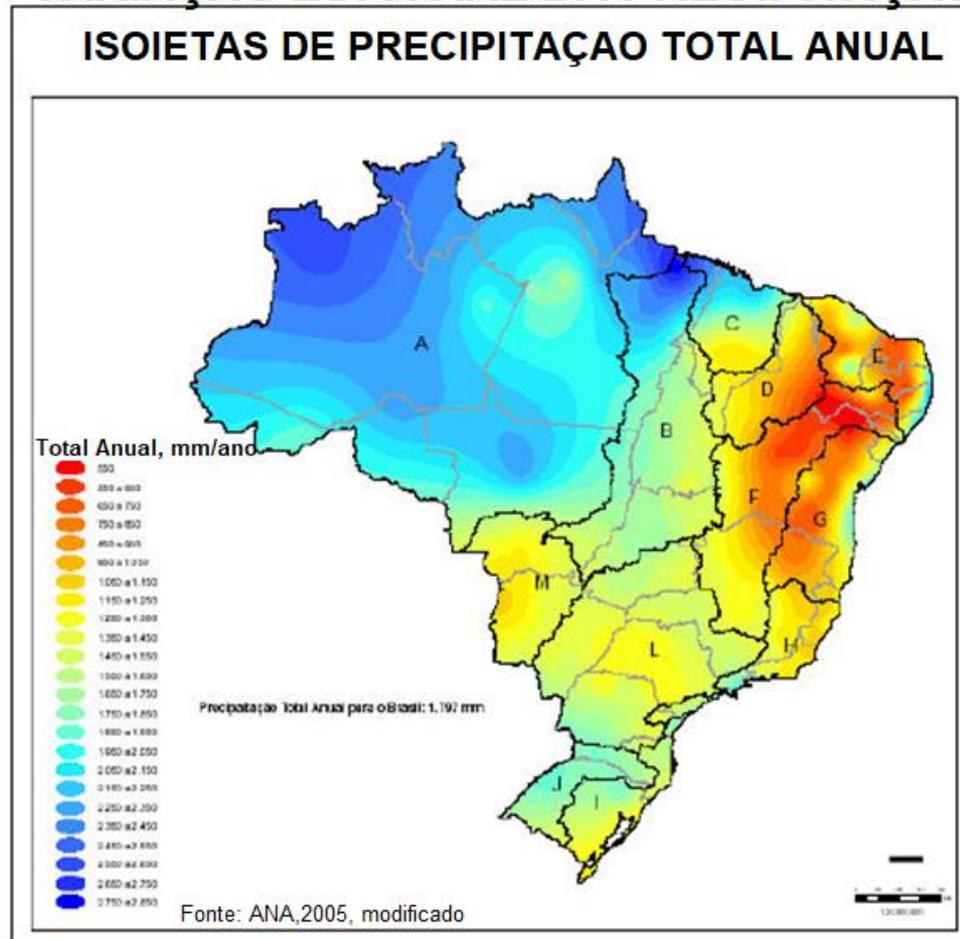


Apoio:



CHUVAS NO BRASIL

VARIAÇÃO ESPACIAL DA PRECIPITAÇÃO ISOIETAS DE PRECIPITAÇÃO TOTAL ANUAL



João Batista M.de Andrade, 2022.

Fonte: Hagendra, F.Genz (2012)

Realização:

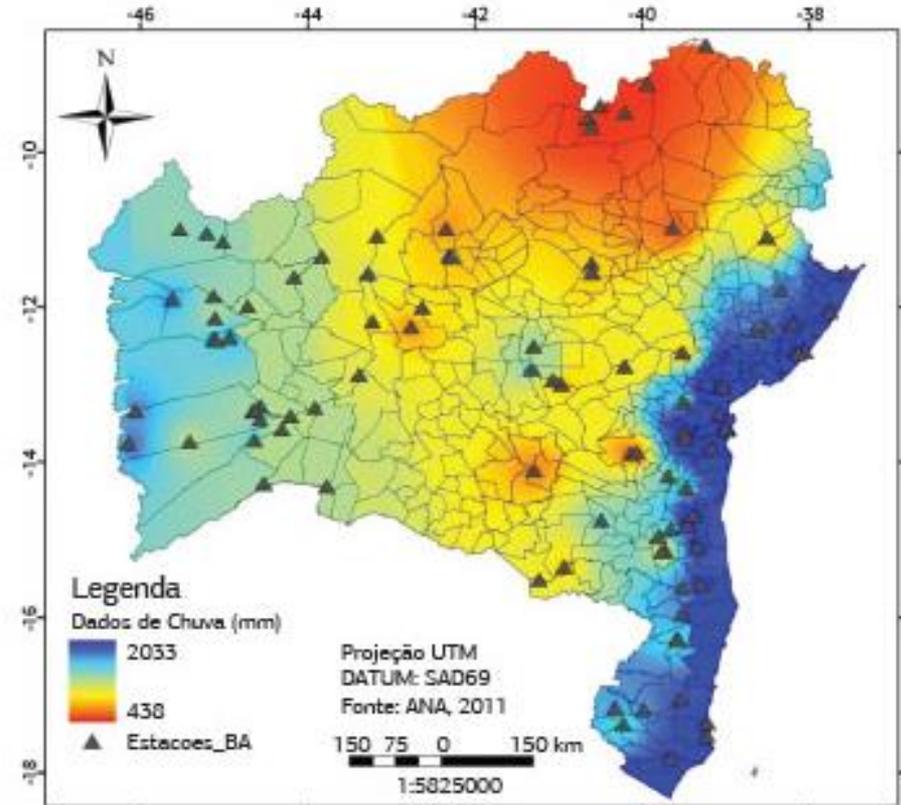


Apoio:



CHUVAS NA BAHIA

Mapa Pluviométrico do Estado da Bahia (1981-2010)



Fonte: www.scielo.br, acessado em 2021

A forte relação com a demanda de águas subterrâneas e a salinidade dessas.

João Batista M.de Andrade, 2022.

Realização:

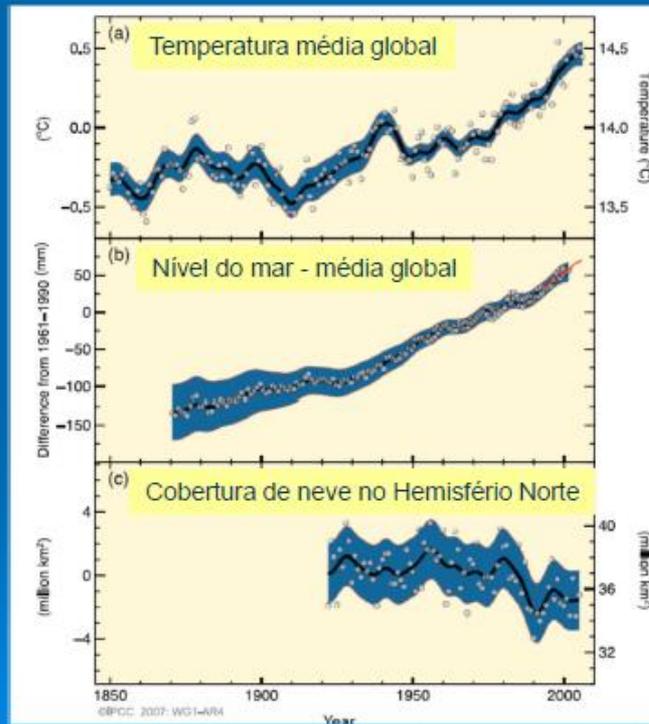


Apoio:



AQUECIMENTO GLOBAL

Evidências de aquecimento global 3 variáveis independentes



João Batista M.de Andrade, 2022.

Fonte: Hagendra, F.G.,2012

Realização:



ASSOCIAÇÃO BAIANA DE GEÓLOGOS

Apoio:

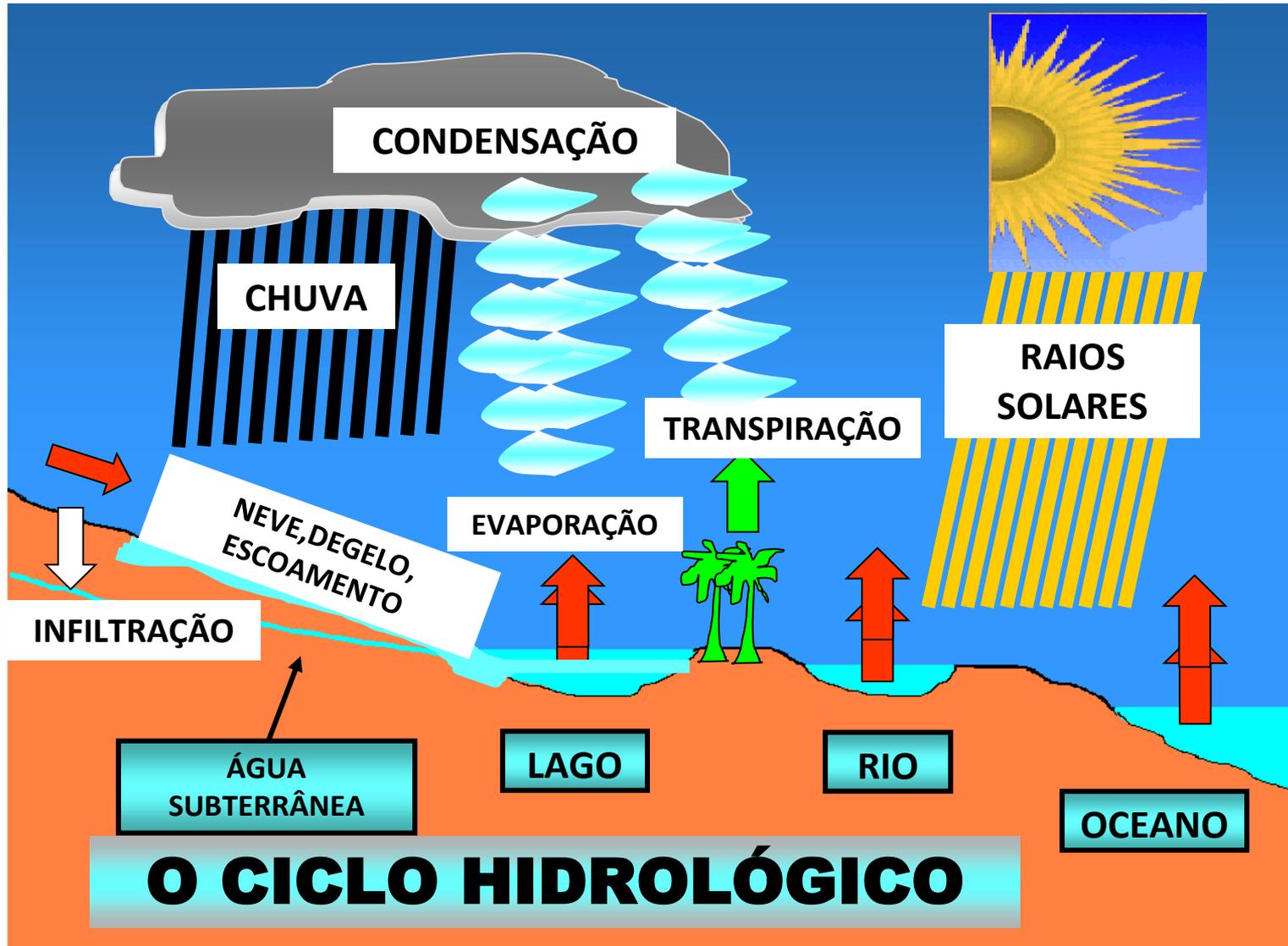


CREA-BA
Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia da Bahia



HIDROEXPLORER
Hidrogeologia e Meio Ambiente





João Batista M.de Andrade, 2022.

Realização:



Apoio:



A IMPORTÂNCIA DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

MAIOR FONTE DE ÁGUA POTÁVEL DO PLANETA

PUREZA E PROTEÇÃO

PERENIDADE

BAIXO CUSTO



João Batista M.de Andrade, 2022.

Realização:



Apoio:



ÁGUA SUBTERRÂNEA PELO MUNDO AFORA

- 96% das águas doces, em forma líquida, do planeta
- 100 milhões de hectares irrigados no mundo
- EUA: abastece 40% dos serviços públicos de água, 75% da população rural e 90% das indústrias. 400.000 poços por ano.
- União Européia: 75% dos serviços públicos de água
- BRASIL: capacidade para abastecimento de 70% das sedes municipais. 50.000 poços perfurados por ano, em estimativa.
- ESTADO DE SÃO PAULO: abastece 75% dos serviços públicos e 95 % das indústrias.
- ESTADO DA BAHIA: abastece 55% das sedes municipais e maioria das comunidades rurais. 100.000 poços existentes ,em estimativa

João Batista M.de Andrade, 2022.

Fontes: Diversas.

Realização:



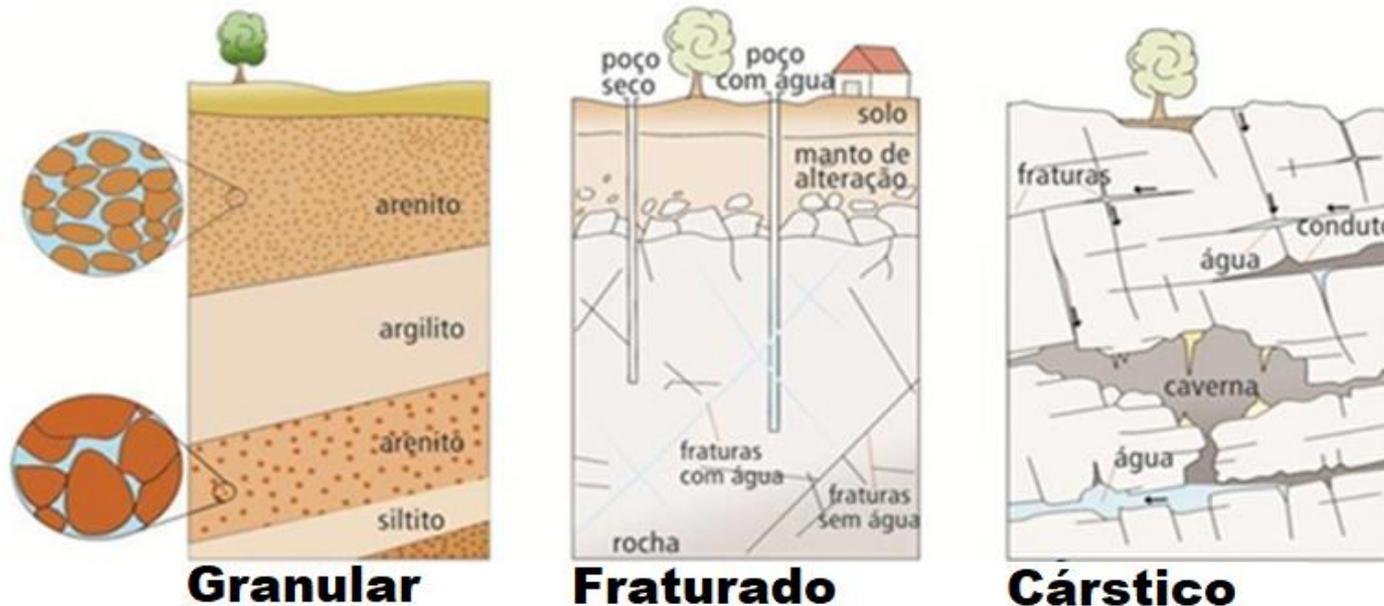
Apoio:



AQUÍFEROS

Unidades rochosas ou de sedimentos, porosas e permeáveis, que armazenam e transmitem águas subterrâneas passíveis de serem exploradas .

TIPOS DE AQUÍFEROS



Fonte: Iritani & Ezaki, 2010, modificado

João Batista M.de Andrade, 2022.

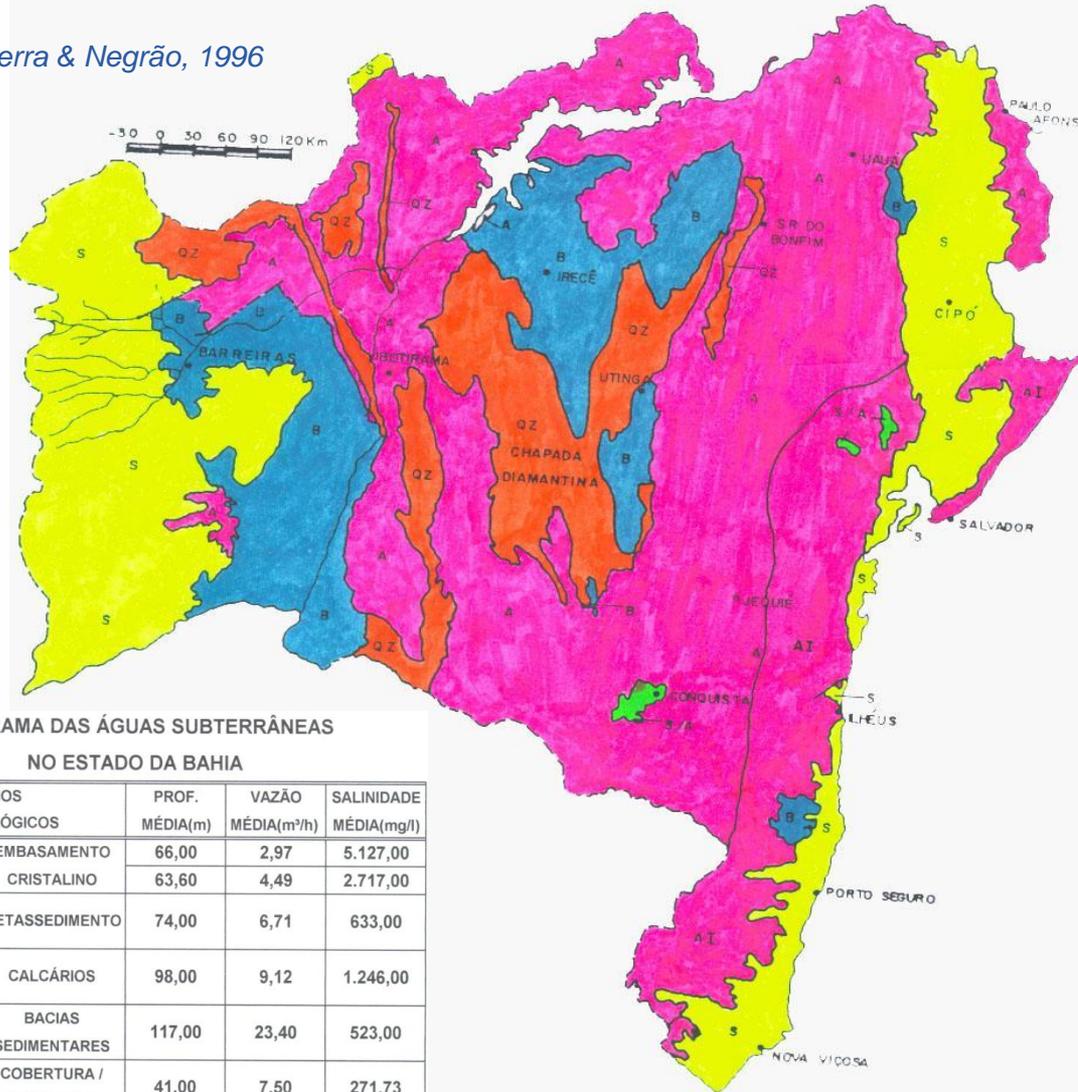
Realização:



Apoio:



Fonte: Guerra & Negrão, 1996



PANORAMA DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS
NO ESTADO DA BAHIA

DOMÍNIOS HIDROGEOLÓGICOS		PROF. MÉDIA(m)	VAZÃO MÉDIA(m ³ /h)	SALINIDADE MÉDIA(mg/l)
A	A < 800mm	66,00	2,97	5.127,00
	A > 800mm	63,60	4,49	2.717,00
QZ	METASSEDIMENTO	74,00	6,71	633,00
B	CALCÁRIOS	98,00	9,12	1.246,00
S	BACIAS SEDIMENTARES	117,00	23,40	523,00
S/A	COBERTURA / CRISTALINO	41,00	7,50	271,73

João Batista M.de Andrade, 2022.

**DOMÍNIOS AQUÍFEROS
NA BAHIA**

**ROCHAS DO
EMBASAMENTO
CRISTALINO:
AQUÍFEROS FISSURAIS**

**ROCHAS
METASSEDIMENTARES:
AQUÍFEROS FISSURAIS**

**ROCHAS CALCÁRIAS:
AQUÍFEROS CÁRSTICOS
E FISSURAIS**

**ROCHAS
SEDIMENTARES:
AQUÍFEROS
GRANULARES**

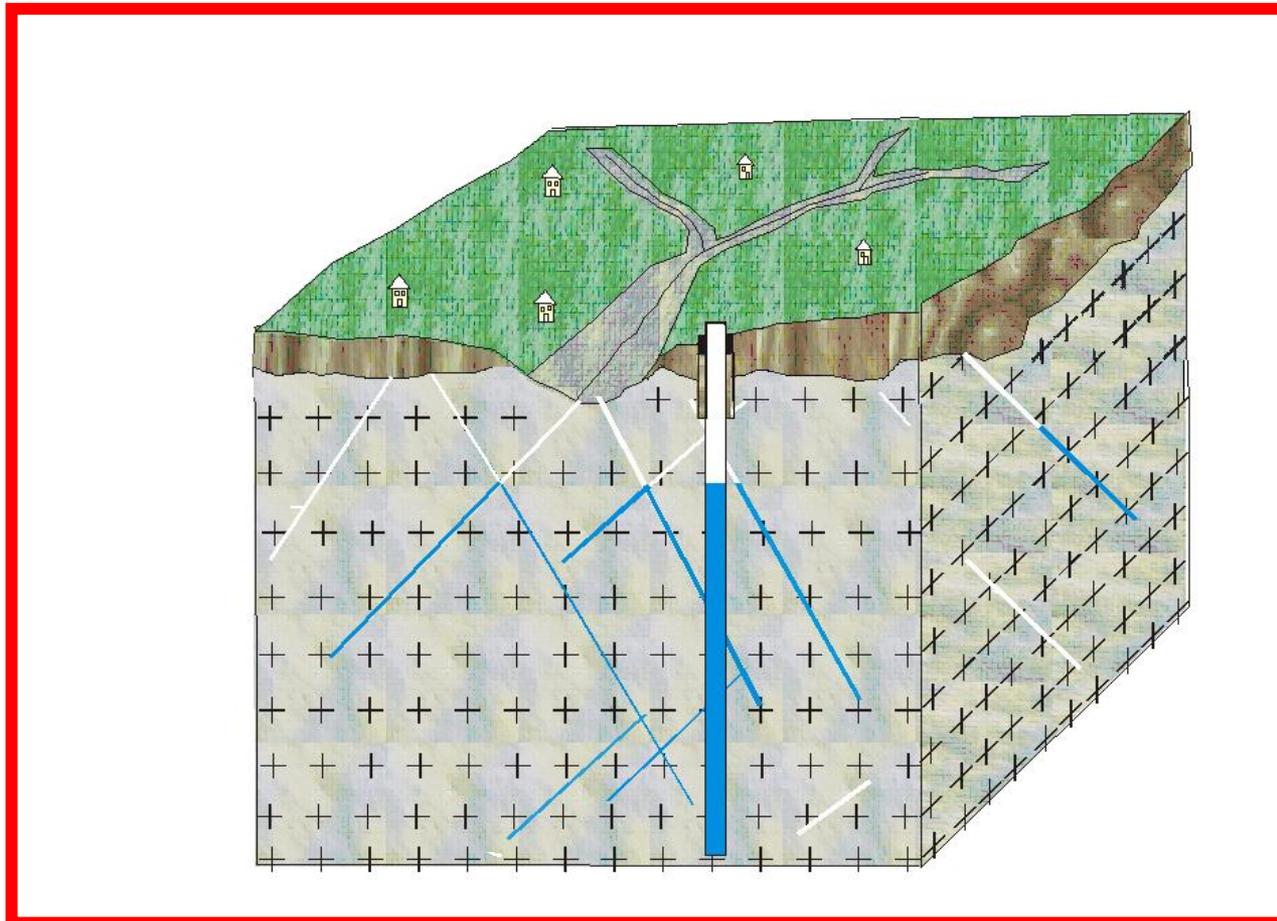
Realização:



Apoio:



TIPOS DE CAPTAÇÃO-POÇO TUBULAR



POÇO EM ROCHA CRISTALINA / METASSEDIMENTO - 120m

João Batista M.de Andrade, 2022.

Andrade, 1998

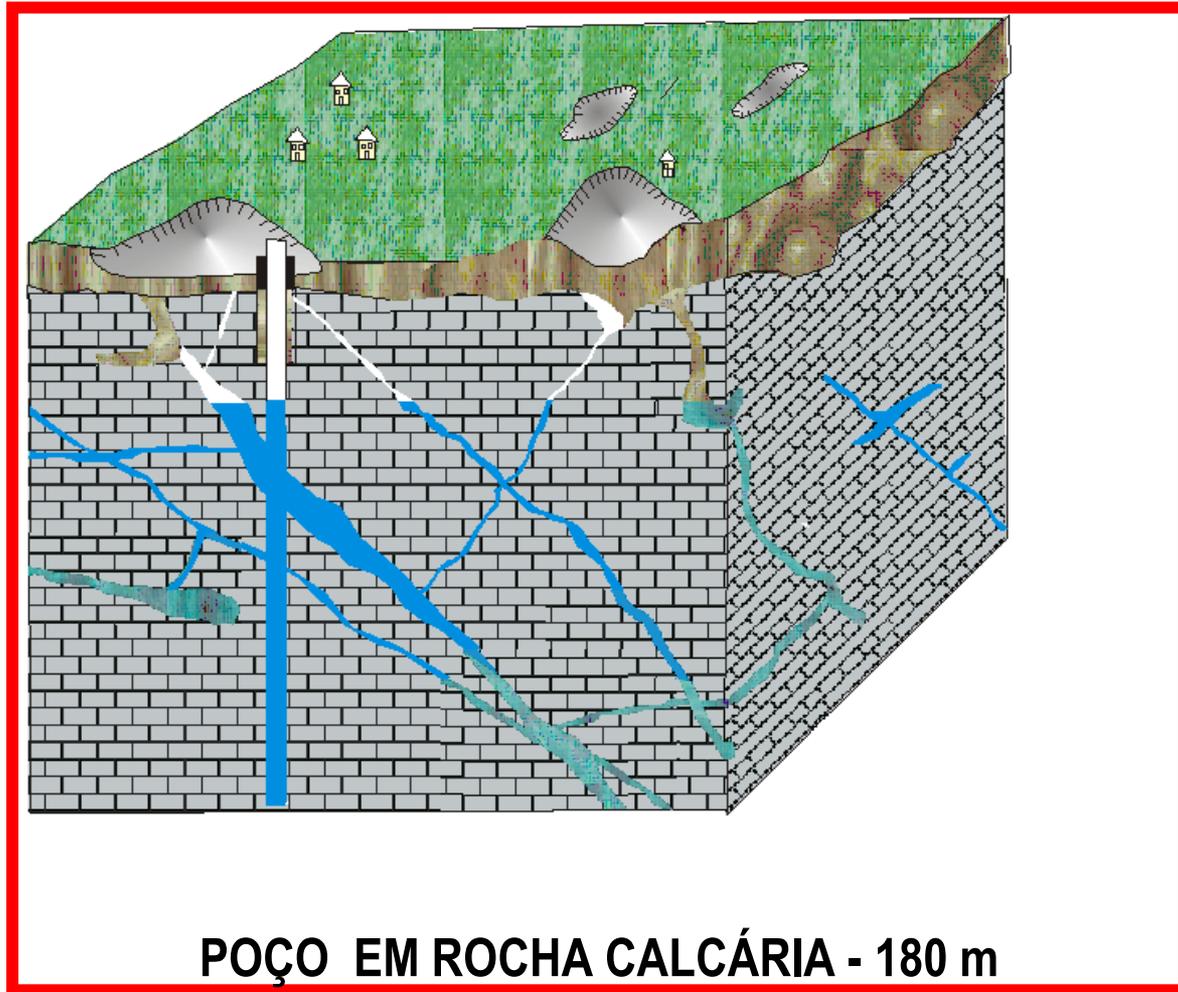
Realização:



Apoio:



TIPOS DE CAPTAÇÃO-POÇO TUBULAR



POÇO EM ROCHA CALCÁRIA - 180 m

João Batista M.de Andrade, 2022.

Andrade, 1998

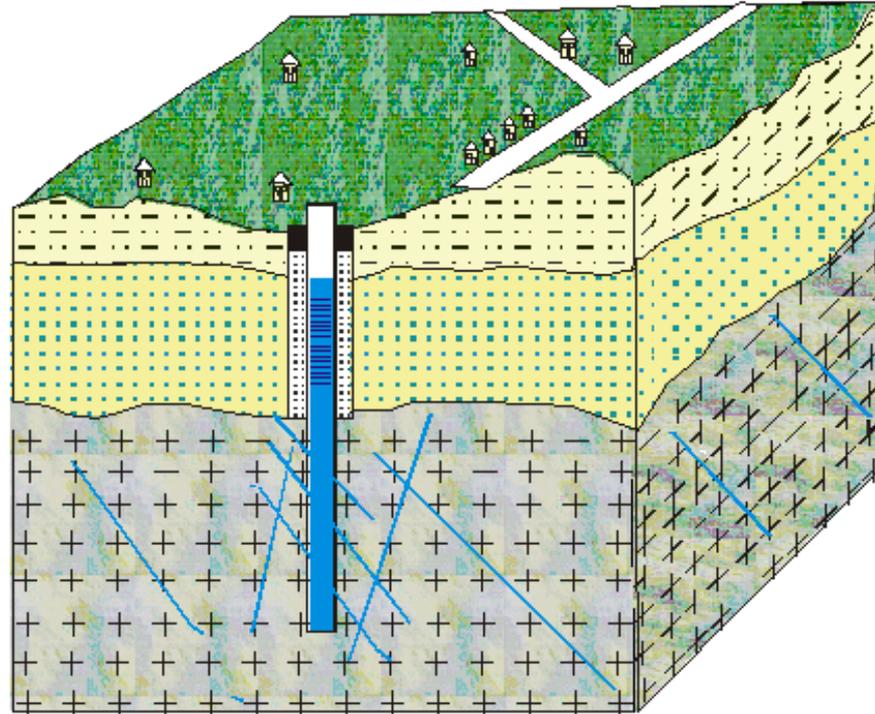
Realização:



Apoio:



TIPOS DE CAPTAÇÃO-POÇO TUBULAR



POÇO MISTO (SEDIMENTO-CRISTALINO) - 120 m

João Batista M.de Andrade, 2022.

Andrade, 1998

Realização:



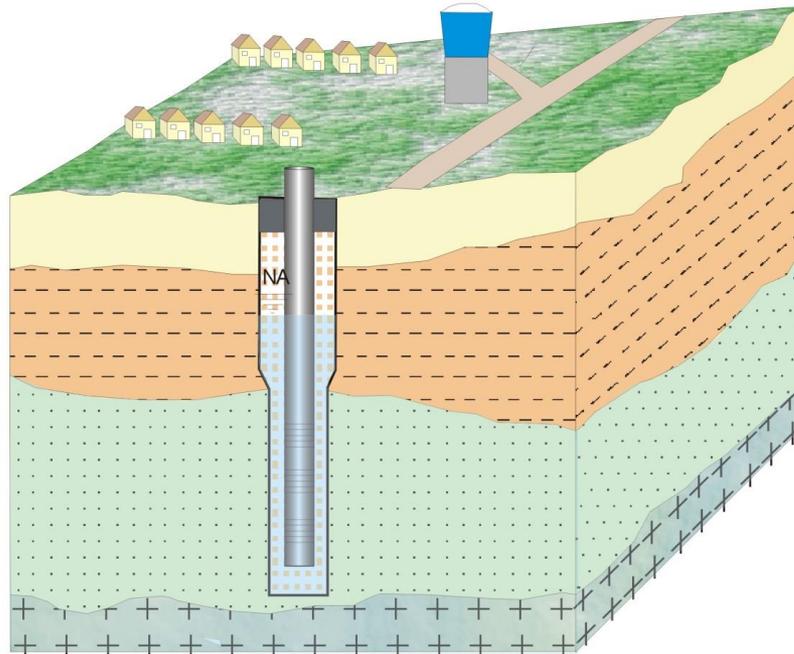
Apoio:



POÇO TUBULAR EM ROCHA SEDIMENTAR

DETALHE CONSTRUTIVO

POÇO TIPO SEDIMENTO - 200 m



Cabeça do poço,
tubulão condutor

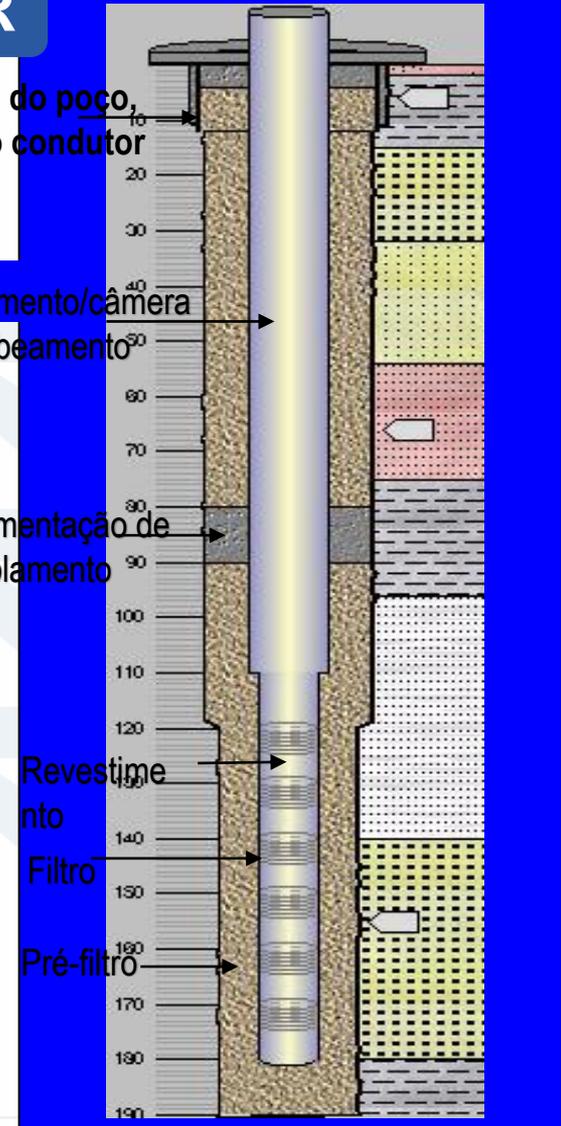
Revestimento/câmara
de bombeamento

Cimentação de
isolamento

Revestime
nto

Filtro

Pré-filtro



JOÃO BATISTA ANDRADE
MAIO /98

João Batista M.de Andrade, 2022.

Realização:



Apoio:



PROSPECÇÃO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS - LOCAÇÃO E PROJETO DE POÇOS TUBULARES

CRITÉRIOS DE ACORDO À GEOLOGIA DA ÁREA.

LEVANTAMENTO PRELIMINAR

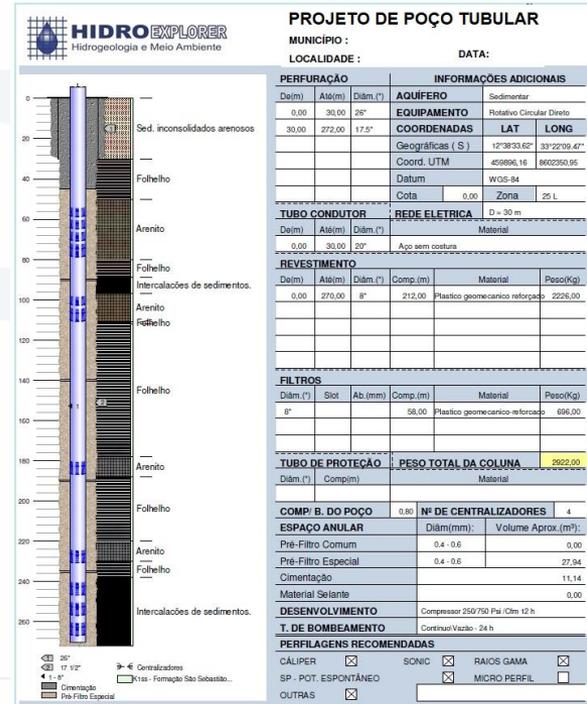
ETAPA DE CAMPO

ELABORAÇÃO DE PROJETO E RELATÓRIO

O PROJETO ESTÁ SUBORDINADO AOS TIPOS DE ROCHAS DO SUBSOLO, PROFUNDIDADE PREVISTA PARA O NÍVEL DA ÁGUA E DEMANDA EXISTENTE.



22/09/2020 15:19:45



João Batista M.de Andrade, 2022.

Realização:



Apoio:



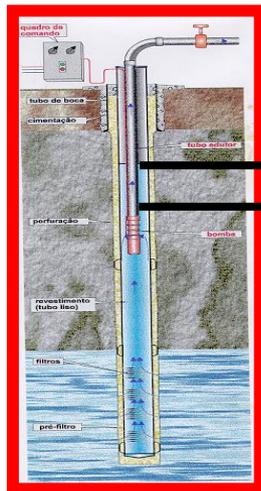
TESTE DE BOMBEAMENTO

NÍVEL ESTÁTICO

NÍVEL DINÂMICO

RECUPERAÇÃO

ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICA
E BIOLÓGICA



NE
ND

Ao término da perfuração, o poço deve passar por um teste de bombeamento para medição dos seus parâmetros hidrodinâmicos, definindo assim o seu potencial e as especificações do equipamento de bombeio mais adequado.

O tempo de duração do teste pode variar de 12 a 30 horas, de acordo a capacidade e finalidade do poço. Quanto ao modo, pode ser contínuo ou escalonado; quanto a finalidade, teste de produção ou de aquífero.

Na última hora do teste deve ser coletada água para análise físico química. Geralmente a biológica é dispensada, se o poço tiver sido bem locado, projetado e perfurado.

João Batista M.de Andrade, 2022.

Realização:



Apoio:



QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

A salinidade das águas subterrâneas depende de dois fatores principais:

- 1) o clima, em específico a precipitação de chuvas e evaporação;
- 2) o tipo de rocha ocorrente em subsolo.

Exemplificando as influências desses dois fatores:

- 1) nos aquíferos fissurais, um granito fraturado pode ser portador de água subterrânea no semiárido da Bahia com salinidade cinco vezes mais alta que o mesmo granito fraturado na região litorânea, onde a precipitação é maior e a evaporação menor;
- 2) nas rochas sedimentares, um arenito quartzoso, por exemplo, seja em qualquer clima, tende a produzir água de boa qualidade; isso se deve tanto pela constituição litológica como pela porosidade entre os seus grãos que permite alta infiltração de águas de chuvas, com consequente alta realimentação do aquífero.



Sais em lagoa seca, Uauá, Bahia.

João Batista M.de Andrade, 2022.

Realização:



ASSOCIAÇÃO BAIANA DE GEÓLOGOS

Apoio:



CREA-BA
Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia da Bahia



HIDROEXPLORER
Hidrogeologia e Meio Ambiente



QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS II

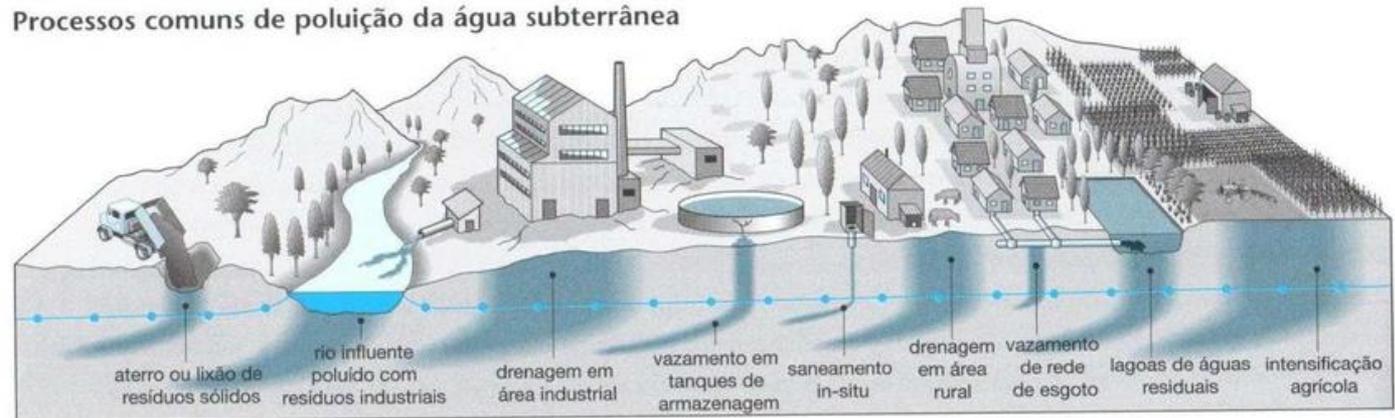
Um outro fator que determina a qualidade das águas subterrâneas é a pureza ou não quanto as contaminações biológicas.

Um poço tubular locado, projetado e construído dentro de adequadas especificações técnicas dificilmente será acometido de contaminações.

Aqui vão algumas recomendações básicas:

- afaste o poço de estruturas contaminantes, como fossas sépticas, esgoto a céu aberto...
- projete o poço com cimentação no espaço anelar até uma profundidade mínima de 15, se houver riscos de contaminação nas proximidades;
- evite aproveitamento de águas rasas.

Processos comuns de poluição da água subterrânea



Fonte:
<https://www.researchgate.net>,
 acessado em 2021

João Batista M.de Andrade, 2022.

Realização:



Apoio:



A CORRETA PERFURAÇÃO DO POÇO TUBULAR

À princípio, um poço tubular pode ser comparado à uma casa onde o proprietário só pode chegar até a porta. Ou seja: o poço, pela sua natureza subterrânea, é um obra que dar margem à muitos erros, sem o cliente ter conhecimento.

Para perfuração do seu poço tubular, siga os seguintes procedimentos:

- contrate uma empresa / profissional para pesquisar sua área, locar o seu poço e elaborar o projeto mais adequado para suas necessidades;
- contrate uma empresa de perfuração de poço com experiência e idoneidade no mercado, com os devidos registros no CREA.



João Batista M.de Andrade, 2022.

Realização:



ASSOCIAÇÃO BAIANA DE GEÓLOGOS

Apoio:



CREA-BA
Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia da Bahia



HIDROEXPLORER
Hidrogeologia e Meio Ambiente



OUTROS MEIOS DE CAPTAÇÃO

Captação de Nascente (ou Fonte)

Poço Amazonas (ou Cacimbão)



Barragem Subterrânea



João Batista M.de Andrade, 2022.

Realização:

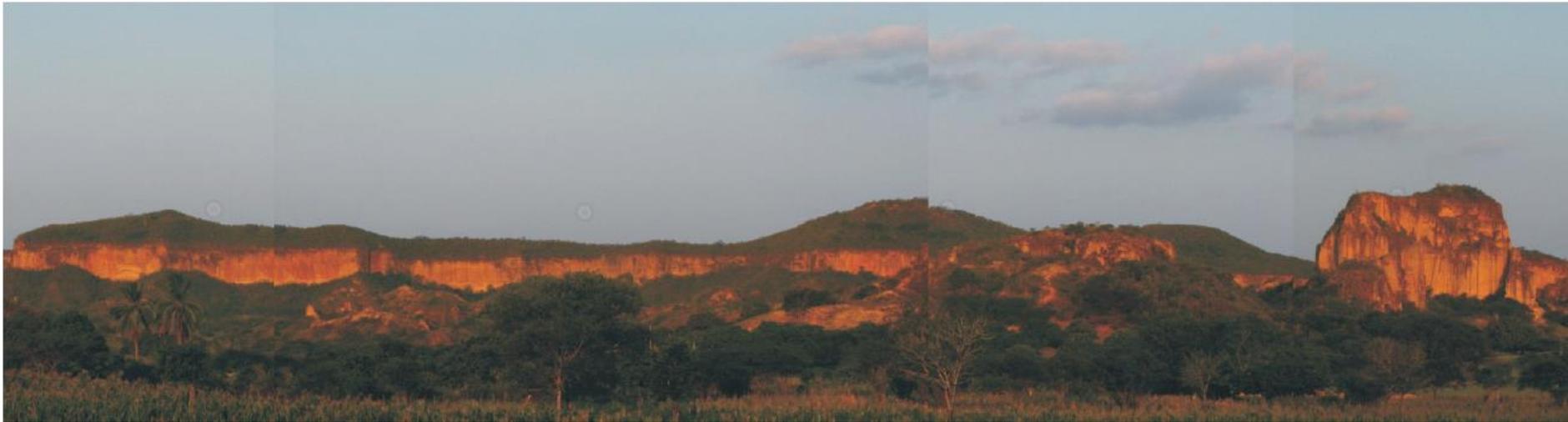


Apoio:



PROSPECÇÃO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS EM AQUÍFEROS GRANULARES E CÁRSTICOS

AQUÍFEROS GRANULARES OU POROSOS



Fm. Marizal, na bacia do Tucano Central. Fonte: CPRM, 2010

João Batista M.de Andrade, 2022.

Realização:



Apoio:

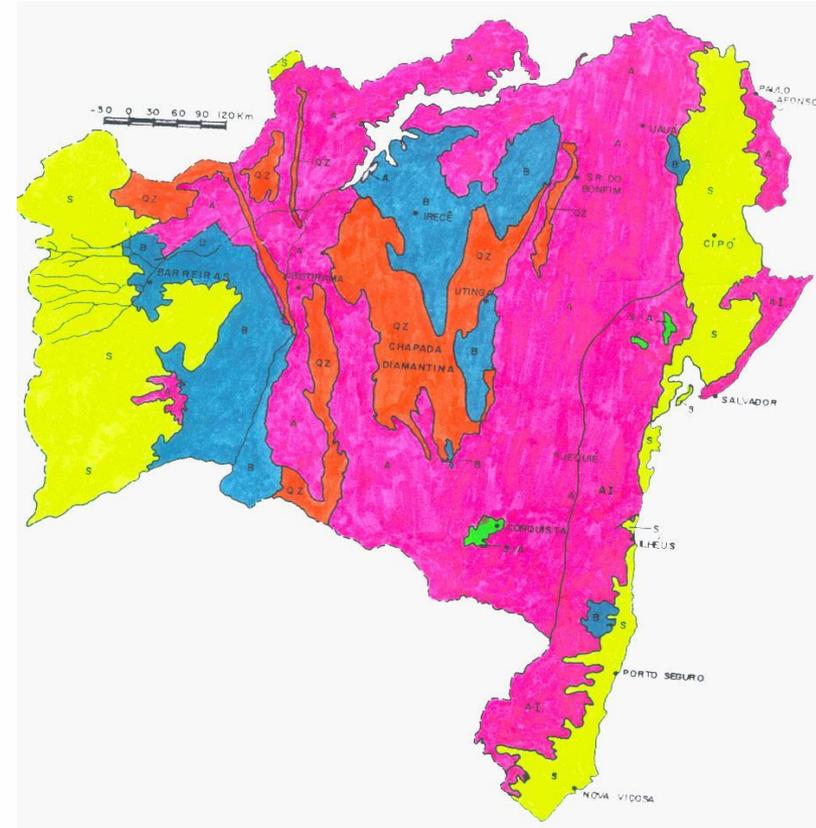


MÉTODOS E CRITÉRIOS NA LOCAÇÃO DE POÇOS TUBULARES EM AQUÍFEROS GRANULARES

Os aquíferos granulares compõem, aproximadamente, 25 % do Estado da Bahia e 60% do Brasil, distribuídos principalmente pelas bacias sedimentares e secundariamente pelas coberturas terció-quaternárias.

Na Bahia, destaque para quatro grandes Bacias Sedimentares, em ordem de potencialidade aquífera:

- 1) Recôncavo-Tucano
- 2) Urucuia
- 3) Extremo Sul : Jequitinhonha, Cumuruxatiba e Mucuri
- 4) Camamu-Almada



Em amarelo, bacias sedimentares da Bahia

João Batista M.de Andrade, 2022.

Realização:



ASSOCIAÇÃO BAIANA DE GEÓLOGOS

Apoio:



CREA-BA
Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia da Bahia



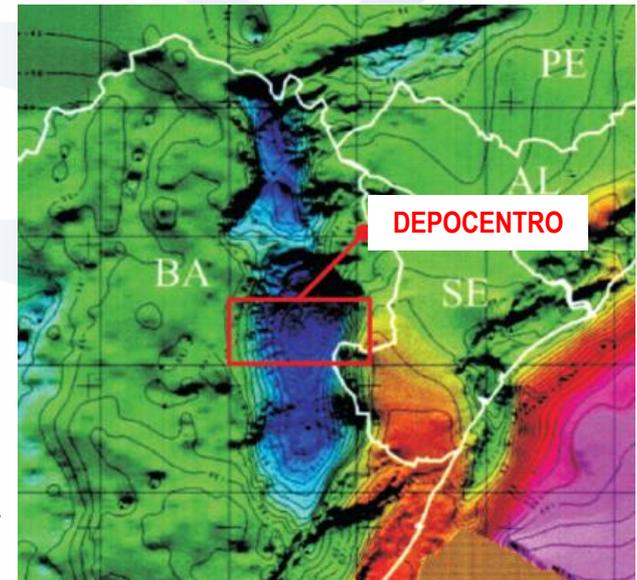
HIDROEXPLORER
Hidrogeologia e Meio Ambiente



ITENS NECESSÁRIOS

Itens necessários para uma correta locação de poços tubulares em aquíferos granulares das bacias sedimentares:

- 1) Mapa geológico em escala mínima de 1:100.000
- 2) Conhecimento prévio da estratigrafia, litologia, estrutural e mergulhos das camadas
- 3) Poços existentes para correlação
- 4) Noção da profundidade da superfície piezométrica
- 5) Direção de fluxo subterrâneo
- 6) Demanda do cliente



Mapa de anomalia Bouguer do Rifte RTJ. Fonte: Mohriak et al, 1997, in CPRM 2010.

João Batista M.de Andrade, 2022.

Realização:



ASSOCIAÇÃO BAIANA DE GEÓLOGOS

Apoio:



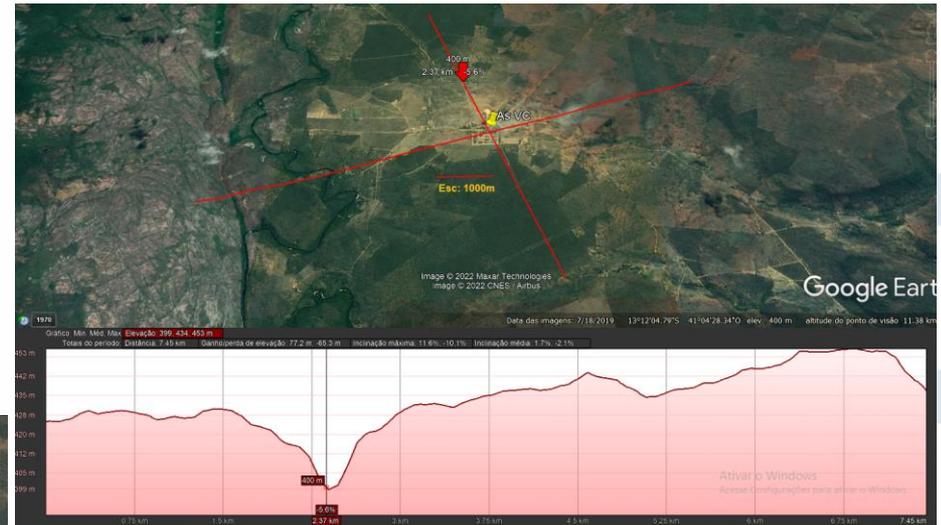
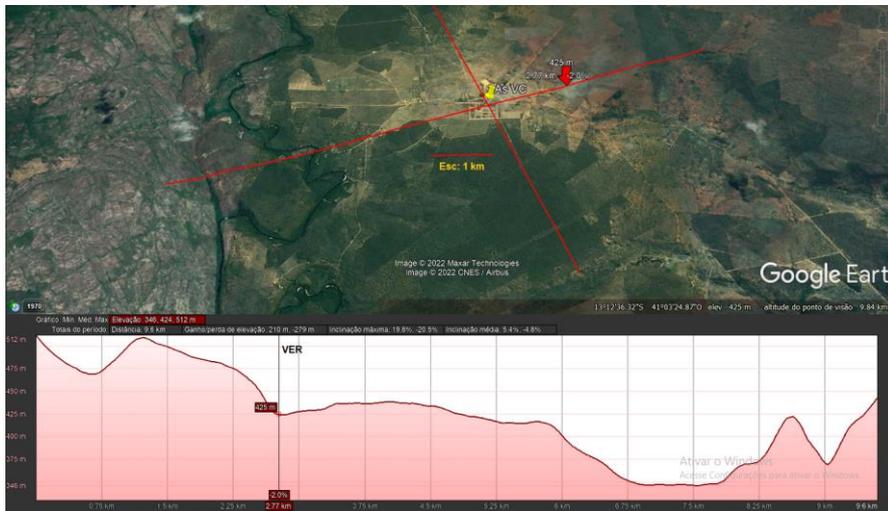
CREA-BA
Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia da Bahia



HIDROEXPLORER
Hidrogeologia e Meio Ambiente



A IMPORTANCIA DE IMAGEM DE SATÉLITE NA PROSPECÇÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA



Traçando perfis de relevo

João Batista M.de Andrade, 2022.

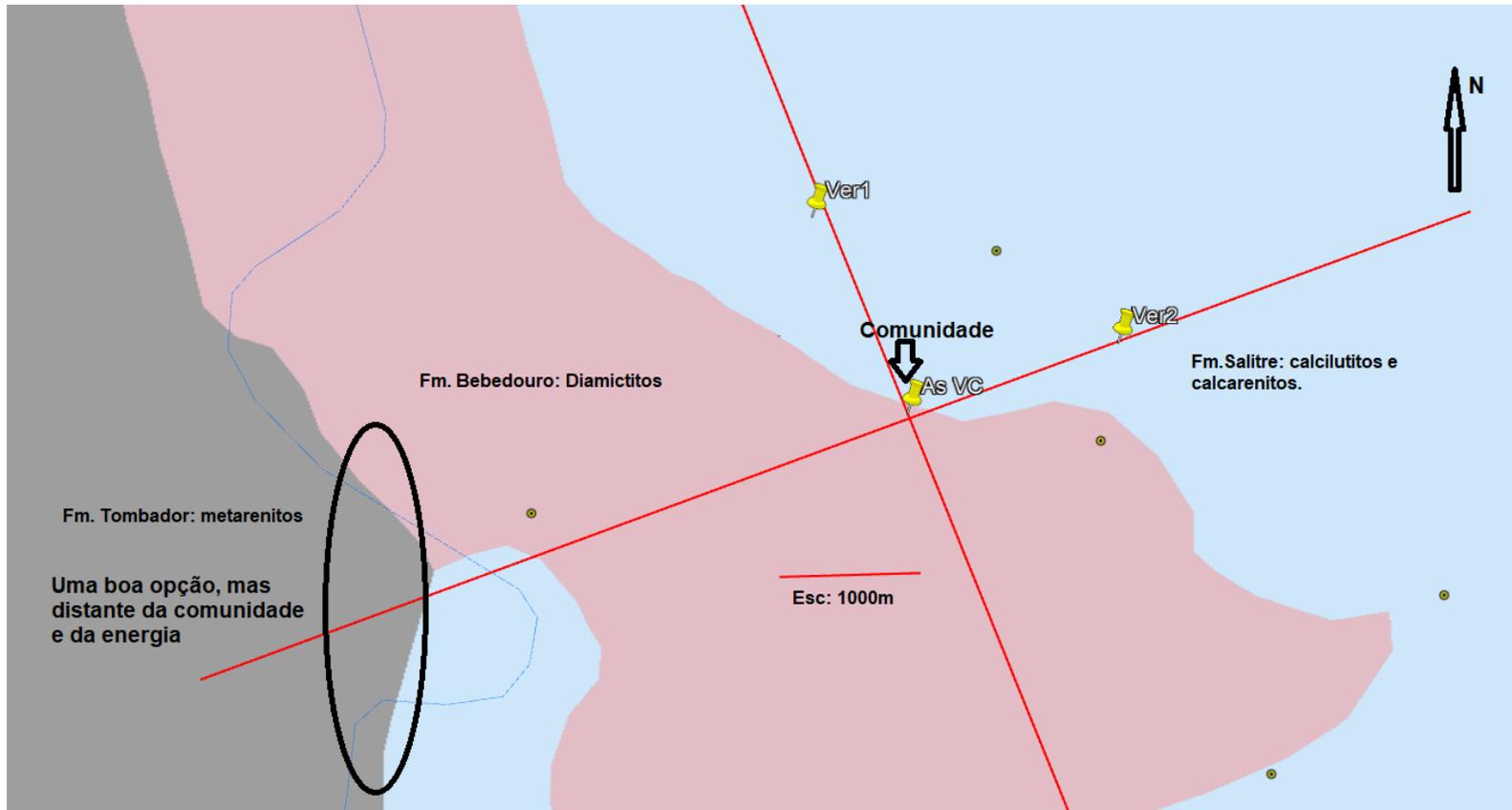
Realização:



Apoio:



COM O MAPA GEOLÓGICO SOBRE A IMAGEM: DELIMITANDO LITOLOGIA, ESTRUTURAS E PONTOS PARA VERIFICAÇÃO NO CAMPO.



João Batista M.de Andrade, 2022.

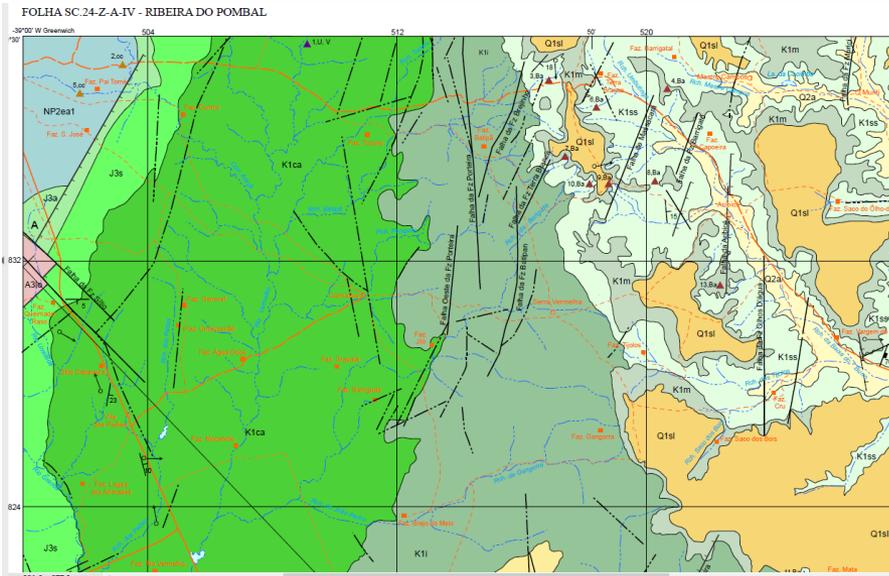
Realização:



Apoio:



MAPAS E SEÇÕES GEOLÓGICAS



Maga Geológico, folha Ribeira do Pombal.
Escala Original: 1:100.000. Fonte: CPRM,
2009.



João Batista M.de Andrade, 2022.

Corte no mapa acima, direção W-E

Realização:



Apoio:

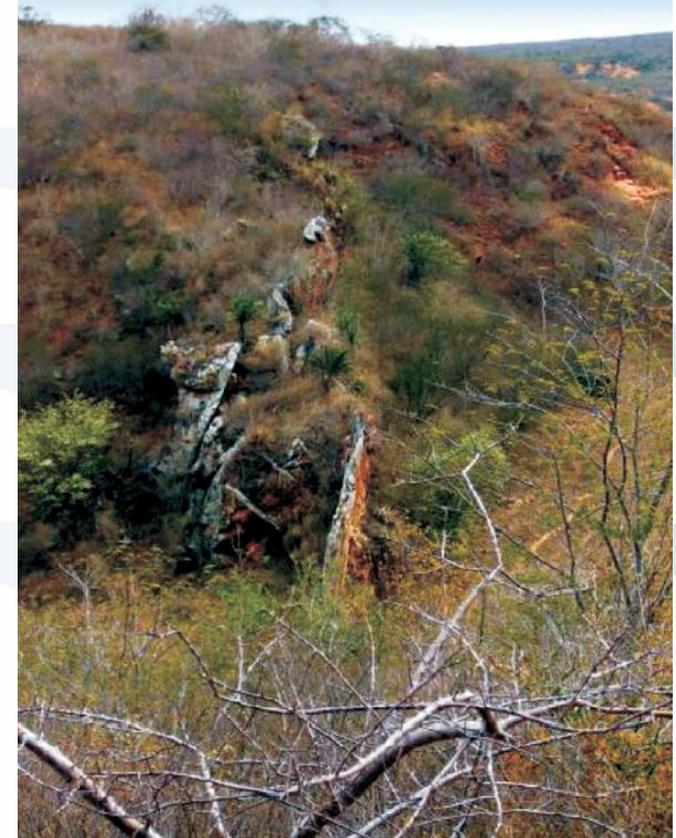


FATORES ESTRUTURAIS

Assim como para os demais aquíferos, atenção para os mergulhos e falhamentos nos aquíferos sedimentares.



Camadas em mergulho na bacia sedimentar do Tucano Central .
Fonte: CPRM, 2010



Bandas de Deformação em linha de falha da Fm.São Sebastião, Tucano Central. Fonte: CPRM,2010

João Batista M.de Andrade, 2022.

Realização:



Apoio:

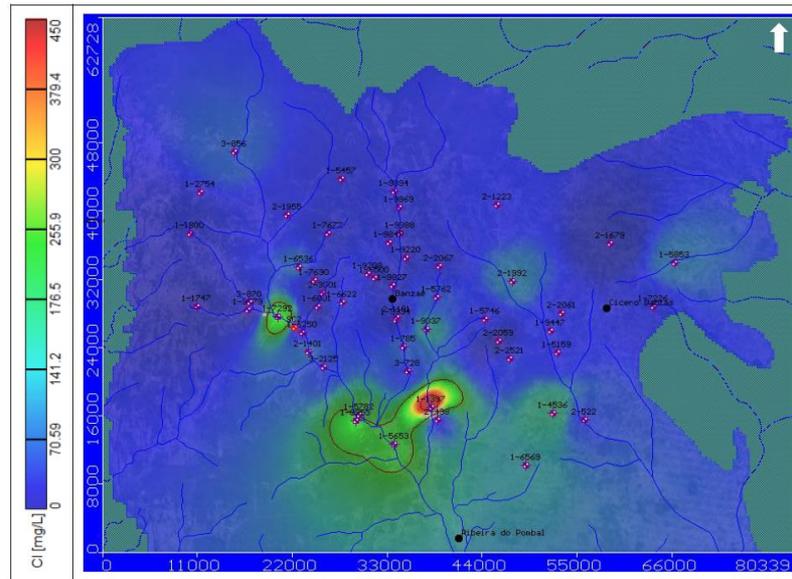


NEM TODO AQUÍFERO GRANULAR É DOCE!

Um exemplo: Presença de níveis salinos(evaporitos) na Fm. Marizal na bacia do Tucano

Causas

Interpreta-se que estes foram depositados em ambiente onde ocorria a formação de lagoas rasas em depressões topográficas, sob um clima sujeito a altas taxas de evaporação (semelhante, de fato, ao atual). Nestas lagoas, dada a elevada concentração de sais nas águas residuais, teria havido gradativamente a formação de níveis sedimentares salinos, podendo chegar à formação de estratos evaporíticos.



MÉTODOS E CRITÉRIOS NA LOCAÇÃO DE POÇOS TUBULARES EM AQUÍFEROS CÂRSTICOS



Fonte da Pratinha, Iraquara, Bahia.

João Batista M.de Andrade, 2022.

Realização:



Apoio:



ITENS NECESSÁRIOS

Itens necessários para uma correta locação de poços tubulares em aquíferos cársticos:

1. Mapa geológico em escala mínima de 1:250.000
2. Conhecimento prévio da estratigrafia, estrutural, litologia e mergulhos
3. Poços existentes para correlação
4. Noção da profundidade da superfície piezométrica
5. Caracterização dos calcários, quanto ao grau de carstificação e metamorfismo
6. A partir daí, definição quanto aos critérios prioritários de locação: feições cársticas (dolinas, sumidouros...) , feições fissurais (vales, fraturas, falhas...) ou mistas
7. Em especial para as feições fissurais, observar o grau, abertura e mergulho dos fraturamentos.
8. Demanda do cliente

João Batista M.de Andrade, 2022.

Realização:



ASSOCIAÇÃO BAIANA DE GEÓLOGOS

Apoio:



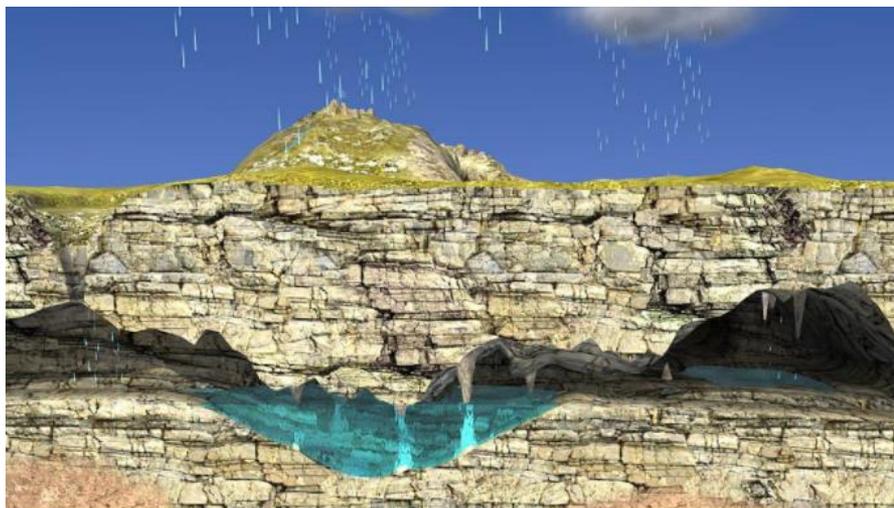
CREA-BA
Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia da Bahia



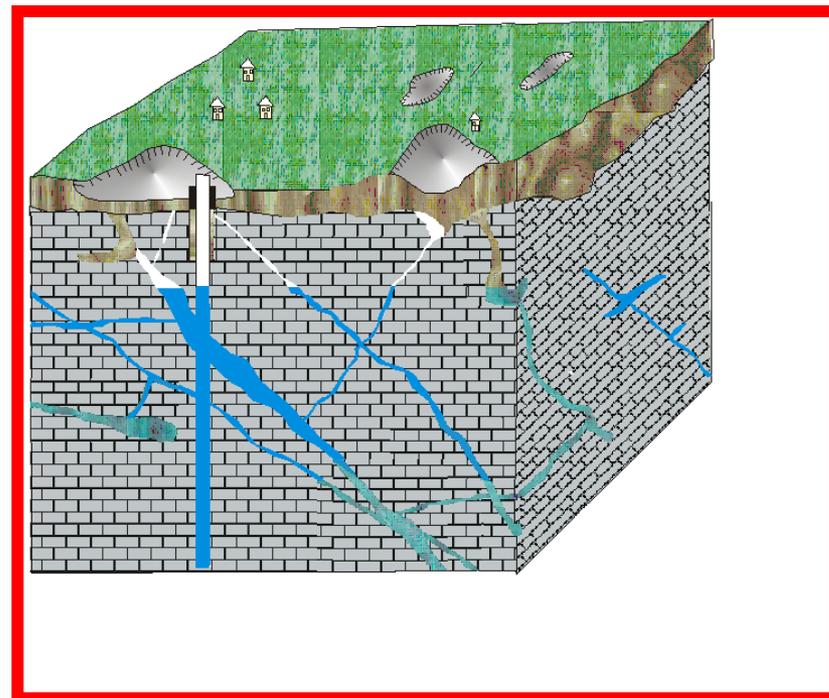
HIDRO EXPLORER
Hidrogeologia e Meio Ambiente



AQUÍFEROS CÁRSTICOS



Cavernas em aquíferos cársticos. Fonte: Mozaik Education, 2021



Bloco diagrama esquemático de poço tubular em rocha calcária. Fonte: Andrade, 1998

João Batista M.de Andrade, 2022.

Realização:



Apoio:

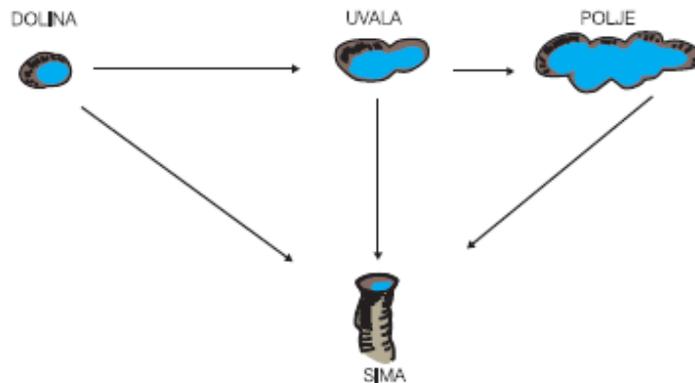


CRITÉRIOS PARA LOCAÇÃO DE POÇOS TUBULARES: FEIÇÕES CÂRSTICAS E FISSURAIS

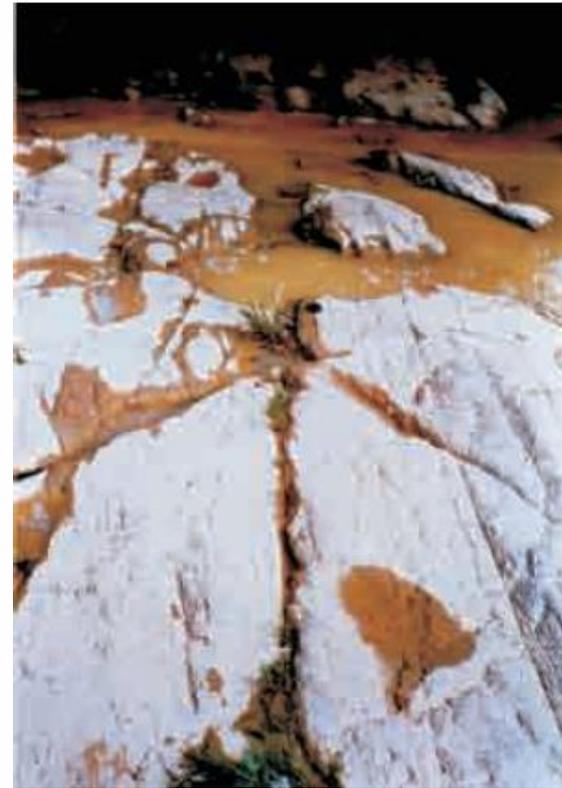
Esses aquíferos compõem 20%, aproximadamente, do estado da Bahia.

Na Bahia em destaque para duas grandes bacias de carbonatos:

- Grupo Una, na região de Irêce
- Grupo Bambui, no oeste da Bahia.



Feições mais comuns em aquíferos cársticos
Modificado de Lladó, 1970



Sistemas de fraturas, refletindo esforços de deformação e carstificação. Fonte: CPRM, 2008

João Batista M. de Andrade, 2022.

Realização:



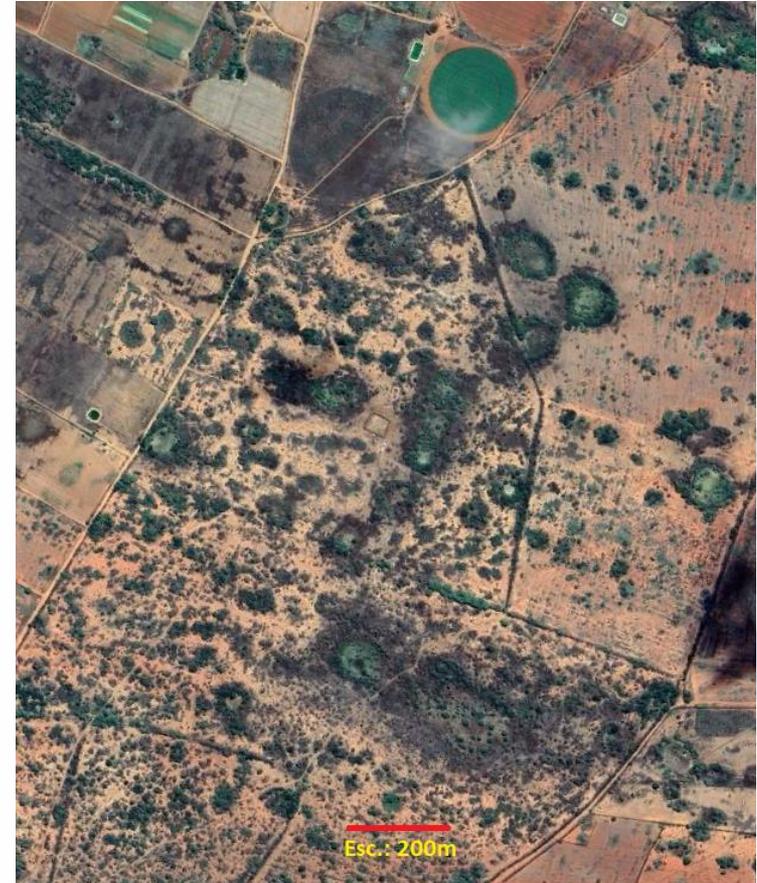
Apoio:



FEIÇÕES CÁRSTICAS



Dolina de subsidência em Pulo de Altamura, Itália.
Fonte: Wikiwand, 2021



Alinhamentos de dolinas, Irêce, Bahia. Fonte: Google Earth, 2020

João Batista M.de Andrade, 2022.

Realização:



Apoio:



FEIÇÕES FISSURAIS



Afloramentos de rochas calcárias. Fonte: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Calcario>, 2021

João Batista M.de Andrade, 2022.

Realização:



Apoio:



NEM TODA LITOLOGIA CALCÁRIA TEM FEIÇÕES CÁRSTICAS COMO CRITÉRIO DE LOCAÇÕES.

VIDE CALCÁRIOS DO GRUPO BAMBUI, NO OESTE DA BAHIA, ONDE SÃO POUCAS AS FEIÇÕES CÁRSTICAS E, QUANDO OCORREM, SÃO CRITÉRIOS FRÁGEIS DE LOCAÇÃO.

LÁ, SÃO AS FEIÇÕES ESTRUTURAIS (VALES, FRATURAS, FALHAS...) OS CRITÉRIOS APROPRIADOS.

João Batista M.de Andrade, 2022.

Realização:



Apoio:



BIBLIOGRAFIA RECOMENDADA

ANDRADE, J. B. M. 2010. Fatores influentes no potencial e processos de salinização dos aquíferos fraturados cristalinos do alto da bacia do rio Vaza-Barris, região de Uauá, Bahia, Brasil. Dissertação de Mestrado- Universidade Federal da Bahia- Salvador, Ba.

CERB - Companhia de Engenharia Hídrica e de Saneamento da Bahia, 2022. Banco de Dados Hidrogeológicos do Estado da Bahia. Salvador.

CERB, SCHLUMBERGER WATER SERVICE. 2014- Modelagem de aquíferos da Bacia de Tucano: modelo hidrogeológico conceitual e numérico. Salvador: CERB, SCHLUMBERGER WATER SERVICE. Convênio Instituto Interamericano de Cooperação para Agricultura – IICA, no Brasil.

FEITOSA, F. A. C; FILHO, J. M.; FEITOSA, E. C; DEMETRIO, J. G. A. (Coord). Hidrogeologia: conceitos e aplicações. CPRM, LABHID, UFPE. 3ª Edição Revisada e Ampliada. Rio de Janeiro,2008.

FREEZE,R.A. , CHERRY,J.A. 1979. Groundwater, Prentice Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J.

GIAMPÁ, Carlos Eduardo Quaglia; GONÇALVES, Valter Galdiano- Águas subterrâneas e poços tubulares profundos. São Paulo: Signus, 2006.

Carlos,E.M.Tuccci; André L.L.da Silveira...et al. Hidrologia; ciência e aplicação.4.ed. Porto Alegre, Editora UFRGS/ABRH, 2007

João Batista M.de Andrade, 2022.

Realização:



Apoio:



MÉTODOS E CRITÉRIOS NA LOCAÇÃO DE POÇOS TUBULARES EM AQUÍFEROS FISSURAIS: FATORES INFLUENTES NA QUANTIDADE E QUALIDADE DAS ÁGUAS

Geol. MSc. João Batista Matos de Andrade

hidroexplorer@hidroexplorer.com.br

Realização:



Apoio:



OBJETIVO

Analisar os fatores que influenciam no potencial das águas subterrâneas dos aquíferos fraturados cristalinos e nos processos de salinização, criando assim subsídios para aprimoramento dos critérios de prospecção, permitindo locação de poços tubulares com melhor produção quantitativa e qualitativa.

Como correlação, será utilizado o estudo realizado por Andrade (2010) no Alto da Bacia do Rio Vaza-Barris (ABVB), em Uauá, Bahia, numa área de 2865 km² e dados de 115 poços tubulares.

João Batista M.de Andrade, 2022.

Realização:

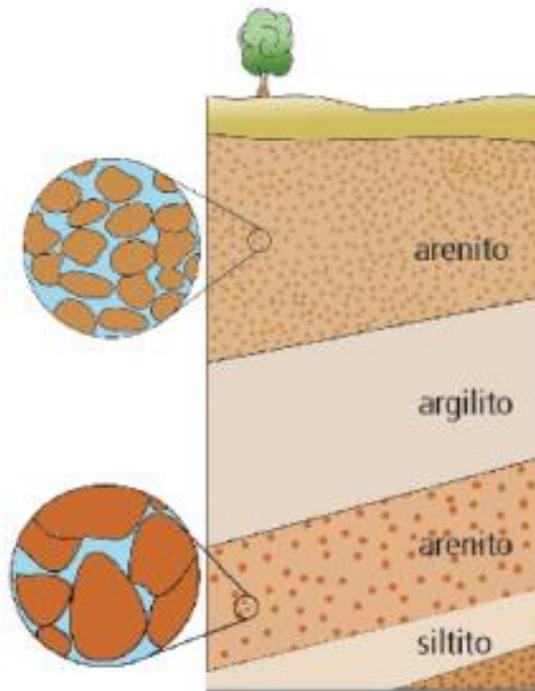


Apoio:



TIPOS DE AQUÍFEROS

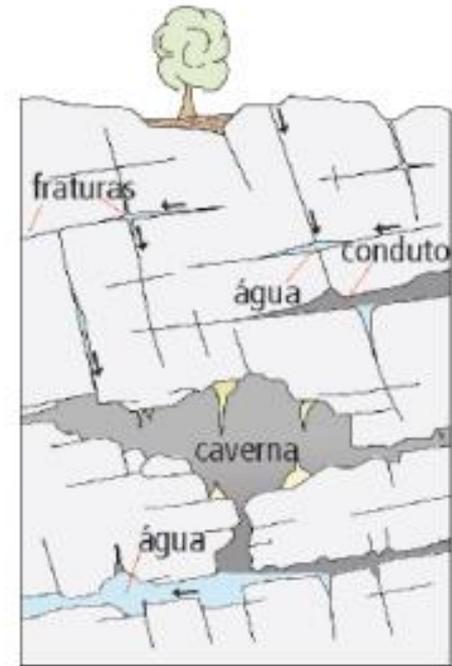
Aquífero Granular



Aquífero Fissural



Aquífero Cárstico



Fonte: Iritani & Ezaqui, 2009

João Batista M. de Andrade, 2022.

Realização:



Apoio:



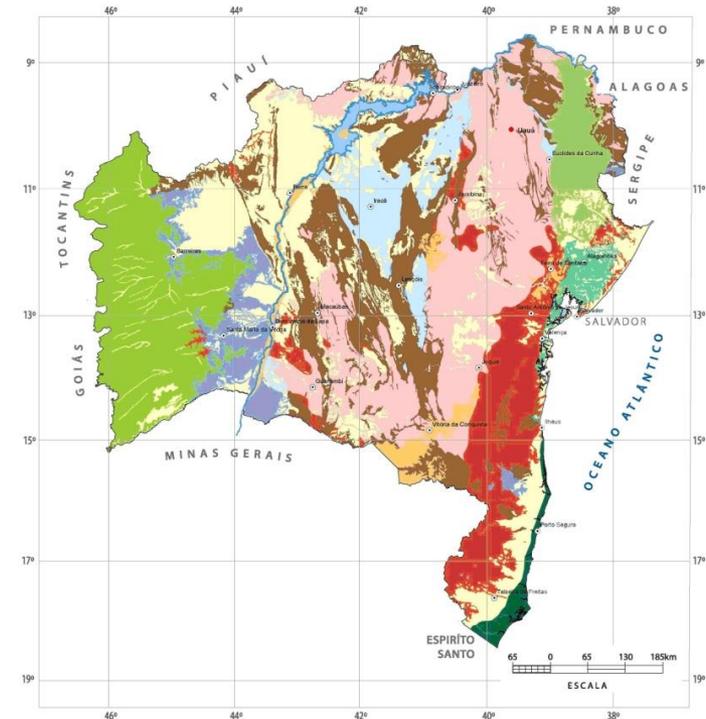
DISTRIBUIÇÃO DOS AQUÍFEROS FRATURADOS CRISTALINOS NO ESTADO DA BAHIA

Aquíferos Fraturados:

14,8% metassedimento

35,5% embasamento cristalino

-  Metassedimentos
-  Emb. Cristalino Precipitação < 800mm
-  Emb. Cristalino Precipitação > 800mm



Domínios hidrogeológicos

 COBERTURAS DETRÍTICAS RASAS	 BACIAS SEDIMENTARES - EXTREMO SUL	 METASSEDIMENTOS
 COBERTURAS DETRÍTICAS PROFUNDAS	 BACIAS SEDIMENTARES - URUCUÇA	 CRISTALINO - PRECIPITAÇÃO < 800MM
 BACIAS SEDIMENTARES - RECONCÁVIO	 CALCÁRIOS - PRECIPITAÇÃO < 800MM	 CRISTALINO - PRECIPITAÇÃO > 800MM
 BACIAS SEDIMENTARES - TUCANO	 CALCÁRIOS - PRECIPITAÇÃO > 800MM	

Fonte: PERH-BA, 2000, MOD. GUERRA & NEGRÃO, 1996

Mapa Hidrogeológico do Estado da Bahia

Fonte: PERH-BA 2000, mod. Negrão e Guerra 1996

João Batista M.de Andrade, 2022.

Realização:

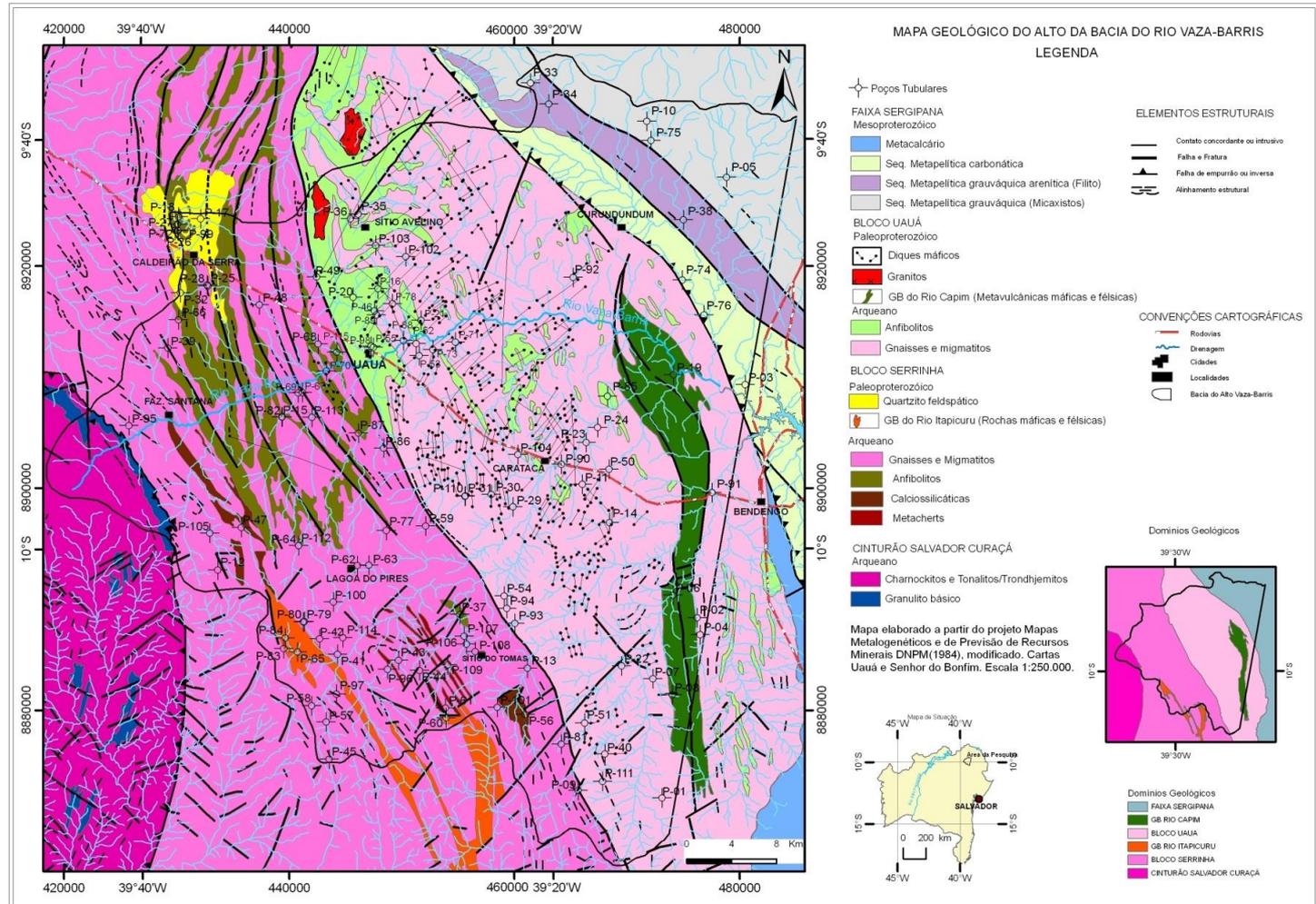


Apoio:



GEOLOGIA DA ÁREA DE CORRELAÇÃO-ABVB

Mapa geológico do alto da bacia do rio Vaza-Barris, Bahia. A partir do Projeto Mapas Metalogenéticos, DNPM (1984) - Modificado



João Batista M.de Andrade, 2022.

Realização:



Apoio:



HIDROGEOLOGIA DOS AQUÍFEROS FISSURAIS: Conceituação

A hidrogeologia dos aquíferos fraturados (ou fissurais) tem sua principal aplicação no domínio das rochas ígneas e metamórficas, genericamente denominadas de cristalino. Esse ambiente geológico é caracterizado pela inexistência ou presença muito reduzida de espaços intergranulares na rocha. Nesse meio, a presença da água está vinculada à existência de fraturas, juntas e falhas (Costa, 2008).

Os aquíferos fraturados são anisotrópicos, heterogêneos e descontínuos.

Anisotropia - Ocorre quando a condutividade hidráulica de um aquífero é diferente para cada uma das direções dos eixos coordenados.

Heterogeneidade - Quando um aquífero é formado por materiais de condutividades hidráulicas diferentes.

Descontinuidade - O aquífero não apresenta continuidade espacial de suas propriedades físicas e químicas.

João Batista M.de Andrade, 2022.

Realização:



ASSOCIAÇÃO BAIANA DE GEÓLOGOS

Apoio:



CREA-BA
Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia da Bahia



HIDRO EXPLORER
Hidrogeologia e Meio Ambiente



FATORES INFLUENTES NA VAZÃO E SALINIDADE DOS AQUÍFEROS FRATURADOS CRISTALINOS

Fatores que influenciam na água subterrânea em rochas cristalinas. Costa (2008)

Fatores		Influência na	
		Qualidade	Quantidade
Exógenos	Clima	Elevada	Moderada
	Relevo	Moderada	Elevada
	Hidrografia	Moderada	Moderada
	Vegetação	Baixa	Moderada
	Infiltração de Soluções e Detritos	Baixa	Moderada
Endógenos	Coberturas	Moderada	Elevada
	Constituição Litológica	Moderada	Baixa
	Estruturas	Moderada	Elevada
	Soluções Mineralizantes	Baixa	Moderada

João Batista M.de Andrade, 2022.

Realização:



Apoio:



CLIMA

Dependentes do clima, a precipitação e evaporação justificam a influência deste no potencial dos aquíferos fraturados cristalinos, principalmente no tocante a qualidade.

Tabela - Influência climática na vazão e salinidade das águas subterrâneas, com base em 4.333 poços no Estado da Bahia. Negrão (2008)

Precipitação (mm)	Profundidade (m)	Vazão (m ³ /h)	STD (mg/l)	Nº de Poços
< 800	68,70	3,41	4.550,10	2.533
>800	68,99	3,98	2.633,21	1.800

No ABVB a influência climática é importante, como veremos no tema hidroquímica e análises isotópicas, mais adiante.

João Batista M.de Andrade, 2022.

Realização:



Apoio:

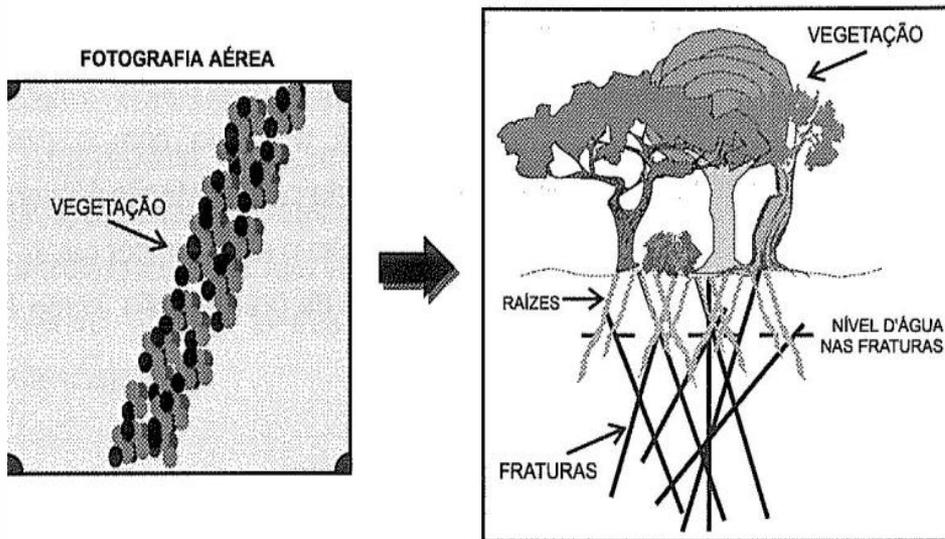


VEGETAÇÃO

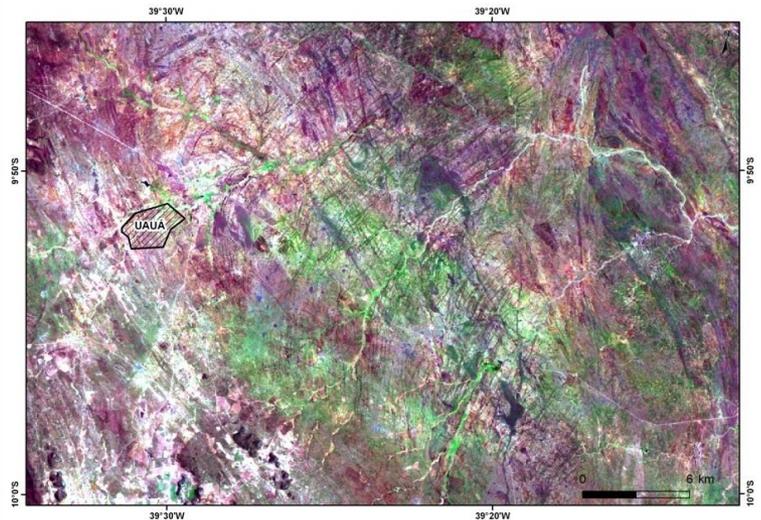
A vegetação está relacionada com a maior capacidade de alimentação do aquífero, por permitir maior infiltração e menor evaporação (Costa 2008).

A vegetação também é usada como critério de prospecção de água subterrânea

No ABVB, com predominâncias das caatingas, a influência da vegetação é baixa, mas a influência do aquífero sobre esta é observável



Relação aquíferos fraturados x vegetação
(Costa Filho, 2000)



Fraturas aquíferas influenciando na vegetação Uauá. Fonte: SRTM- USA (2001)

João Batista M.de Andrade, 2022.

Realização:



ASSOCIAÇÃO BAIANA DE GEÓLOGOS

Apoio:



CREA-BA
Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia da Bahia



HIDRO EXPLORER
Hidrogeologia e Meio Ambiente



HIDROGRAFIA

É esperado que a rede de drenagem superficial tenha influência na quantidade e qualidade das águas subterrâneas. No tocante a qualidade, o aumento do transporte de sais em suspensão e dissolvidos, com a contribuição das evaporações, a medida que desce a drenagem tende a aumentar a salinidade de montante para jusante (Costa, 2008) .

Poço Tubular

90m; 1,03 m³/h; 13947 mg/l

Drenagem ordem 3, seg Horton

Uauá-Ba



Poço Tubular

59m; 3,92 m³/h; 2144 mg/l

Drenagem ordem 1, seg Horton

Uauá-Ba



João Batista M.de Andrade, 2022.

Realização:



ASSOCIAÇÃO BAIANA DE GEÓLOGOS

Apoio:



CREA-BA
Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia da Bahia



HIDROEXPLORER
Hidrogeologia e Meio Ambiente



COBERTURA SEDIMENTAR/REGOLITO

Quanto a influência dessas coberturas nos aquíferos fraturados está ligada a maior capacidade de zona de recarga pela maior capacidade de infiltração, atuando portanto na quantidade e qualidade das águas. A qualidade está relacionada ao caráter da cobertura: sedimentar, água mais doce; regolito/manto decomposto, a depender da rocha base, mais salina.

Poço Tubular

54m; 21,38 m³/h; 6622 mg/l;

27m de cobertura,

Com estrutura à montante.

Uauá-Ba

Poço Tubular

90m; 0,79 m³/h; 7310 mg/l,

20m de cobertura

Sem estrutura à montante.

Uauá-Ba



João Batista M.de Andrade, 2022.

Realização:



Apoio:



RELEVO / COMPARTIMENTO TOPOGRÁFICO

Costa (1979 apud Costa 2006) quando, em pesquisa de 254 poços no Estado da Paraíba, levantou os seguintes dados de Capacidade Específica (Q/s) relacionados com o relevo:

- Poços em talvegue - $Q/s = 460$ l/h/m
- Poços em vertente - $Q/s = 350$ l/h/m
- Poços em elevações - $Q/s = 160$ l/h/m

Ainda nesse levantamento, foi observado que nos poços nos talwegues a salinidade era mais acentuada que nas vertentes e elevações.

Fernandes (1997) em levantamento de poços no Estado de São Paulo também concluiu pela influência do compartimento topográfico nas capacidades específicas dos poços, com a mesma tendência do levantamento acima.

João Batista M.de Andrade, 2022.

Realização:



Apoio:



RELEVO / COMPARTIMENTO TOPOGRÁFICO

A maioria dos poços inclusos na presente pesquisa foram locados e perfurados pela CERB, obedecendo o critério de riacho-fenda, portanto, em talvegues. Apenas dois casos isolados de poços tubulares locados em zona de topo que confirmam a influência do fator relevo sobre o potencial: resultaram secos. Um deles (Beldroega) foi locado e perfurado por outra empresa.



a) Poço seco, perfurado por terceiros, locado em zona de platô em gnaiss/migmatito, na localidade de Beldroega, Uauá; b) Poço locado em alto topográfico (divisor de água) sobre veio de quartzo, seco, em Lagoa do Serrote, Uauá.

João Batista M.de Andrade, 2022.

Realização:



Apoio:



TECTÔNICA E ESTRUTURAL

O mais importante fator de influência no potencial dos aquíferos fraturados cristalinos.

O papel principal da tectônica no fluxo da água subterrânea é exercer forte controle sobre a abertura das fraturas, além de ter desdobramento para a densidade e conectividade destas (Fernandes, 2006).

Zonas de fraturas mais favoráveis para conduzir água, são aquelas que sofrem longa e complexa história tectônica, com a atuação de deformação dúctil e rúptil. Encontro de fraturas apresentam, geralmente, os melhores resultados. Tíren (2001 apud Fernandes 2006).

Quanto aos tipos de esforços que geram as fraturas, são classificados como compressionais, extensionais e de cisalhamento. Experiências de campo e análise de dados demonstram que as fraturas extensionais são mais abertas, gerando poços com melhores produções.

João Batista M.de Andrade, 2022.

Realização:



ASSOCIAÇÃO BAIANA DE GEÓLOGOS

Apoio:



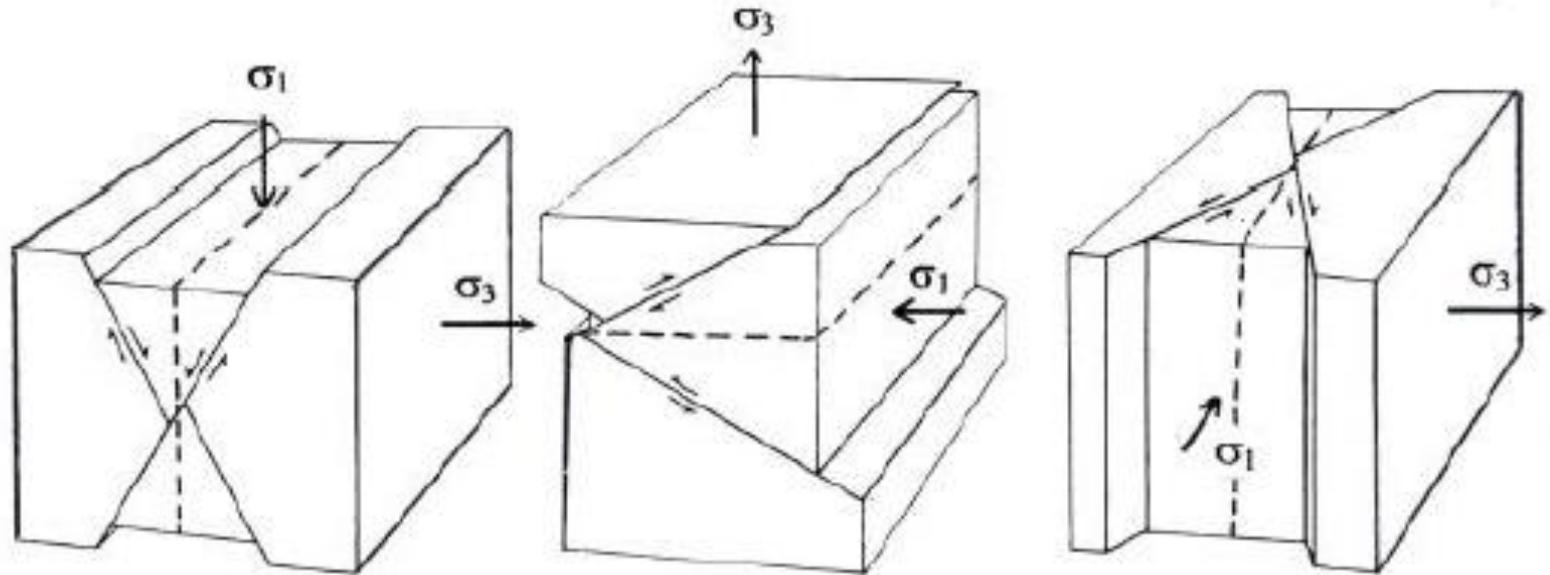
CREA-BA
Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia da Bahia



HIDRO EXPLORER
Hidrogeologia e Meio Ambiente



TECTÔNICA E ESTRUTURAL



Regimes tectônicos e posição espacial de fraturas extensionais (de maior abertura, linha tracejada) e de cisalhamento (menos abertura, linha contínua e movimento indicado por setas (Fernandes 2006, adaptado de Ramsay & Huber 1987)

João Batista M.de Andrade, 2022.

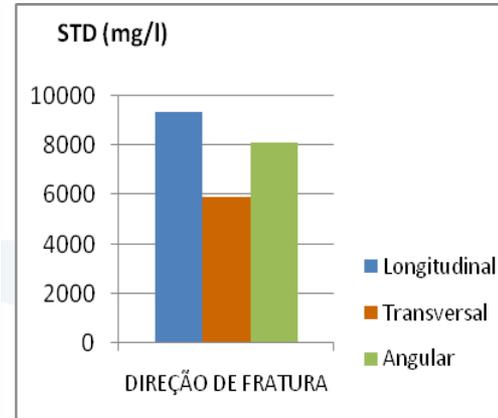
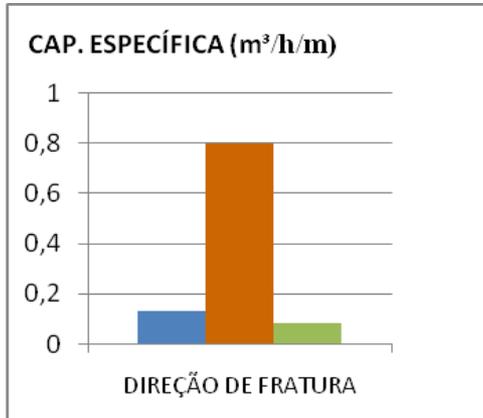
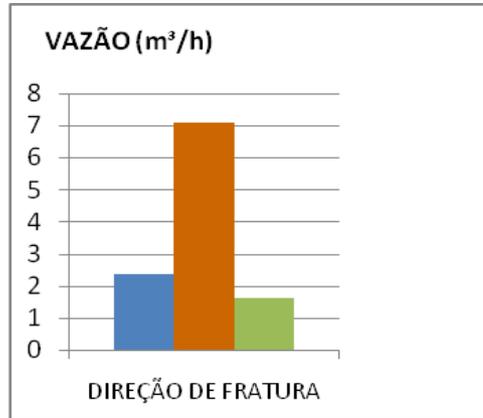
Realização:



Apoio:



TECTÔNICA E ESTRUTURAL



Gráficos de valores médios de vazão, capacidade específica e STD dos poços tubulares do ABVB, de acordo direção principal das fraturas

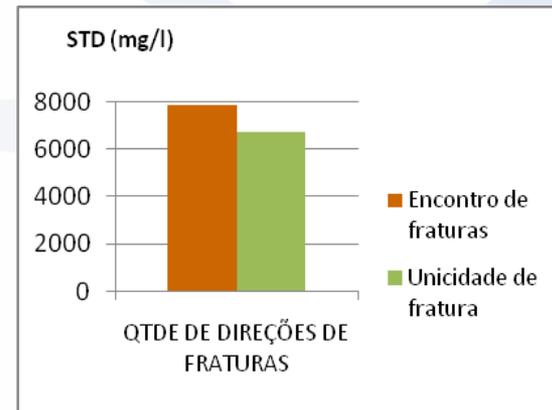
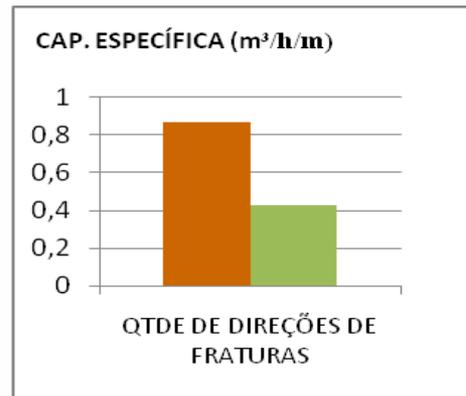
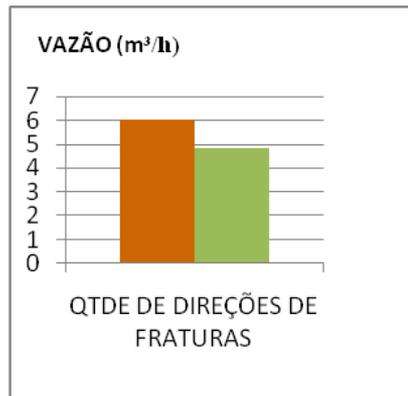


Gráfico de valores médios de vazão, capacidade específica e STD dos poços tubulares do ABVB, em situações de encontro ou unicidade de fraturas

João Batista M.de Andrade, 2022.

Realização:



Apoio:



TECTÔNICA E ESTRUTURAL

EXEMPLOS

Poço Tubular, profundidade 90m, seco, com fraturamentos em baixa densidade e fechados, Logradouro de Baixo GII, Uauá

Afloramento de migmatito fraturado, com fraturas longitudinais e transversais, com poço produtor ($Q=6,58 \text{ m}^3/\text{h}$, $\text{STD}=2492 \text{ mg/l}$) ao fundo, na localidade de Sítio Avelino/Faz Cairá, em Uauá



João Batista M.de Andrade, 2022.

Realização:



ASSOCIAÇÃO BAIANA DE GEÓLOGOS

Apoio:



CREA-BA
Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia da Bahia



HIDROEXPLORER
Hidrogeologia e Meio Ambiente



LITOLOGIA

Estudos estatísticos indicam dentre os aquíferos fraturados cristalinos:

- **Baixa Produção:** xistos, filitos, rochas básicas intrusivas (gabros e dioritos) e anfibolitos(?)
- **Média Produção:** Rochas intrusivas ácidas (granitos, granodioritos, aplitos, quartzo-pórfiros e pegmatitos)
- **Alta Produção:** Metassedimentares quartzosas (metarenitos e quartzitos)

Fonte: Fernandes (2006)

João Batista M.de Andrade, 2022.

Realização:



ASSOCIAÇÃO BAIANA DE GEÓLOGOS

Apoio:



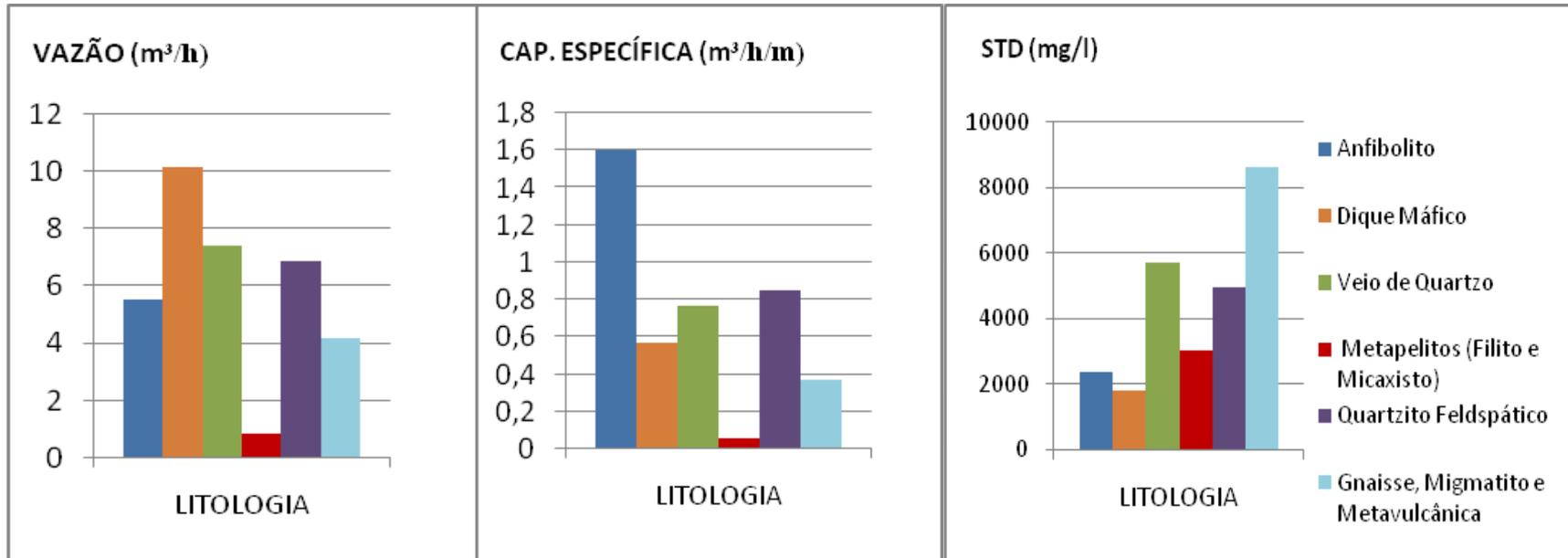
CREA-BA
Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia da Bahia



HIDRO EXPLORER
Hidrogeologia e Meio Ambiente



LITOLOGIA



Gráficos de valores médios de vazão, capacidade específica e STD dos poços tubulares do ABVB, por litologia.

Apesar de, na literatura, os anfibolitos serem caracterizados como portadores de aquíferos de baixo potencial, no ABVB, em específico no domínio geológico do Bloco Uauá, constituem bons aquíferos, tanto em vazão como em qualidade. Tal fato demonstra, mais uma vez, a importância do tectonismo para os aquíferos fraturados cristalinos.

João Batista M.de Andrade, 2022.

Realização:



ASSOCIAÇÃO BAIANA DE GEÓLOGOS

Apoio:



CREA-BA
Conselho Regional de Engenharia e Agronomia da Bahia



HIDROEXPLORER
Hidrogeologia e Meio Ambiente



LITOLOGIA

EXEMPLOS



Poço Tubular, Prof.80m; Vazão 26,40 m³ /h;
STD 1.354 mg/l; Anfibolito; Faz. Recanto
Tricolor, Uauá



Poço tubular, Prof. 120m; Seco; Filito, Olho
D'água, Uauá; Ba

João Batista M.de Andrade, 2022.

Realização:



ASSOCIAÇÃO BAIANA DE GEÓLOGOS

Apoio:



CREA-BA
Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia da Bahia



HIDROEXPLORER
Hidrogeologia e Meio Ambiente



LITOLOGIA NA LOCAÇÃO DE POÇOS TUBULARES (caso de Rio do Pires/Ibiajara)

Ibi (cristalino):

76m, Q. 7,52 m³/h, STD
1336 mg/L

Ibi1 (metassed.):

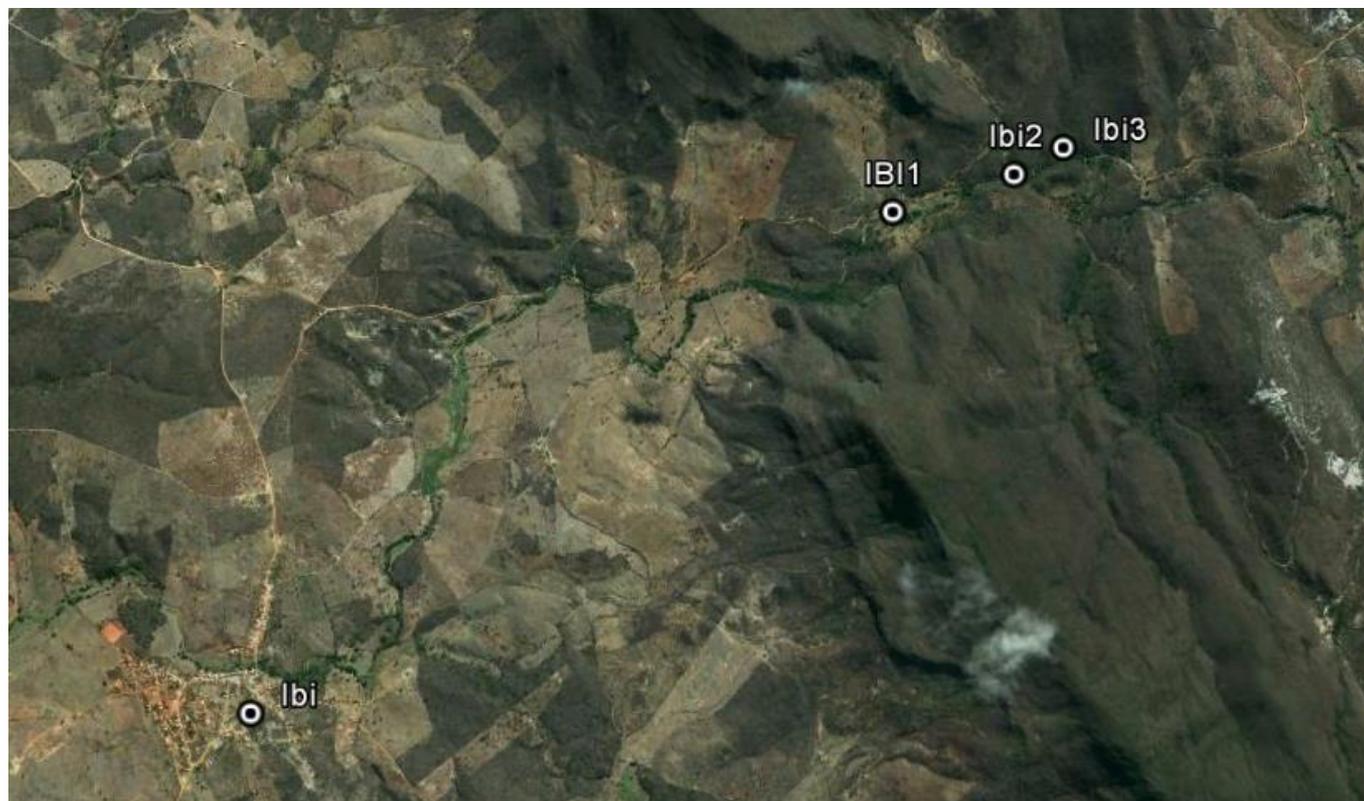
120m; Q. 31,68 m³/h, STD
298mg/L

Ibi2 (metassed.):

120m, Q.1,65 m³/h, STD
238 mg/L.

Ibi3 (metassed.):

120m; 36 m³/h, STD 412
mg/L



João Batista M.de Andrade, 2022.

Realização:



ASSOCIAÇÃO BAIANA DE GEÓLOGOS

Apoio:



CREA-BA
Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia da Bahia



HIDRO EXPLORER
Hidrogeologia e Meio Ambiente



DIQUES E VEIOS

São corpos intrusivos, encaixantes de acordo às características litológicas e estruturais da área e constituem zonas preferenciais de fluxo de água subterrânea, daí a sua importância na prospecção dos aquíferos fraturados.

Sodré et al. (1986) em levantamento de poços tubulares perfurados no cristalino fraturado do Estado da Bahia observou que os poços que atravessaram veios de quartzo apresentaram em geral menor salinidade.

Em estudo realizado no Sudão por Babiker & Gudmundsson (2004), em região dominada por rochas cristalinas em zona altamente árida com precipitação entre 164 e 36 mm/ano, foi observado que diques de basaltos são zonas preferenciais de circulação de água subterrânea.

João Batista M.de Andrade, 2022.

Realização:

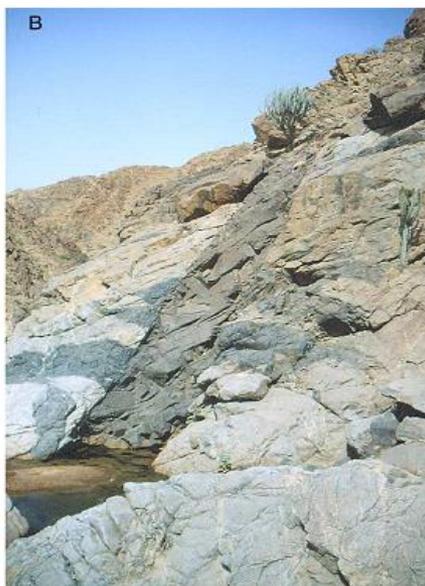
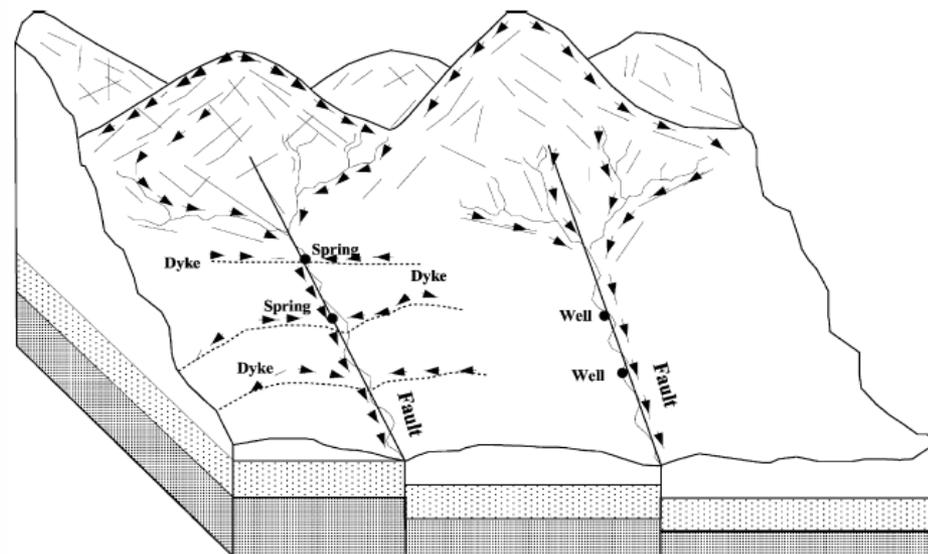


Apoio:



DIQUES E VEIOS

Apresentação esquemática do modelo conceitual do fluxo de água subterrânea na área da pesquisa de Babiker & Gudmundsson (2004)



Fotografias de campo de diques. Em (A) a vegetação está concentrada ao longo do dique. Em (B) o dique age como um condutor, com geração de nascente. Babiker & Gudmundsson (2004)

João Batista M.de Andrade, 2022.

Realização:



Apoio:



DIQUES E VEIOS

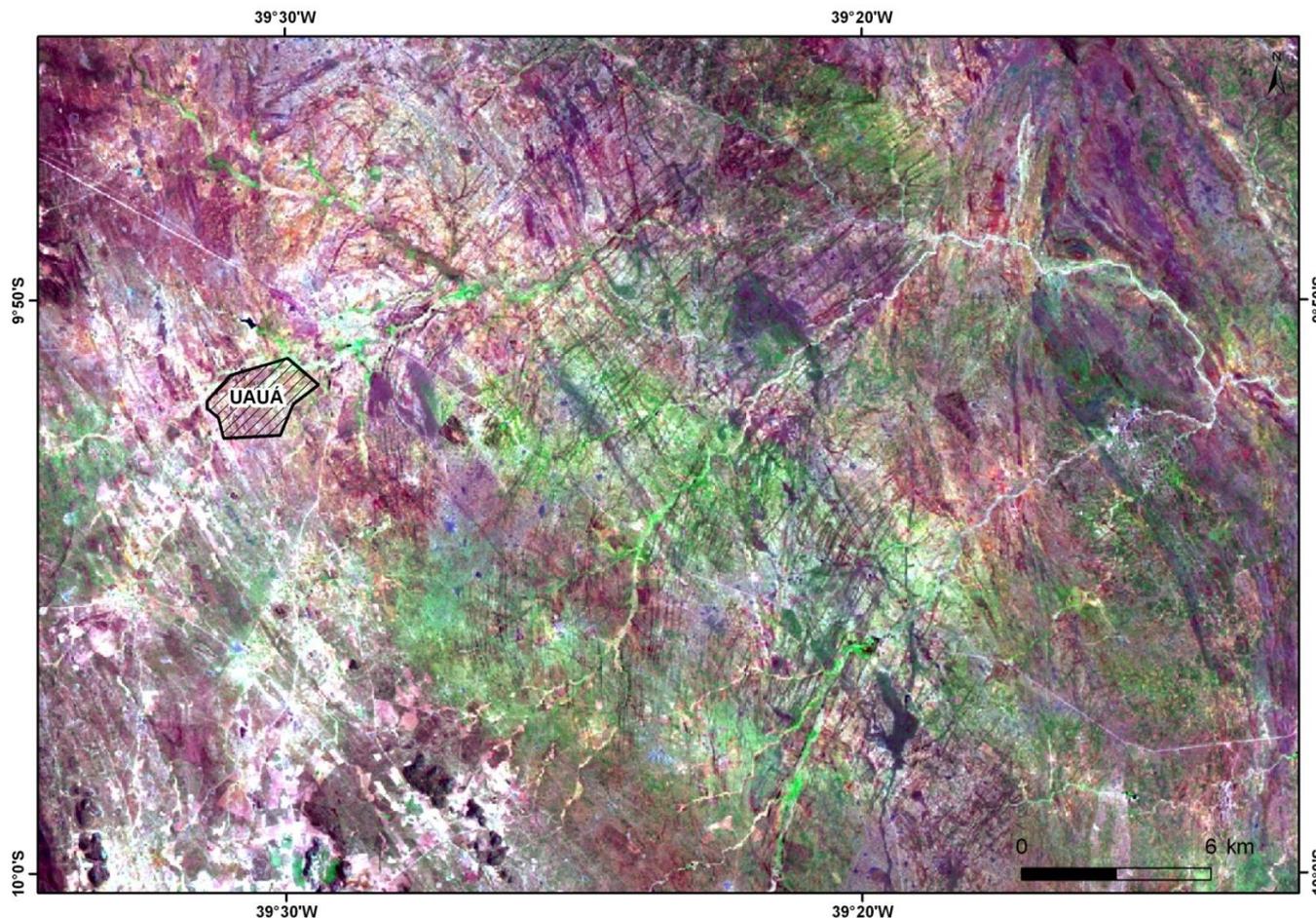


Imagem de satélite, com visualização do enxame de diques máficos de Uauá (linhas cinzas). Fonte: SRTM- USA (2001)

João Batista M.de Andrade, 2022.

Realização:



Apoio:



DIQUES E VEIOS



Poço Tubular; Prof. 72m; Vazão 16,16 m³/h; STD 2714 mg/l; Dique Máfico; Mucunguelo, Uauá



Poço tubular; Prof.80m; Vazão 26,40 m³ /h; STD 858 mg/l, Dique Máfico; Queimada do Loyola, Uauá



Poço Tubular; Vazão 10,15 m³ /h; STD 510 mg/l; segregação metamórfica (quartzo); Logradouro de Baixo, Uauá

João Batista M.de Andrade, 2022.

Realização:



Apoio:



PROFUNDIDADE DO POÇO

A maior parte dos trabalhos que se dedicam a estudar a profundidade ideal do poço, conclui que há tendência de diminuição da produtividade dos poços com o aumento da profundidade devido ao fechamento das fraturas pelos efeitos da pressão litostática (Neves & Morales, 2006).

Tabela - Profundidades das ocorrências das entradas de água no ABVB

FAIXA DE PROFUNDIDADE DE E.A (M)	PERCENTUAL DE OCORRÊNCIA (%)
0-25	46
25-50	37
50-75	12
>75	5

João Batista M.de Andrade, 2022.

Realização:



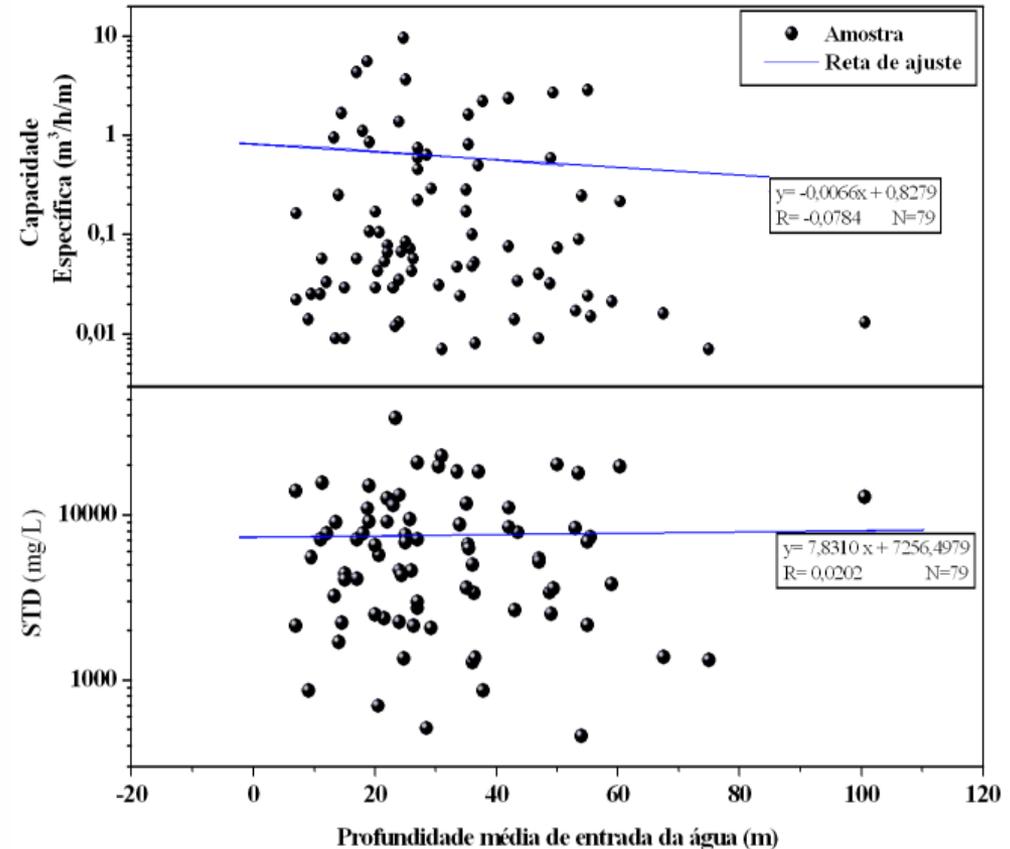
Apoio:



PROFUNDIDADE DE ENTRADA DE ÁGUA (E.A.)

Capacidade Específica- E.As menos profundas, a princípio em fraturas mais abertas, apresentam melhores produtividades.

STD- Correlação baixa, positiva, próxima ao aleatório: STD aumenta com a profundidade das E.As



Relação profundidade de entrada de água X capacidade específica e STD no ABVB

João Batista M.de Andrade, 2022.

Realização:



Apoio:



SALINIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

O mecanismo de concentração cíclica por evaporação dos componentes dissolvidos nas águas das chuvas, é o principal fator de salinização das águas superficiais, subterrâneas e do binômio água/solo na zona semiárida do Nordeste (Rebouças 1999).

Íon	Processos que produzem íons p/ água
Na ⁺	Dissolução albita, troca iônica
K ⁺	Dissolução de microclínio e micas e troca iônica
Mg ⁺⁺	Dissolução de dolomita e silicatos ferromagnesianos
Ca ⁺⁺	Dissolução de calcita, dolomita, gipso, anortita e piroxênios e troca iônica
Cl ⁻	Concentração por evapotranspiração da água da chuva, infiltração de águas servidas
HCO ₃ ⁻	Pressão parcial CO ₂ e intemperismo de minerais aluminossilicáticos e carbonáticos
SO ₄ ⁻⁻	Oxidação de pirita e dissolução de gipso
NO ₃ ⁻	Fertilizantes, águas servidas e degradação de matéria orgânica
Si	Dissolução minerais silicáticos

Processos que produzem íons para água.

Fonte: Bertolo, R. 2007-USP



Concentração de sais em leito de lagoa seca. Uauá-Bahia

João Batista M.de Andrade, 2022.

Realização:

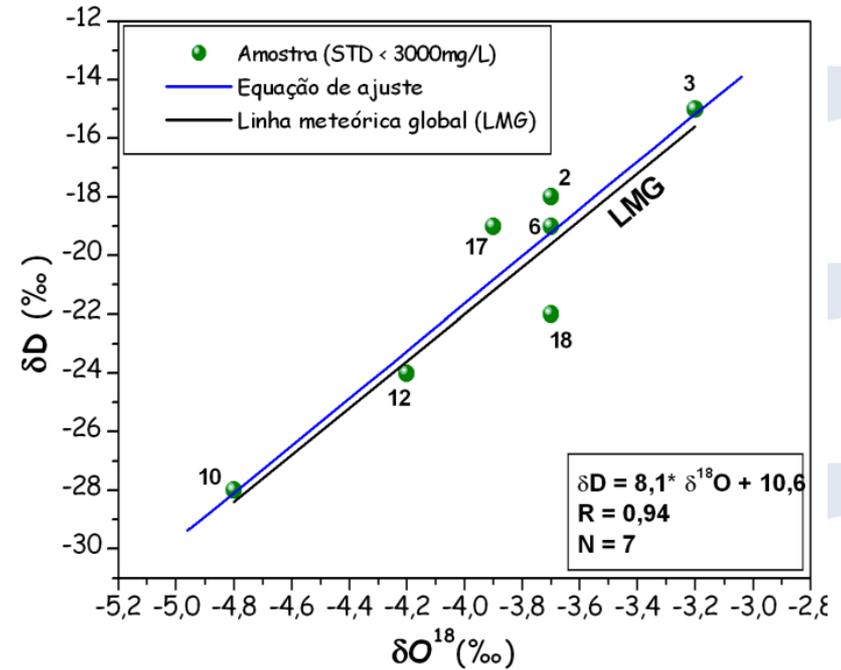
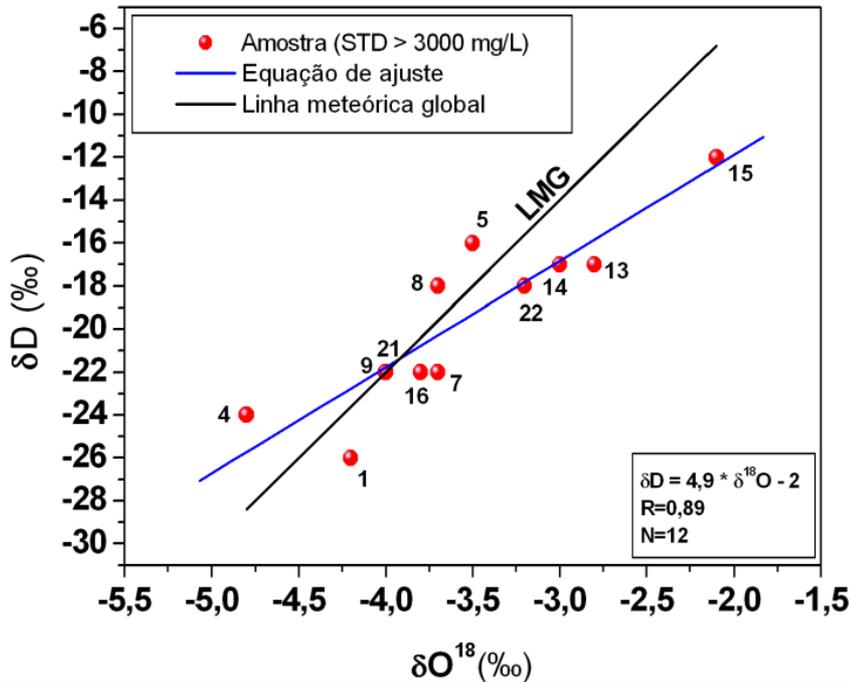


Apoio:



PROCESSOS DE SALINIZAÇÃO

Análises Isotópicas: uma boa ferramenta para o entendimento.



δD x $\delta^{18}O$ para águas com STD maior que 3000 mg/l (esquerda) e menor que 3000 mg/l (direita), em relação à Linha Meteórica Global -LMG (Andrade,2010)

João Batista M.de Andrade, 2022.

Realização:



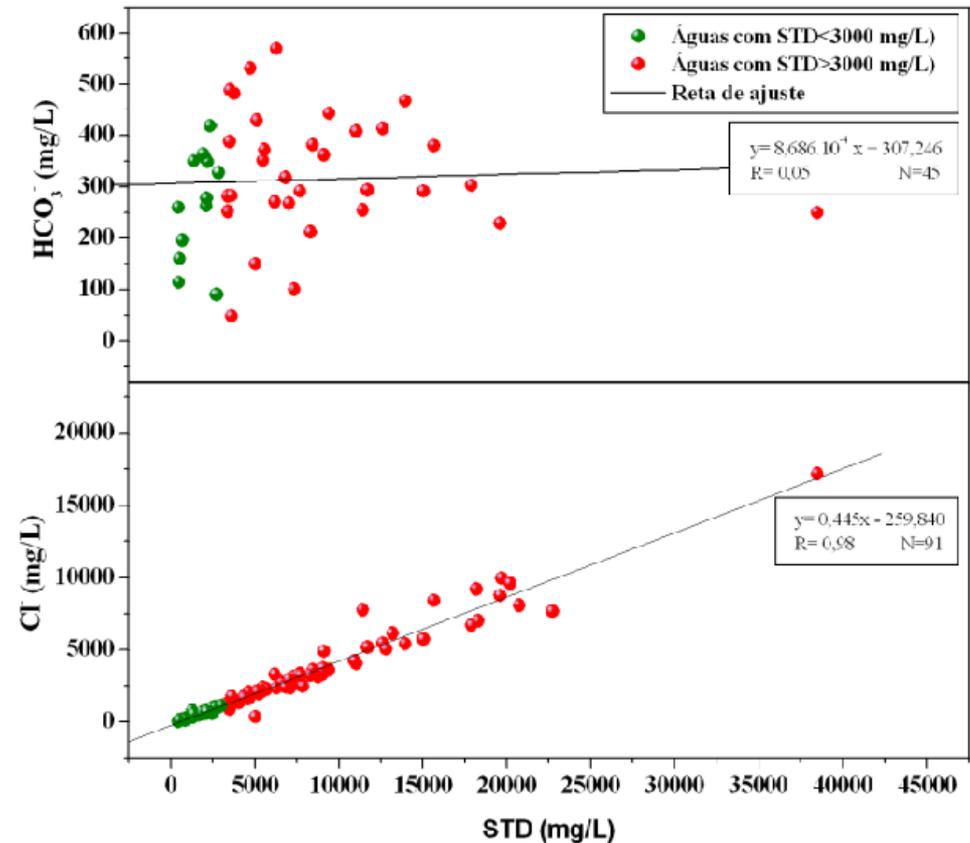
Apoio:



PROCESSOS DE SALINIZAÇÃO

ANÁLISES HIDROQUÍMICAS

Diagrama de correlação (R) entre o STD, cloreto e bicarbonato das águas subterrâneas do ABVB, total dos poços com os parâmetros analisados (90 STD x Cl e 44 STD x CO₃)



João Batista M.de Andrade, 2022.

Realização:



Apoio:



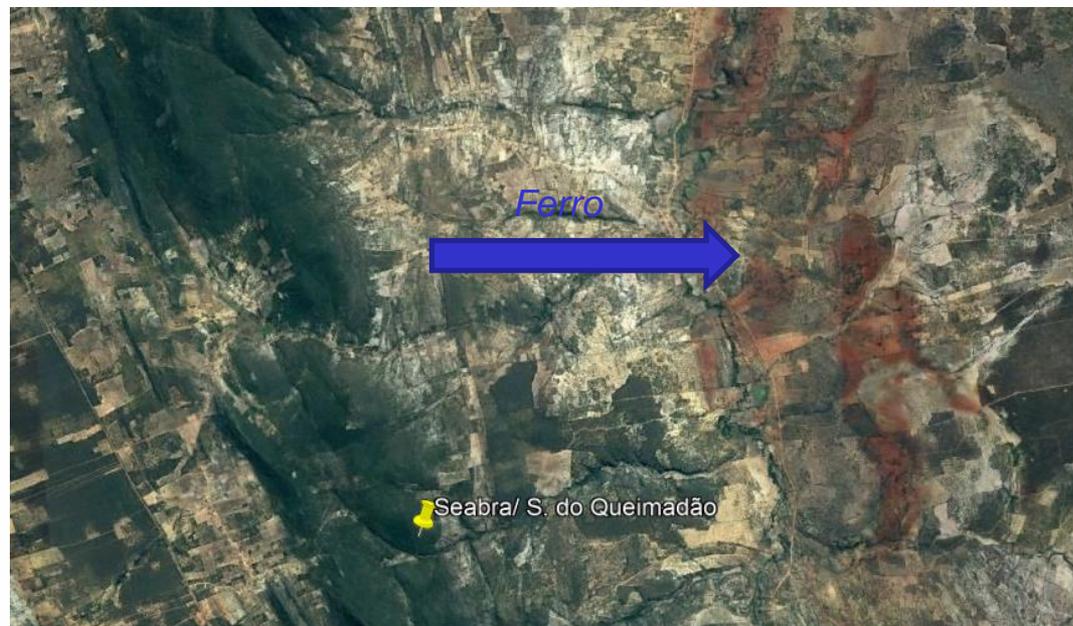
CRITÉRIOS PARA PRODUÇÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA COM MENOS TEOR DE FERRO

A presença de Ferro em teores anômalos, maior que 0,3 mg/L, nas águas subterrâneas da Bahia, está associada a todos domínios aquíferos, em especial nos aquíferos granulares de cobertura e nos metassedimentos.

Entre os principais critérios para evitar esse teores indesejáveis, estão:

evitar litologia muito intemperizada; evitando assim os talwegues e seus intemperismos intrínsecos;

em caso de poço em aquífero granular, na completação, isolar camadas ricas em ferro ou afastar os filtros da mesmas.



João Batista M.de Andrade, 2022.

Realização:



Apoio:



TENTANDO SE LIVRAR DO Fe

SEABRA / CAMPESTRE

Poço Original 2009

Prof: 150m ; Q: 8,33 m³/h; metarenito avermelhado, locado em borda de riacho.

Fe= 1,60 mg/L. Em 2018, com ferro bactéria passou para 5,30 mg/L

Novo Poço 2018 - Loc JB

Prof: 120m; Q: 9,78 m³/h, arenito esbranquiçado, locado em encosta, a 1000 m do original

Fe: 0,00648 mg/L

MIGUEL CALMON / URUBU/MACAÚBAS

Poço 2008, prof.80m, Q: 20,64 m³/h, rocha metassedimentar, espesso manto decomposto.

Fe 3,60 mg/L

Novo Poço 2018 –Loc JB

Prof: 81m, Q: 29,33 mg/L, rocha metassedimentar, no outro lado do vale, com afloramentos fraturados, rocha quase sã, a 300m do original.

Fe= 0,053 mg/L

João Batista M.de Andrade, 2022.

Realização:

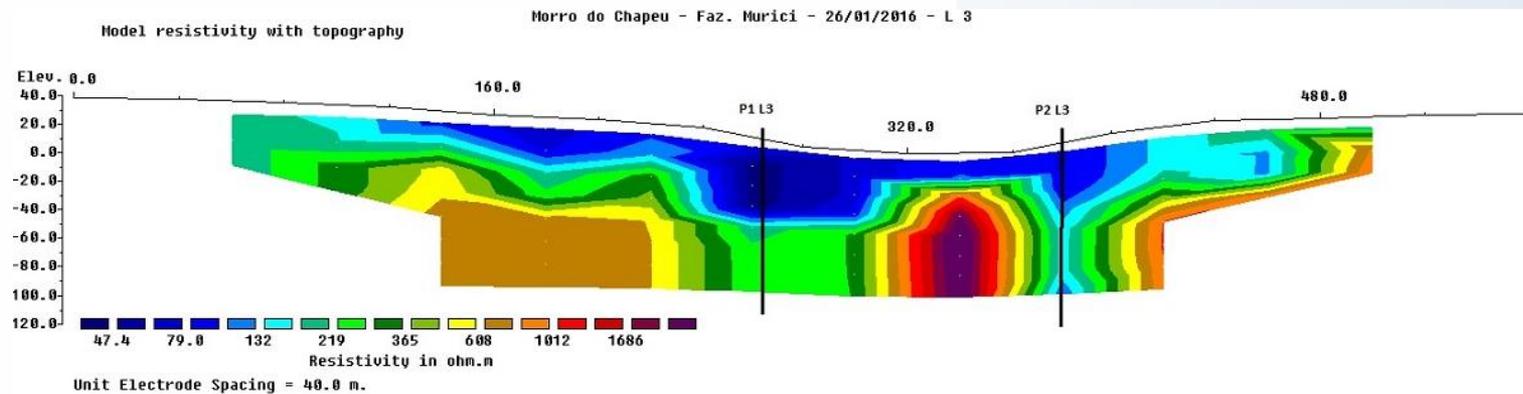


Apoio:



A GEOFÍSICA COMO UM BOM INSTRUMENTO AUXILIAR

Argilitos sobre metarenitos fraturados, Fm Caboclo, Morro do Chapéu, Bahia.



P1 L3: 6,1 m³/h ; P2 L3: 7,4 m³/h

João Batista M.de Andrade, 2022.

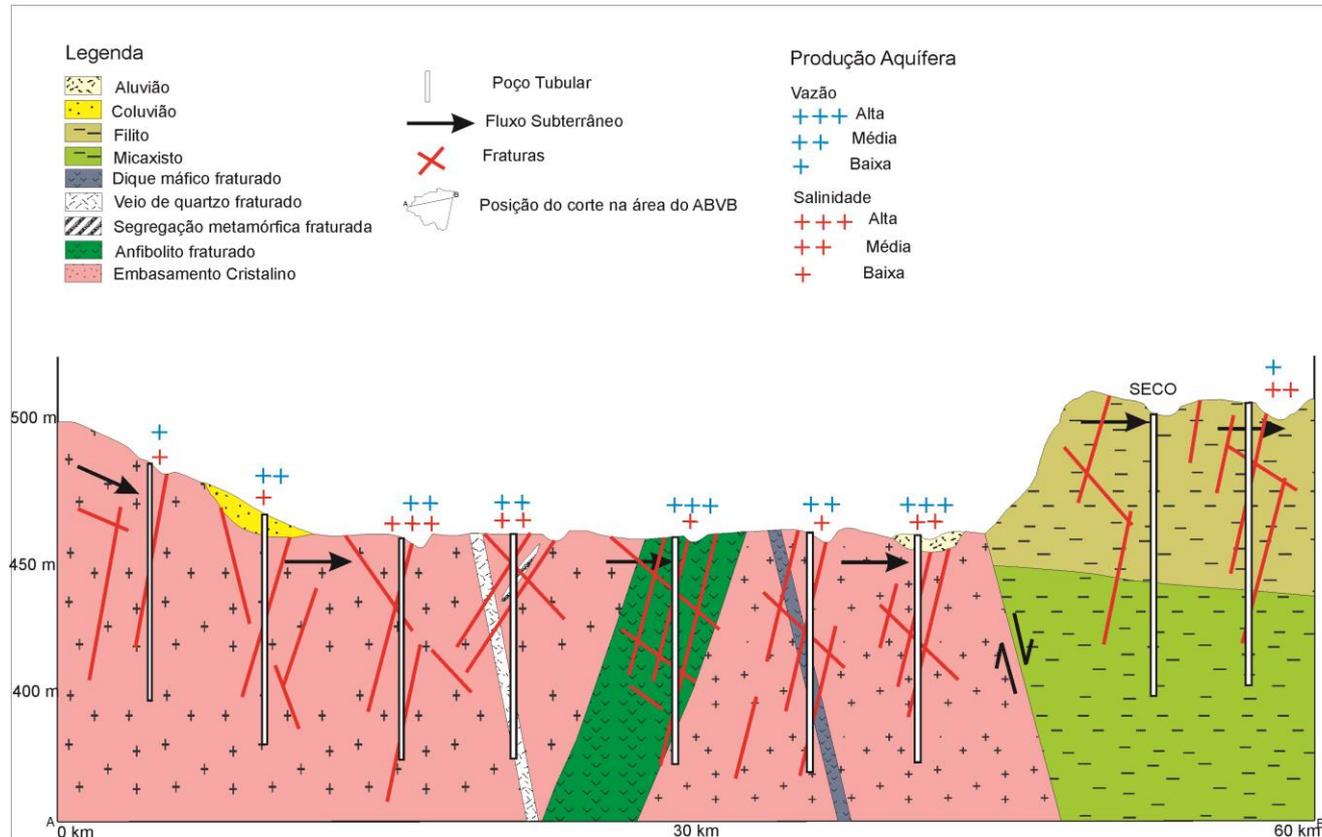
Realização:



Apoio:



MODELO CONCEITUAL DE SITUAÇÕES AQUÍFERAS EM SUBSOLO CRISTALINO X FATORES INFLUENTES, BASEADO NO ALTO DA BACIA DO RIO VAZA-BARRIS



João Batista M.de Andrade, 2022.

Realização:



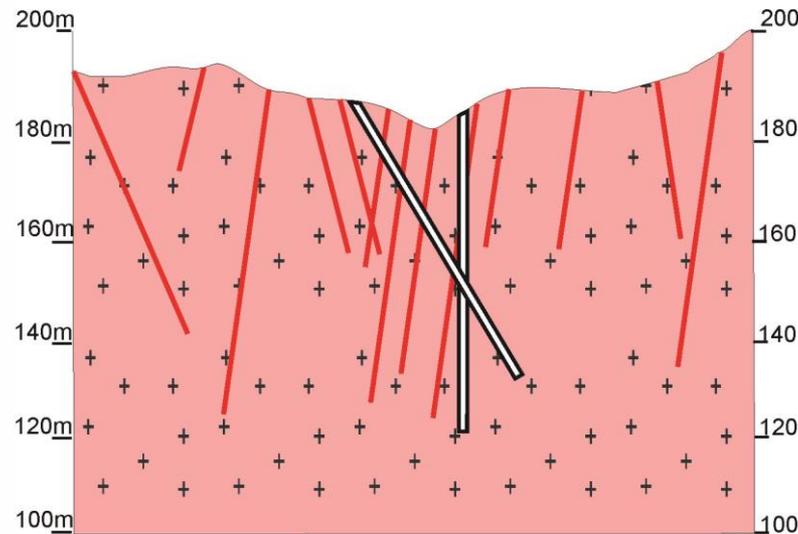
Apoio:



POÇOS DIRECIONAIS: UMA SOLUÇÃO!

Legenda

-  Poço Tubular
-  Fraturas
-  Embasamento Cristalino



João Batista M.de Andrade, 2022.

Realização:



ASSOCIAÇÃO BAIANA DE GEÓLOGOS

Apoio:



CREA-BA
Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia da Bahia



HIDRO EXPLORER
Hidrogeologia e Meio Ambiente



CONCLUSÕES

O clima, as características tectônicas e estruturais, seguidas da litologia, com a presença de corpos intrusivos tabulares (diques máficos e veios de quartzo) são fatores influentes predominantes no potencial dos aquíferos fraturados cristalinos.

Os resultados da correlação entre o íon bicarbonato e o STD, associados às análises de isótopos $\delta^{18}\text{O}$ e $\delta^2\text{H}$ indicam uma menor influência da interação água/rocha na salinidade das águas subterrâneas revelando que fatores climáticos têm papel mais importante no processo de salinização dessas águas.

Finalmente, com relação ao quadro atual dos métodos de prospecção, o mesmo carece de aprimoramento. O grande passo é considerar a água subterrânea um bem mineral estratégico que carece de pesquisas com critérios técnicos compatíveis com esse conceito

João Batista M.de Andrade, 2022.

Realização:



Apoio:



RECOMENDAÇÕES

Cabe aos setores públicos e privados especializados em abastecimento de água darem mais atenção as pesquisas no seguimento água subterrânea, em especial para os aquíferos em pauta. Nesse sentido, a parceria com Universidades pode desempenhar papel essencial.

Para a execução de uma adequada prospecção nos aquíferos fraturados cristalinos é necessário o conhecimento dos fatores influentes no seu potencial e associar os critérios hidrogeológicos tradicionais à utilização de imagens de satélites e métodos geofísicos, com elaboração de modelos de ocorrências aquíferas

Além da prospecção, os métodos utilizados para melhor aproveitamento dos aquíferos fraturados devem ser perseguidos. Furos direcionais e dessalinização são tecnologias viáveis, sendo a última já empregada com sucesso no Brasil.

João Batista M.de Andrade, 2022.

Realização:



Apoio:



BIBLIOGRAFIA RECOMENDADA

ANDRADE, J. B. M. 2010. Fatores influentes no potencial e processos de salinização dos aquíferos fraturados cristalinos do alto da bacia do rio Vaza-Barris, região de Uauá, Bahia, Brasil. Dissertação de Mestrado- Universidade Federal da Bahia- Salvador, Ba..

BABIKEN, M.; GUDMUNDSSON, A. 2004. The effects of dykes and faults on groundwater flow in arid land, the Red Sea Hill, Sudan. *Journal of Hydrology*, **297**:256-273

BARBOSA, J. S. F.; DOMINGUEZ, J. M. L (Coord.). 1996. Geologia da Bahia: texto explicativo para o mapa geológico ao milionésimo. Salvador. Secretaria da Indústria, Comércio e Mineração. 400 p. il.

BARKER, R. D.; WHITE, C. C.; HOUSTON, J. F. T. 1992. Borehole siting in na African accelerated drought relief project. IN: Wright, E. P. & Burgess, W. G. (eds). *Hydrogeology of Crystalline Basement Aquifers in África*. Geol. Society Special Publications 66, pp. 183-201.

BASTOS LEAL, L.R. 1992. Geocronologia Rb/Sr e K/Ar, evolução isotópica e implicações tectônicas dos enxames de diques máficos de Uauá e vale do rio Curaçá, Bahia. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 120p.

BERTOLO, R. 2007. Processos de mineralização: água de chuva, rios e mares. Notas de aula. USP. Disciplina GSA 0423- Hidrogeoquímica. Disponível no site www.geologiausp.igc.usp.br/, acessado em 5/5/2007

CERB – Companhia de Engenharia Hídrica e de Saneamento da Bahia. 2022. Banco de Dados Hidrogeológicos do Estado da Bahia. Salvador.

CLARK, I; FRITZ, P. 1997. *Environmental Isotopes in Hydrogeology*. New York, CRC Press. 328p.

João Batista M.de Andrade, 2022.

Realização:



ASSOCIAÇÃO BAIANA DE GEÓLOGOS

Apoio:



CREA-BA
Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia da Bahia



HIDRO EXPLORER
Hidrogeologia e Meio Ambiente



COSTA, A. M. B; MELO, J. G.; SILVA, F. M. 2006. Aspectos da salinização das águas do aquífero cristalino no Estado do Rio Grande do Norte, nordeste do Brasil. ABAS. Revista Águas Subterrâneas. V.20 n.1 - São Paulo.

COSTA, W. D. 1986. Análise dos fatores que atuam no aquífero fissural: área piloto dos Estados da Paraíba e Rio Grande do Norte. Tese de Doutorado, Instituto Geociências, USP, 206 p

COSTA, W. D. 2006. In: Gonçalves, V. G., Giampá, C.E, (Ed.). Águas subterrâneas e poços tubulares profundos. São Paulo. Signus Editora-1ª Edição. p.165-184

COSTA, W. D. 2008. Hidrogeologia dos meios fissurados. In: Feitosa, F. A. C; Filho, J. M.; Feitosa, E. C; Demetrio, J. G. A. (Coord). Hidrogeologia: conceitos e aplicações. CPRM, LABHID, UFPE. 3ª Edição Revisada e Ampliada. Rio de Janeiro, p:121-151

CUSTÓDIO, E. ; LLAMAS. M. 1996. Hidrología Subterránea. 2ª Ed. Barcelona: Omega. 2V

FEITOSA, E. C; OLIVEIRA, R. G; DEMETRIO, J. G. A. 2008. Métodos Geofísicos In: Feitosa, F. A. C; Filho, J. M.; Feitosa, E.C ; Demetrio, J. G. A. (Coord) Hidrogeologia: conceitos e aplicações. CPRM, LABHID, UFPE. 3ª Edição Revisada e Ampliada. Rio de Janeiro, p: 209-254

FILHO, J.M. 2006. As propriedades geométricas, hidráulicas e fractais de dados de poços e as chances de sucesso das locações em meio fraturado. In: ABAS, Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 14, Curitiba, Anais, 19 p.

FERNANDES, A. J. 1997. Tectônica cenozóica na porção média da bacia do rio Piracicaba e sua aplicação à hidrogeologia de meios fraturados. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo-USP. 244p.

FERNANDES, A. J. 2006. Fatores que influenciam a produção de poços em aquíferos fraturados cristalinos e métodos de Investigação. In. ABAS, Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas,14, Curitiba, Anais, 24 p

João Batista M.de Andrade, 2022.

Realização:



Apoio:



FREEZE, R. A ; CHERRY, J. A. Groundwater, New Jersey: Prentice Hall, 1979. 604p.

HAUSMAN A. 1985. Aspectos da circulação em aquíferos fraturados. In: ABAS, Simpósio Nacional de Água Subterrânea em Rochas Fraturadas, 1, Belo Horizonte ,Anais, 12 p.Socioambiental da bacia do Vaza-Barris-Bahia. Dissertação (Mestrado). Pós-Graduação em Geografia do Instituto de Geociências da Universidade Federal da Bahia

MENEZES LEAL, A. B.; BELLINI, G.; GIRARDI, V. A. V.; BASTOS LEAL L.R.; TEIXEIRA, W.; PICIRRILO, E. M. 1995. Contribuição aos estudos petrológicos e geoquímicos dos enxames de diques máficos de Uauá, Bahia ,Brasil. SBGq, Geochimica Brasiliensis, Rio de Janeiro, **9 (1)**: 61-90.

NEGRÃO F. I. 2008. Hidrogeologia do Estado da Bahia: qualidade, potencialidade, disponibilidade, vulnerabilidade e grau de poluição. Tese de Doutorado. Instituto Universitario de Xeoloxía Isidro Parga Pontal, Universidade da Coruña, Espanha. 185p

NEVES, M. A.; MORALES, N. 2006. Fatores que influenciam a produtividade dos poços nas rochas cristalinas da Bacia do rio Jundiá (SP). In. ABAS, Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 14, Curitiba, Anais, 17 p.

RANGEL, P. A.; FONSECA, D.B. 1980. Projeto Uauá –Capim, Salvador, CBPM. v.1. Convênio Caraibas Metais-CBPM.

REBOUÇAS; A.C. 1999. Águas Subterrâneas . In: Rebouças, A.C; Braga, B.; Tundisi J. G., (Org. e Coord.). Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação. Instituto de Estudos Avançados da USP, Academia Brasileira de Ciências. São Paulo. p: 117-151.

SANTOS, C. P. L. 2008. Análise dos processos de salinização das águas subterrâneas da bacia do rio Salitre por meio de traçadores ambientais. Tese de Doutorado. Universidade Federal da Bahia –UFBA. 125p.

João Batista M.de Andrade, 2022.

Realização:



Apoio:

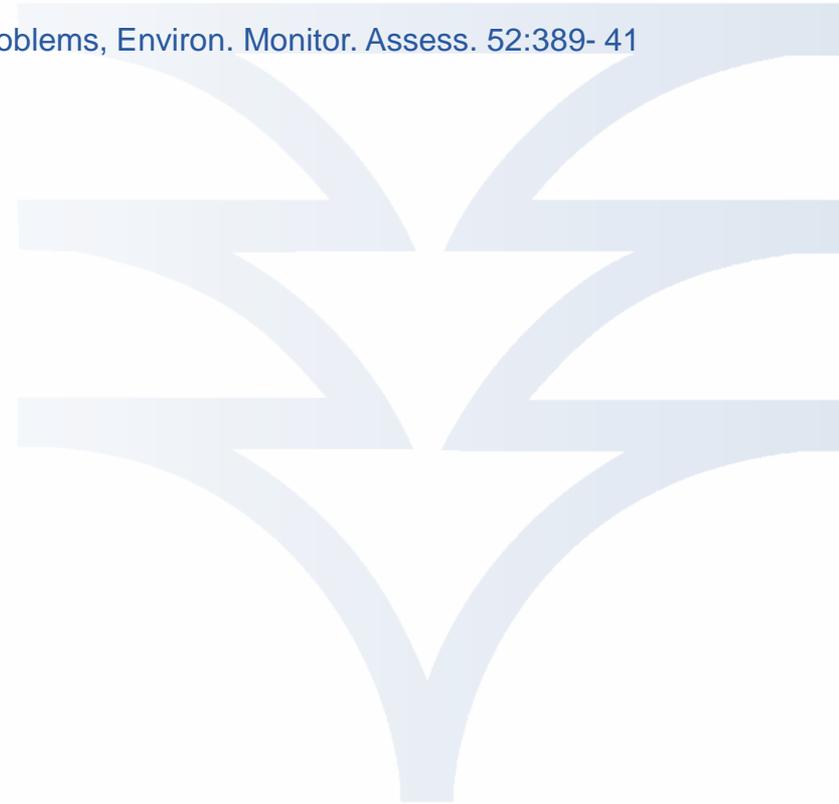


SANTOS, J.S.; PITOMBEIRA, E.S. 2006. Estimativa dos efeitos do melhoramento da eficiência hídrica de aquíferos fissurados no semi-árido Cearense. In: ABAS, Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 14. Curitiba, 15 p.

SEIXAS, R. M. S. 1985. Projeto Mapas Metalogenéticos e de Previsão de Recursos Minerais; *Uauá*, Fl. SC.24-V-B, Região Nordeste. Brasília, DNPM/CPRM.

SHANYENGANA, E.S.; SEELY, M.K.; SANDERSON, R.D. 2004. Major-ion chemistry and ground-water salinization in ephemeral floodplain in some arid region of Namibia. *Journal Of Arid Environments*. 57:71-93.

SIDLE, W.C. 1998 Environmental isotopes for resolution of hydrology problems, *Environ. Monitor. Assess.* 52:389-41



João Batista M.de Andrade, 2022.

Realização:



ASSOCIAÇÃO BAIANA DE GEÓLOGOS

Apoio:



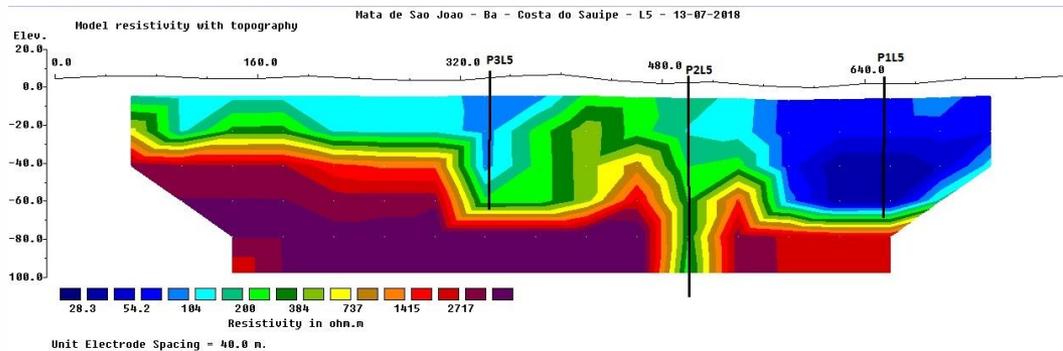
CREA-BA
Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia da Bahia



HIDRO EXPLORER
Hidrogeologia e Meio Ambiente



APLICAÇÃO DA GEOFÍSICA, MÉTODO ELETORRESISTIVIDADE, NA PROSPECÇÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA



18 de out de 2021 10:44:32 AM

Geol. MSc. João Batista Matos de Andrade
hidroexplorer@hidroexplorer.com.br

Realização:



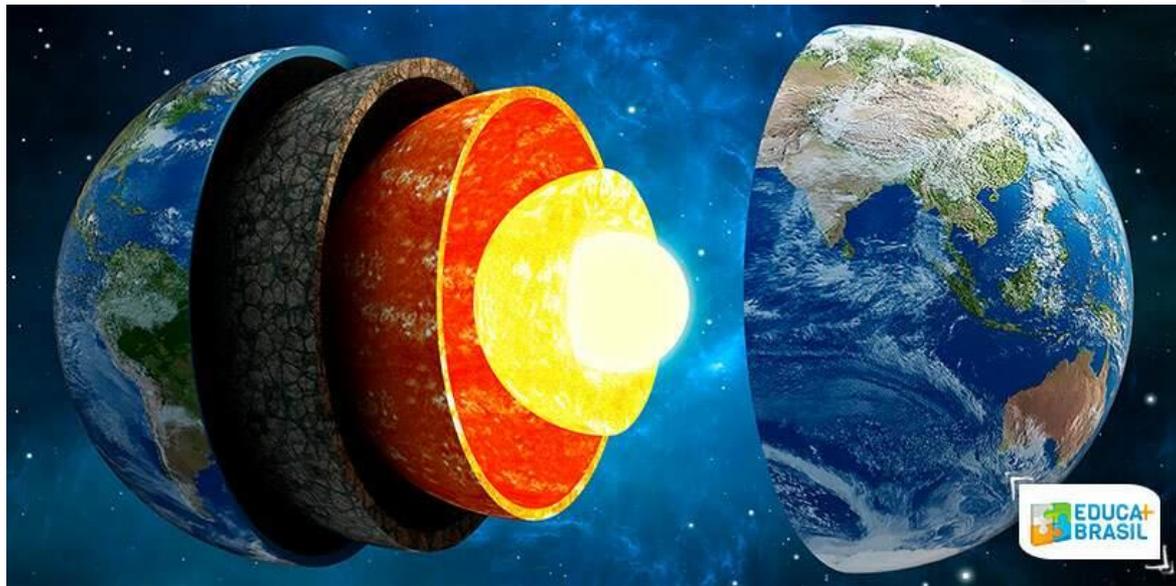
Apoio:



HIDROGEOFÍSICA

Geofísica é a ciência que pesquisa o subsolo através de medidas obtidas por instrumentos, dimensionando suas propriedades físicas, permitindo a obtenção de informações úteis sobre a estrutura e composição das rochas

HIDROGEOFÍSICA É A GEOFÍSICA APLICADA NA PROSPECÇÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA



João Batista M.de Andrade, 2022.

Realização:

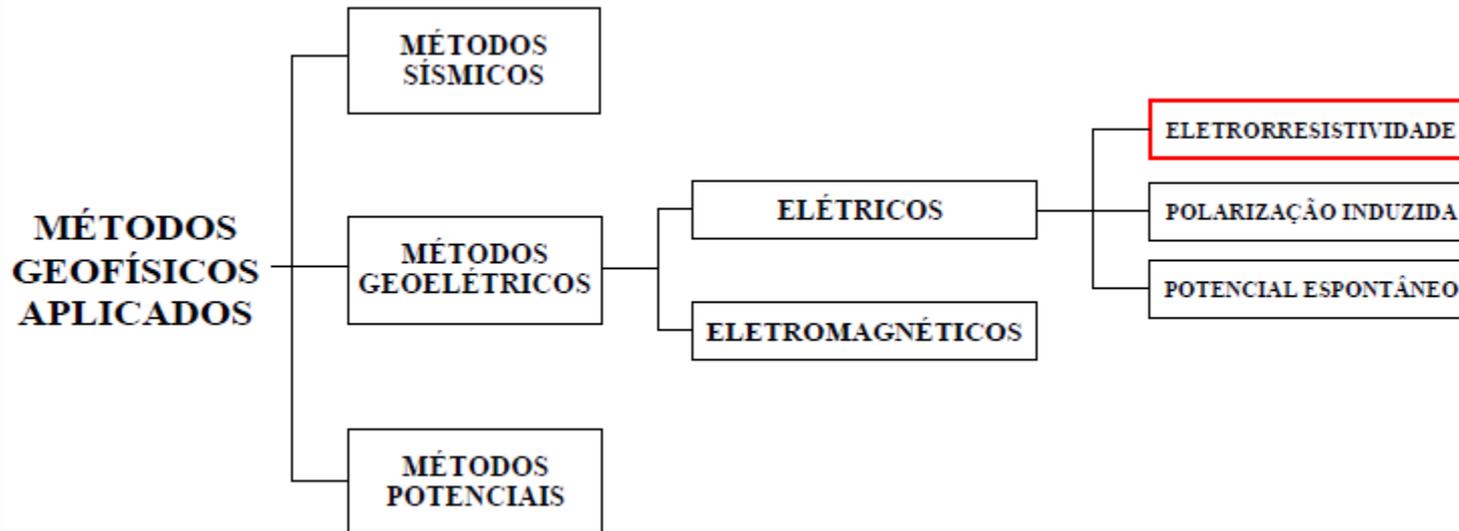


Fonte: <https://www.educamaisbrasil.com.br/>, acessado em 2021

Apoio:



MÉTODOS GEOFÍSICOS APLICADOS



O método da eletrorresistividade no contexto dos métodos geofísico de prospecção (Gandolfo, 2007)

João Batista M.de Andrade, 2022.

Realização:



ASSOCIAÇÃO BAIANA DE GEÓLOGOS

Apoio:

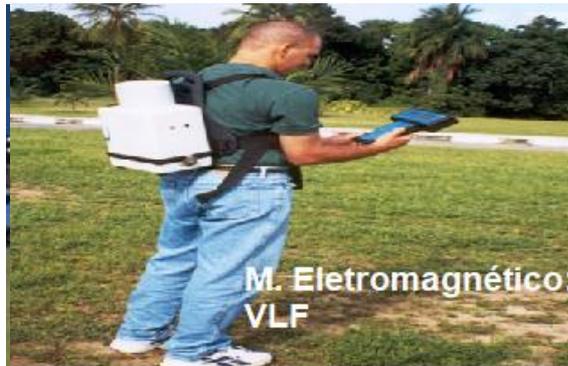


CREA-BA
Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia da Bahia



HIDRO EXPLORER
Hidrogeologia e Meio Ambiente





M. Eletromagnético:
VLF



M. Elétricos:
Resistividade, IP, SP



M. Sísmicos: Refração,
Reflexão, MASW (Análise
Multicanal de Ondas Superficiais)



M. Eletromagnéticos:
TDEM



M. Eletromagnéticos: GPR



M. Eletromagnéticos:
FDEM

João Batista M.de Andrade, 2022.

Realização:

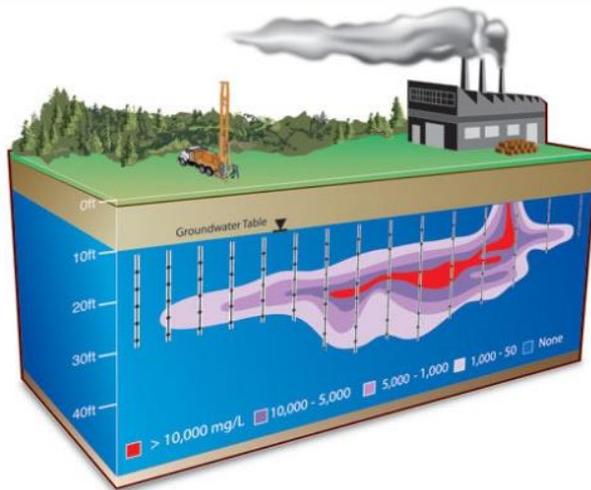


Apoio:



APLICAÇÃO DE MÉTODOS GEOFÍSICOS NO SEGMENTO RECURSOS HÍDRICOS

- ✓ Prospecção de água subterrânea
- ✓ Investigação de contaminações no subsolo, como exemplo:



Pluma de contaminação



Intrusão de cunha salina

Geotecnia: detecção do “impenetrável” para fundações, leito de futuras barragens, prevenção de acidentes em barragens...

João Batista M.de Andrade, 2022.

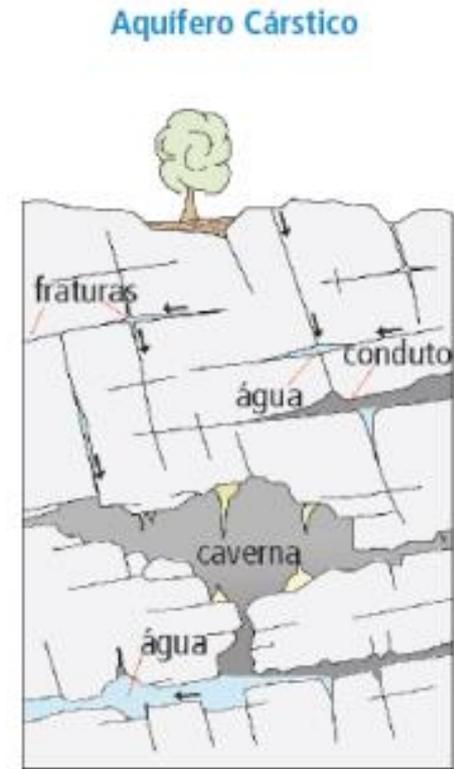
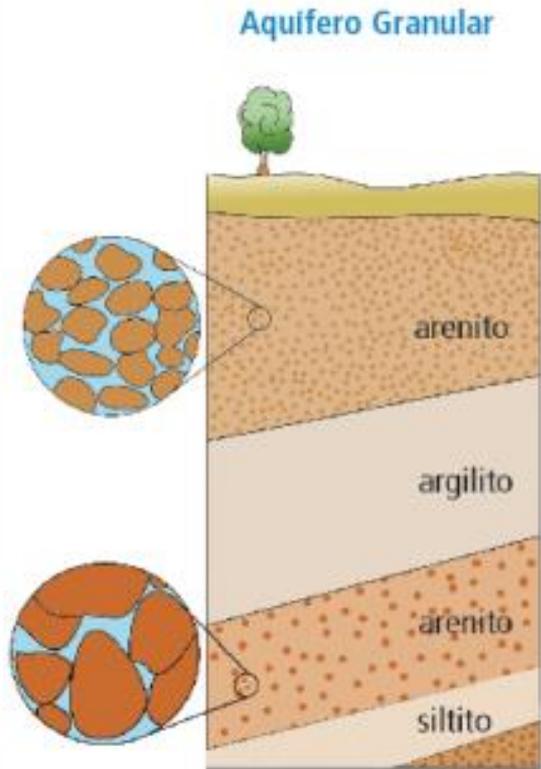
Realização:



Apoio:



TIPOS DE AQUÍFEROS



Fonte: Iritani & Ezaqui, 2009

João Batista M. de Andrade, 2022.

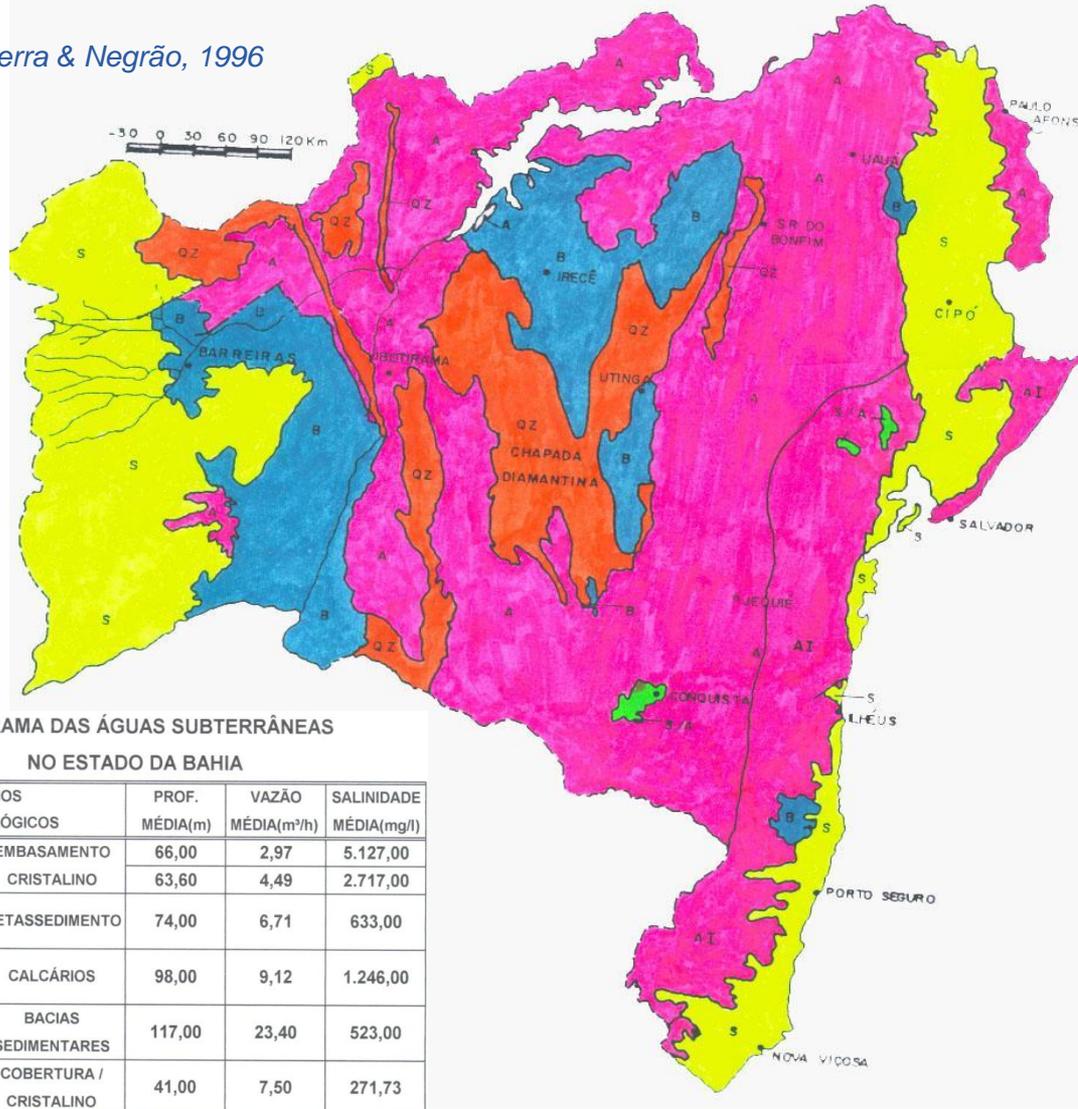
Realização:



Apoio:



Fonte: Guerra & Negrão, 1996



PANORAMA DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS
NO ESTADO DA BAHIA

DOMÍNIOS HIDROGEOLÓGICOS		PROF. MÉDIA(m)	VAZÃO MÉDIA(m ³ /h)	SALINIDADE MÉDIA(mg/l)
A	A < 800mm	66,00	2,97	5.127,00
	A > 800mm	63,60	4,49	2.717,00
QZ	METASSEDIMENTO	74,00	6,71	633,00
B	CALCÁRIOS	98,00	9,12	1.246,00
S	BACIAS SEDIMENTARES	117,00	23,40	523,00
S/A	COBERTURA / CRISTALINO	41,00	7,50	271,73

João Batista M.de Andrade, 2022.

**OCORRÊNCIAS E
AQUÍFEROS**

**ROCHAS DO
EMBASAMENTO
CRISTALINO:
AQUÍFEROS FISSURAIS**

**ROCHAS
METASSEDIMENTARES:
AQUÍFEROS FISSURAIS**

**ROCHAS CALCÁRIAS:
AQUÍFEROS CÁRSTICOS
E FISSURAIS**

**ROCHAS
SEDIMENTARES:
AQUÍFEROS
GRANULARES**

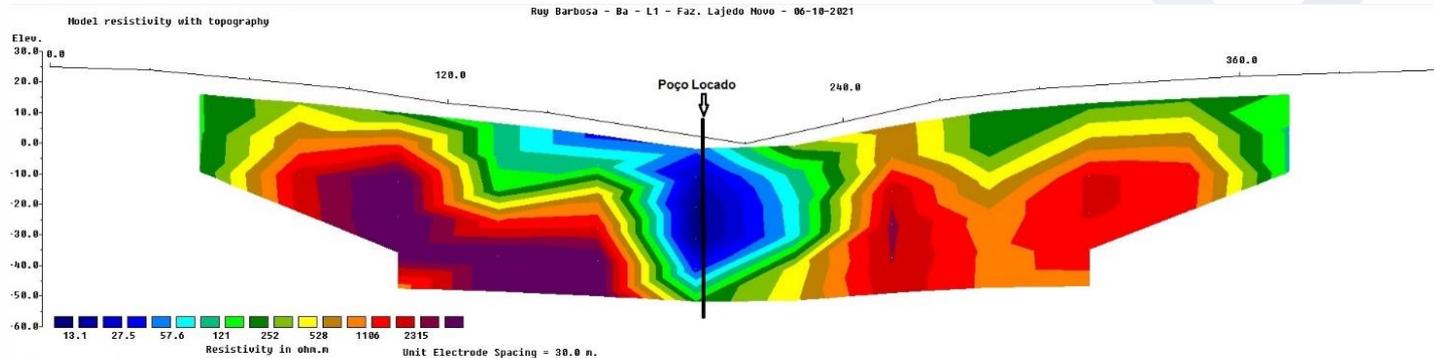
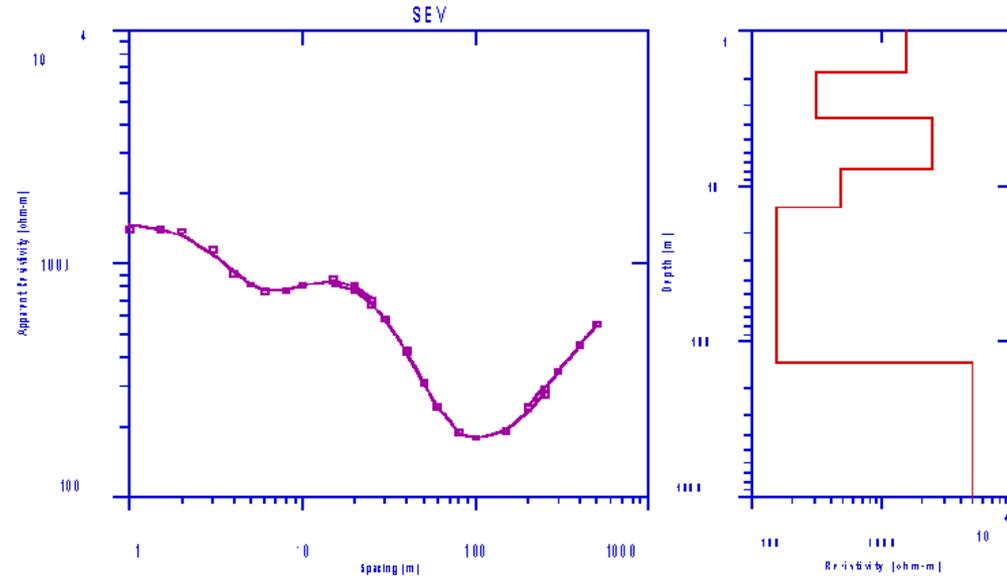
Realização:



Apoio:



HIDROGEOFÍSICA: ELETRORRESISTIVIDADE



João Batista M.de Andrade, 2022.

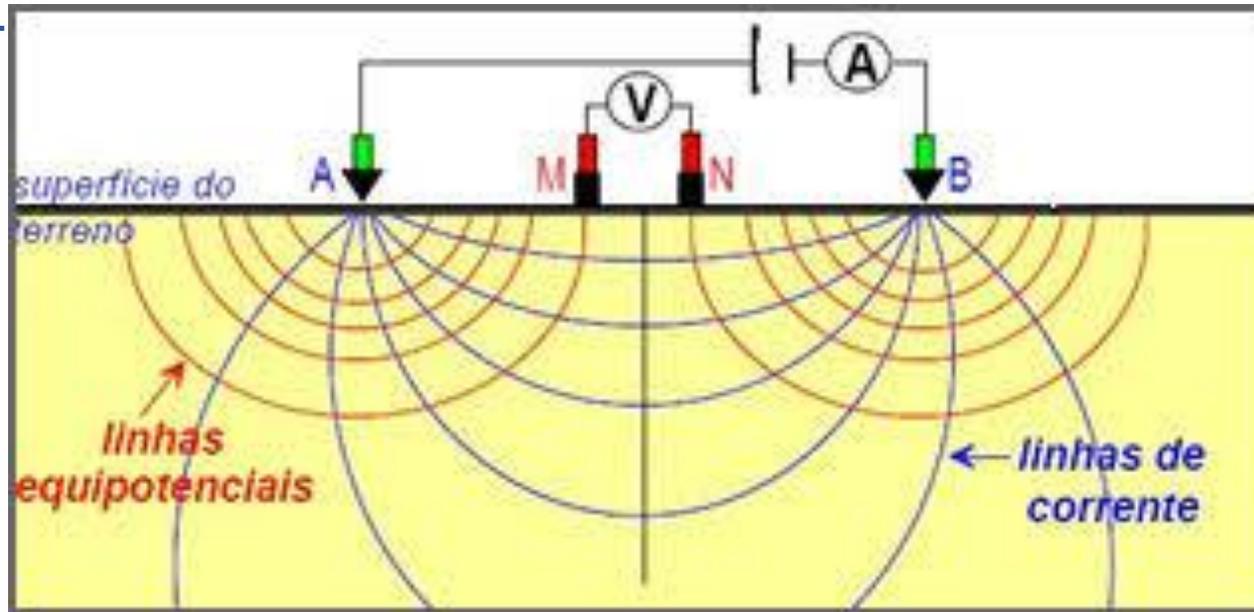
Realização:



Apoio:



Usa a resistividade aparente pa , em $ohm.m$, do subsolo, obtida através da diferença de potencial elétrico V , em $mVolt$, criada entre dois eletrodos internos M e N do quadriplo, quando se faz circular no subsolo, através dos eletrodos externos A e B , uma corrente elétrica contínua de intensidade i , em $mAmpere$, conhecida.



$$pa = K \cdot V / i$$

K = constante adimensional dependente do arranjo geométrico (ABMN)

João Batista M.de Andrade, 2022.

Realização:



ASSOCIAÇÃO BAIANA DE GEÓLOGOS

Apoio:



CREA-BA
Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia da Bahia



HIDRO EXPLORER
Hidrogeologia e Meio Ambiente



ELETRORRESISTIVÍMETRO E ACESSÓRIOS

PASSOS PARA LOCAÇÃO DO POÇO TUBULAR

- Levantamento preliminar em escritório;
- Prospecção hidrogeológica no campo;
- Traçado da linha geofísica;
- Abertura de picada;
- Posicionamento dos eletrodos;
- Aquisição dos dados;
- Interpretação através de softwares específicos;
- Locação.



João Batista M.de Andrade, 2022.

Realização:



Apoio:



A RESISTIVIDADE DA ROCHA DEPENDE FUNDAMENTALMENTE DE:

RESISTIVIDADE DA ÁGUA DE SATURAÇÃO;
POROSIDADE TOTAL;
DISPOSIÇÃO DOS POROS;
LITOTIPO.

ALGUNS VALORES DE RESISTIVIDADES, DADOS MEDIANOS :

0.1	OHM.M	ÁGUA SALGADA
1	OHM.M	SULFETO MACIÇO
10	OHM.M	ARGILA
100	OHM.M	AREIA SATURADA
1000	OHM.M	AREIA SECA
10000	OHM.M	GRANITO, BASALTO

João Batista M.de Andrade, 2022.

Realização:



Apoio:



PRÍNCIPIO BÁSICO

Um corpo rochoso com água em seus interstícios (poros, fraturas e/ou cavernas), é expressivamente menos resistivo à passagem de uma corrente elétrica que o mesmo corpo sem água.

João Batista M.de Andrade, 2022.

Realização:



ASSOCIAÇÃO BAIANA DE GEÓLOGOS

Apoio:



CREA-BA
Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia da Bahia



HIDROEXPLORER
Hidrogeologia e Meio Ambiente



TÉCNICAS DE PROSPECÇÃO

A) SONDAGEM ELÉTRICA VERTICAL (SEV)

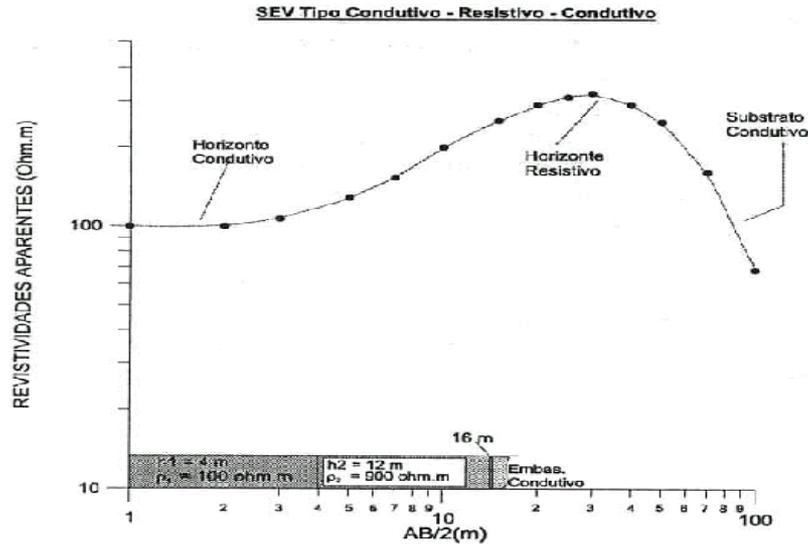


Figura 4.6 - SEV tipo condutivo-resistivo-condutivo

B) PERFIL RESISTIVIDADE

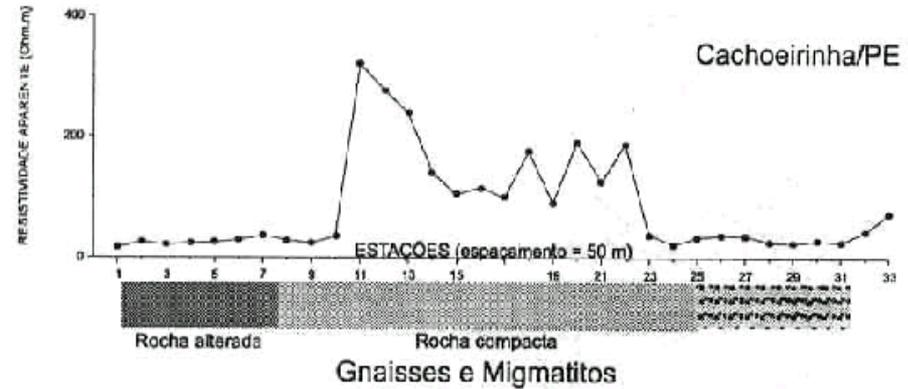


Figura 4.7 - Perfil Schlumberger de resistividade AB=100 m e MN=20 m (adaptado de Feitosa, 1996b).

João Batista M.de Andrade, 2022.

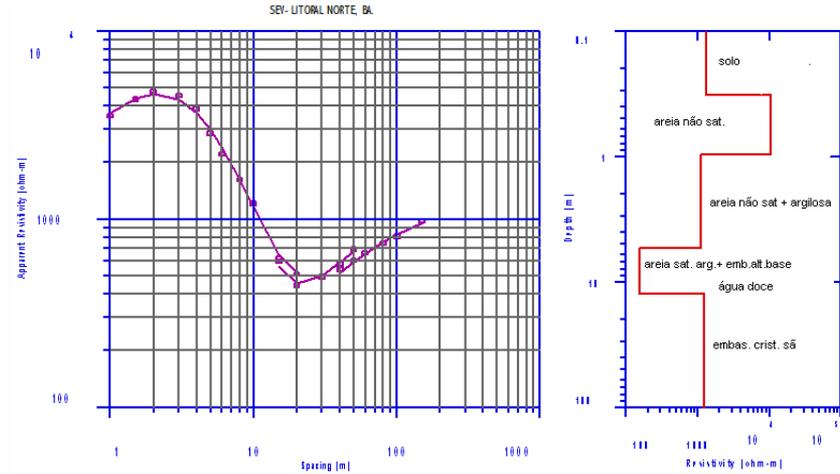
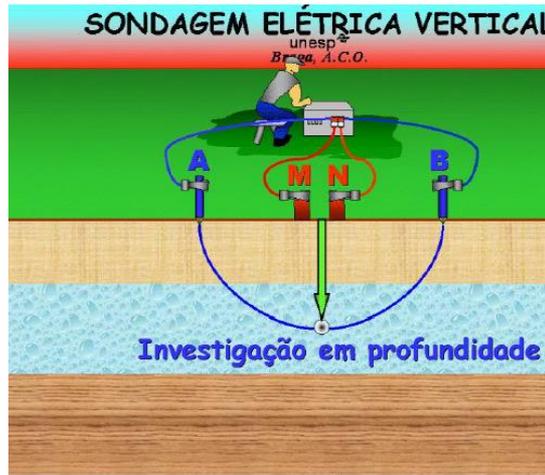
Realização:



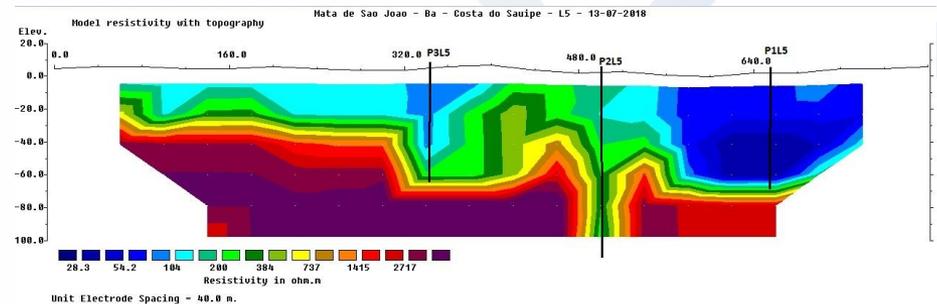
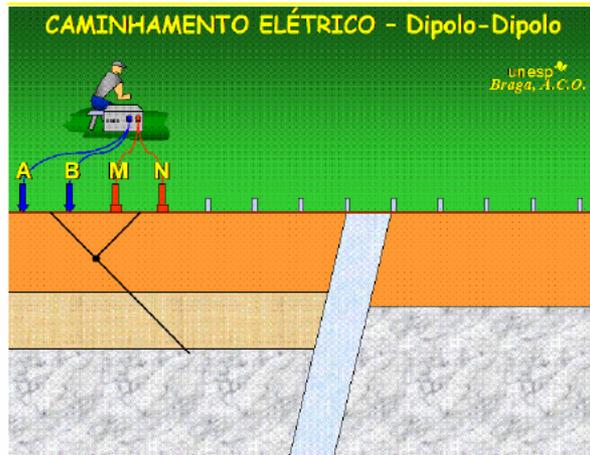
Apoio:



A) SONDAGEM ELÉTRICA VERTICAL (SEV)



B) CAMINHAMENTO DIPOLO-DIPOLO, MULTINÍVEL, BIDIMENSIONAL



João Batista M.de Andrade, 2022.

Realização:



Apoio:



EXEMPLOS DE SOFTWARES UTILIZADOS NA INTERPRETAÇÃO DE DADOS DE ELETRORRESISTIVIDADES

Para Caminhamento Dipolo-Dipolo, Multinível, Bidimensional:

- 1) RES2DINV V3, da Geotomosoft, Malásia
- 2) RESIX2DI, da Interpex, E.U.A

Ambos são softwares pagos, com hardlock e leitura / compensação de topografia

Para Sondagem Elétrica Vertical- SEV

- 1) IX1D, da Interpex Limited, E.U.A

Software pago, com registro para instalação.

João Batista M.de Andrade, 2022.

Realização:



ASSOCIAÇÃO BAIANA DE GEÓLOGOS

Apoio:



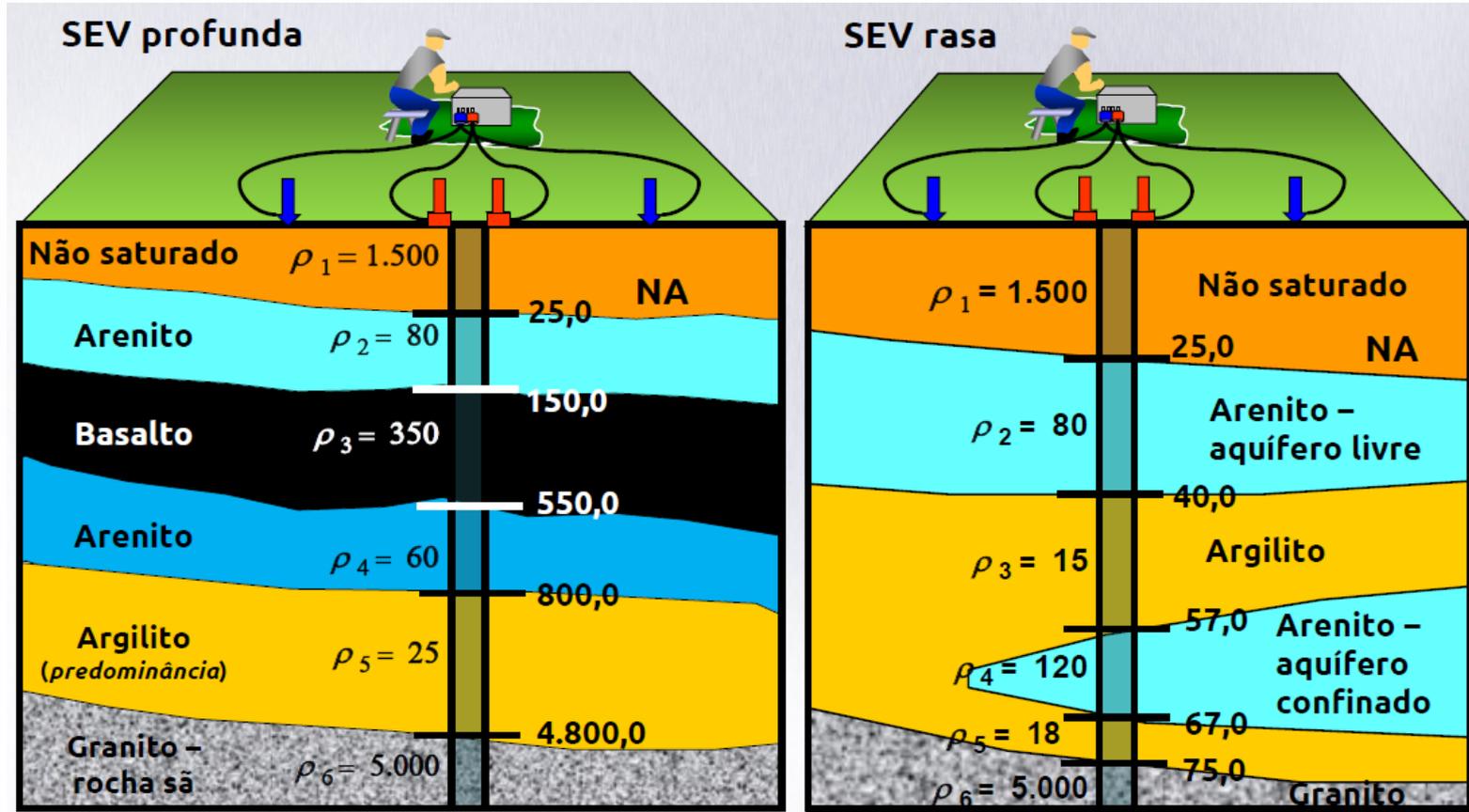
CREA-BA
Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia da Bahia



HIDROEXPLORER
Hidrogeologia e Meio Ambiente



SEVS E SEUS PRODUTOS



Cursos Autorais Oficina de Textos. Braga (2018).

João Batista M.de Andrade, 2022.

Realização:



Apoio:



PLANILHA DE CAMPO PARA SEV

ELETRORESISTIVIDADE SE V MN/2 50

MUNICÍPIO:	LOCAL:
LINHA:	ARRANJO:
PROJETO:	OPERADOR:
DATA: / /	PERFIL:

EST.	AB/2 (m)	MN/2 (m)	I (mA)	V (mV)	K	Rho(ohm.m) Rho=Kx V/I	Obs.
1	1,00	0,50			2,36		
2	1,50	0,50			6,28		
3	2,00	0,50			11,78		
4	3,00	0,50			27,48		
5	4,00	0,50			49,48		
6	5,00	0,50			77,75		
7	6,00	0,50			112,31		
8	8,00	0,50			200,27		
9	10,00	0,50			313,37		
10	15,00	0,50			706,07		
11	20,00	0,50			1255,85		
12	25,00	0,50			1962,71		
13 #	15,00	2,50			137,44		
14 #	20,00	2,50			247,40		
15 #	25,00	2,50			388,77		
16	30,00	2,50			561,56		
17	40,00	2,50			1001,38		
18	50,00	2,50			1566,87		

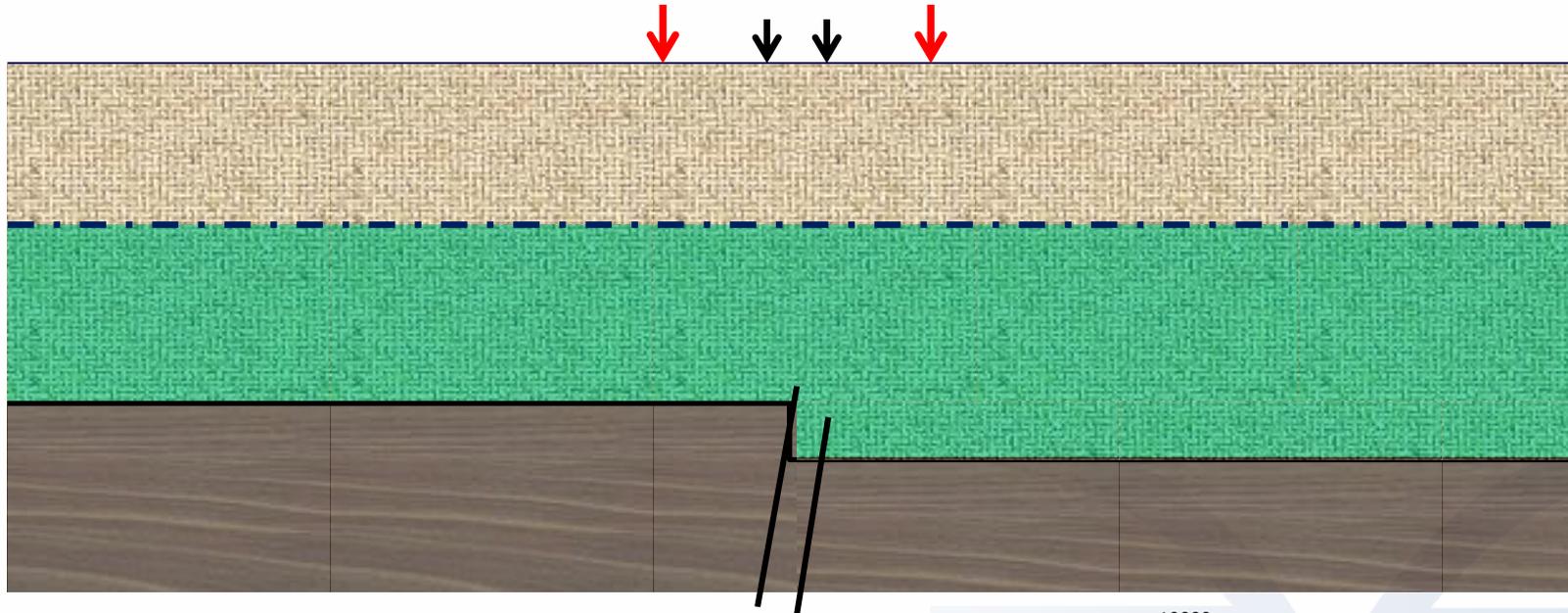
João Batista M.de Andrade, 2022.

Realização:

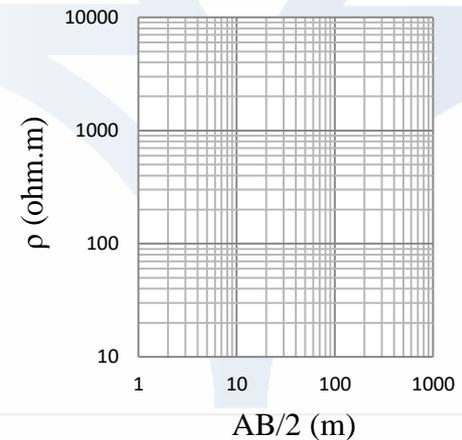


Apoio:





Sondagem Elétrica Vertical (SEV)
Arranjo Schlumberger



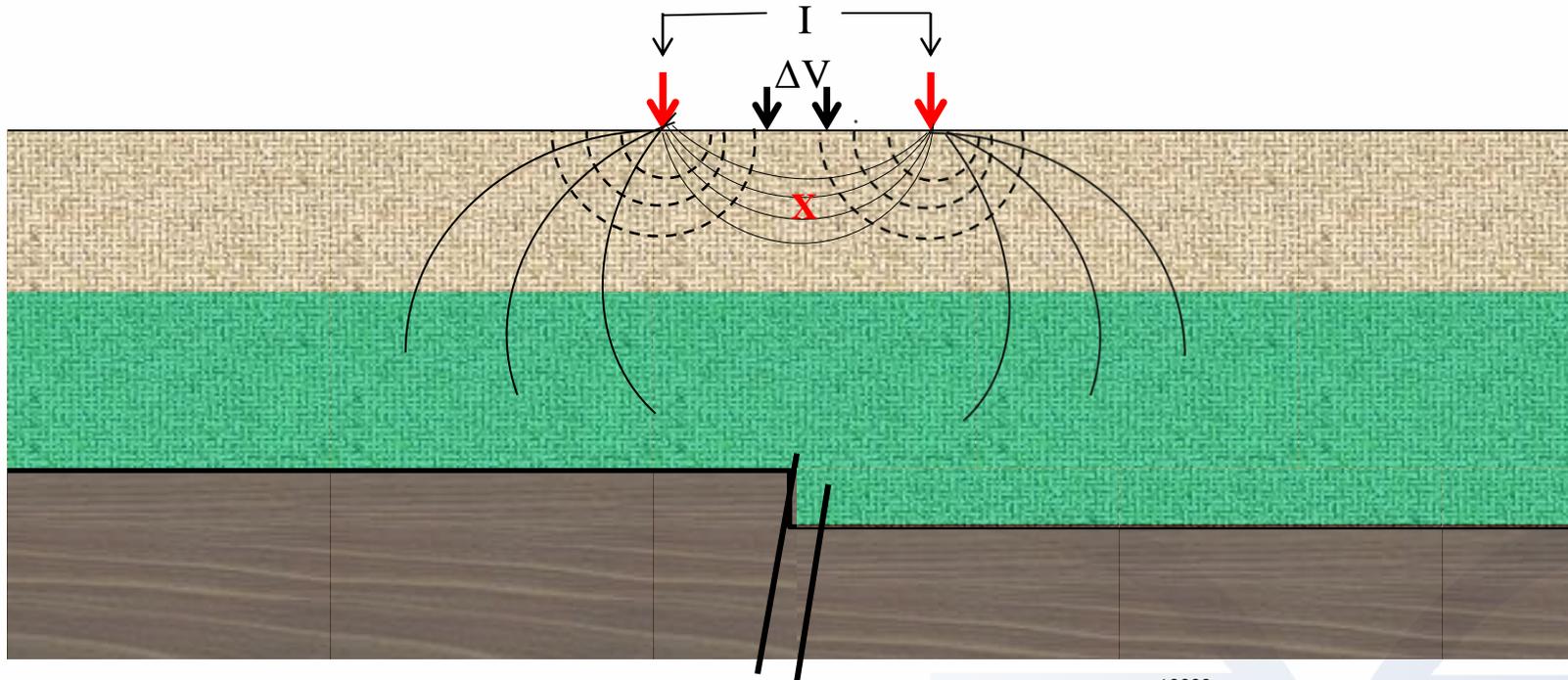
Porciúncula, 2017.

Realização:

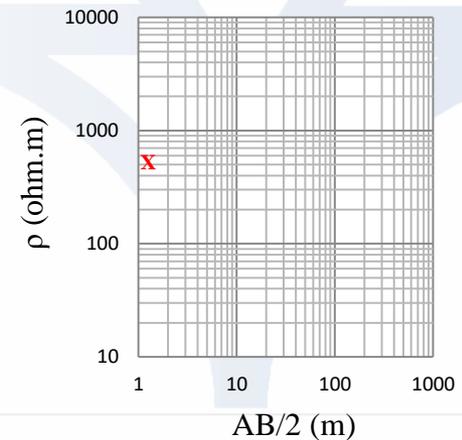


Apoio:





Sondagem Elétrica Vertical (SEV)
Arranjo Schlumberger



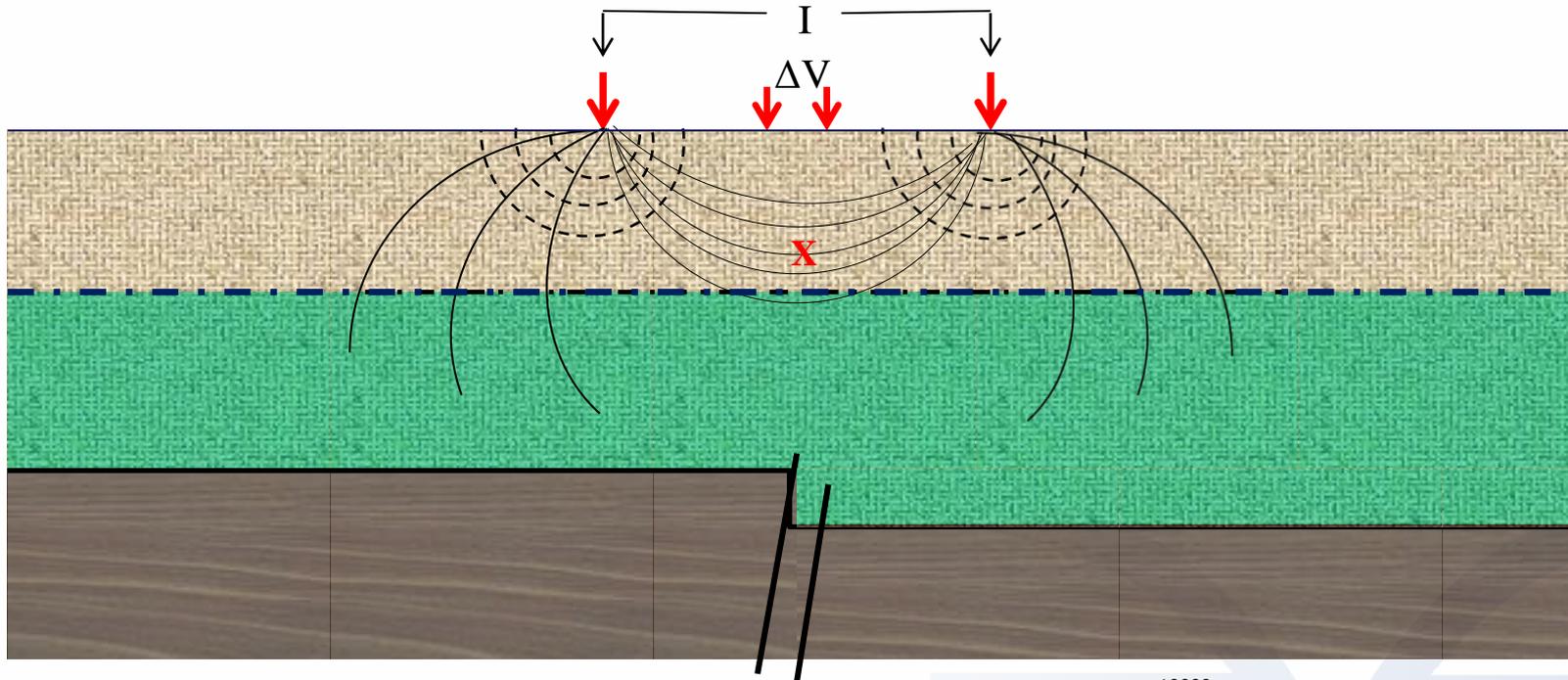
Porciúncula, 2017.

Realização:

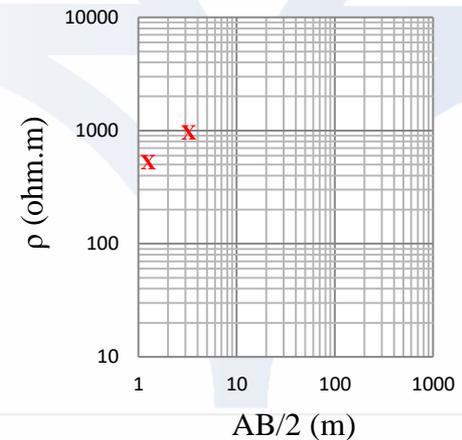


Apoio:





Sondagem Elétrica Vertical (SEV)
Arranjo Schlumberger



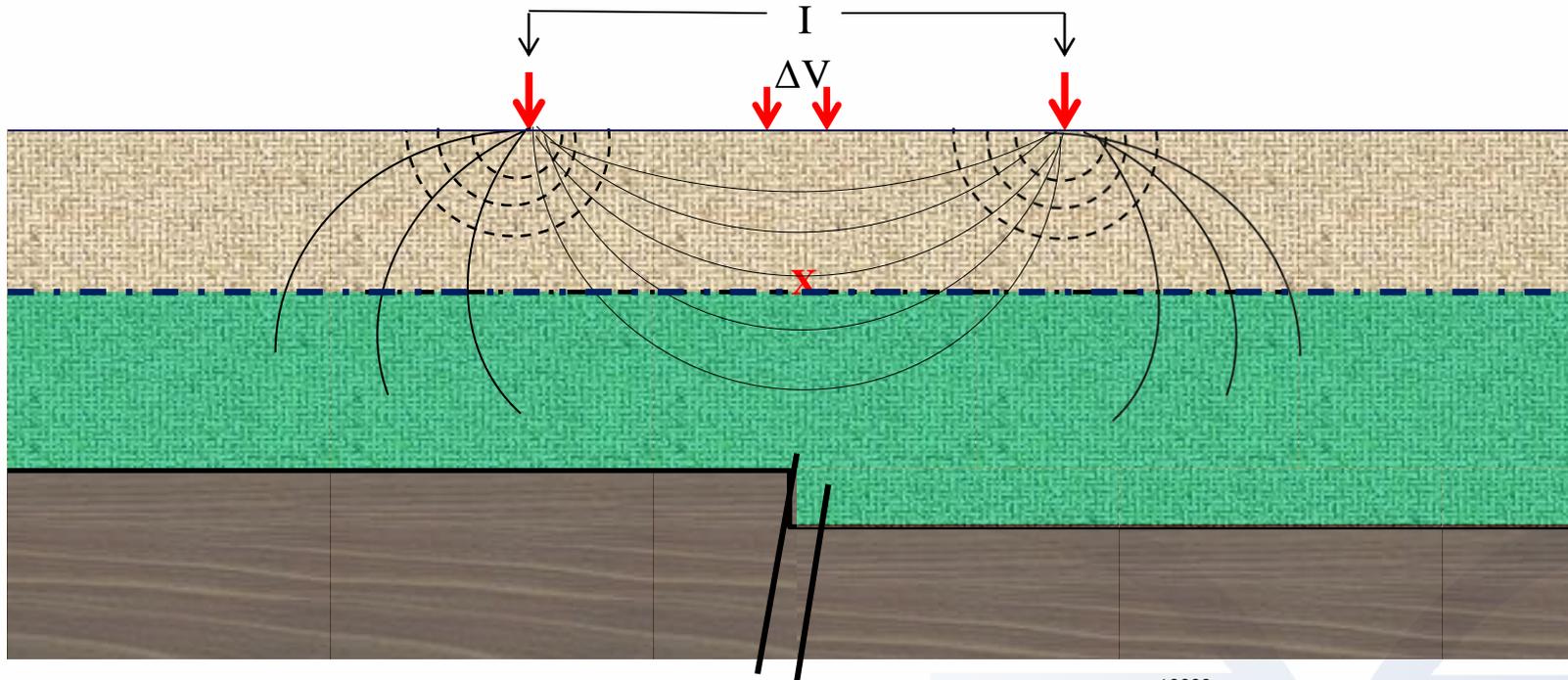
Porciúncula, 2017.

Realização:

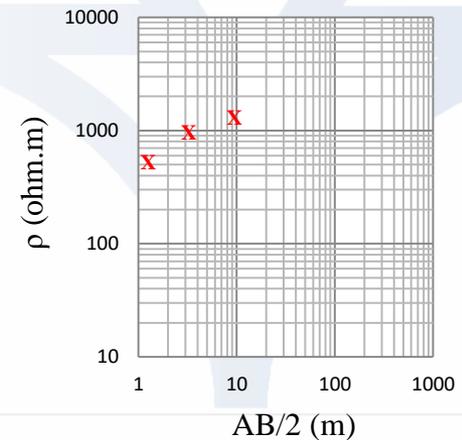


Apoio:





Sondagem Elétrica Vertical (SEV)
Arranjo Schlumberger



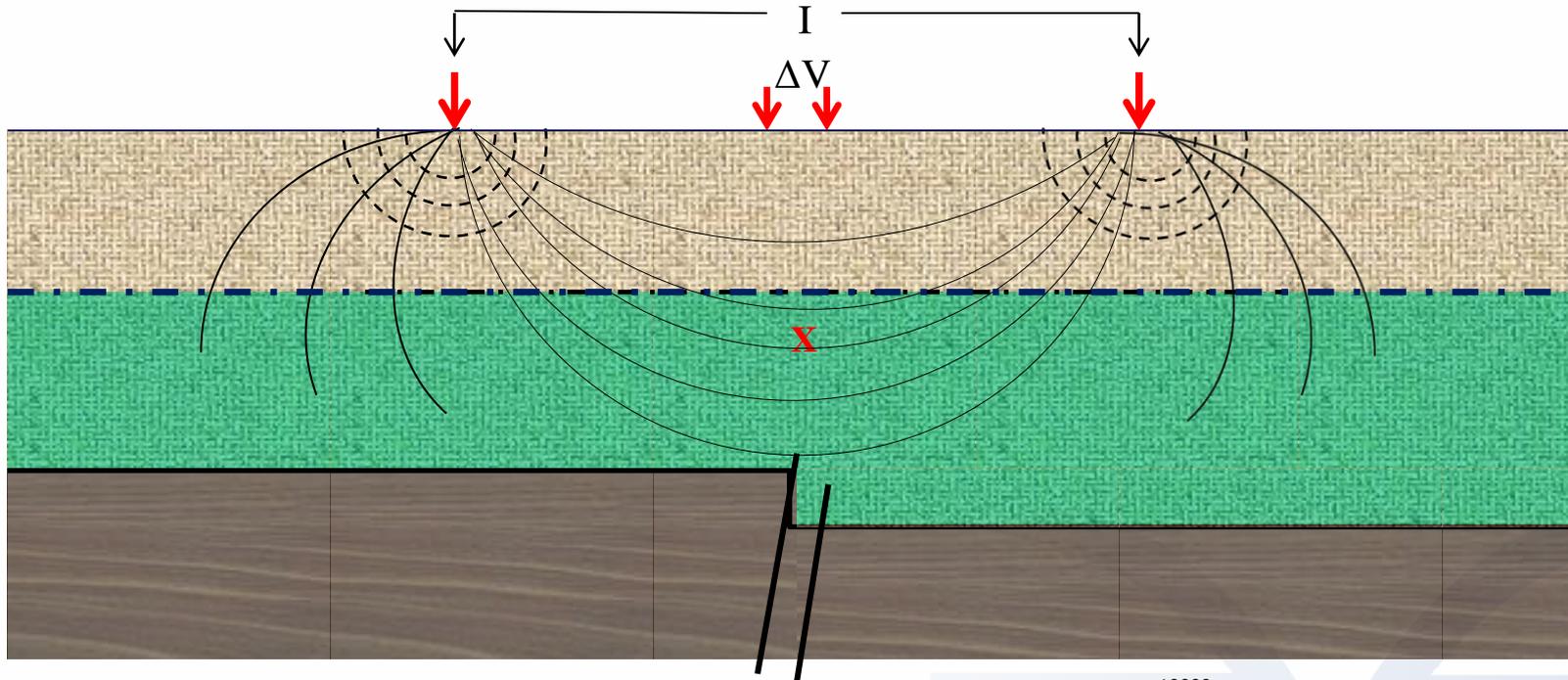
Porciúncula, 2017.

Realização:

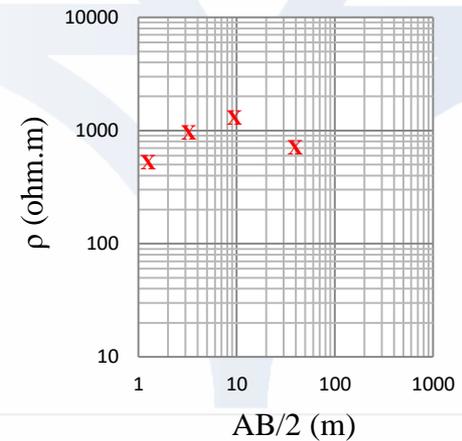


Apoio:





Sondagem Elétrica Vertical (SEV)
Arranjo Schlumberger



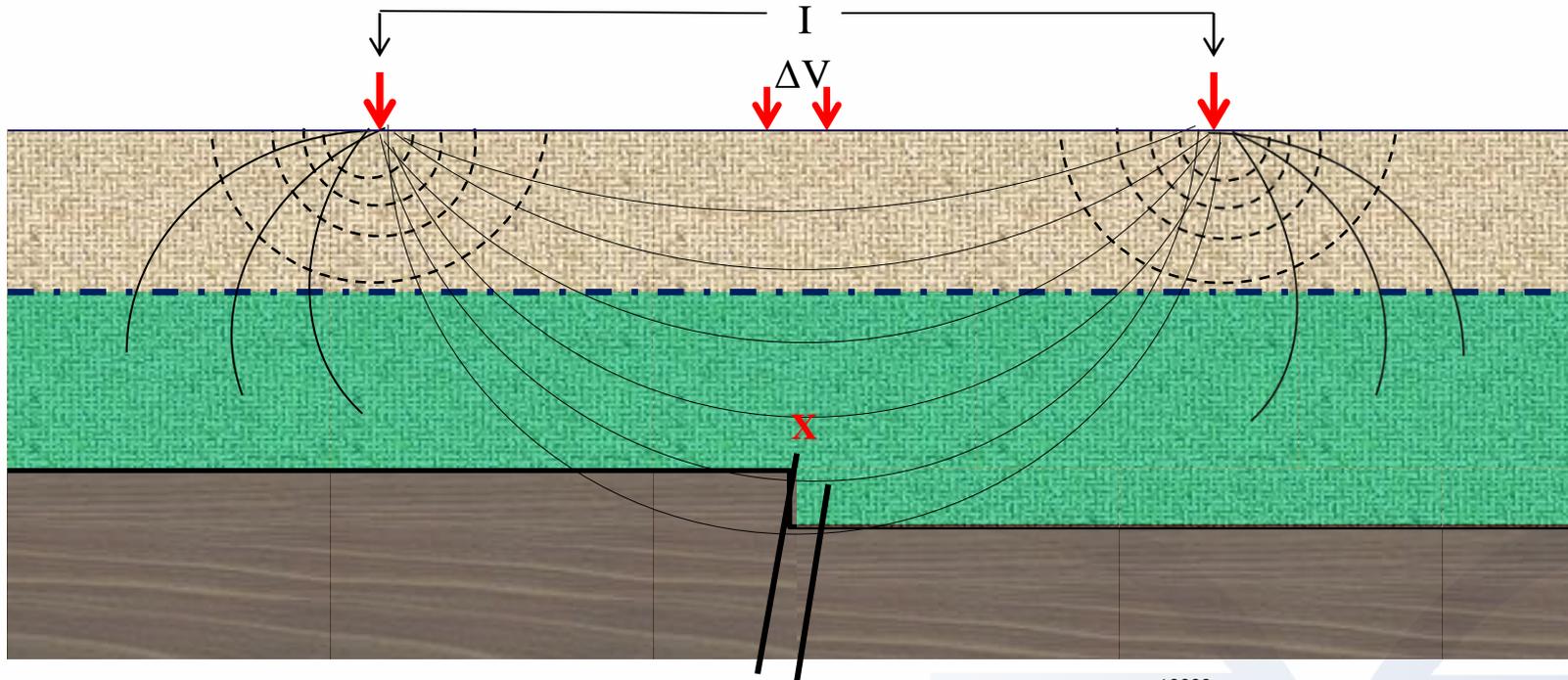
Porciúncula, 2017.

Realização:

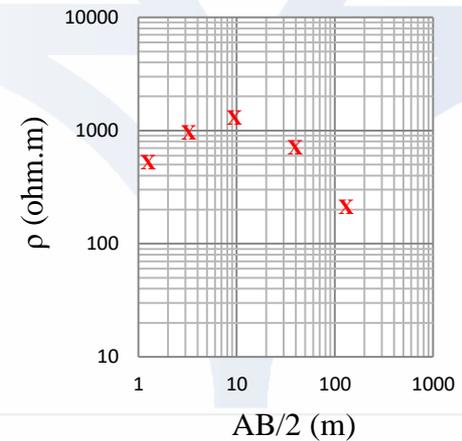


Apoio:





Sondagem Elétrica Vertical (SEV)
Arranjo Schlumberger



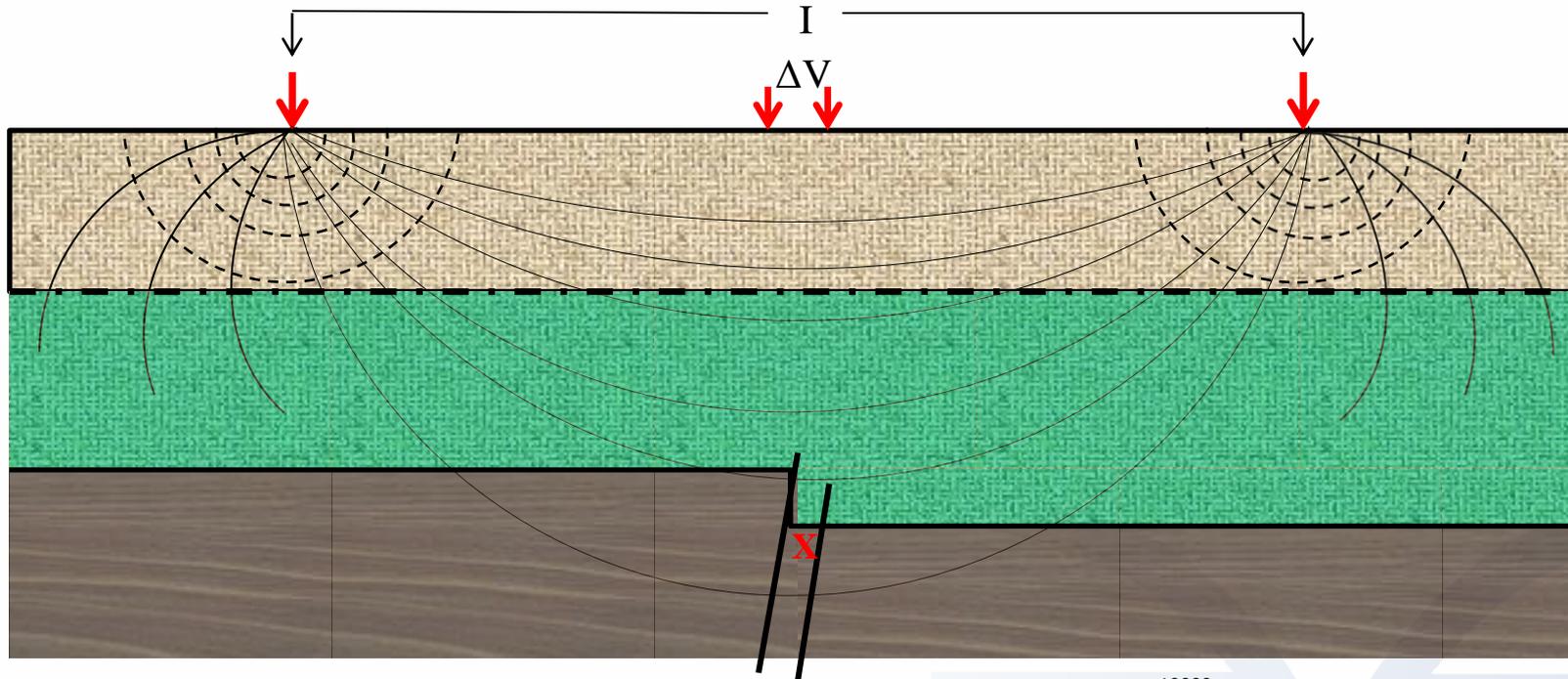
Porciúncula, 2017.

Realização:

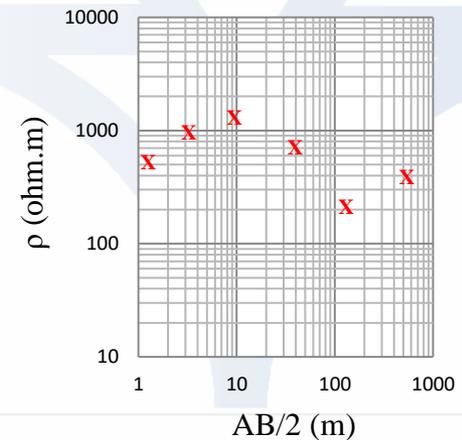


Apoio:





Sondagem Elétrica Vertical (SEV)
Arranjo Schlumberger



Porciúncula, 2017.

Realização:



Apoio:

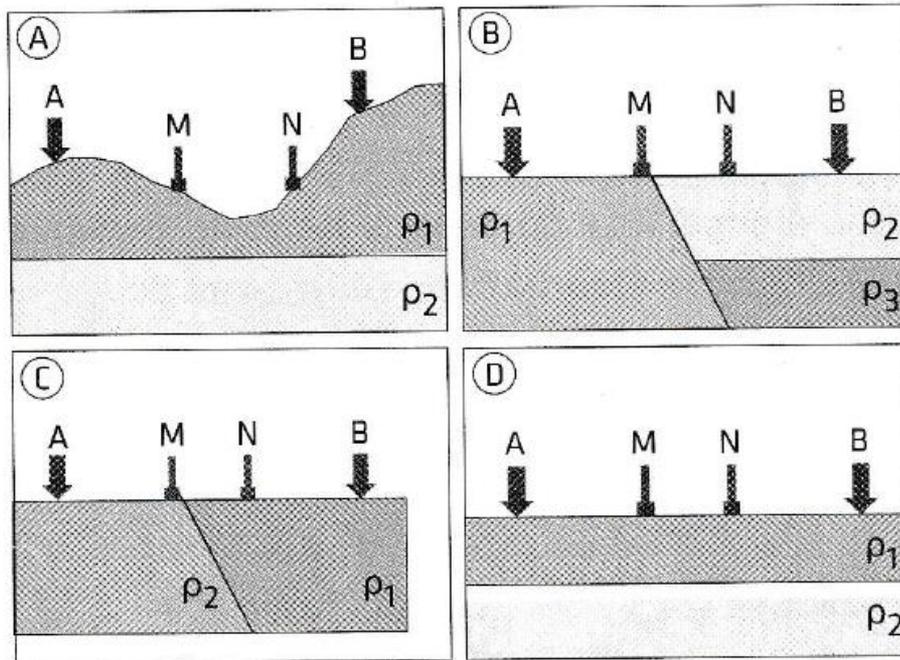


PREMISSAS DA SEV

Subsolo com camadas litologicamente homogêneas, horizontais e relevo plano.

Difícil, não?!

Dai o erro previsto na metodologia.



Possibilidades de subsolo na execução de uma SEV. O modelo D é o ideal. Braga, 2016

João Batista M.de Andrade, 2022.

Realização:



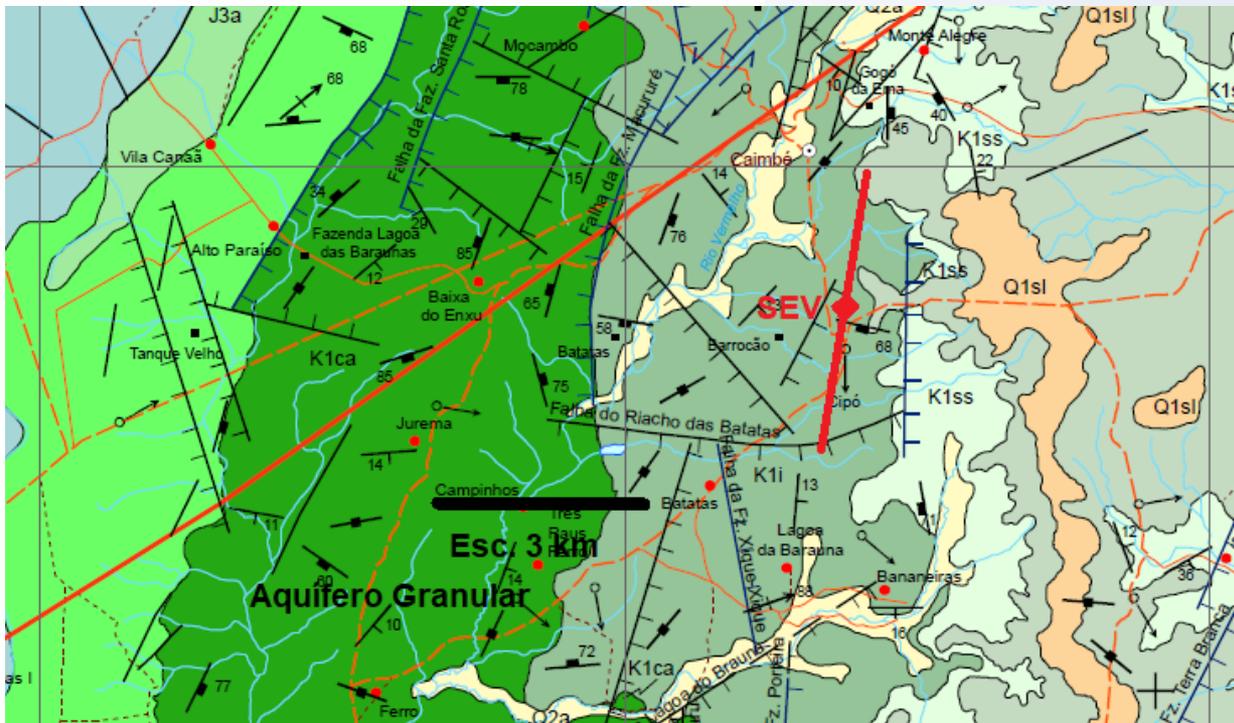
Apoio:



DIREÇÃO DA LINHA DA SEV

Paralelas à direção de acamamento da área, e com a mínima variação de topografia possível.

O aumento do espaçamento entre eletrodos permite o aprofundamento da pesquisa.



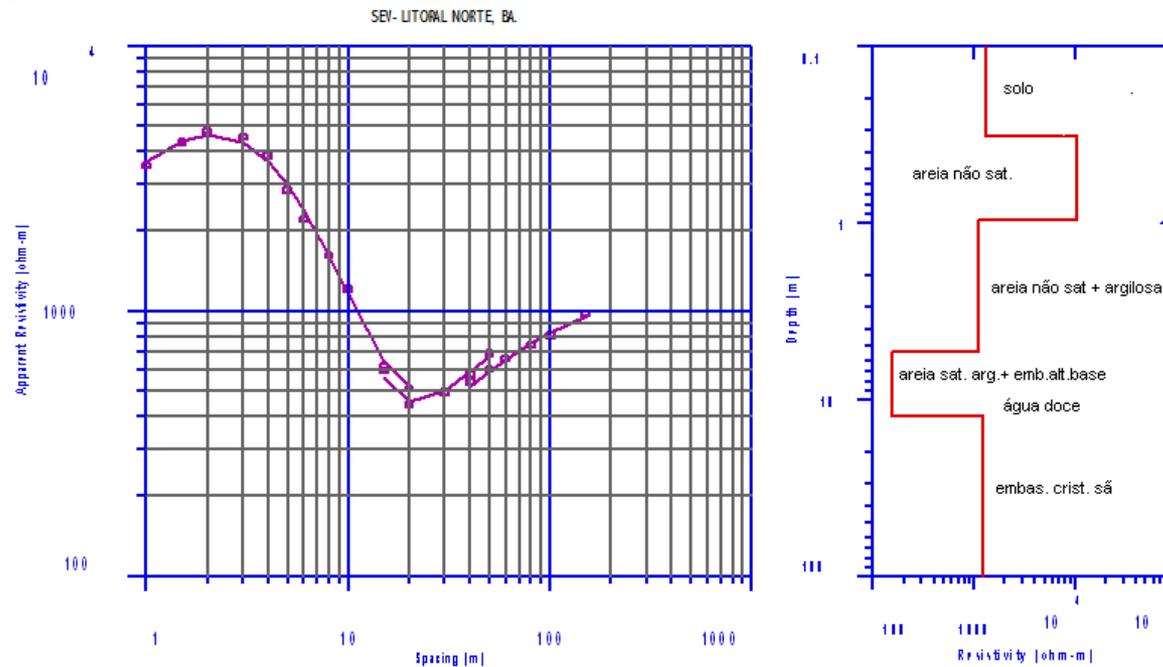
João Batista M.de Andrade, 2022.

Realização:



Apoio:





A SEV, por se tratar de uma sondagem vertical, tem sua maior aplicação na prospecção de água subterrânea em aquíferos granulares, por permitir uma análise estratigráfica da área, com delimitação de camadas, distinguindo as litologias arenosas das argilosas e, em parte das situações, a salinidade. No caso de cobertura sedimentar, a definição do topo do embasamento é um importante dado detectado pela SEV.

Segundo Braga, 2016, a profundidade de pesquisa no geral é de $AB/4$. Na prática, a presença de camadas altamente resistentes rasas ou presença predominante de argilas, joga essa profundidade para números menores, até $AB/10$.

Os softwares modernos já fornecem essas profundidades, mas a interpretação do geólogo ou geofísico pode ajustar esses dados para profundidades mais reais.,

João Batista M.de Andrade, 2022.

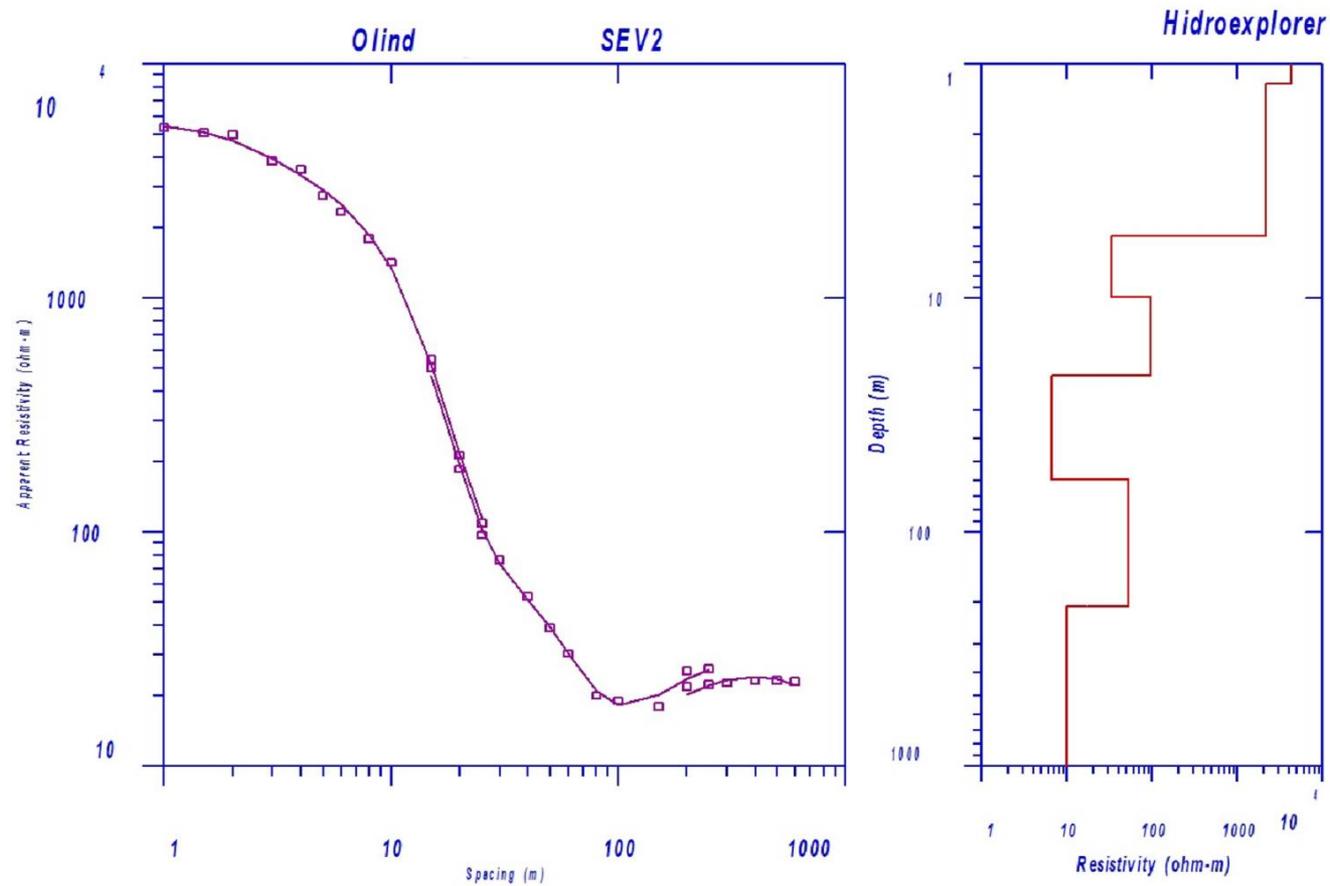
Realização:



Apoio:



SEV EM INTERCALAÇÕES (ARENITOS/FOLHELHOS): Fm. Marizal / São Sebastião, Bacia do Tucano Sul



João Batista M.de Andrade, 2022.

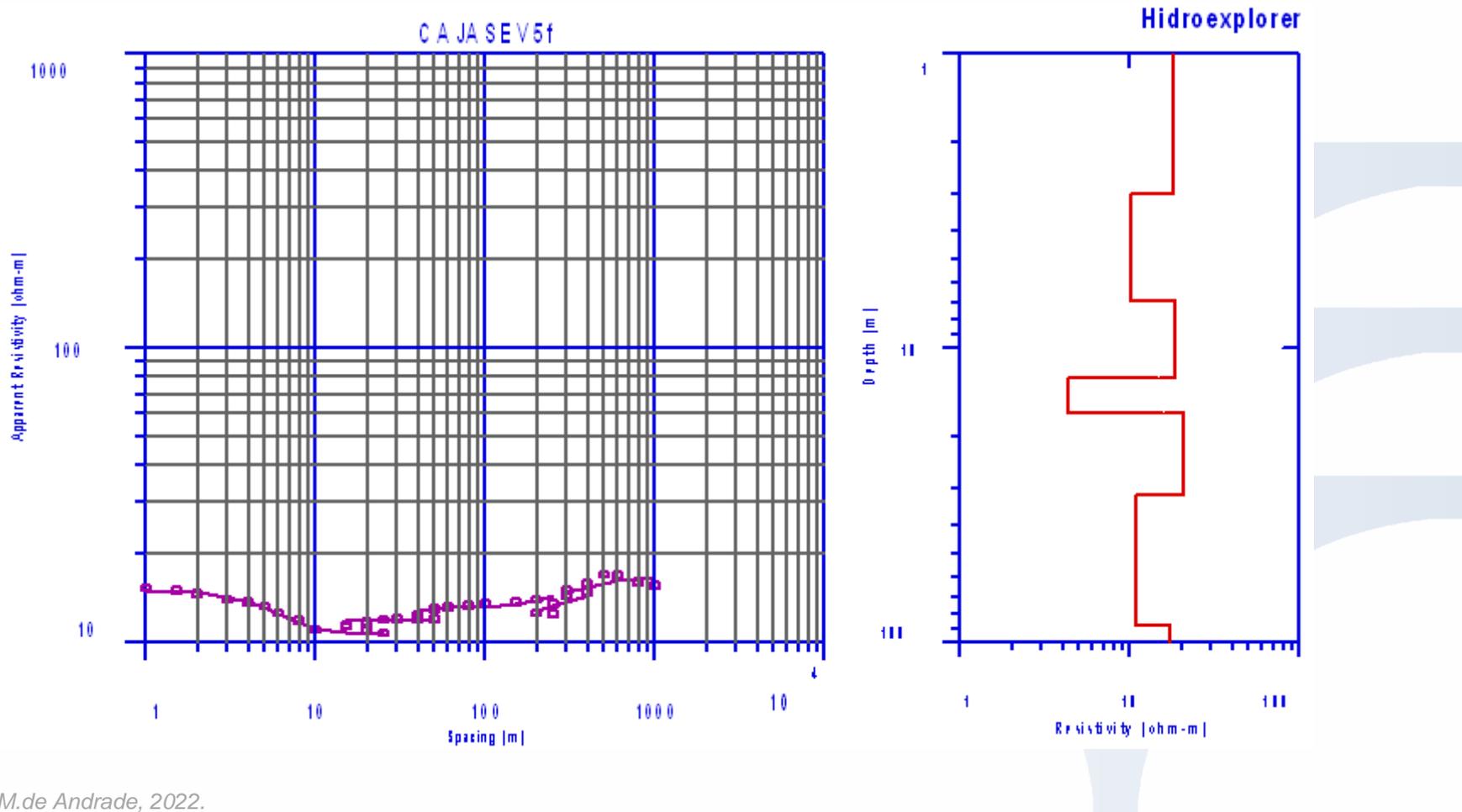
Realização:



Apoio:



SEV EM FORMAÇÃO ARGILOSA (FOLHELHOS): Fm Candeias, Bacia do Recôncavo Sul



João Batista M.de Andrade, 2022.

Realização:



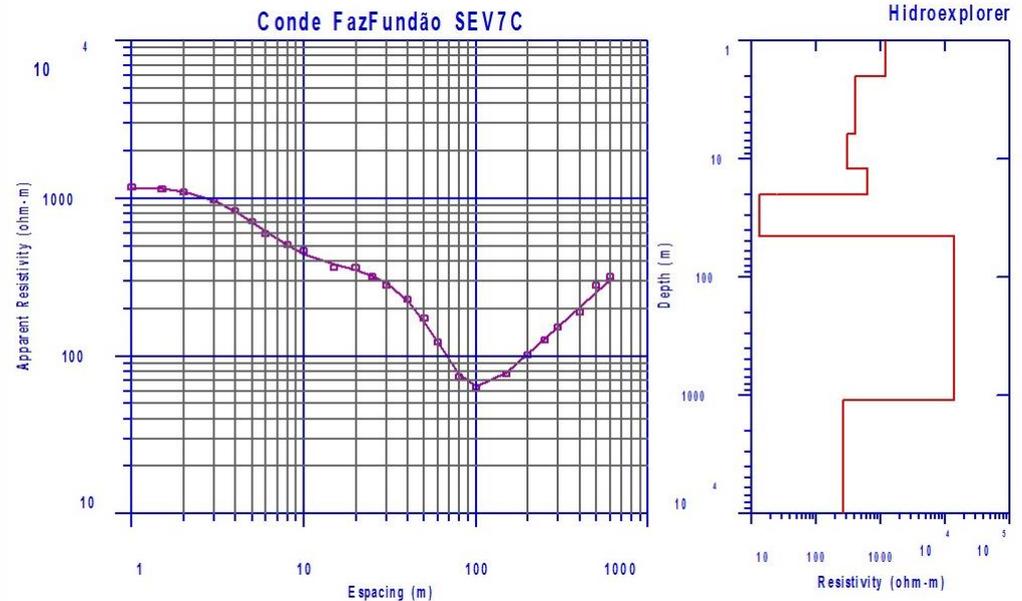
Apoio:



SEV SOBRE DEPÓSITOS LITORÂNEOS E GRUPO BARREIRAS, SOBREPOSTOS AO EMBASAMENTO CRISTALINO: LITORAL DE SÃO FRANCISCO DO CONDE

AB/2= 600m. Litologia: depósitos areno argilosos litorâneos, Fm Barreiras e Embasamento Cristalino

Predominância de areias na porção superior e argilas arenosas/argilas na porção inferior, sobre embasamento cristalino (ortognaisses) a 46m



SEV 2 - Camada	Resist.(ohm.m)	Espessura(m)	Profundidade (m)
1	1194	2,01	2,01
2	408	4,25	6,27
3	314	6,17	12,44
4	599	8,11	20,56
5	14	25,83	46,39
6	12855

João Batista M.de Andrade, 2022.

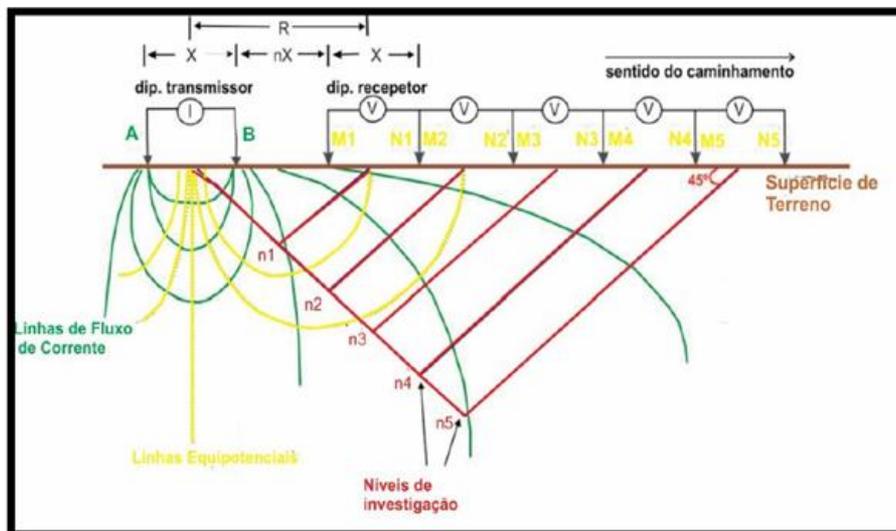
Realização:



Apoio:



O ARRANJO DIPOLO-DIPOLO



Esquema da aquisição utilizando o arranjo D-D com cinco níveis de investigação em profundidade (Gandolfo, 2007).

O Dipolo-Dipolo apresenta maior aplicação na prospecção de aquíferos fraturados e/ou cársticos. Ao invés de uma sondagem elétrica pontual vertical, permite a leitura de dezenas de pontos de resistividades em diferentes níveis, como se fossem múltiplas SEVs, formando uma pseudo-seção de resistividades aparentes com anomalias indicativas de zonas fraturadas e/ou carstificadas, quando existentes.

A maioria dos autores considera como profundidade de pesquisa a do arranjo dividido por 2. Ou seja, em uma pesquisa de 6 níveis com espaçamento de 30m, a pesquisa alcançaria em torno de 90m. Os softwares mais modernos já fornecem essas profundidades, mas a acurácia do interpretador poderá fazer ajustes de acordo a litologia pesquisada.

João Batista M.de Andrade, 2022.

Realização:



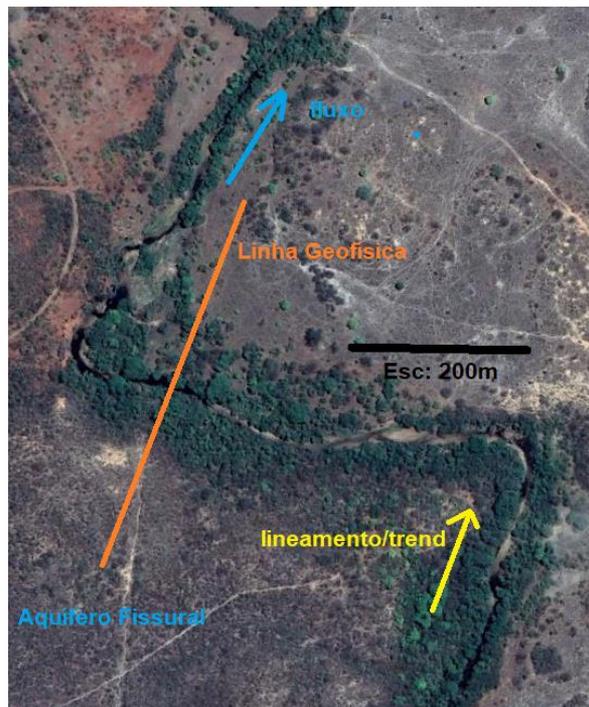
Apoio:



DIREÇÃO DA LINHA DA SEÇÃO GEOELÉTRICA DIPOLO-DIPOLO

Transversal às estruturas geológicas que se quer pesquisar: falhas, fraturas, veios, diques, dolinas...

Maior espaçamento entre eletrodos e/ou maior números de níveis a serem pesquisados = maior profundidade de pesquisa.



João Batista M.de Andrade, 2022.

Realização:



Apoio:



PLANILHA DE CAMPO PARA DIPOLO-DIPOLO

CAMINHAMENTO DE ELETRORESISTIVIDADE - DIPOLO-DIPOLO											
Município:											
Localidade:											
Cliente:											
Operador:								Data:			
Geólogo/Geofísico responsável:								CREA No.:			
Equipamento utilizado:								Potência:			
Direção do Caminhamento:						Nº. do Perfil:					
Espaçamento utilizado (m):		30				Nº. de Níveis:		6			
Nº	Eletrodos de Corrente		Eletrodos de Potência		Potencial Espontâneo	Diferença de Potencial	Corrente Aplicada	Arranjo Valor	Resistividade Aparente	Níveis	Observação
	A	B	M	N	SP	VP	I	do K	Rho	n	
	T x 1	T x 2	R x 1	R x 2	(mVolt)	(mVolt)	(mAmp)	K	(ohm.m)		
1	0	30	60	90				565		1	
			90	120				2.261		2	
			120	150				5.652		3	
			150	180				11.304		4	
			180	210				19.782		5	
			210	240				31.651		6	
2	30	60	90	120				565		1	
			120	150				2.261		2	
			150	180				5.652		3	
			180	210				11.304		4	
			210	240				19.782		5	
			240	270				31.651		6	
3	60	90	120	150				565		1	
			150	180				2.261		2	
			180	210				5.652		3	
			210	240				11.304		4	

Página 1

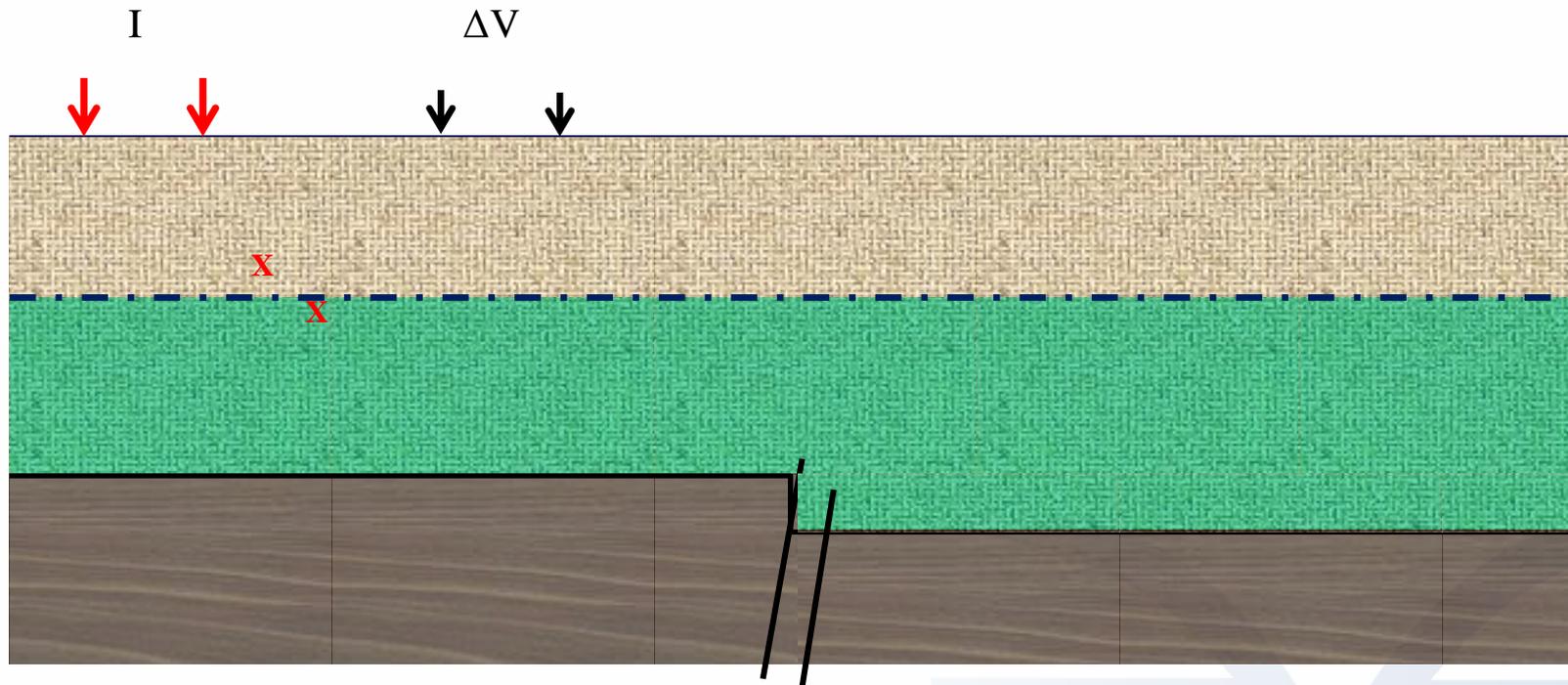
João Batista M.de Andrade, 2022.

Realização:



Apoio:





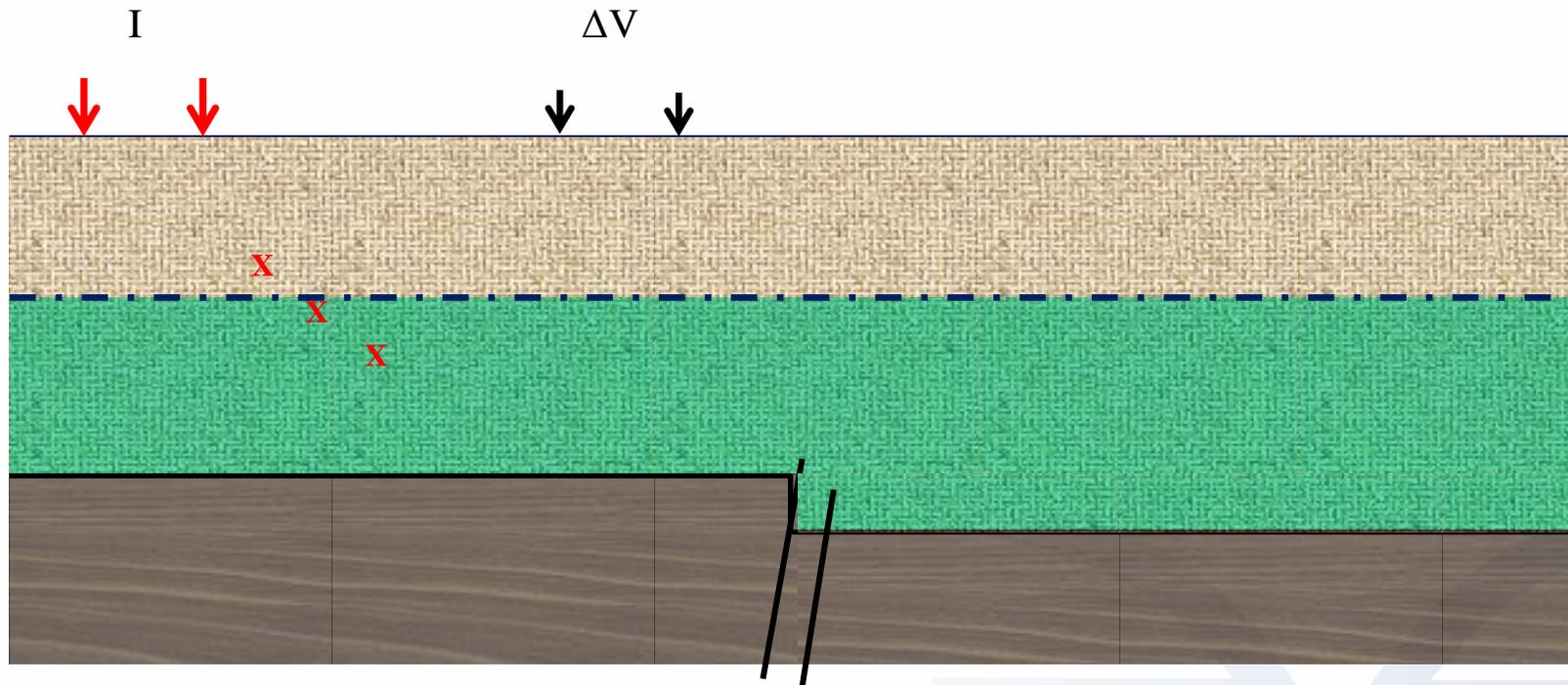
Porciúncula, 2017.

Realização:



Apoio:





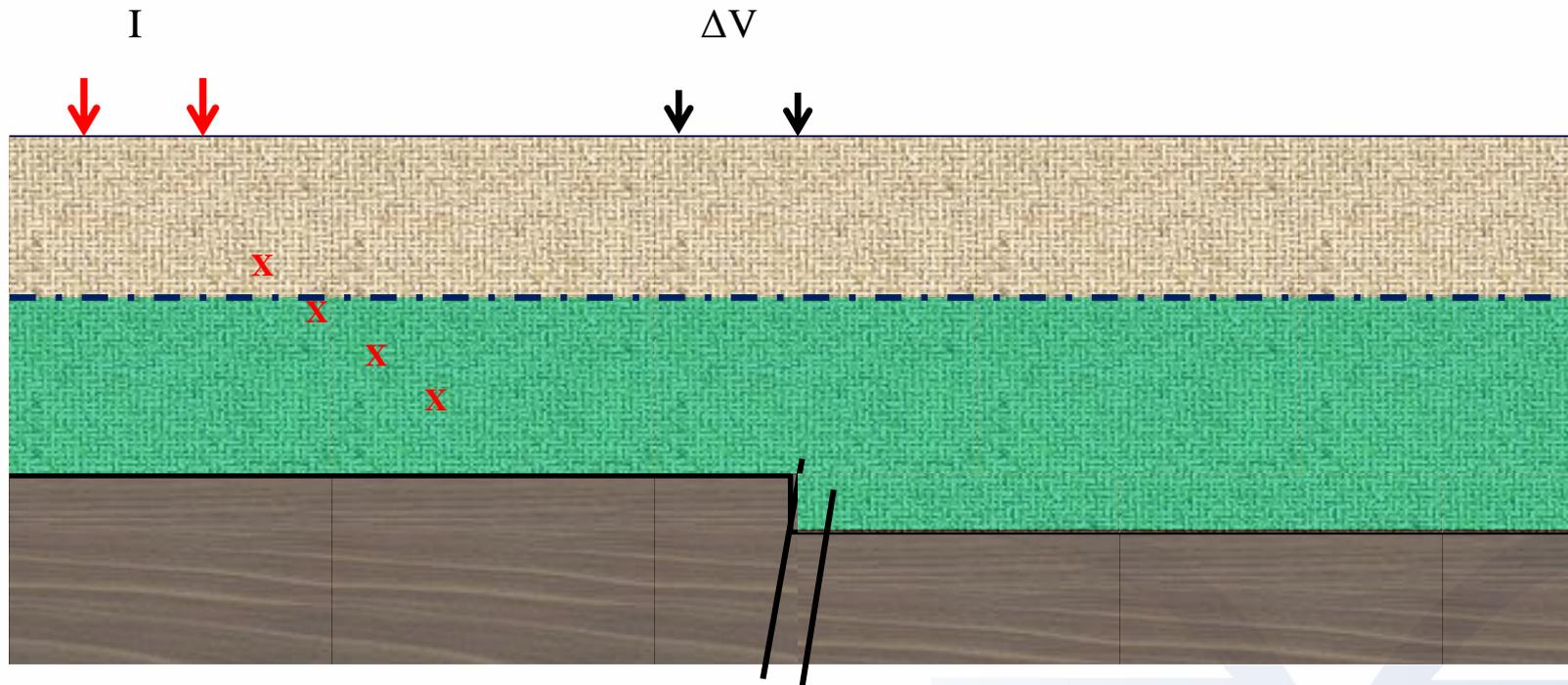
Porciúncula, 2017.

Realização:



Apoio:





Porciúncula, 2017.

Realização:



ASSOCIAÇÃO BAIANA DE GEÓLOGOS

Apoio:

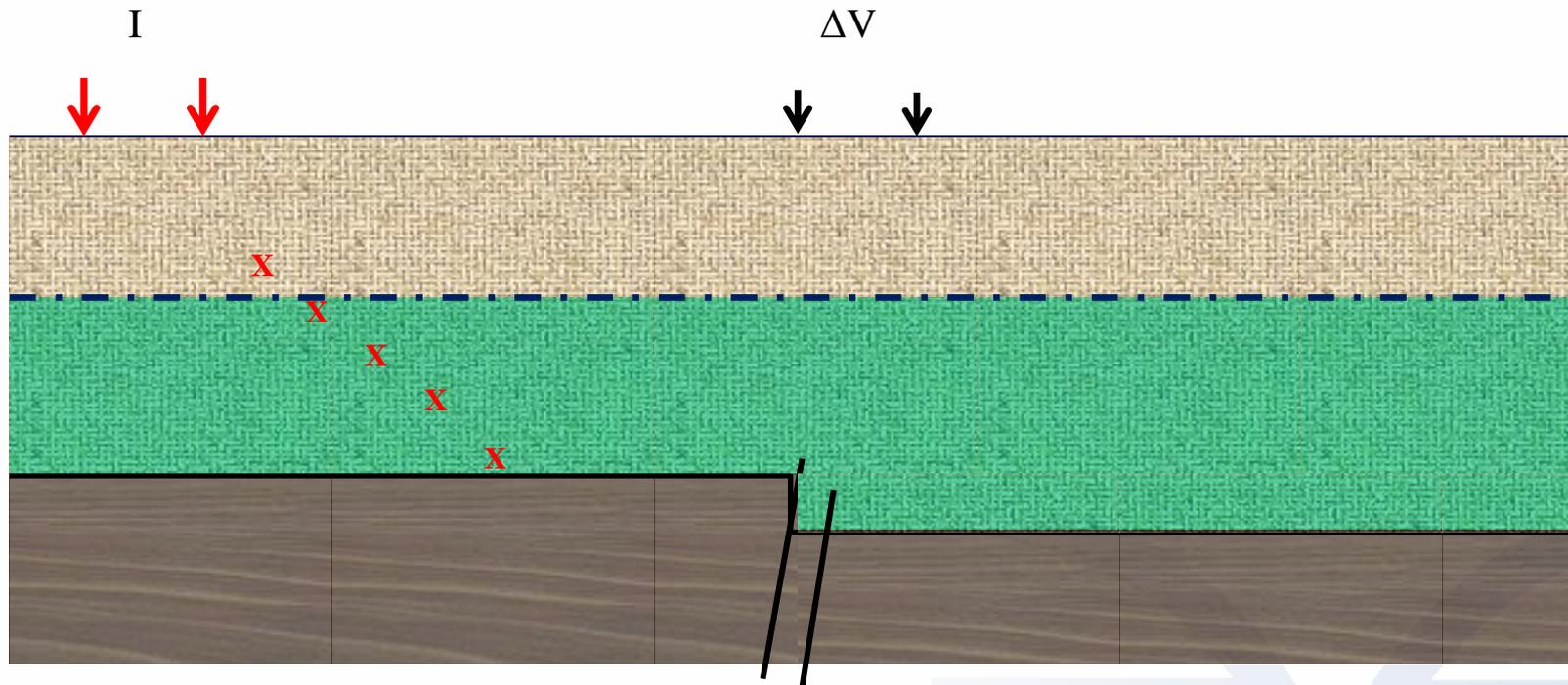


CREA-BA
Conselho Regional de Engenharia e Agronomia da Bahia



HIDRO EXPLORER
Hidrogeologia e Meio Ambiente





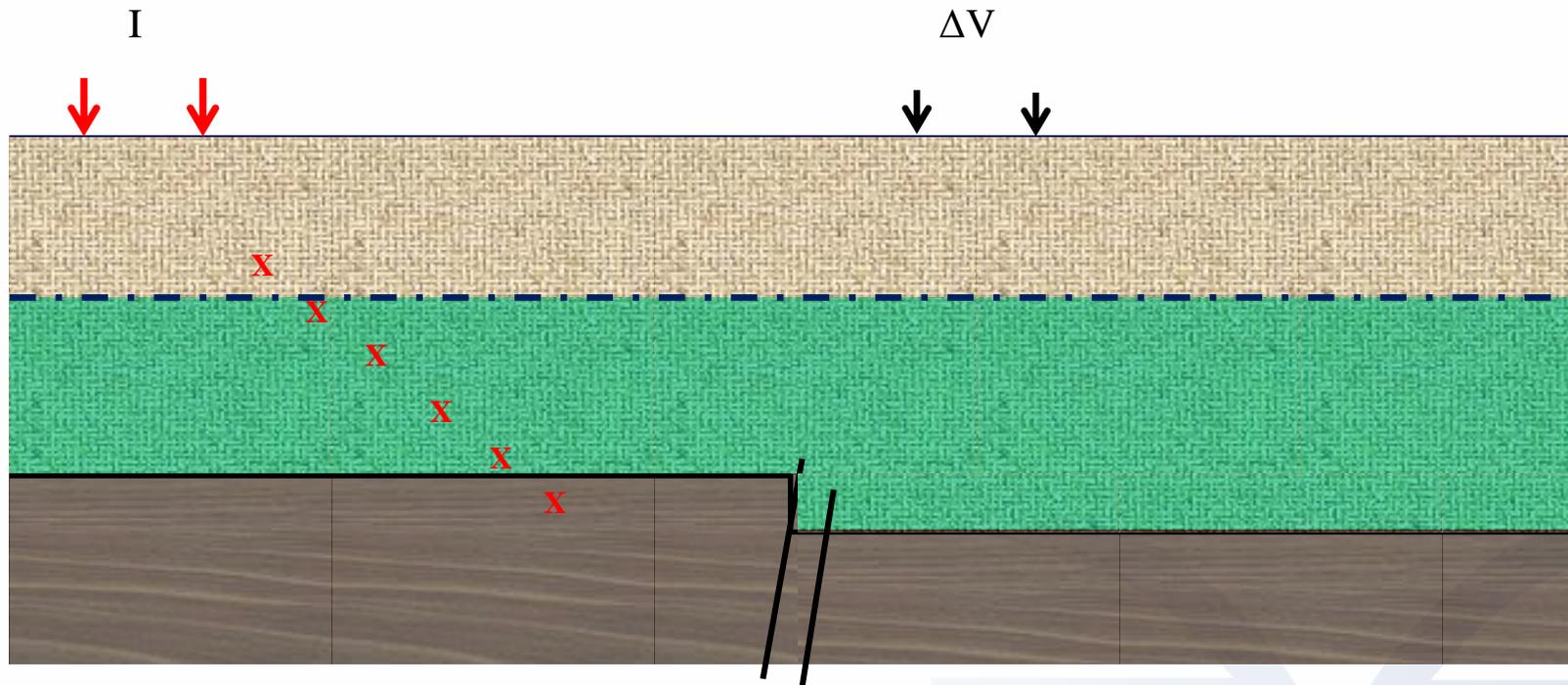
Porciúncula, 2017.

Realização:



Apoio:





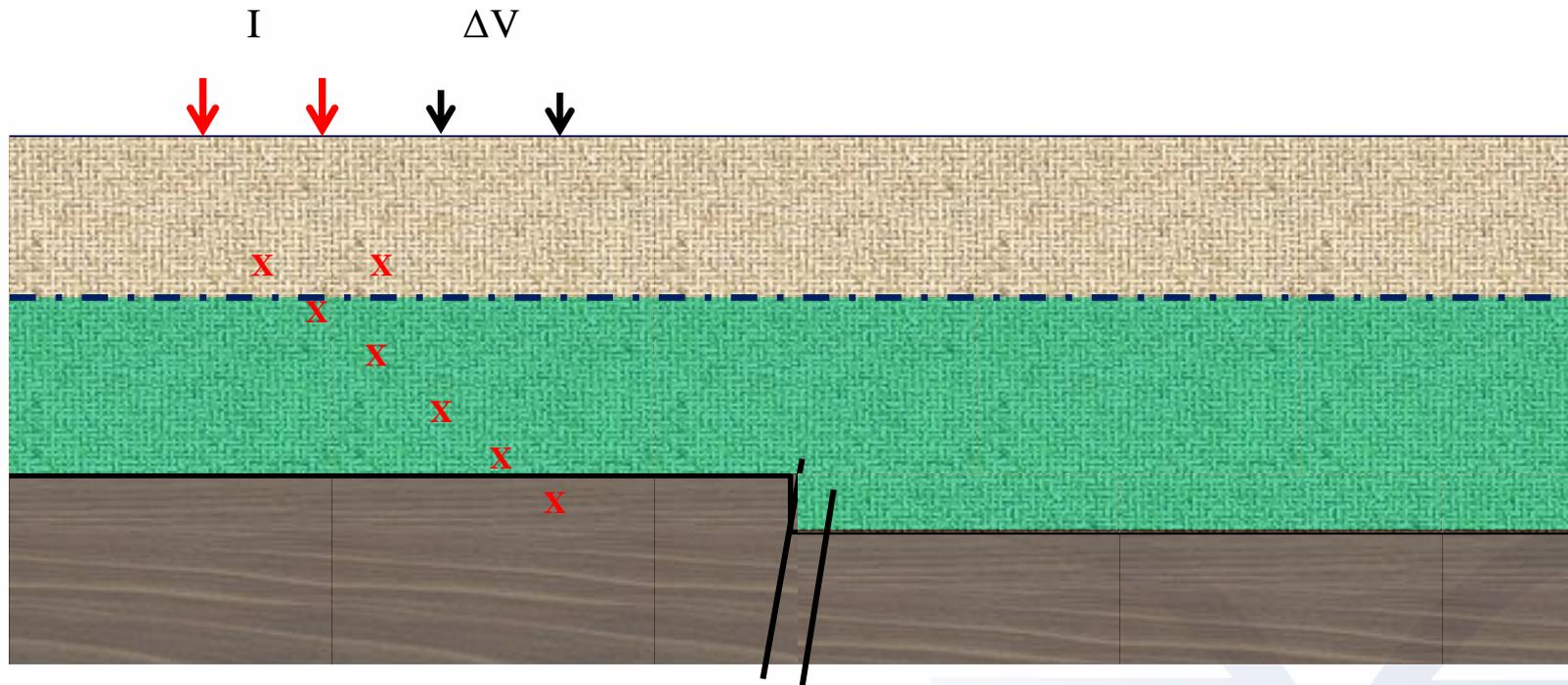
Porciúncula, 2017.

Realização:



Apoio:





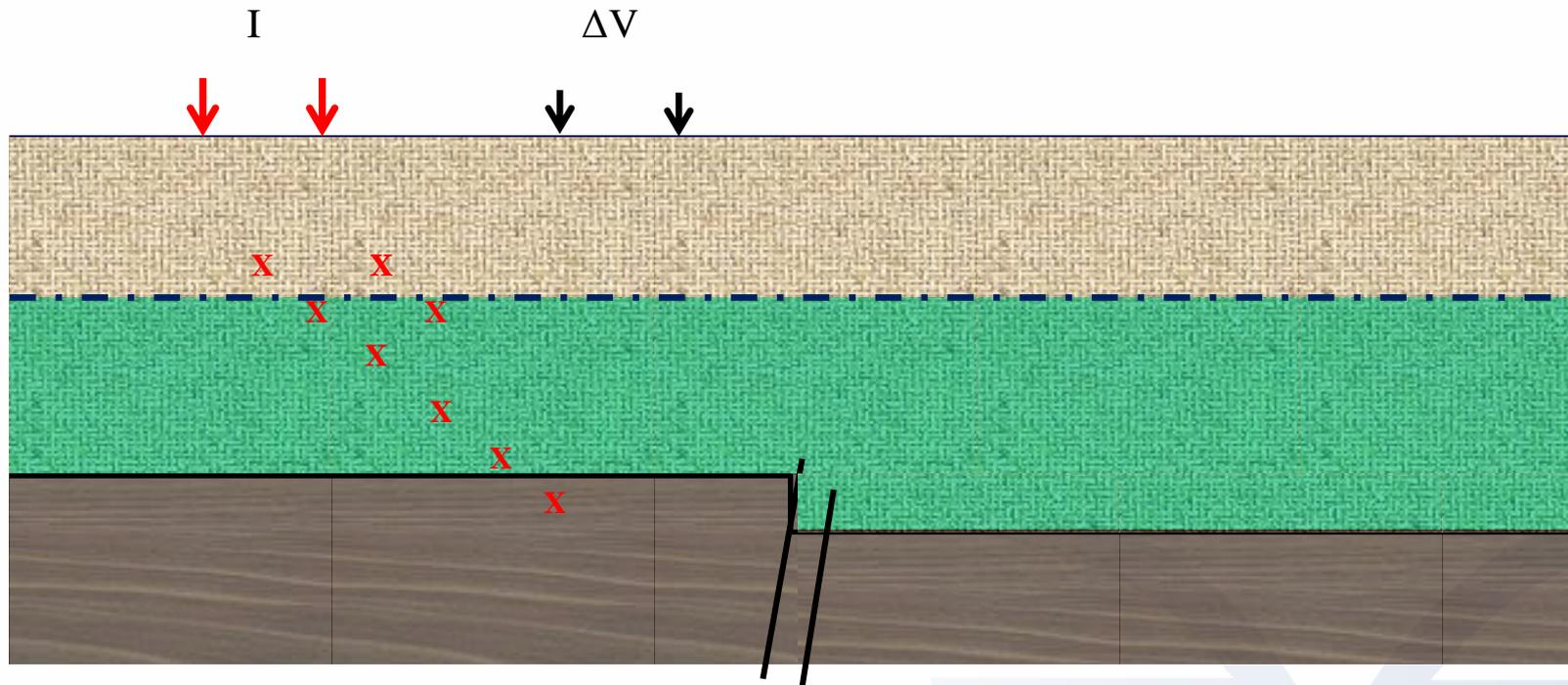
Porciúncula, 2017.

Realização:



Apoio:





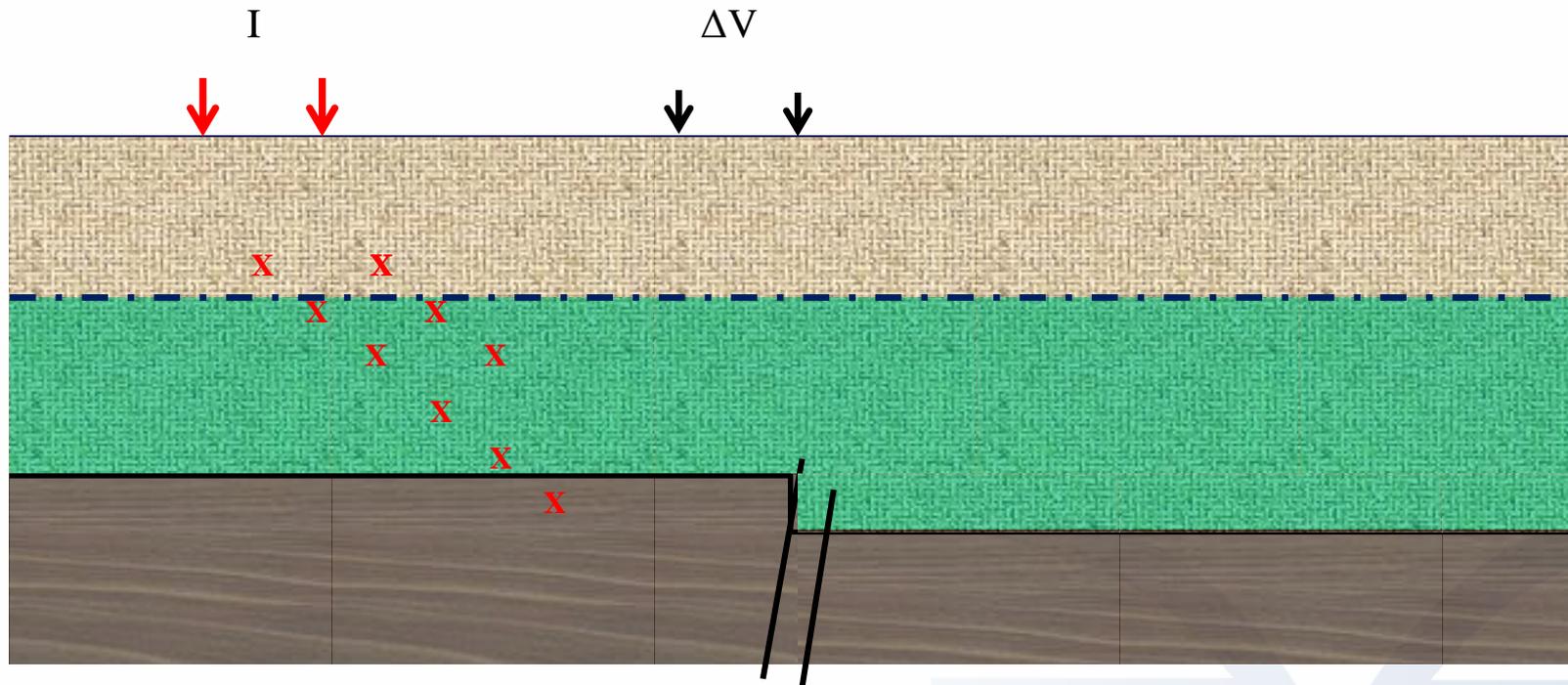
Porciúncula, 2017.

Realização:



Apoio:





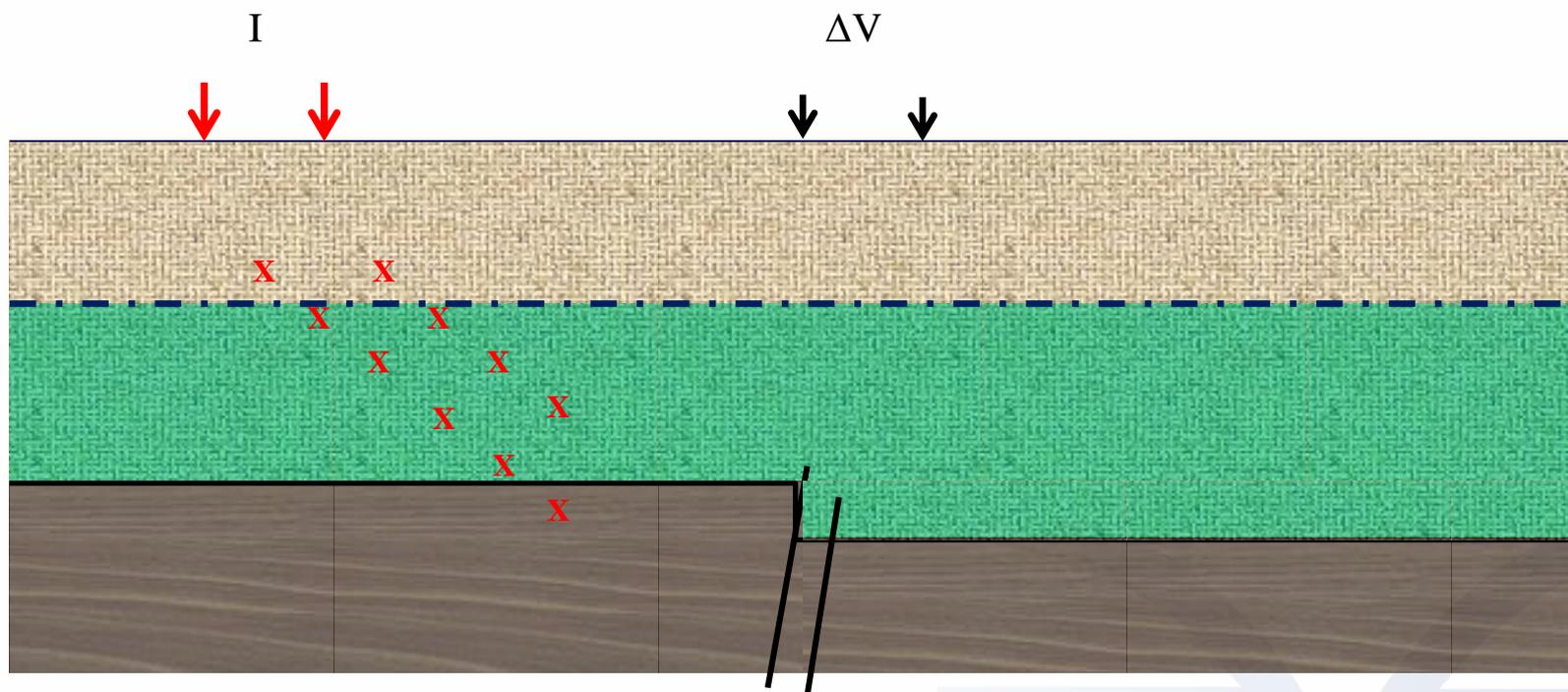
Porciúncula, 2017.

Realização:



Apoio:





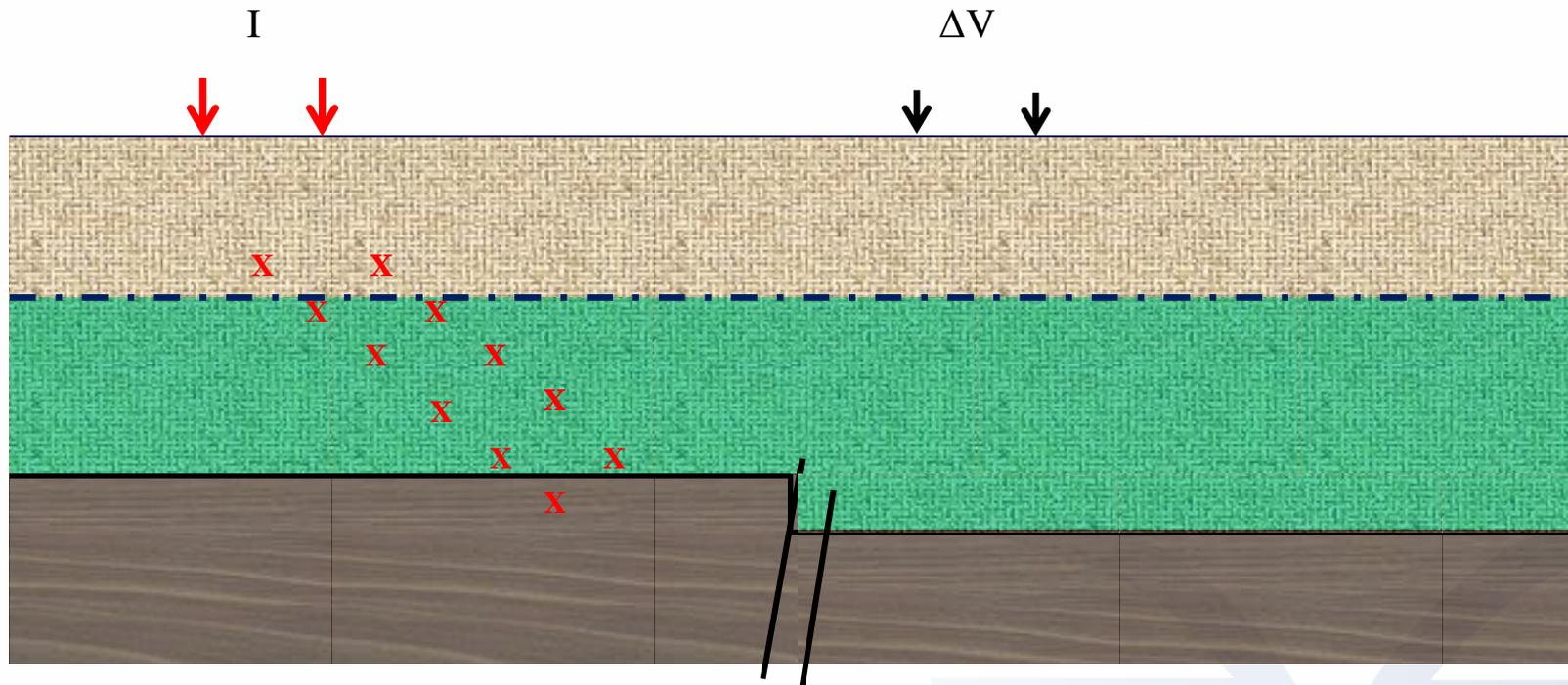
Porciúncula, 2017.

Realização:



Apoio:





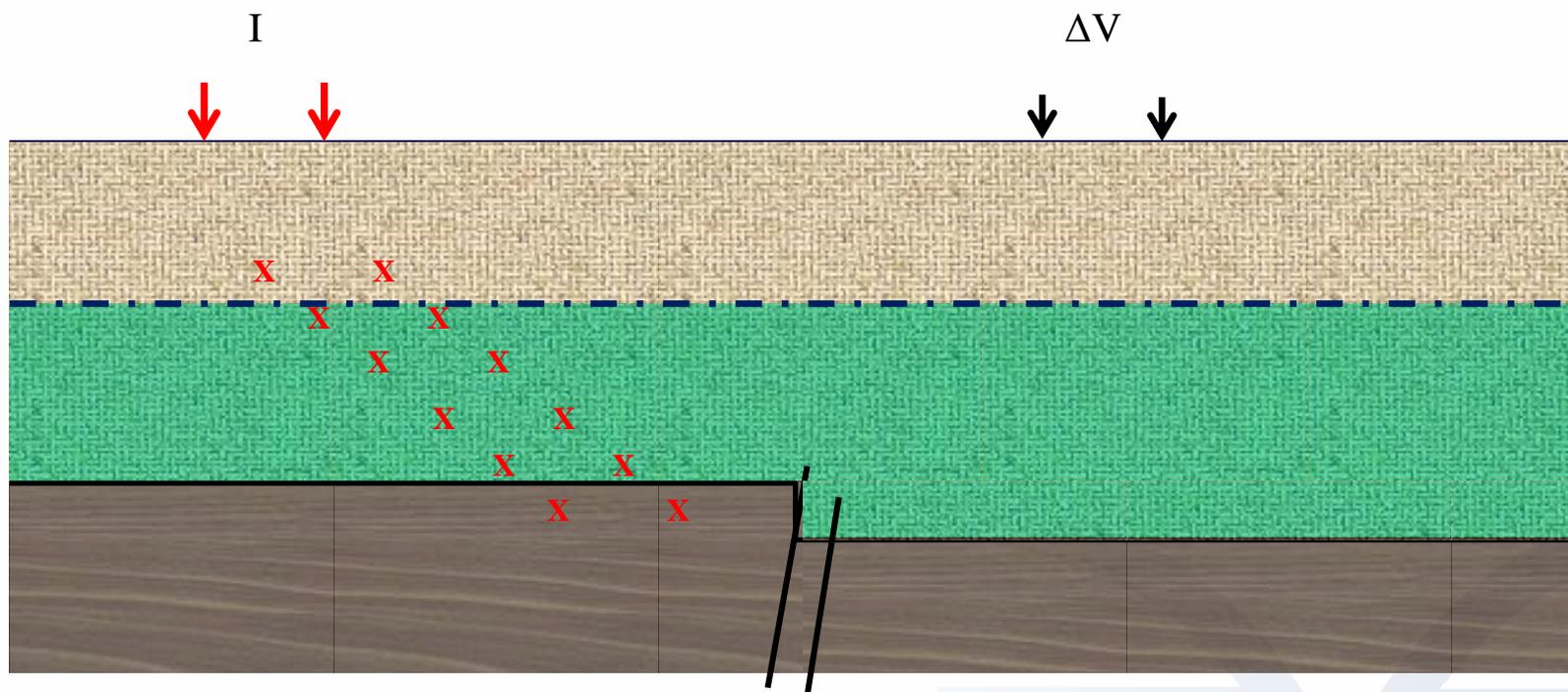
Porciúncula, 2017.

Realização:



Apoio:





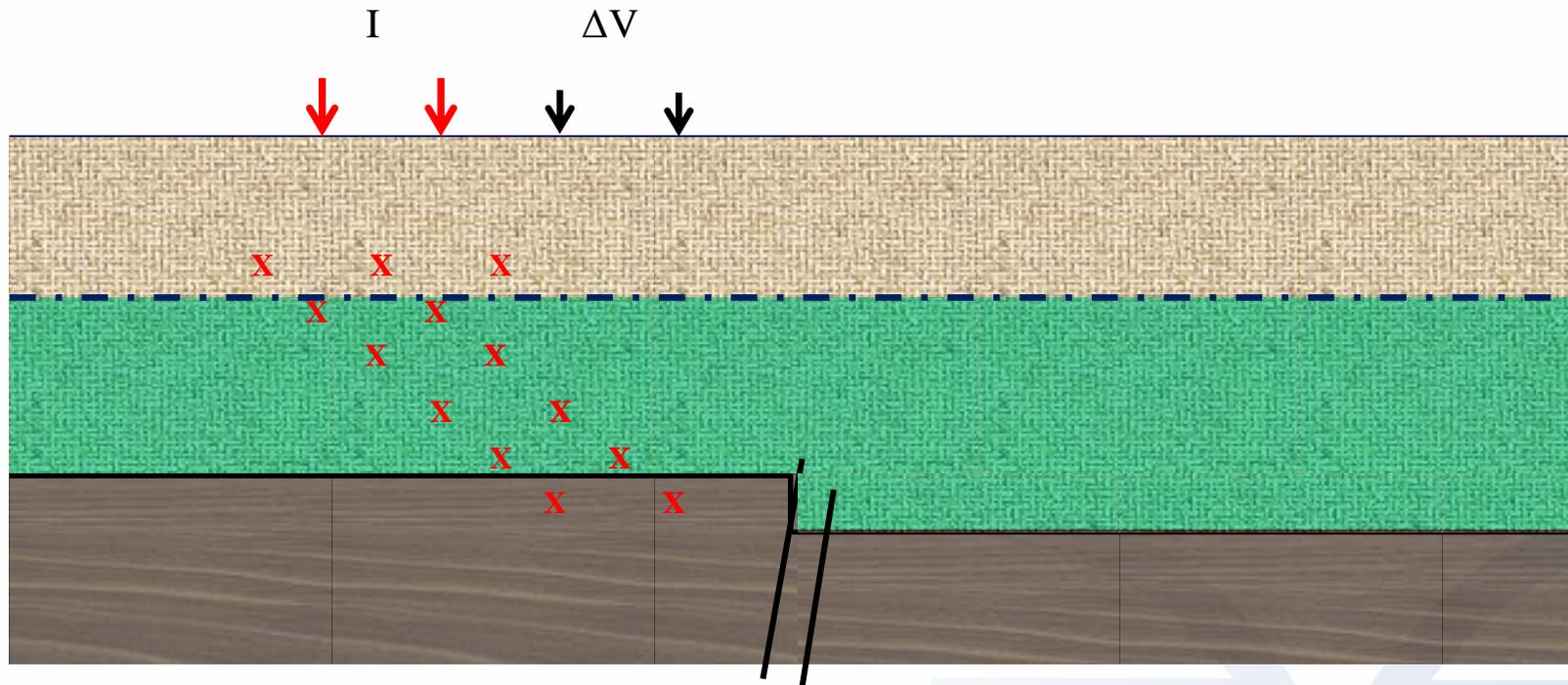
Porciúncula, 2017.

Realização:



Apoio:





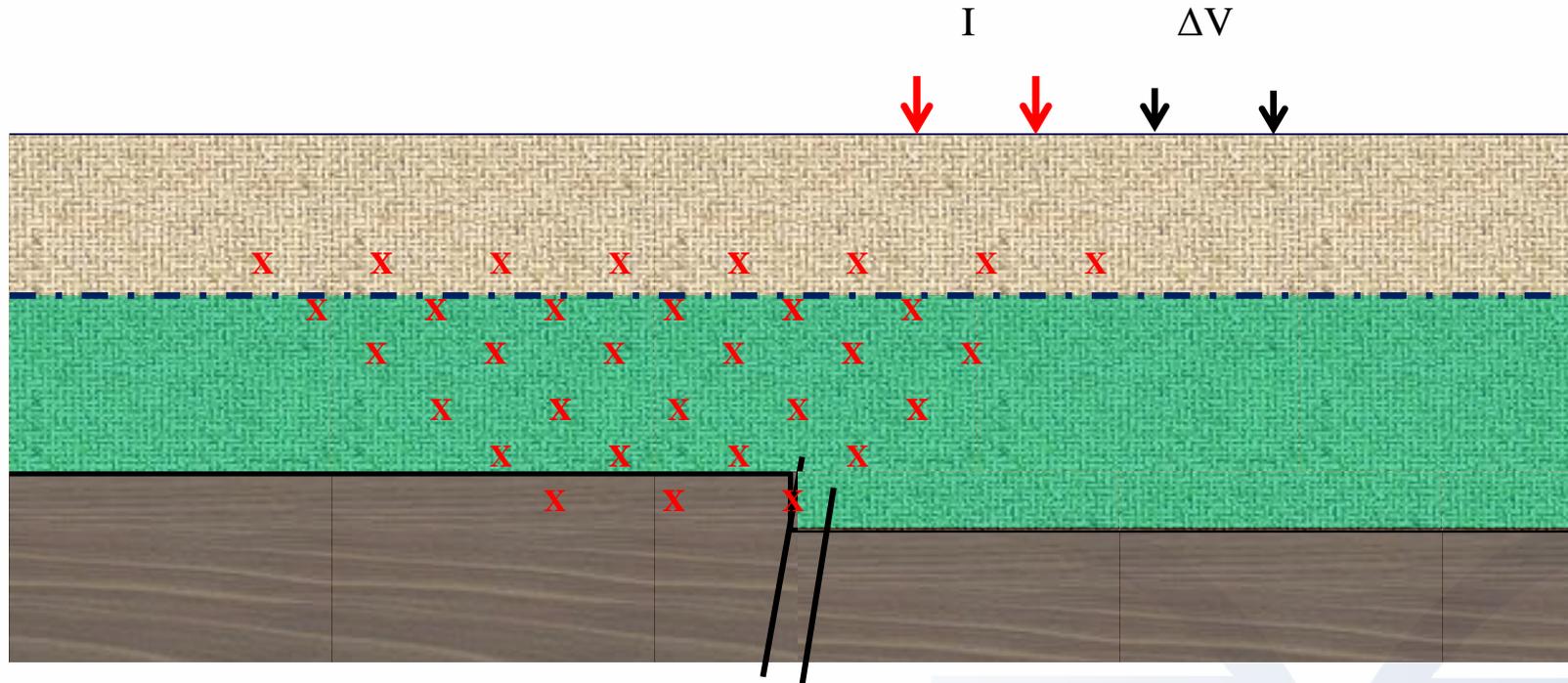
Porciúncula, 2017.

Realização:



Apoio:





Porciúncula, 2017.

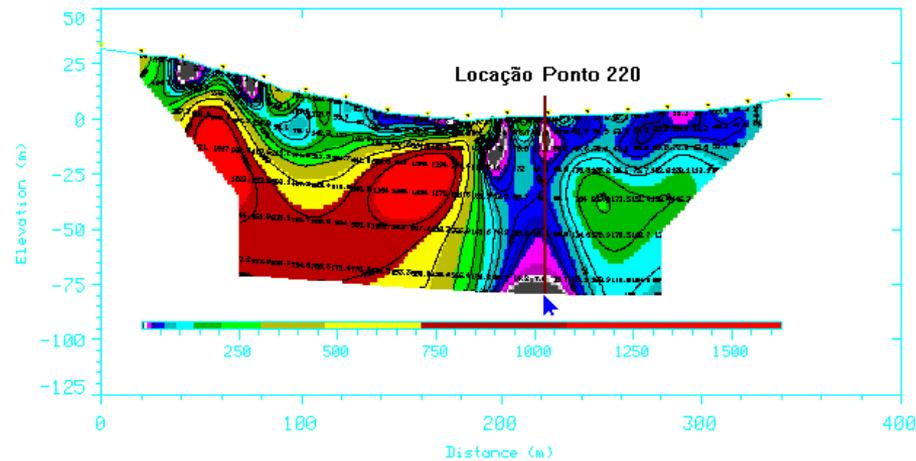
Realização:



Apoio:



SEÇÃO GEOELÉTRICA BIDIMENSIONAL, MULTINÍVEL, ARRANJO DIPOLO-DIPOLO: ESTUDOS DE CASOS



João Batista M.de Andrade, 2022.

Realização:



ASSOCIAÇÃO BAIANA DE GEÓLOGOS

Apoio:



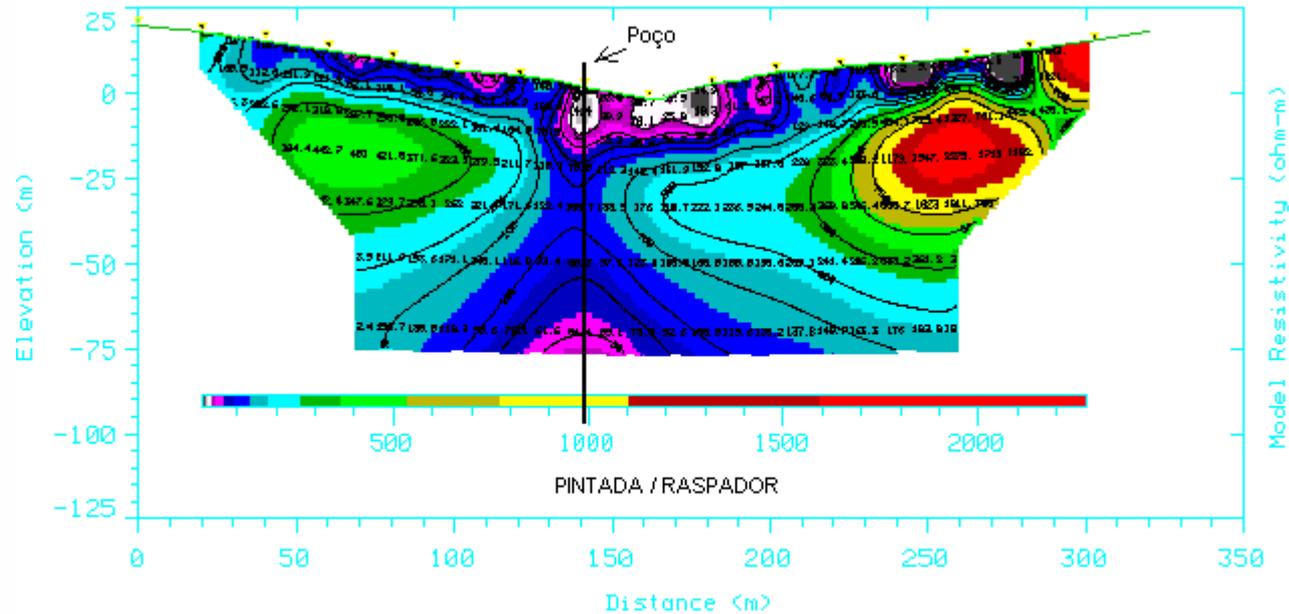
CREA-BA
Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia da Bahia



HIDROEXPLORER
Hidrogeologia e Meio Ambiente



APLICANDO GEOFÍSICA...



Seção resistividade dipolo-dipolo em zona fraturada aquífera do embasamento cristalino, prof. 100m, vazão 37,70 m³/h. Pintada, Bahia.

João Batista M.de Andrade, 2022.

Realização:



ASSOCIAÇÃO BAIANA DE GEÓLOGOS

Apoio:



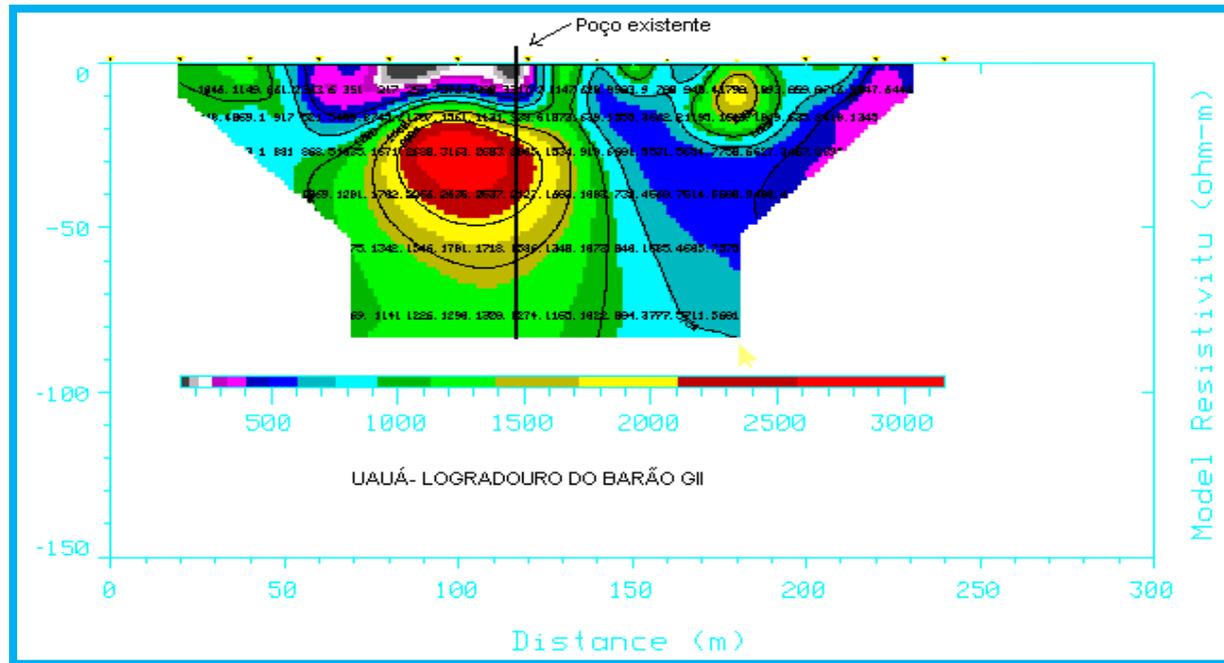
CREA-BA
Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia da Bahia



HIDROEXPLORER
Hidrogeologia e Meio Ambiente



SE TIVESSE APLICADO GEOFÍSICA...



Poço profundidade 90m, seco, na localidade de Logradouro de Baixo GII, Uauá. Posteriormente, com a seção geofísica, observou-se que a locação foi efetuada em zona de mais alta resistividade

João Batista M.de Andrade, 2022.

Realização:



ASSOCIAÇÃO BAIANA DE GEÓLOGOS

Apoio:



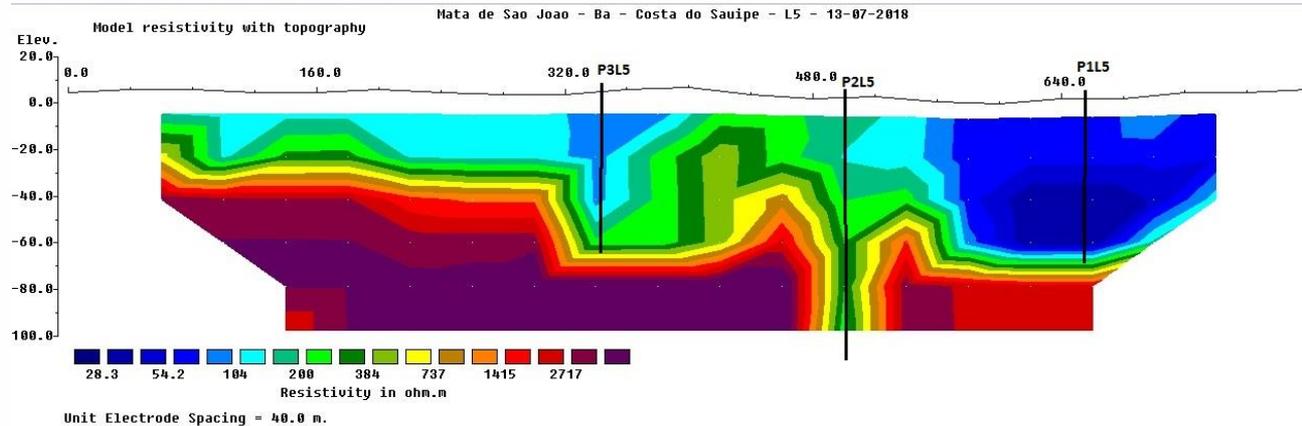
CREA-BA
Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia da Bahia



HIDROEXPLORER
Hidrogeologia e Meio Ambiente



APLICANDO A ELETORRESSITIVIDADE



Secção geolétrica em sedimentos costeiros assentados sobre rochas do embasamento cristalino, no litoral norte da Bahia: os principais aquíferos são os granulares dos paleovales, com vazões de até 36 m³/h. Os aquíferos fissurais geralmente são inferiores a esses.

João Batista M.de Andrade, 2022.

Realização:



ASSOCIAÇÃO BAIANA DE GEÓLOGOS

Apoio:



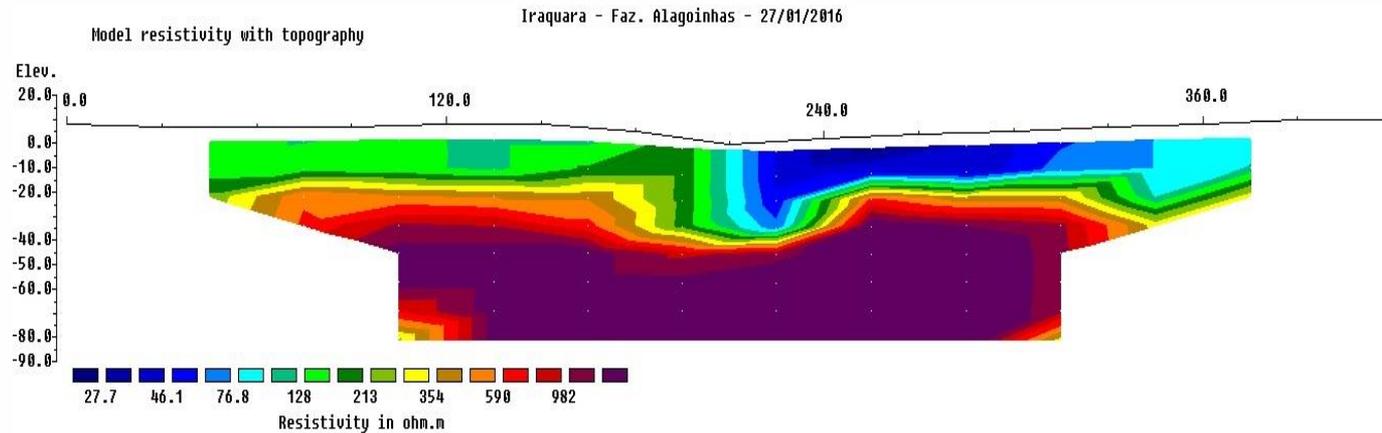
CREA-BA
Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia da Bahia



HIDRO EXPLORER
Hidrogeologia e Meio Ambiente



PROSPECÇÃO NEGATIVA : CALCÁRIO ,EM IRAQUARA, BAHIA



Recomendado não perfuração de poço ao longo do perfil.

João Batista M.de Andrade, 2022.

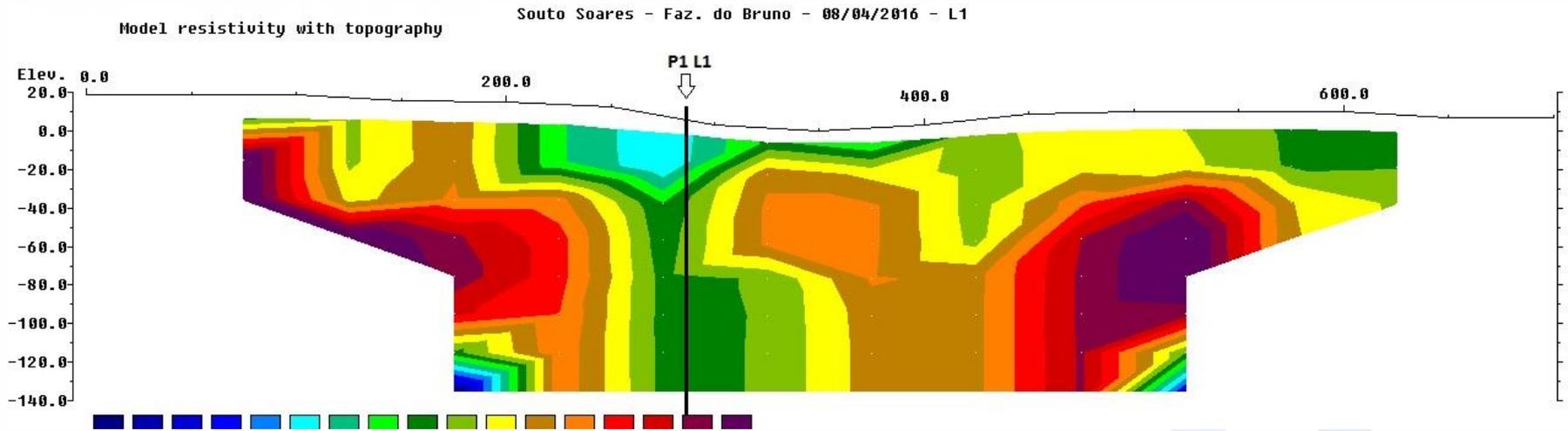
Realização:



Apoio:



PROSPECÇÃO POSITIVA: CALCÁRIO, EM IRAQUARA, BAHIA



Perfurado, 184m, vazão 48 m³/h.

João Batista M.de Andrade, 2022.

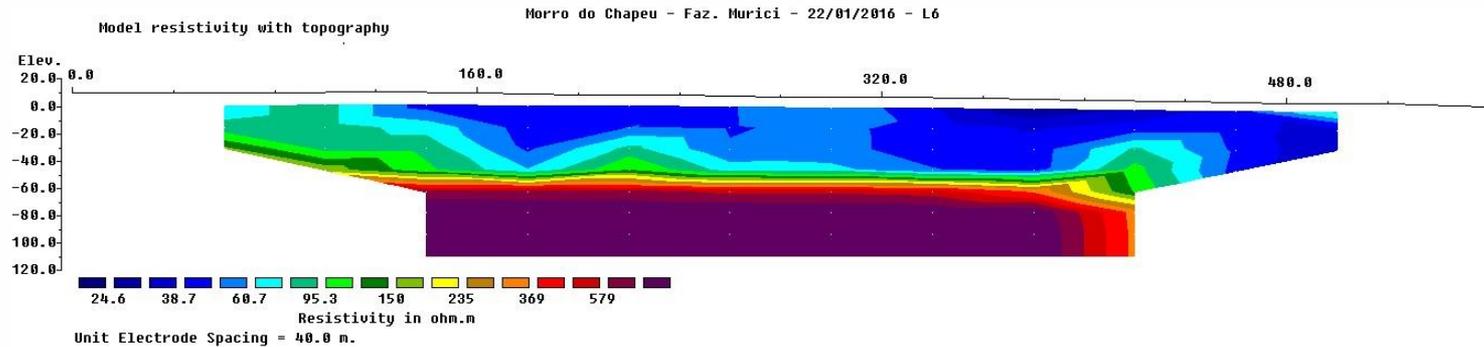
Realização:



Apoio:



UMA PROSPECÇÃO NEGATIVA : FM. CABOCLO, MORRO DO CHAPÉU, BAHIA



Recomendado não perfuração de poço ao longo do perfil.

João Batista M.de Andrade, 2022.

Realização:



ASSOCIAÇÃO BAIANA DE GEÓLOGOS

Apoio:



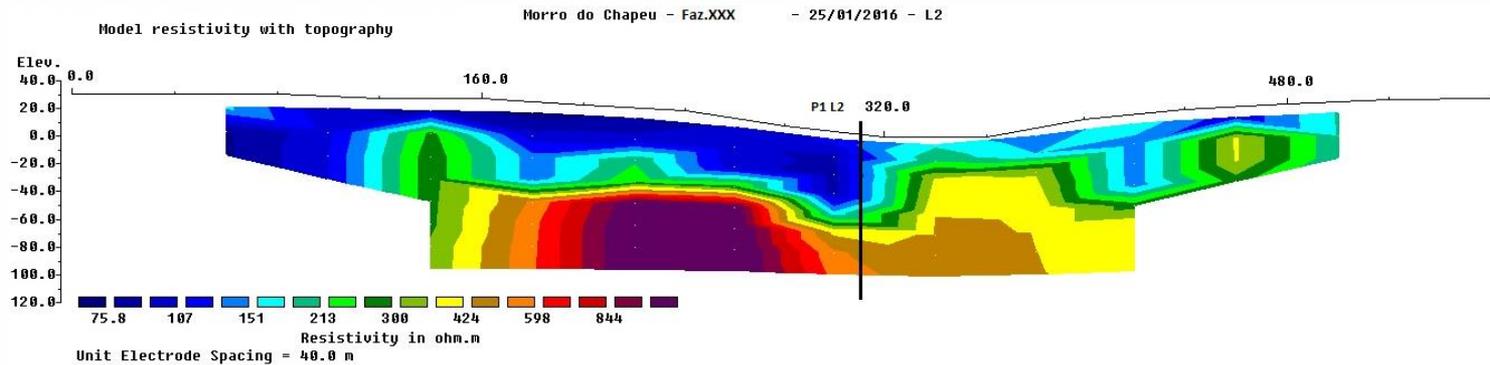
CREA-BA
Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia da Bahia



HIDROEXPLORER
Hidrogeologia e Meio Ambiente



UMA PROSPECÇÃO POSITIVA : FM. CABOCLO, MORRO DO CHAPÉU, BAHIA



Perfurado, 180m, vazão 13,20 m³/h.

João Batista M.de Andrade, 2022.

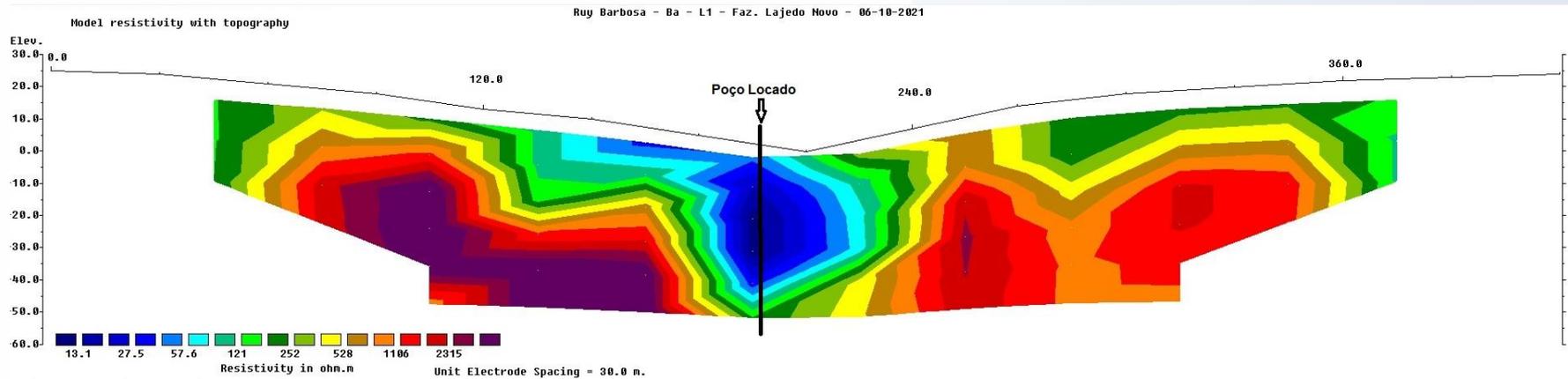
Realização:



Apoio:



PROSPECÇÃO POSITIVA: EMBASAMENTO CRISTALINO, RUI BARBOSA, BAHIA



João Batista M.de Andrade, 2022.

Realização:



ASSOCIAÇÃO BAIANA DE GEÓLOGOS

Apoio:



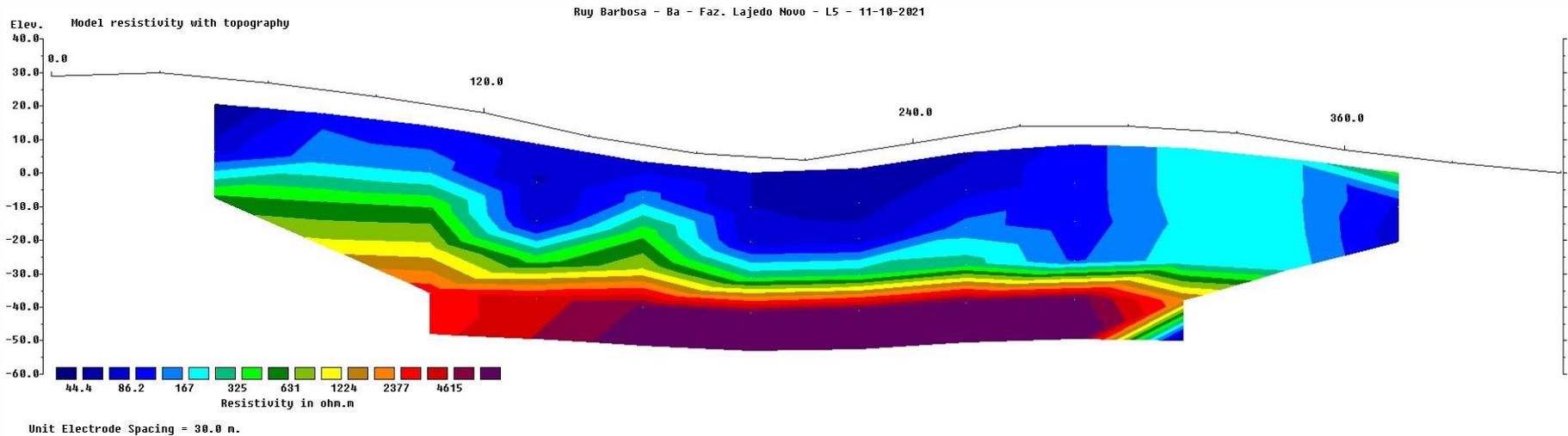
CREA-BA
Conselho Regional de Engenharia e Agronomia da Bahia



HIDROEXPLORER
Hidrogeologia e Meio Ambiente



UMA PROSPECÇÃO NEGATIVA : EMBASAMENTO CRISTALINO, RUI BARBOSA, BAHIA



Recomendado não perfuração de poço ao longo do perfil.

João Batista M.de Andrade, 2022.

Realização:



ASSOCIAÇÃO BAIANA DE GEÓLOGOS

Apoio:



CREA-BA
Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia da Bahia



HIDROEXPLORER
Hidrogeologia e Meio Ambiente



FATORES QUE PODEM GERAR ERROS NA INTERPRETAÇÃO GEOFÍSICA

FATORES NATURAIS

- Fraturas preenchidas com argila;
- Níveis xistosos;
- Umidade em subsuperfície rasa;
- Grande espessura de cobertura argilosa;
- Relatividade das resistividades.

FATORES NÃO NATURAIS

- Presença de interferência , a exemplo de linhas elétricas e metais em subsolo.
- Erros nos dados obtidos, sejam provocados pelo operador, pelo instrumento ou pelo pessoal auxiliar
- Traçados errôneos das linhas para obtenção da SEV ou da seção dipolo-dipolo.

LEMBRE-SE:

Na locação de um poço, o seu principal instrumento de pesquisa é o conhecimento hidrogeológico da área. A geofísica é um instrumento auxiliar.

João Batista M.de Andrade, 2022.

Realização:



ASSOCIAÇÃO BAIANA DE GEÓLOGOS

Apoio:



CREA-BA
Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia da Bahia



HIDROEXPLORER
Hidrogeologia e Meio Ambiente



OS ERROS ABS OU RMS DETECTADOS PELOS SOFTWARES

Erro RMS, da inversão padrão: procura minimizar a raiz quadrada do quadrado do desvio entre os dados observados e os modelados.

Erro ABS, da inversão robusta: procura minimizar o valor absoluto do desvio entre os dados observados e os modelados.

Fonte: Iris Instruments, 2020

Os erros ABS ou RMS acusados pelos softwares, refletem dados de resistividades levantados em campo, com pouca (erro baixo) ou muita (erro alto) diferença em relação ao modelo previsto. Portanto, refletem erros da equipe, do instrumento ou interferências externas (umidade em superfície, chuvas, linha de alta tensão, objetos metálicos enterrados...) ou também características naturais do subsolo: na modelagem do software não é esperada tanta variedade de valores extremos de resistividades, causada por exemplo pela presença de múltiplos níveis xistosos no embasamento, intercalações de sedimentos etc.

Aos menos avisados, esses erros não são indicativos do sucesso ou não de produção de água: tem haver exclusivamente com “coerência” geolétrica dos dados levantados em relação ao modelo. Obvio, que a tendência é de maior sucesso nos perfis/seções com erros baixos.

Portanto, o recomendável é trabalhar com erros baixos. Quando excessivamente altos, aconselhável repetir a SEV ou a Seção Geolétrica.

João Batista M.de Andrade, 2022.

Realização:



ASSOCIAÇÃO BAIANA DE GEÓLOGOS

Apoio:



CREA-BA
Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia da Bahia



HIDROEXPLORER
Hidrogeologia e Meio Ambiente



MUITAS VEZES, NA ELETRORRESISTIVIDADE, A LOCAÇÃO DISTANTE DO CONCEITO “ RIACHO FENDA ”

Apesar de valioso, pelo seu pioneirismo e assertividade, o critério de locação nas bordas dos “riachos fendas” (Siqueira,1963) muitas vezes não é validado pela prospecção geofísica, resultando em locação afastada do riacho/drenagem, com bons resultados.



Embasamento cristalino, vazão 8,40 m³/h,
Mundo Novo-BA



Calcário marmorizado, vazão 36,00 m³/h,
Varzea Nova-BA Ba-BA



Metassedimentos, vazão 14,5
m³/h, Bonito-BA

João Batista M.de Andrade, 2022.

Realização:



Apoio:



UM ESTUDO DE CASO DE PROSPECÇÃO GEOELÉTRICA EXTENSA E EM REDE: COMPLEXO HOTELEIRO NO LITORAL NORTE, BAHIA.



Área original



Área atual

Execução: HIDROEXPLORER- Hidrogeologia e Meio Ambiente Ltda, 2004

João Batista M.de Andrade, 2022.

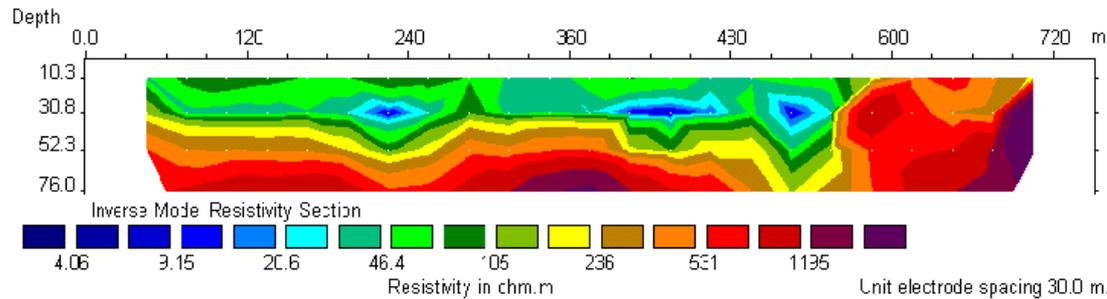
Realização:



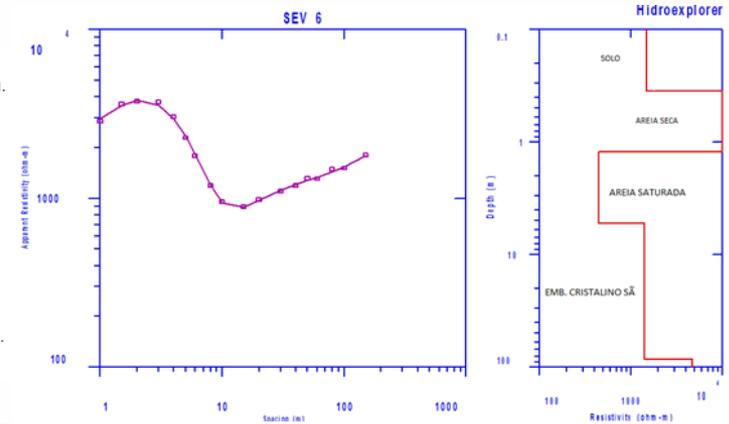
Apoio:



SEÇÕES GEOELÉTRICAS E SEVS



Inversion Completed



MEDIDAS GEOFÍSICAS

17.850m de seções de eletrorresistividade, multinível (04), bidimensional, arranjo dipolo-dipolo, espaçamento de 30m, profundidade de pesquisa de 60m , aproximadamente

30 SEVs , AB de 300 a 500m, profundidade de pesquisa aproximadamente de 30 a 50m, respectivamente.

Total: 2877 medidas de eletrorresistividade

Parametrização a partir de furos de sondagens existentes.

João Batista M.de Andrade, 2022.

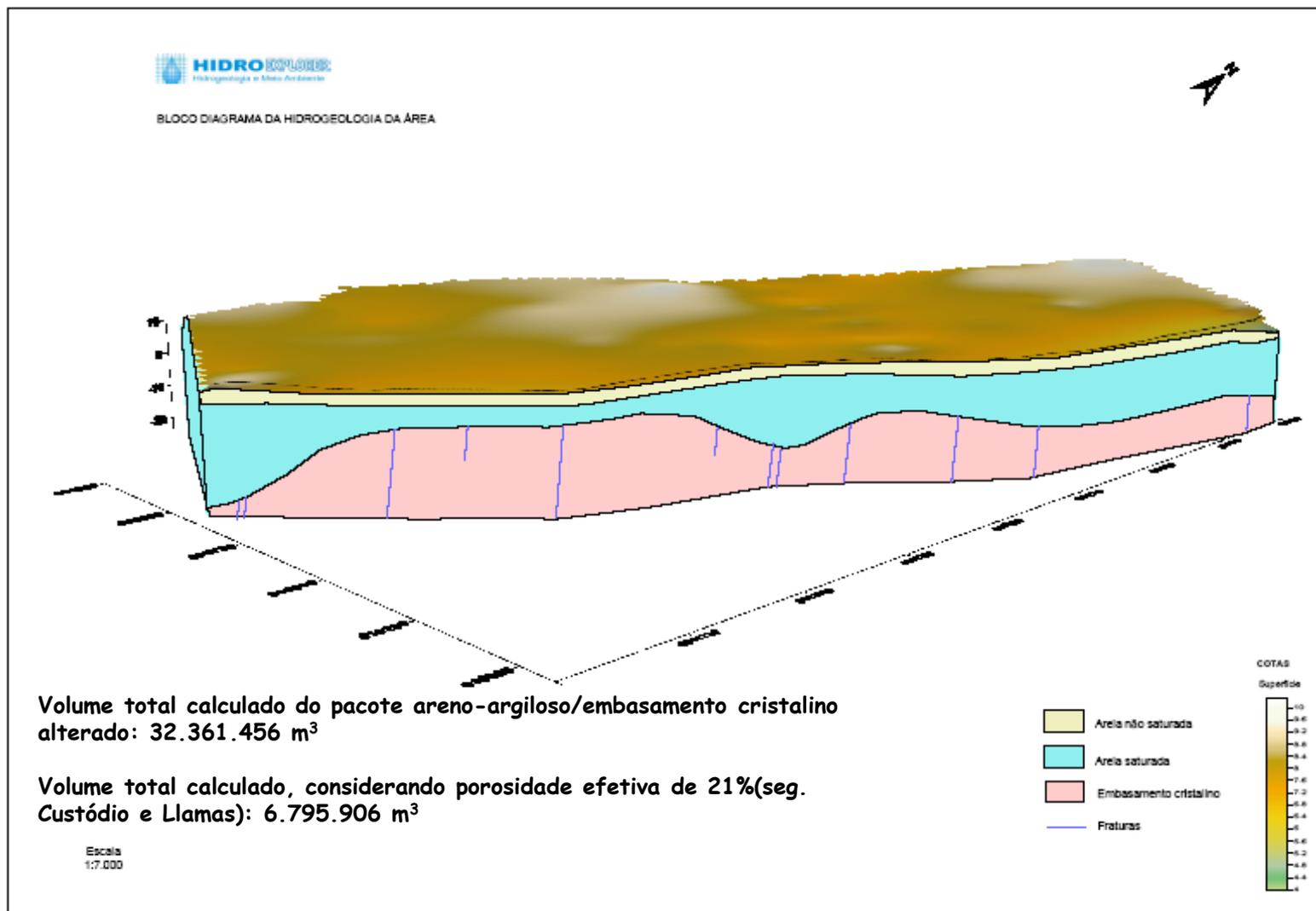
Realização:



Apoio:



BLOCO DIAGRAMA - CÁLCULO DE VOLUME DE ÁGUA



João Batista M.de Andrade, 2022.

Realização:



Apoio:



PROJETOS DOS POÇOS LOCADOS

aquífero sedimentar/embasamento alterado: 20m, 12" x 06"

aquífero misto: sedimentar/embasamento alterado e cristalino: 70m, 12" X 6" e 6"

aquífero fissural do embasamento cristalino: 70m, 6"

PRIMEIROS RESULTADOS. Fonte: Aquageo

HX – PI Sedimentar/ embasamento alterado

Embassamento Sã a 32m

Prof: 33m; Q: 14,40 m³/h; N.E: 2,21m; ND: 6,85m; Reb: 4,64 m; STD: 73,8 mg/l; Fe : 1,40mg/l

HX- PII Sedimentar /Embassamento Alterado

Embassamento Sã a 28 m

Prof: 29m ; Q: 12,18 m³/h; N.E: 3,70m; ND: 7,22m; Reb: 3,52m; STD: 75,3 mg/l; Fe : 0,50mg/l

HX- PIII – Embassamento Sã

Embassamento Sã a 13 m

Prof: 100m; Q: 15,23 m³/h; NE: 6,31m ; ND: 6,31m; Reb: 00 m, STD: 138,0 mg/l; Fe : 0,05 mg/l

João Batista M.de Andrade, 2022.

Realização:



ASSOCIAÇÃO BAIANA DE GEÓLOGOS

Apoio:



CREA-BA
Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia da Bahia



HIDROEXPLORER
Hidrogeologia e Meio Ambiente



FUNDAMENTOS DA RADIESTESIA: UM FENOMENO DA FÍSICA??

A radiestesia é a percepção ou sentido das radiações. A Sensibilidade às radiações existe nos animais como um dos componentes principais do instinto. Tal sensibilidade existe no homem também, mas “enterrada” no seu subconsciente pela falta de treinamento e pela sua natureza racional (Gridi-Papp, 1998)

Alguns cientistas se perguntam: seria a captação do Potencial Espontâneo-SP, emitido naturalmente pela Terra originado pelas atividades eletroquímicas ou mecânicas em subsuperfície?!?! Neste caso, pessoas com maior sensibilidade, com auxílio de um objeto condutor (varinhas de cobre ou de madeira, pêndulos ...) captaria essa “radiação” diferenciada quando na presença de água subterrânea. Vale lembrar que na geofísica se usa o princípio do SP, com leitura de diferenças de potenciais entre eletrodos, para pesquisa de água subterrânea e outros bens minerais.



Método empírico milenar, ainda muito utilizado mundo afora ; no Brasil, infelizmente, em parte dos casos, se tornou objeto de usurpação de pessoas leigas.

João Batista M.de Andrade, 2022.

Realização:



ASSOCIAÇÃO BAIANA DE GEÓLOGOS

Apoio:



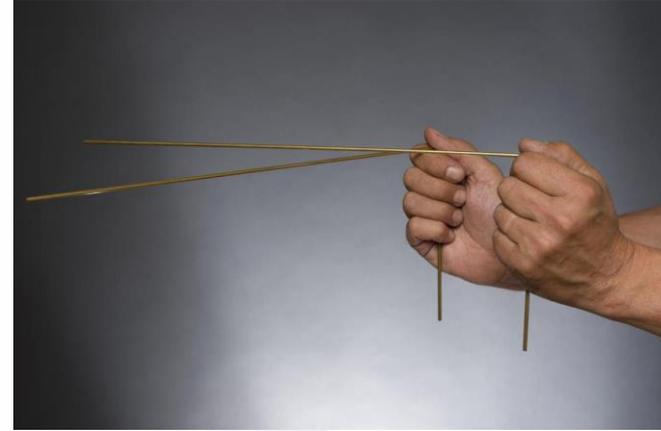
CREA-BA
Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia da Bahia



HIDROEXPLORER
Hidrogeologia e Meio Ambiente



RADIESTESIA NA LOCAÇÃO DE POÇOS TUBULARES: FATOS, MITOS E MENTIRAS.



Fatos

A radiestesia para prospecção de água subterrânea é uma prática milenar, utilizada de boa e má fé (infelizmente) ao longo dos anos. Sim, a maior parte dos “vedores” utiliza o fenômeno de boa fé.

Mitos

Atribuir a ela poderes raros e sobrenaturais.

Mentiras

Quando “vedores” afirmam infalibilidade: só locam poços produtores, nunca erram!

João Batista M. de Andrade, 2022.

Realização:



Apoio:



LIMITAÇÕES DA RADIESTESIA NA LOCAÇÃO DE POÇOS TUBULARES I

A radiestesia , quando começou e ao longo de muitos séculos, não havia equipamentos para perfuração de poços tubulares profundos. Os poços manuais tinham profundidades máximas de 30m.



Talvez esse fato explique as limitações da radiestesia para áreas com superfície piezométrica (nível da água) com maiores profundidades. Uma outra possível limitação, seguindo conceitos da geofísica, é a alta espessura de argila/folhelho sobre os aquíferos fraturados/cársticos.

Um exemplo:

Na região de Irêce, com o rebaixamento progressivo dos níveis da água pela superexploração, especialmente nos períodos secos, os “vedores” locais estão com Índice de insucesso muito grande nos poços locados.

João Batista M.de Andrade, 2022.

Realização:



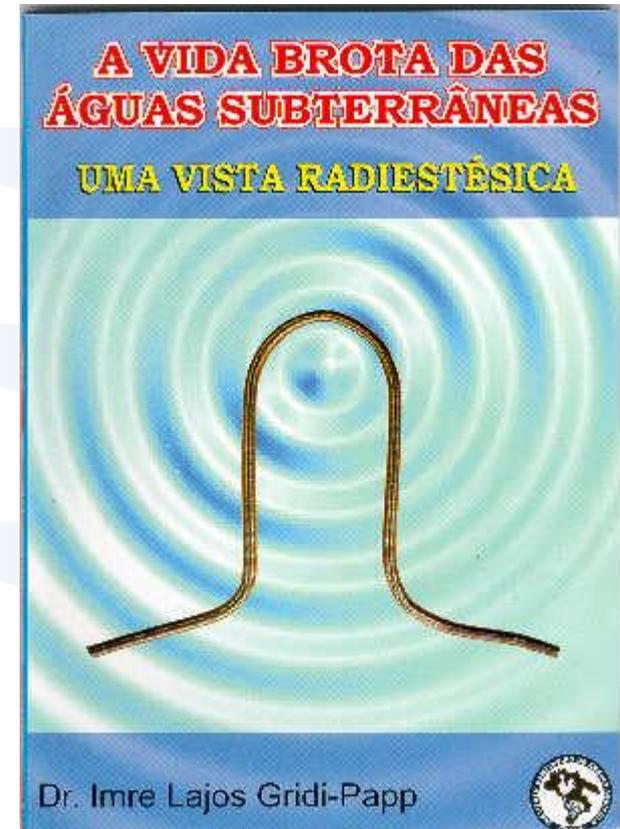
Apoio:



LIMITAÇÕES DA RADIESTESIA NA LOCAÇÃO DE POÇOS TUBULARES II

Quando a radiestesia é tratada com responsabilidade, a exemplo do livro “A vida brota das águas subterrâneas - Uma vista radiestésica”, 1998, do Prof. Dr. Imre Lajos Gridi-Papp, as limitações são expostas, como esta citação na página 61 se referindo primeiramente ao poço escavado manualmente, com profundidade máxima de 25m e depois, aos poços profundos:

“No caso de poço comum, a localização ao acaso dificilmente conduz à obtenção de poço produtivo em mais de 30% dos casos. Um bom poceiro, usando a varinha, consegue obter resultado positivo em pelo menos 60% das suas marcações. Quanto ao poços semiartesianos, a avaliação do acerto, na marcação, é muito mais complicada e onerosa, quase impraticável devido à irregularidade e conhecimento insuficiente das camadas geológicas”.



João Batista M.de Andrade, 2022.

Realização:



Apoio:



RADIESTESIA NA LOCAÇÃO DE POÇOS TUBULARES: OPINIÕES DO AUTOR

A radiestesia aliada ao conhecimento hidrogeológico e na falta de um outro método auxiliar de campo, a exemplo da geofísica, poderá ajudar o profissional na locação de poço tubular nos aquíferos fissurais e cársticos fissurais.

Apesar de requerer horas de campo, escritório e custo bem mais alto, esse autor, através da observação de resultados de locações de radiestesistas leigos e de colegas que usam a radiestesia e ainda com base em observações e resultados próprios, ***escolhe e aconselha a hidrogeologia aliada a hidrogeofísica como o método mais assertivo na locação de poços tubulares em aquíferos granulares, fissurais e cársticos fissurais, inclusive no auxílio a um projeto balizado, a exemplo do dimensionamento da profundidade do revestimento e da profundidade final do poço.***

Não aconselha o uso da radiestesia para detecção de aquíferos com profundidades superiores a 30m. Nessas situações, na sua opinião, quando locados e atingem aquíferos profundos, são meras coincidências! Deve-se também avaliar a validade da radiestesia sobre coberturas argilosas espessas

João Batista M.de Andrade, 2022.

Realização:



ASSOCIAÇÃO BAIANA DE GEÓLOGOS

Apoio:



CREA-BA
Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia da Bahia



HIDROEXPLORER
Hidrogeologia e Meio Ambiente



EXPERIÊNCIA DESTE AUTOR, QUANDO CONFRONTADO COM RADIESTESIA: CASO EM MORRO DO CHAPÉU

Prospecção geofísica realizada pela Hidroexplorer em fazenda no município de Morro do Chapéu, Bahia, sobre a Fm Caboclo, do Grupo Chapada Diamantina, em 2017.

DESCRIÇÃO	PROFUNDIDADE (Mts.)	VAZÃO (Lts.)	*NÍVEL ESTÁTICO (N.E)	**NÍVEL DINÂMICO (N.D)	REVESTIMENTO (Mts.)
Poço P2 L3	200	7.600	24	96	30
Poço P1 L3	250	6.100	21	57	35
1º Varinha	162	0	0	0	30
2º Varinha	200	0	0	0	52
Poço P1 L4	212	13.200	37	45	58
Poço P1 L5	150	0	0	0	46
Poço P1 L2	171	9.800	16	22,5	18

Poços perfurados pela Hidrotam, na Faz. Murici, Morro do chapéu, Bahia. Informação de Hari, Hidrotam, via email hidrotam@bol.com.br, em 2017.

Após perfuração de cinco locações efetuadas pela Hidroexplorer, resultando apenas uma não produtiva, o proprietário resolveu perfurar dois poços locados com radiestesia. Vide resultados acima: secos.

Chama à atenção o fato que esses poços perfuraram espessa camada argilosa e o “vedor” executor ser o melhor da região de Morro do Chapéu. Hipótese: argilas atrapalhando a radiestesia???

João Batista M.de Andrade, 2022.

Realização:



Apoio:



NA PROSPECÇÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA, SOBRE OS INFALÍVEIS E ABARROTADOS DE CERTEZAS...

“A EDUCAÇÃO É A CAMINHADA DO HOMEM DA IGNORÂNCIA EXCESSIVAMENTE CONFIANTE PARA A INCERTEZA REFLETIDA.”

Don Clark.

João Batista M.de Andrade, 2022.

Realização:



Apoio:



BIBLIOGRAFIA RECOMENDADA

BRAGA, A.C.O. 2016. Geofísica aplicada : métodos geoeletricos em hidrogeologia. São Paulo, Ed. Oficina de Textos.

FEITOSA, E. C; OLIVEIRA, R. G; DEMETRIO, J. G. A. 2008. Métodos Geofísicos In: Feitosa, F. A. C; Filho, J. M.; Feitosa, E.C ; Demetrio, J. G. A. (Coord) Hidrogeologia: conceitos e aplicações. CPRM, LABHID, UFPE. 3ª Edição Revisada e Ampliada. Rio de Janeiro, p: 209-254

GALLAS, J. D. F. Principais Métodos Geoeletricos e suas Aplicações em Prospecção Mineral, Hidrogeologia, Geologia de Engenharia e Geologia Ambiental. 2000. 174p. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.

GANDOLFO, O. C. B.2007. Um estudo do imageamento geoeletrico na investigação rasa. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo-USP. São Paulo. 21

GRIDI- PAPP, I. L. 1998 A vida brota das águas subterrâneas: uma vista radiestésica. Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, Campinas, SP. 98p

LIMA, O. A. L. 2009. Estruturas geoeletrica e hidroquímica do sistema aquífero cristalino da bacia do alto rio Curaçá, semi-árido da Bahia. Revista Brasileira de Geofísica, São Paulo.

LOKE, M.H. & BARKER, R.D. 1996. Practical techniques for 3D resistivity survey and data inversion. Geophysical Prospecting, 44.

MEDEIROS, W. E 1987. Eletroresistividade aplicada à hidrogeologia do cristalino: um problema de modelamento bidimensional. Dissertação de mestrado. Instituto de Geociências da Universidade Federal da Bahia. Salvador. 149 p

ORELLANA, E. Prospeccion geoelectrica en corriente continua. Madrid: Paraninfo, 1972. 523p.

VELPEN, V., 1988 – RESIST : Program for the interpretation of Schlumberger, Wenner and Dipolo-Dipole sounding curves, ITC – Msc. Research Project, The Netherlands.

João Batista M.de Andrade, 2022.

Realização:



Apoio:

