

Investigação de alta resolução para caracterização de um site com presença de gás metano no subsolo

Leandro Gomes de Freitas
Chang Hung Kiang
Marco Aurelio Pede

*Palestra apresentada na CONFERÊNCIA DE GERENCIAMENTO DE
ÁREAS CONTAMINADAS, 2., 2022, São Paulo. 38slides*

A série “Comunicação Técnica” compreende trabalhos elaborados por técnicos do IPT, apresentados em eventos, publicados em revistas especializadas ou quando seu conteúdo apresentar relevância pública. **PROIBIDO REPRODUÇÃO**

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo
S/A - IPT
Av. Prof. Almeida Prado, 532 | Cidade Universitária ou
Caixa Postal 0141 | CEP 01064-970
São Paulo | SP | Brasil | CEP 05508-901
Tel 11 3767 4374/4000 | Fax 11 3767-4099

www.ipt.br



Associação Brasileira das Empresas de
Consultoria e Engenharia Ambiental

II CONFERÊNCIA

DE GERENCIAMENTO DE ÁREAS CONTAMINADAS

De 30 de Agosto até 01 de Setembro de 2022

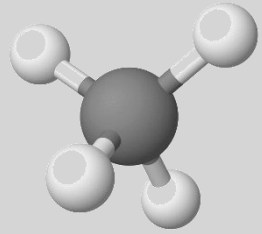
Sessão de Investigação, monitoramento e gerenciamento de metano

A13. INVESTIGAÇÃO DE ALTA RESOLUÇÃO PARA CARACTERIZAÇÃO DE UM SITE COM PRESENÇA DE GÁS METANO NO SUBSOLO

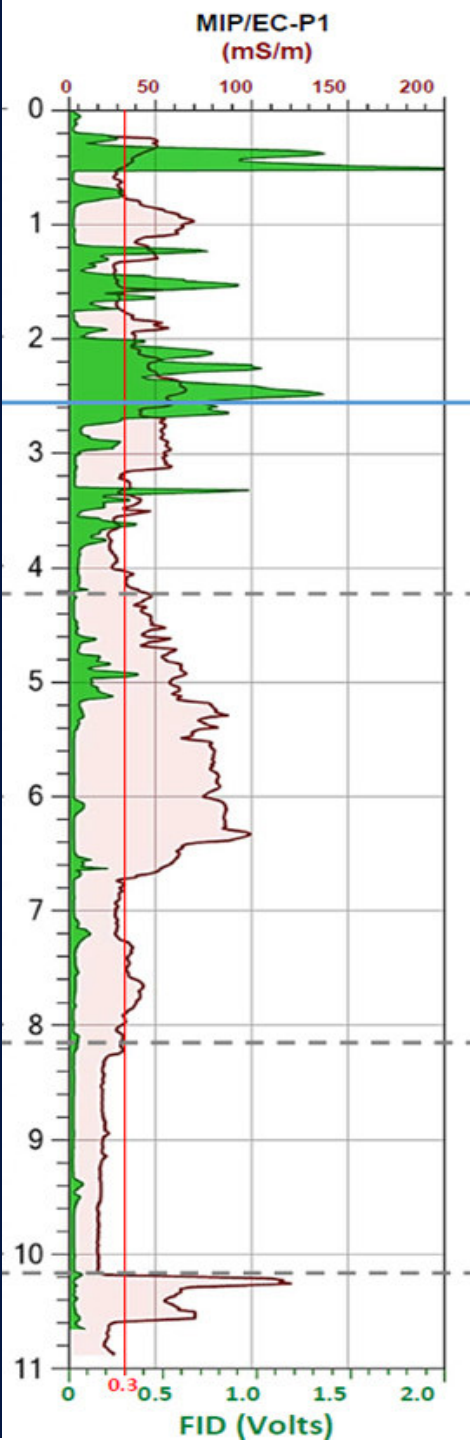
30/08/2022

Leandro Gomes de Freitas, MSc.; Prof. Chang Hung Kiang; Dr. Marco Aurelio Pede

SUMÁRIO



- INTRODUÇÃO
- OBJETIVOS
- ÁREA DE ESTUDO
- METODOLOGIA
- RESULTADOS E DISCUSSÃO
- INTEGRAÇÃO DE DADOS E MODELO CONCEITUAL
- CONSIDERAÇÕES FINAIS
- AGRADECIMENTOS



INTRODUÇÃO

Riscos relacionados ao gás metano no subsolo

- Intrusão e acúmulo em ambientes fechados;
- Asfixia e explosividade;
- Facilita a intrusão de outros compostos tóxicos;
- Instabilidade geotécnica em aterros.

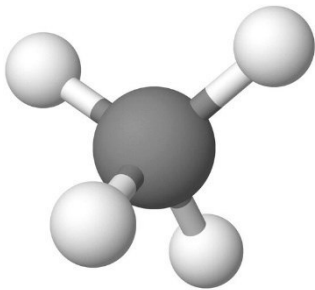
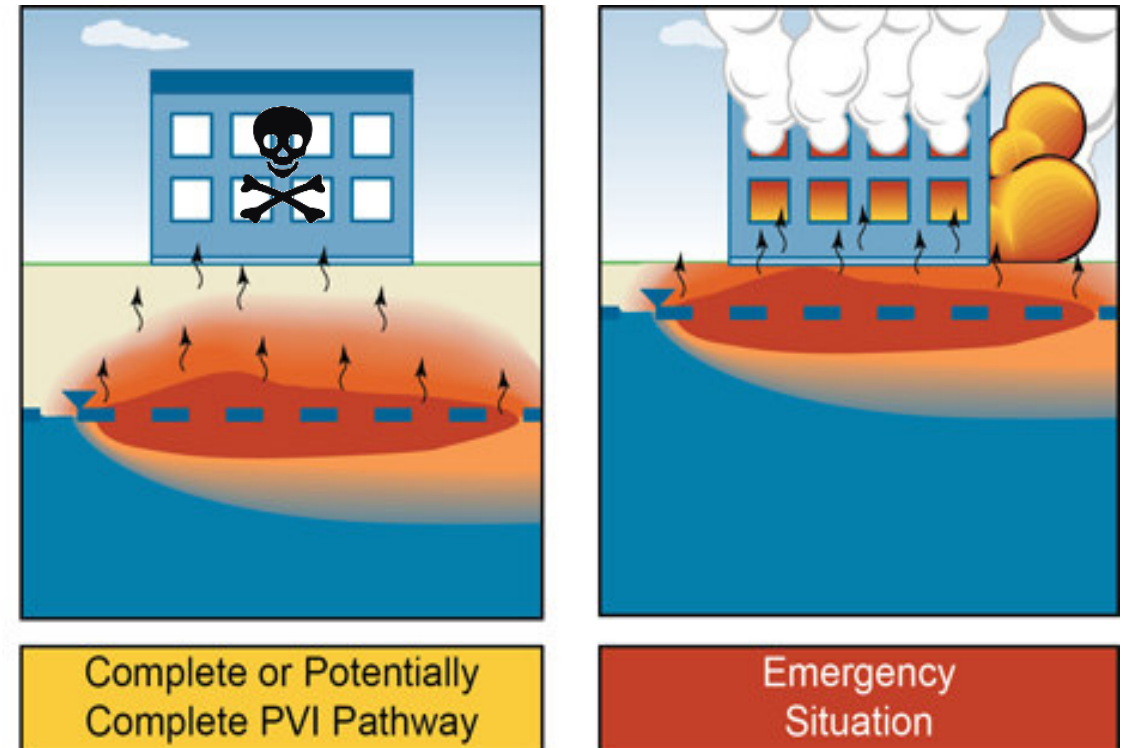


Figura 1: Riscos relacionados aos gases e vapores no subsolo. Fonte: ITRC, 2009



OCORRÊNCIA DE GÁS METANO NO SUBSOLO

■ Preocupações sociais, políticas e econômicas

Entenda a contaminação na área do Shopping Center Norte
Estabelecimento foi construído na década de 80 sobre um antigo lixão

Área onde a contaminação é considerada crítica

Não há um detalhamento da composição, mas a Cetesb acredita que a maioria seja resíduo domiciliar

*ainda não está confirmada a profundidade que o lixão alcança

A decomposição do lixão libera gás metano

Metano pode entrar no shopping por fraturas no piso ou perto das colunas

Concentrado em pequenos ambientes, como uma sala pouco utilizada dentro de uma loja, o metano pode provocar explosões

Mapa: GoogleMaps
Fonte: Cetesb

Exemplo do Shopping Center Norte

Fonte: G1.globo.com (28/09/11)

JUSTIÇA MANDA INTERDITAR CINGAPURA
Argumento é de que há risco de explosão no local

Prédios do Cingapura da Zaki Narchi

Presença de gás metano no subsolo

O PROBLEMA
Apesar de a Cetesb não ver risco iminente de explosão no Cingapura, a Justiça, baseada em relatório da agência ambiental, mandou interditar o local

SOLUÇÃO
Governo paulistano deve pedir um prazo para executar a interdição. Enquanto isso, tenta derrubar a decisão

RAIO-X
O QUE ERA O PROJETO Urbanização e construção de apartamentos populares em áreas ocupadas por favelas

PUBLICIDADE Prefeitura gastou, na época, R\$ 4 milhões para divulgar o projeto —suficiente para construir 237 apartamentos

1º PRÉDIO Entregue em 1994, na gestão Paulo Maluf

HOJE Cerca de 700 famílias vivem no local

Exemplo do Conjunto Habitacional Cingapura

Fonte: G1.globo.com (10/10/11)

ENTENDA O CASO
USP Leste funciona há quase 7 anos sem licenças ambientais

2005
> Cetesb concede licenças ambientais parciais à USP Leste e exige instalação de sistema de exaustão de gases com potencial explosivo, como o metano
> Instituição se compromete a cumprir as exigências

2007
> USP Leste informa à Cetesb que implantou sistema; não há vitória
19.out.2011
> Após ser procurada pela Folha, Cetesb vistoria o local e constata que sistema de exaustão de gases não funciona

Estacionamento com entulho na USP Leste

São Paulo

Rodovia Ayrton Senna da Silva

Parque Ecológico do Tietê

USP Leste

500 m

Apu Gomes - 18.out.2011/Folhapress

Exemplo da USP Leste

Fonte: Folhapress (17/11/11)

COMO OBTER MELHORES DIAGNÓSTICOS?

- Técnicas de Investigação de alta resolução

Active Soil Gas Survey – ASTM D7648M – 18

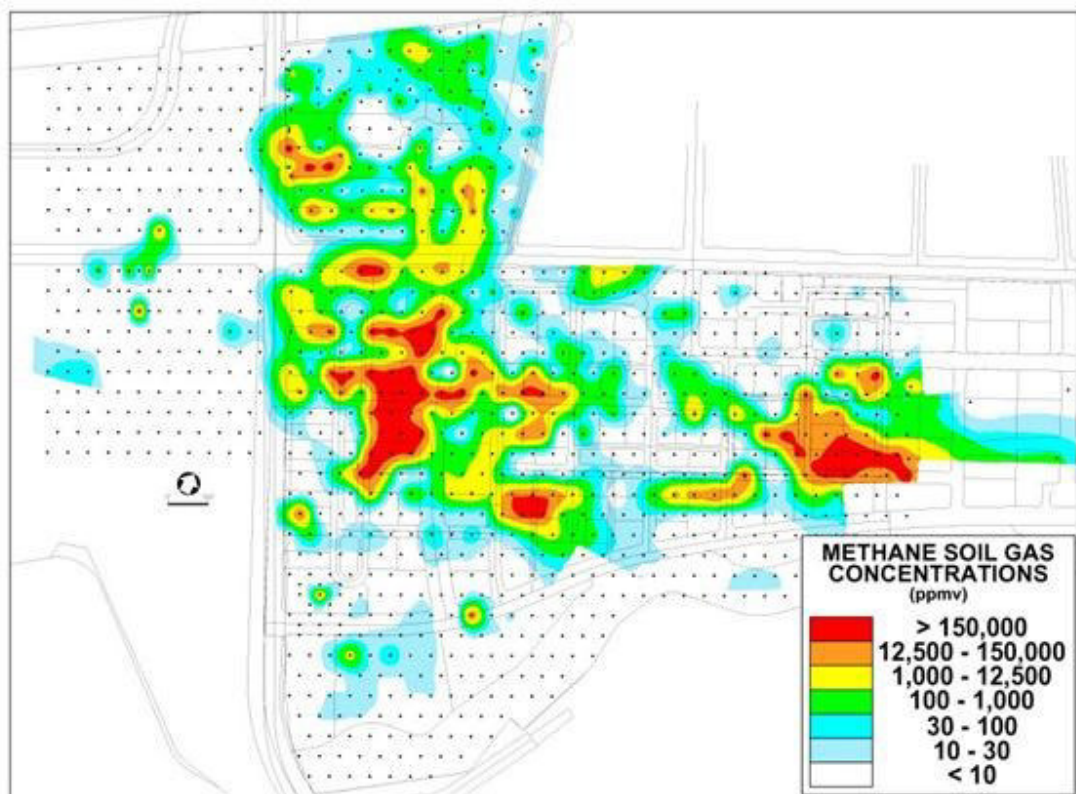
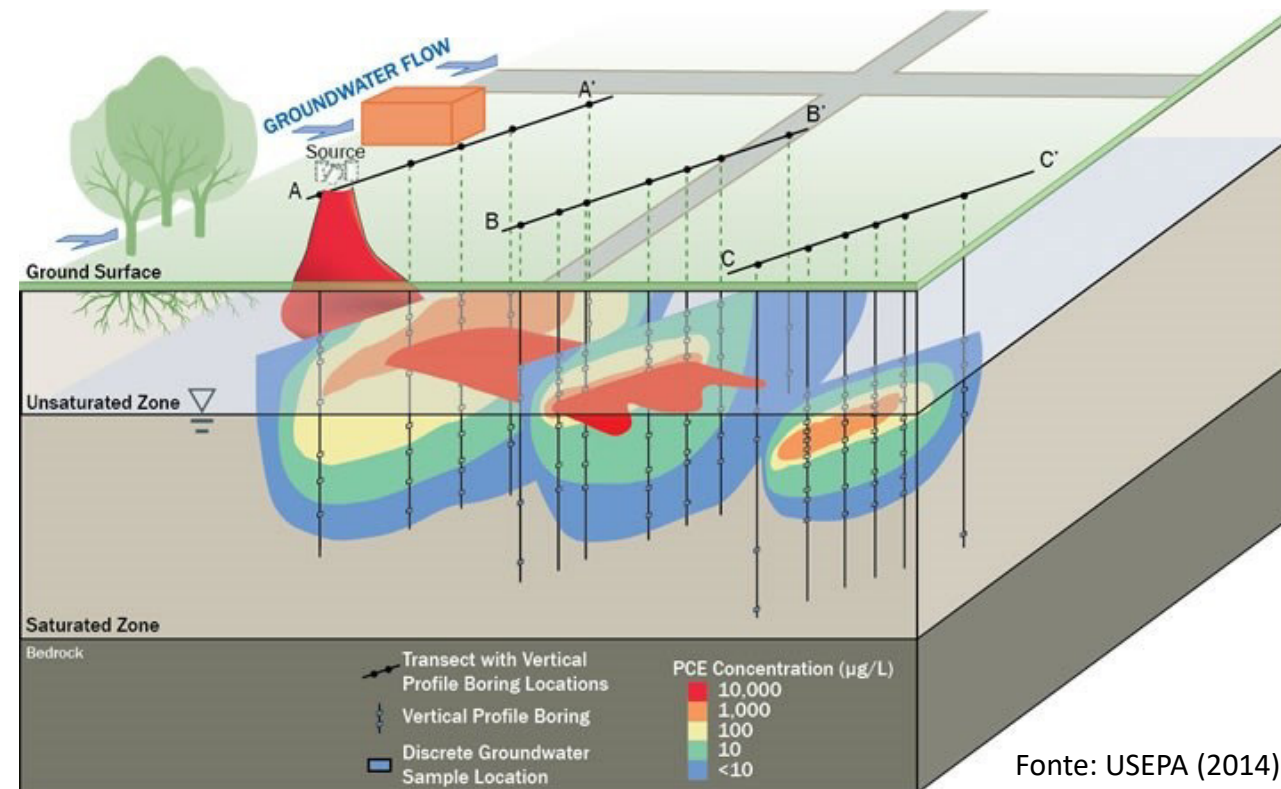


Figure-66

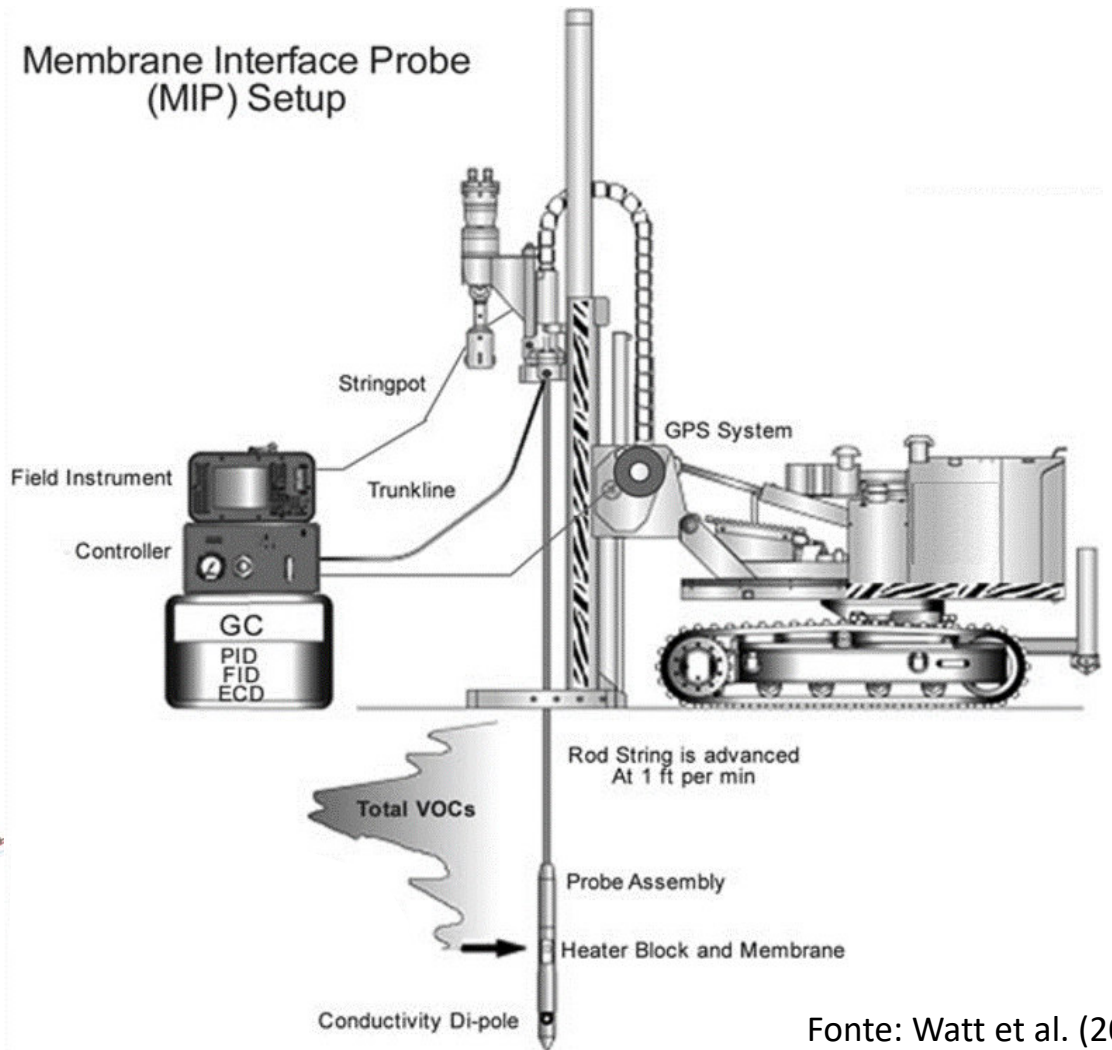
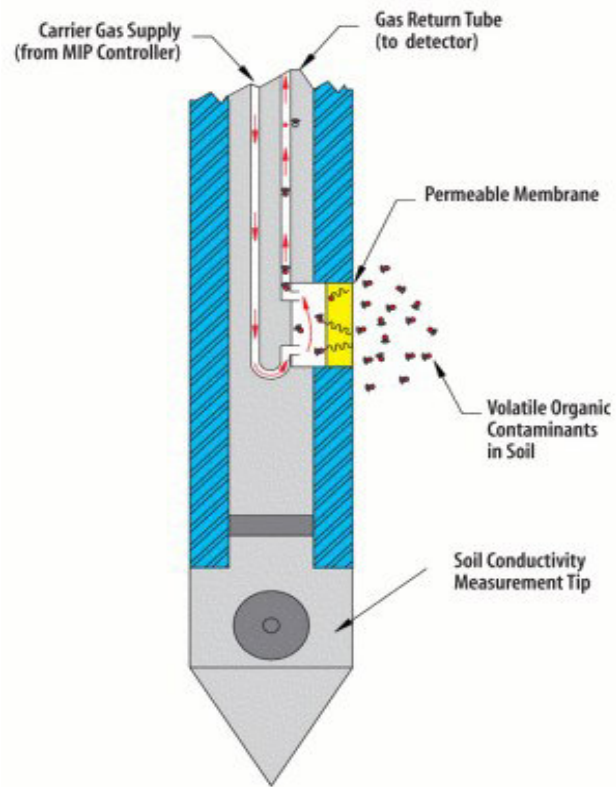
Fonte: Jones et al. (2002)

High Resolution Site Characterization (HRSC)



Fonte: USEPA (2014)

MEMBRANE INTERFACE PROBE (MIP)



Fonte: Geoprobe (2012)

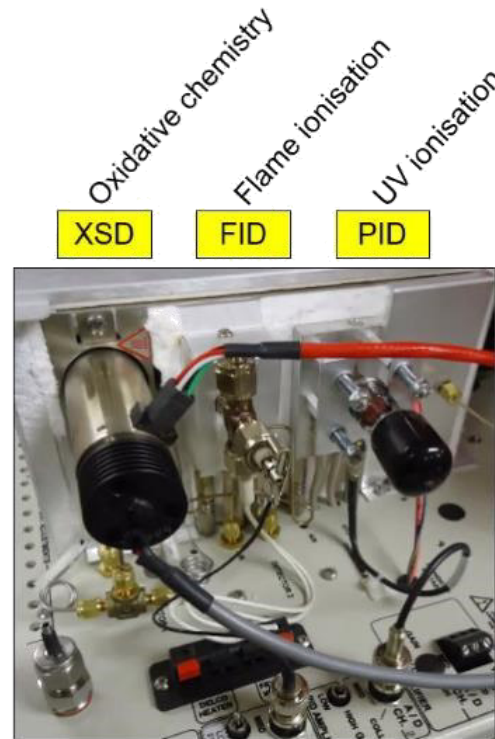
Fonte: Watt et al. (2010)

SENSOR FID (*FLAME IONIZATION DETECTOR*)



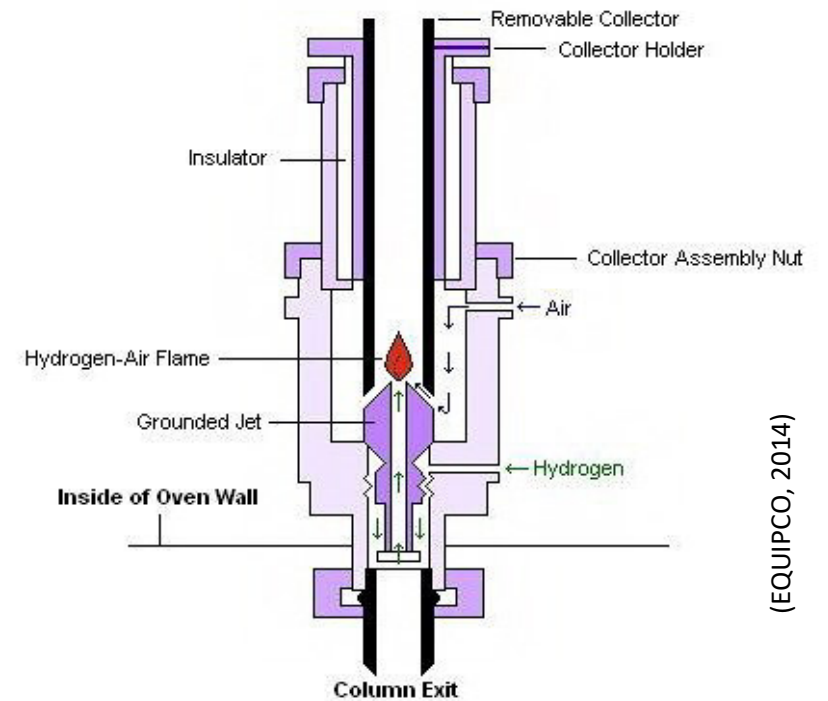
(Geoprobe)

MIP – GC



Sensores

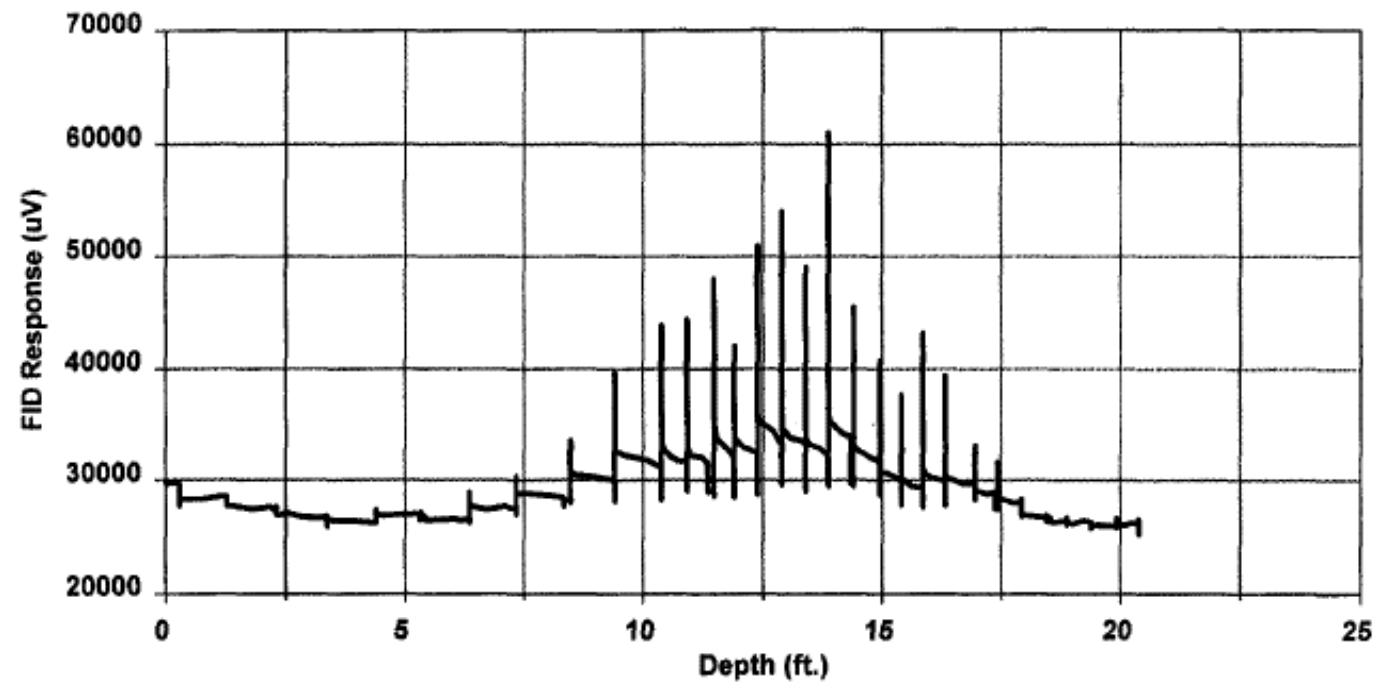
- PID - Detector por Fotoionização
- FID - Detector por Ionização de Chama
- XSD - Detector específico de halogênios



(EQUIPCO, 2014)

DETECÇÃO DE GÁS METANO

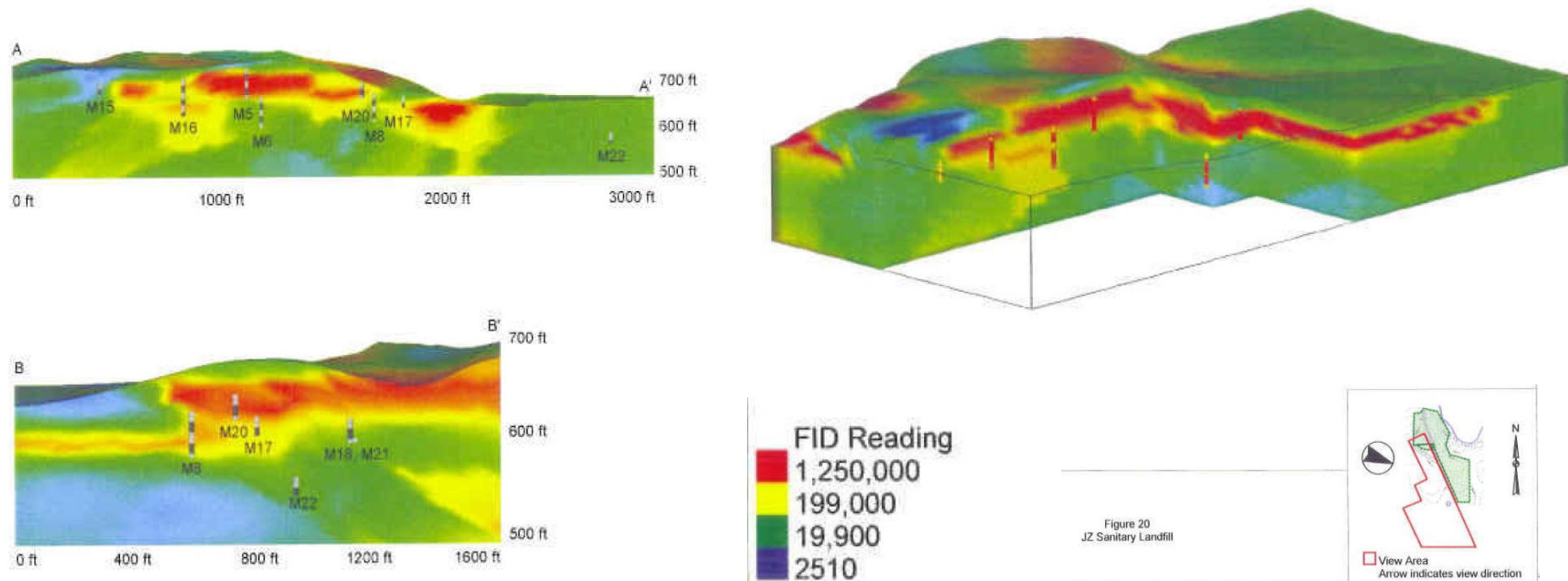
- Christy (1996): Investigação em uma base de armazenamento de combustíveis.



Membrane Sensor Response in Methane Contaminated Soil

APLICAÇÕES DO MIP PARA DETECÇÃO DE CH₄

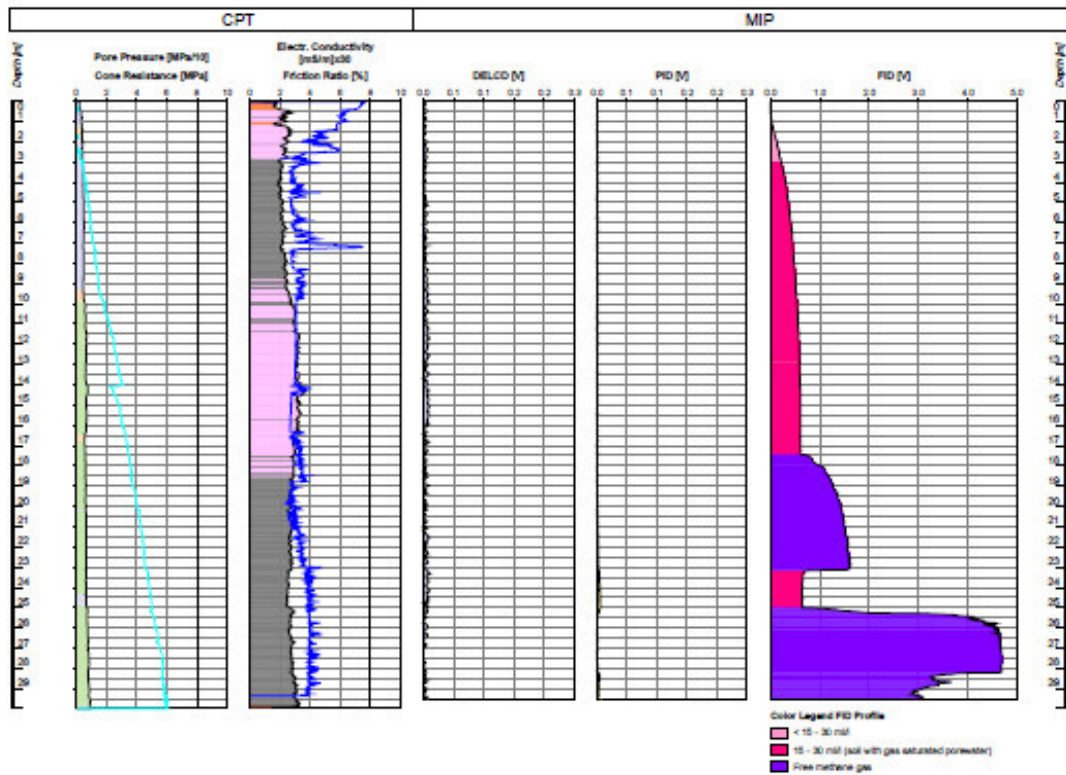
- Gas Migration Pathways and Extent (MDNR, 1999)



Mapeamento de caminhos preferenciais de migração de gases a partir de aterros de resíduos domésticos.

APLICAÇÕES DO MIP PARA DETECÇÃO DE CH₄

■ MIP-CPT SHALLOW GAS PROBE (FUGRO, 2015)



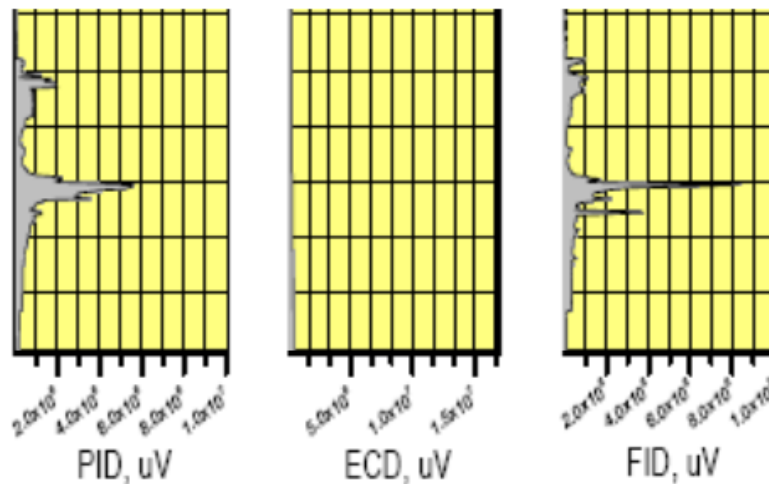
MIP-CPT log showing free methane gas trapped below a confining clay layer

Identificação de gases em leito marinho a baixas profundidades.

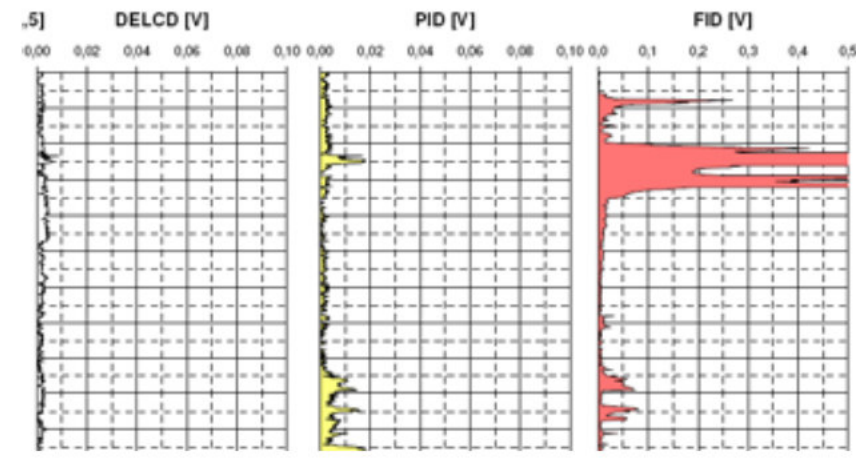
ASSINATURAS DOS PERFIS DO MIP PARA METANO

- Fiacco et al. (2010)

Petroleum Signature

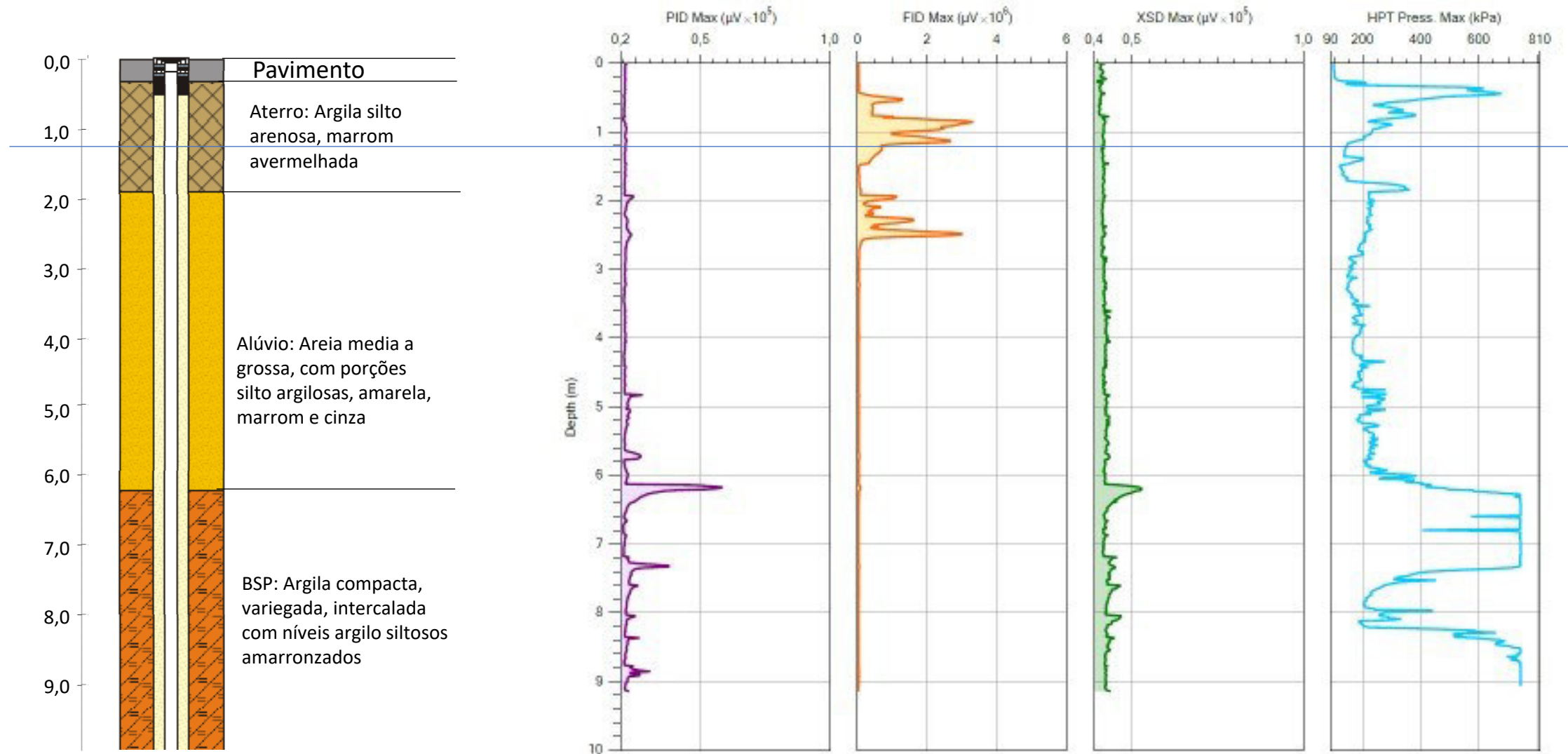


Methane Signature



Comparação entre a assinatura dos perfis do MIP para hidrocarbonetos voláteis e para metano

ASSINATURAS DOS PERFIS DO MIP PARA METANO



OBJETIVOS DO ESTUDO ACADÊMICO

- Avaliar o uso MIP, conjugado com técnicas auxiliares de campo e de laboratório, para detecção e mapeamento de CH₄ e para caracterização litoestratigráfica em alta resolução;
- Refinar o modelo conceitual de uma área com ocorrência de gás metano, analisando a sua dinâmica no subsolo.

ÁREA DE ESTUDO

Foto aérea da USP Leste.

Fonte: <http://www.usp.br/imprensa/?p=9604>

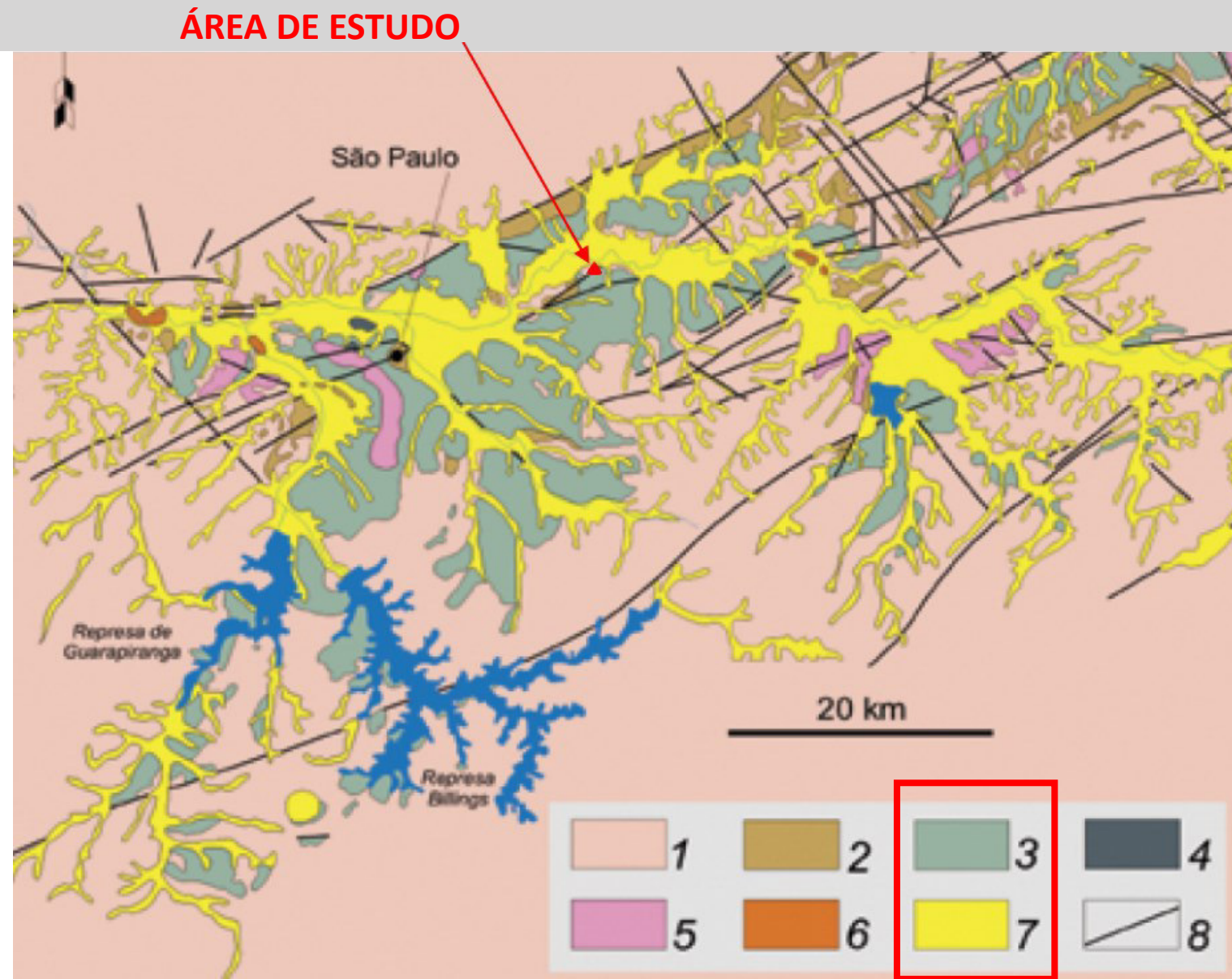


ÁREA DE ESTUDO

- Aspectos geológicos e geotécnicos

Fig. 14: Mapa geológico da Bacia de São Paulo.

Fonte: modificado de Riccomini & Coimbra (1992).



LOCAL DOS LEVANTAMENTOS DE CAMPO



Fotos: Leandro Freitas

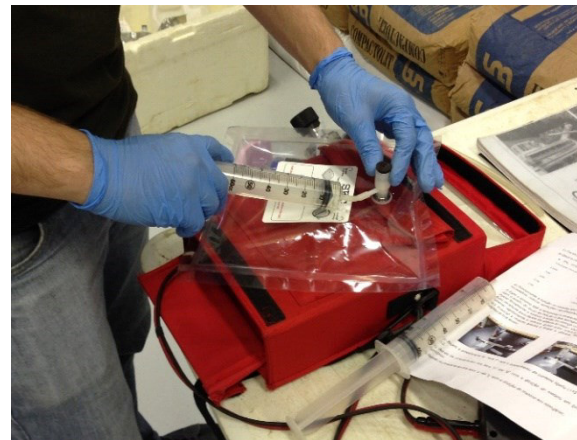
- Questões logísticas e de segurança favoráveis;
- Histórico de estudos acadêmicos relacionados à ocorrência de gás metano;
- Local com ausência de COVs e interferências subterrâneas.

METODOLOGIA - ENSAIOS DE BANCADA

- Elaboração das curvas de resposta do detector FID

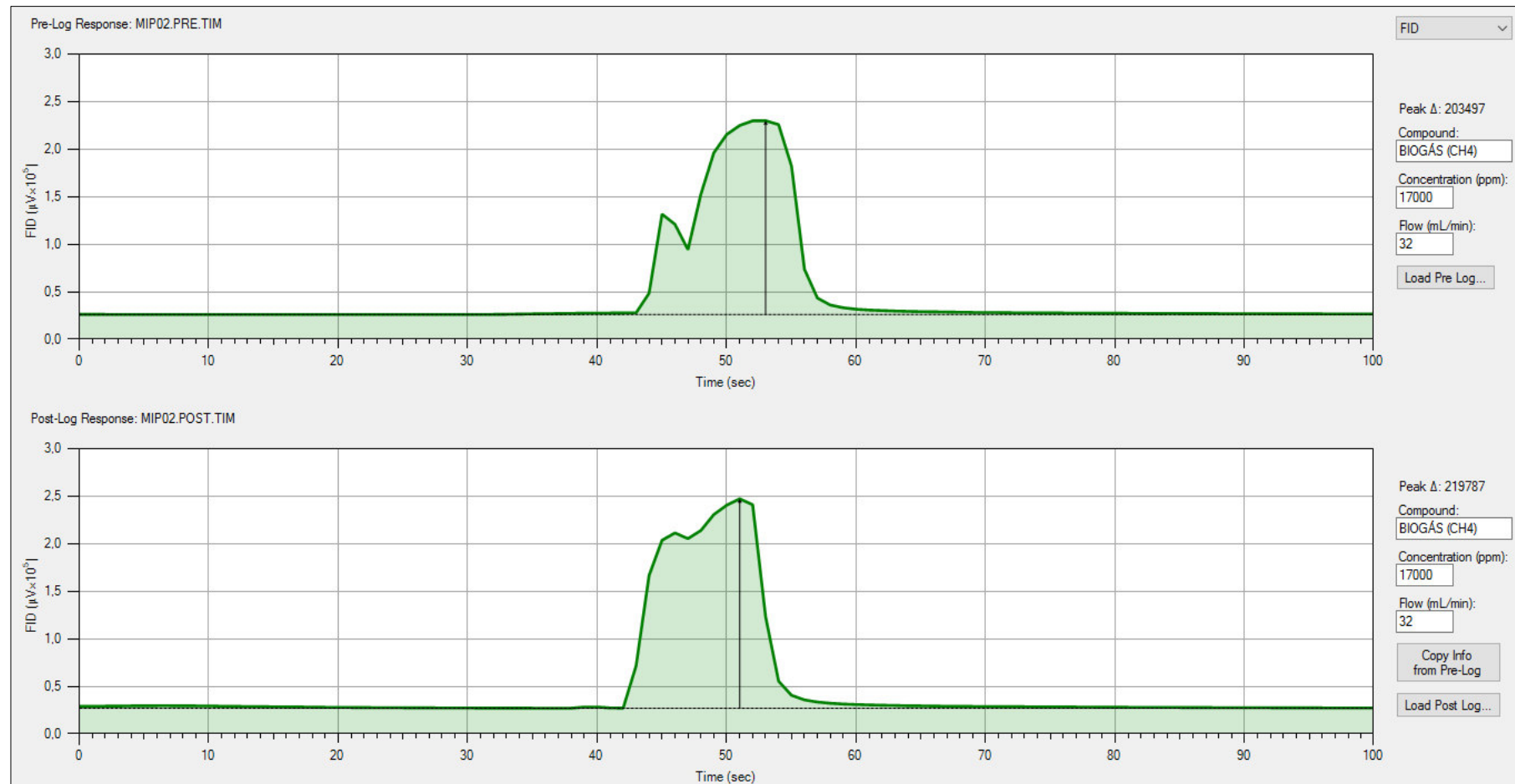


Sistema MIP montado sobre a bancada e dispositivo de injeção de gases



Preparação e injeção das misturas gasosas na sonda MIP.

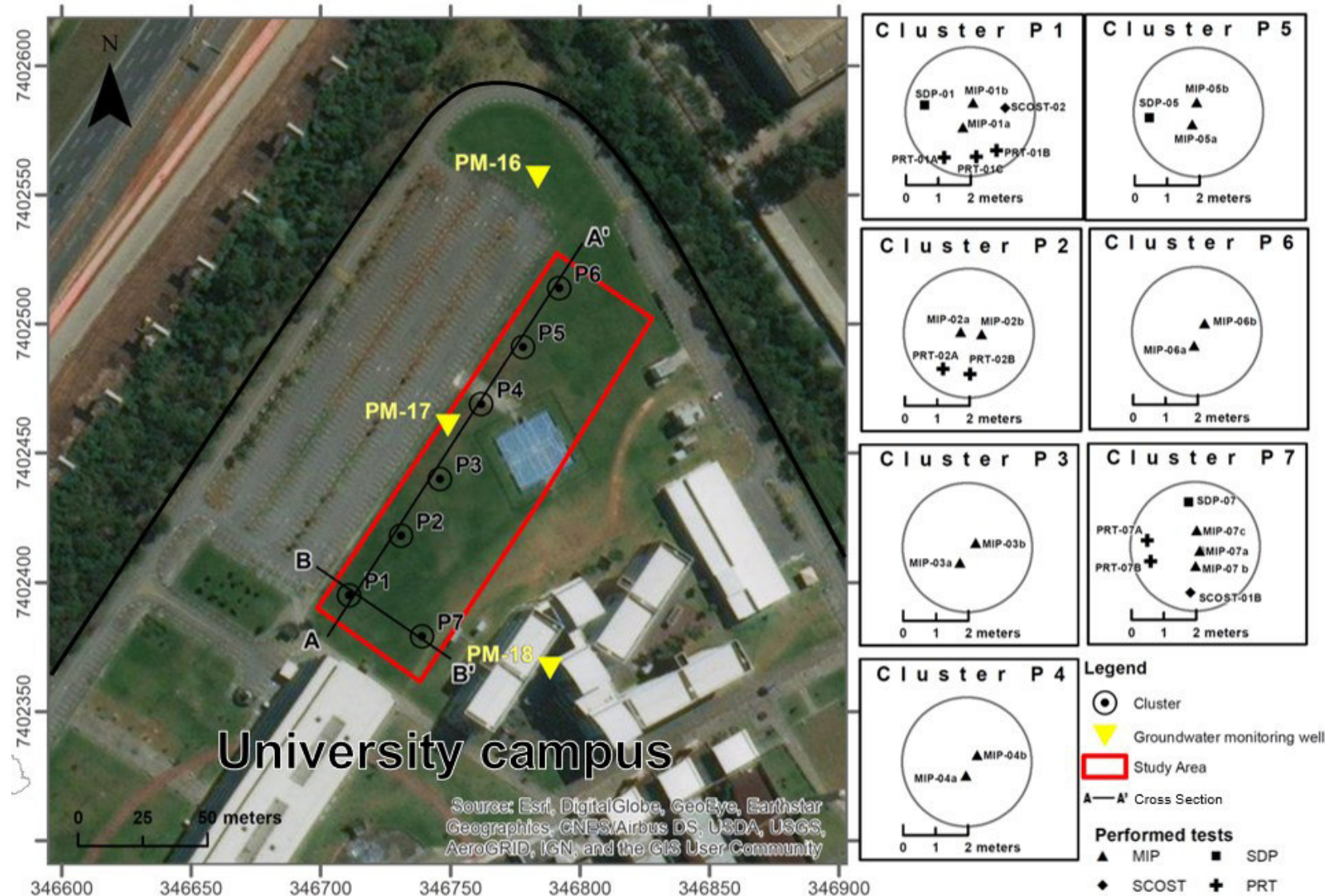
METODOLOGIA - ENSAIOS DE BANCADA



Gráficos de resposta do detector FID.

METODOLOGIA - ENSAIOS E AMOSTRAGENS EM CAMPO

- Ensaios com a sonda MIP;
- Ensaios com o *Soil Color Optical Screening Tool (SCOST)*;
- Amostragem de gases do solo com sistema *Post Run Tubbing (PRT)*;
- Amostragem de solo com Sondagens *direct push (SDP)*



ENSAIOS COM O MIP



Sonda MIP utilizada nos ensaios

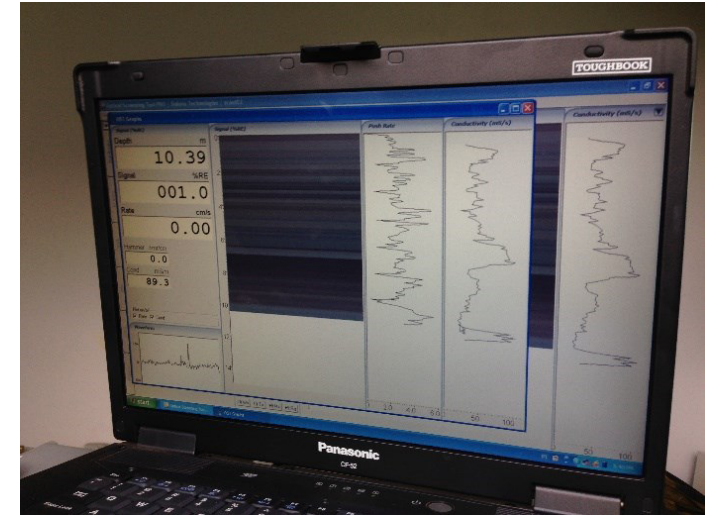


Sistema MIP em operação



ENSAIOS COM O SISTEMA SCOST E AMOSTRAGEM DE SOLO *DIRECT PUSH* (WCSS)

Soil Color Optical Screening Tool (SCOST)

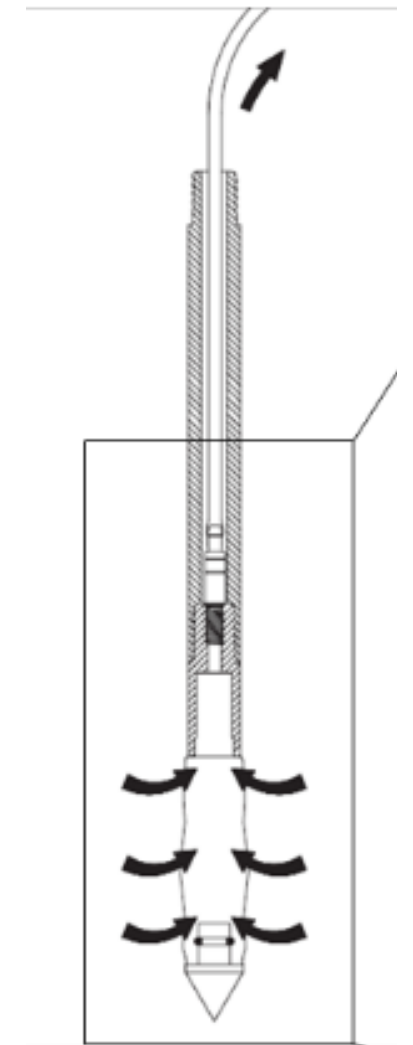
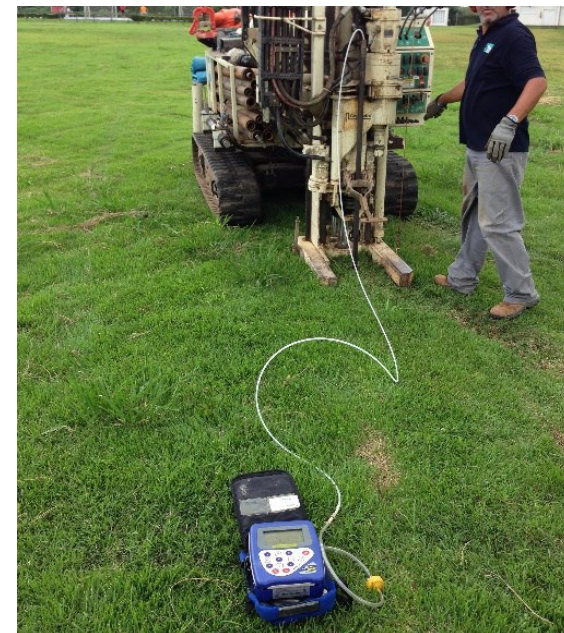


Amostragem de solo de perfil completo (WCSS) com sondagens direct push



AMOSTRAGENS DE GASES DO SOLO COM SISTEMA PRT

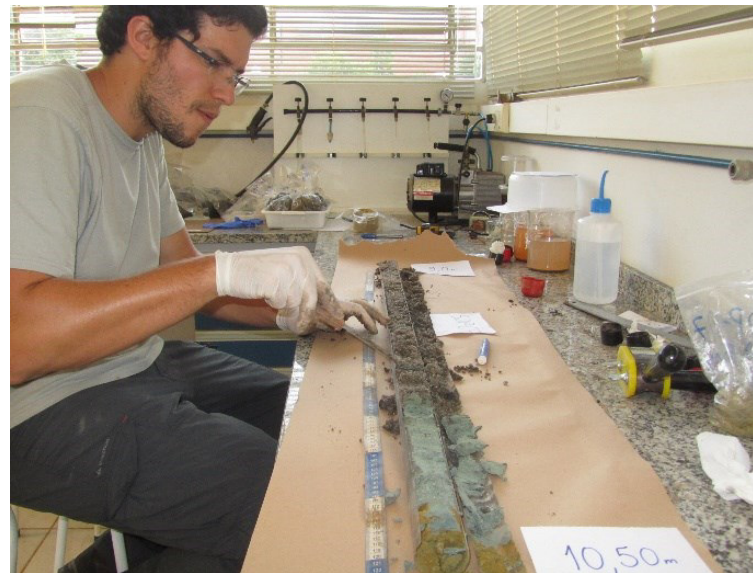
- Comparação e validação dos resultados do MIP;
- GEM-2000: parâmetros relacionados ao biogás;
- 7 amostragens em 3 *clusters*.



Amostragem de gases do solo com sistema *Post Run Tubing* (PRT)

ANÁLISES LABORATORIAIS DAS AMOSTRAS DE SOLO

- Descrição táctil visual com auto nível de detalhe;
- Coleta de 70 amostras para granulometria e 41 para M.O. e FCO.



Descrição táctil visual, amostragem e análises de solo

RESULTADOS

LD = 0,86 % de CH₄

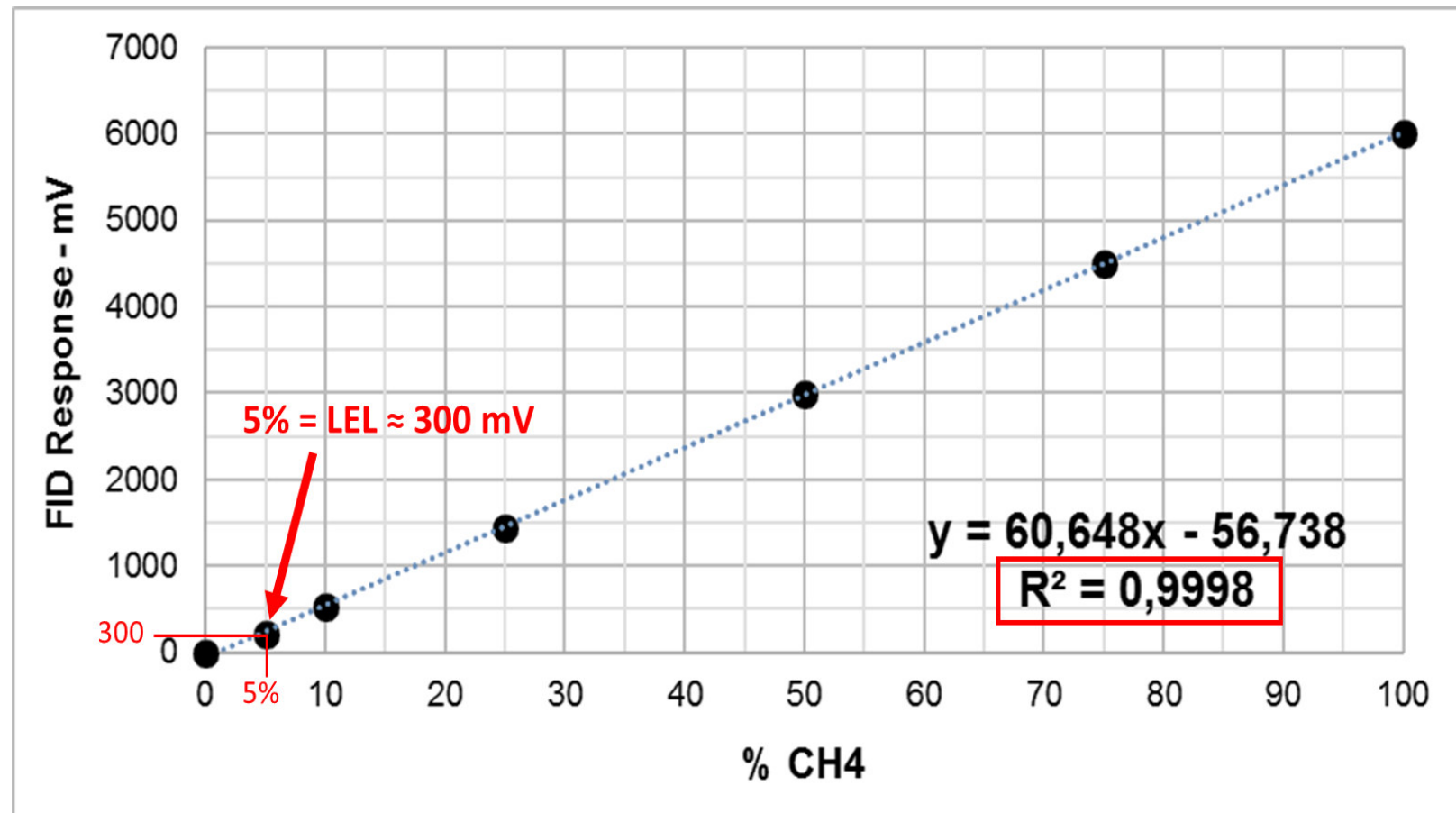
LQ = 1,39 % de CH₄

- Estabelecido um valor de referência para o sinal do FID:

$$\bar{y} = \frac{1}{n} \times \sum (F_i(x) + \overline{BL})$$

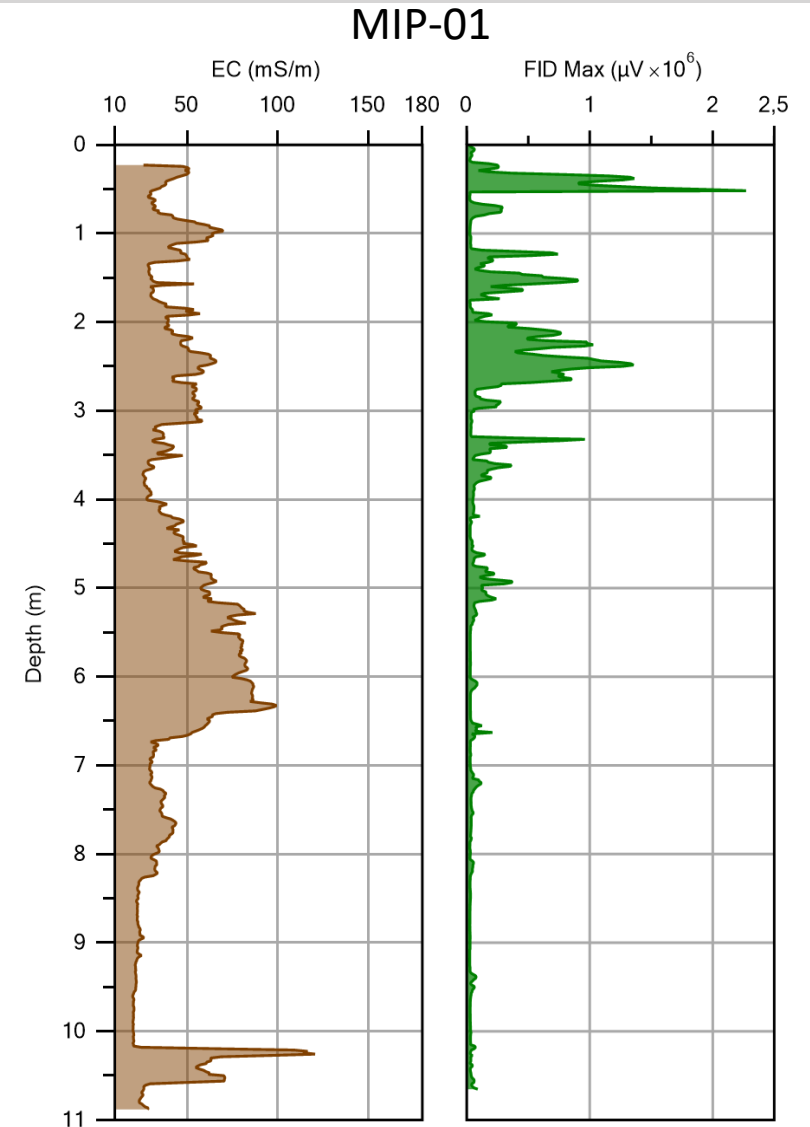
- **300 mV ≈ 5% de CH₄ = LEL;**
- Critério para interpretação dos ensaios de campo.

Curvas de resposta do FID

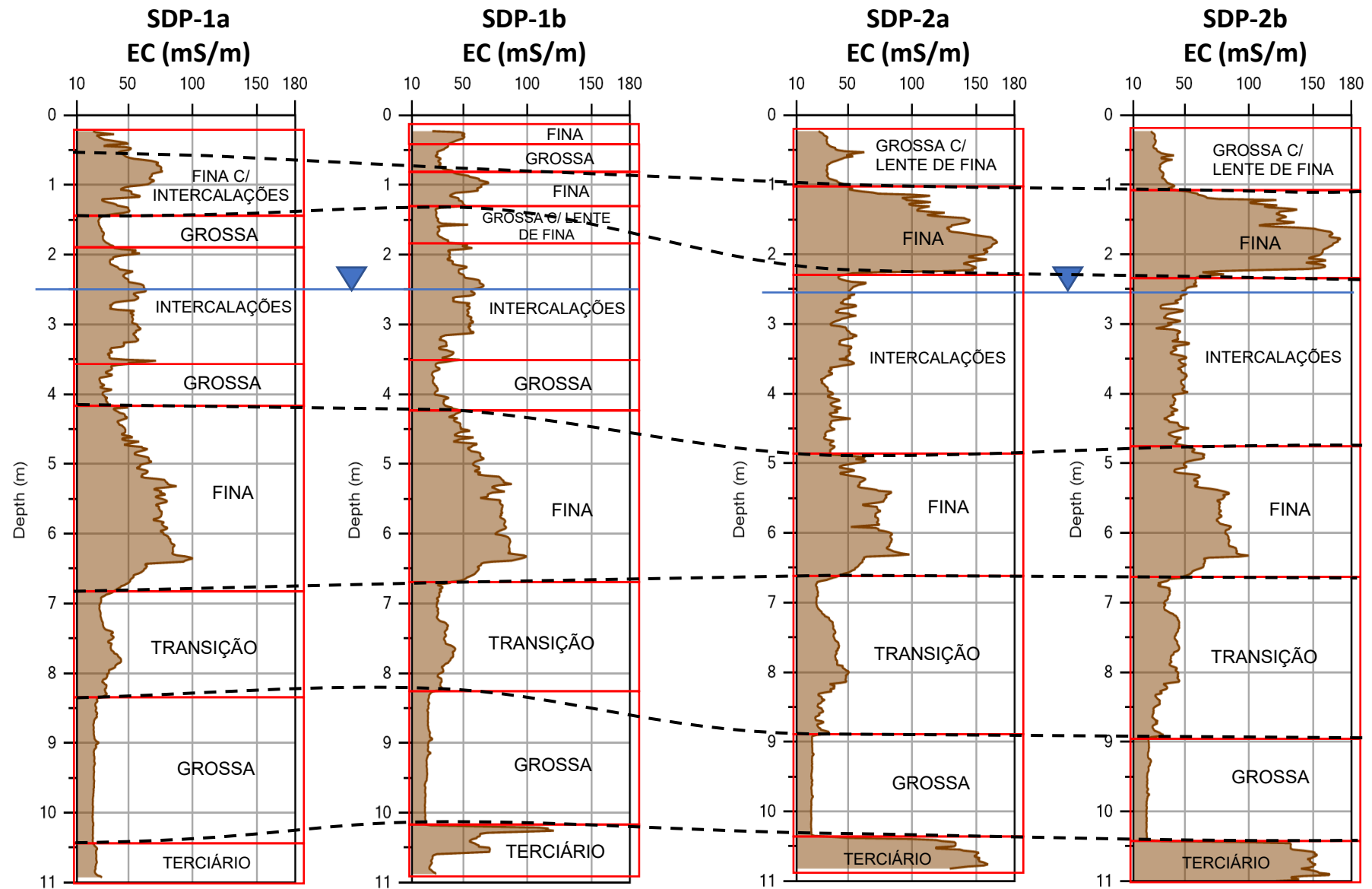


RESULTADOS - ENSAIOS COM A SONDA MIP

- Sensor de condutividade elétrica (EC) = litologia;
- Detector FID = metano;



Resultados do sensor EC



Resultados do sensor EC

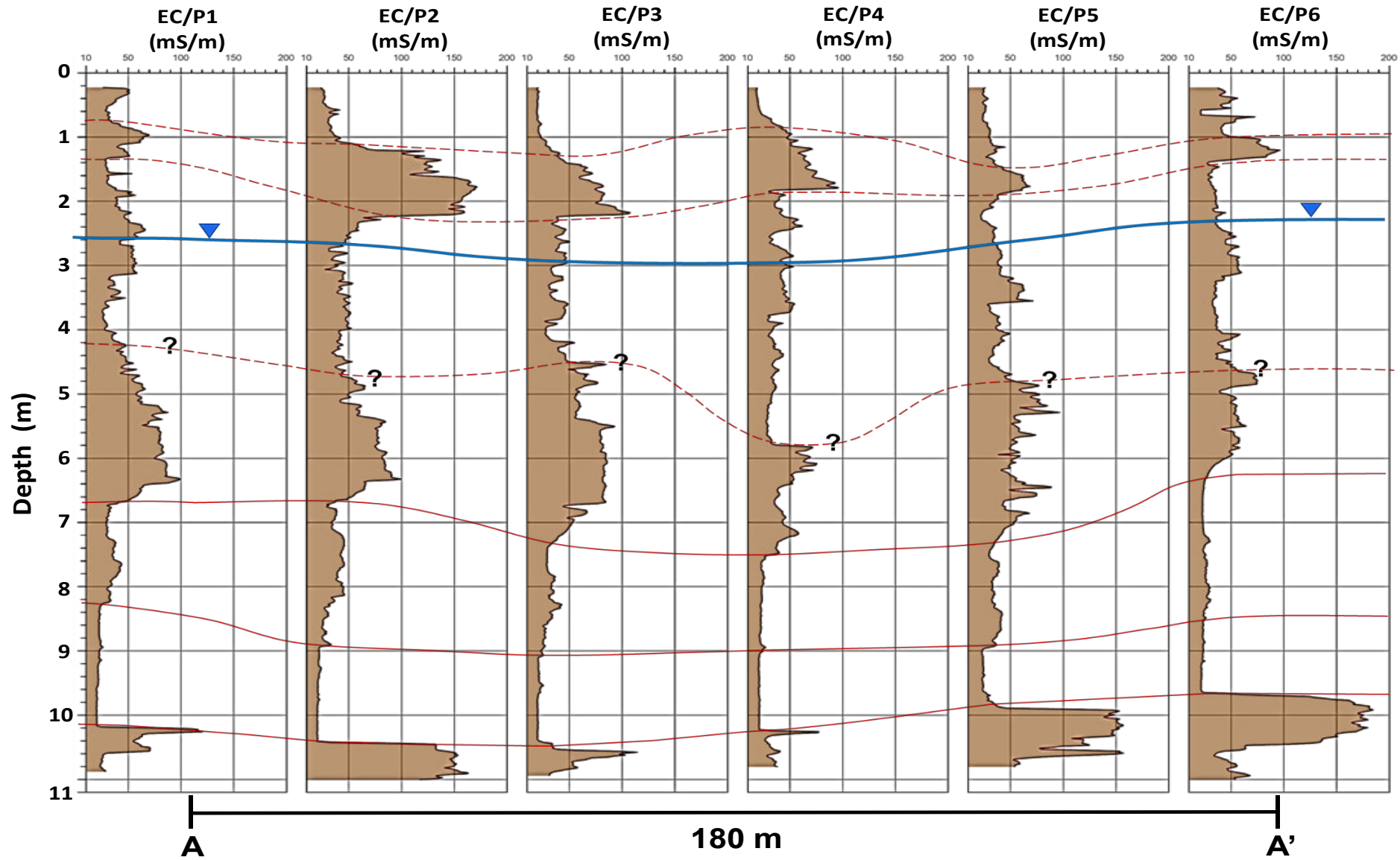


Figura 16: Seção esquemática de condutividade elétrica A-A'

Seção geoeletrica da área de estudo (Bacia de São Paulo)

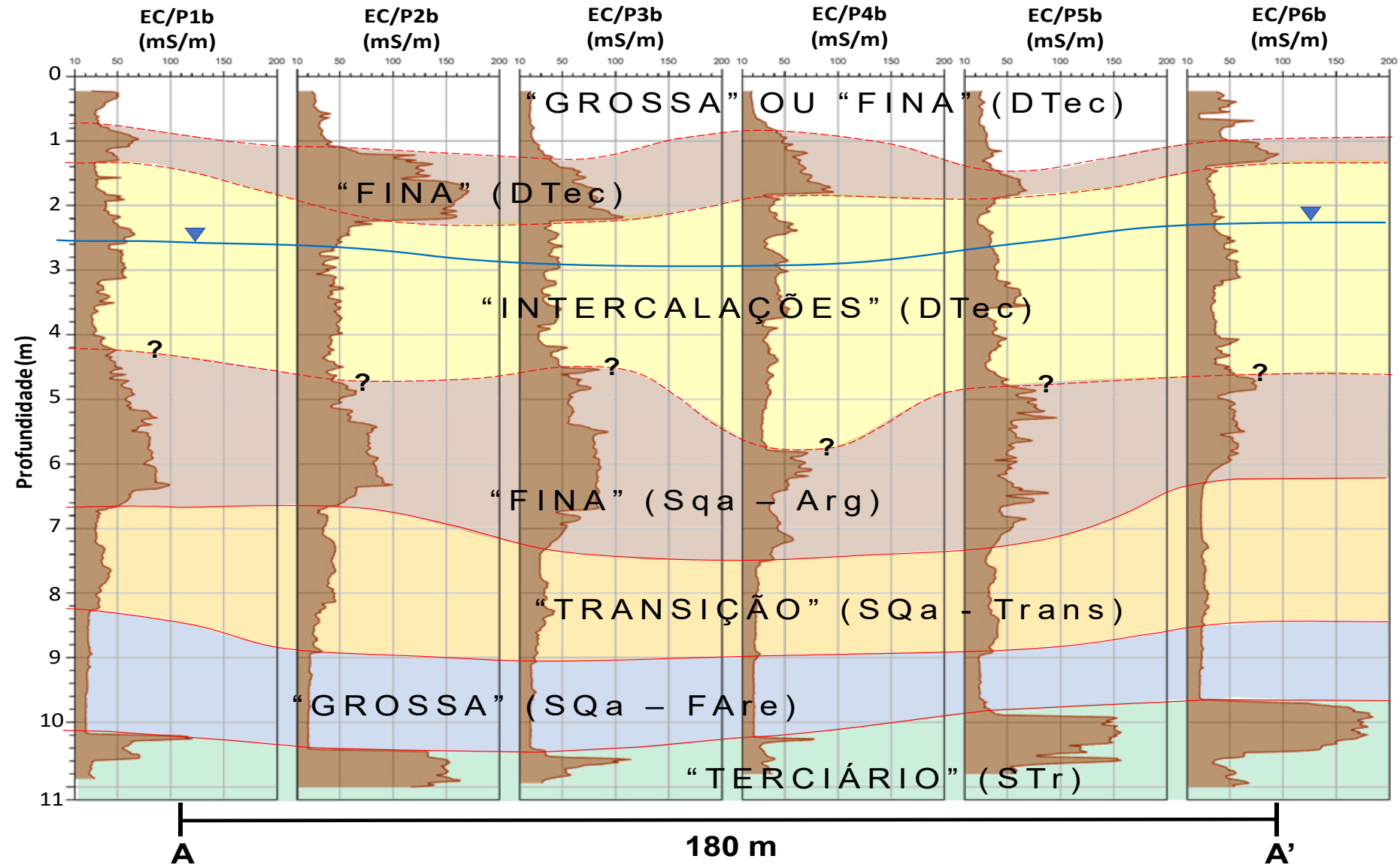
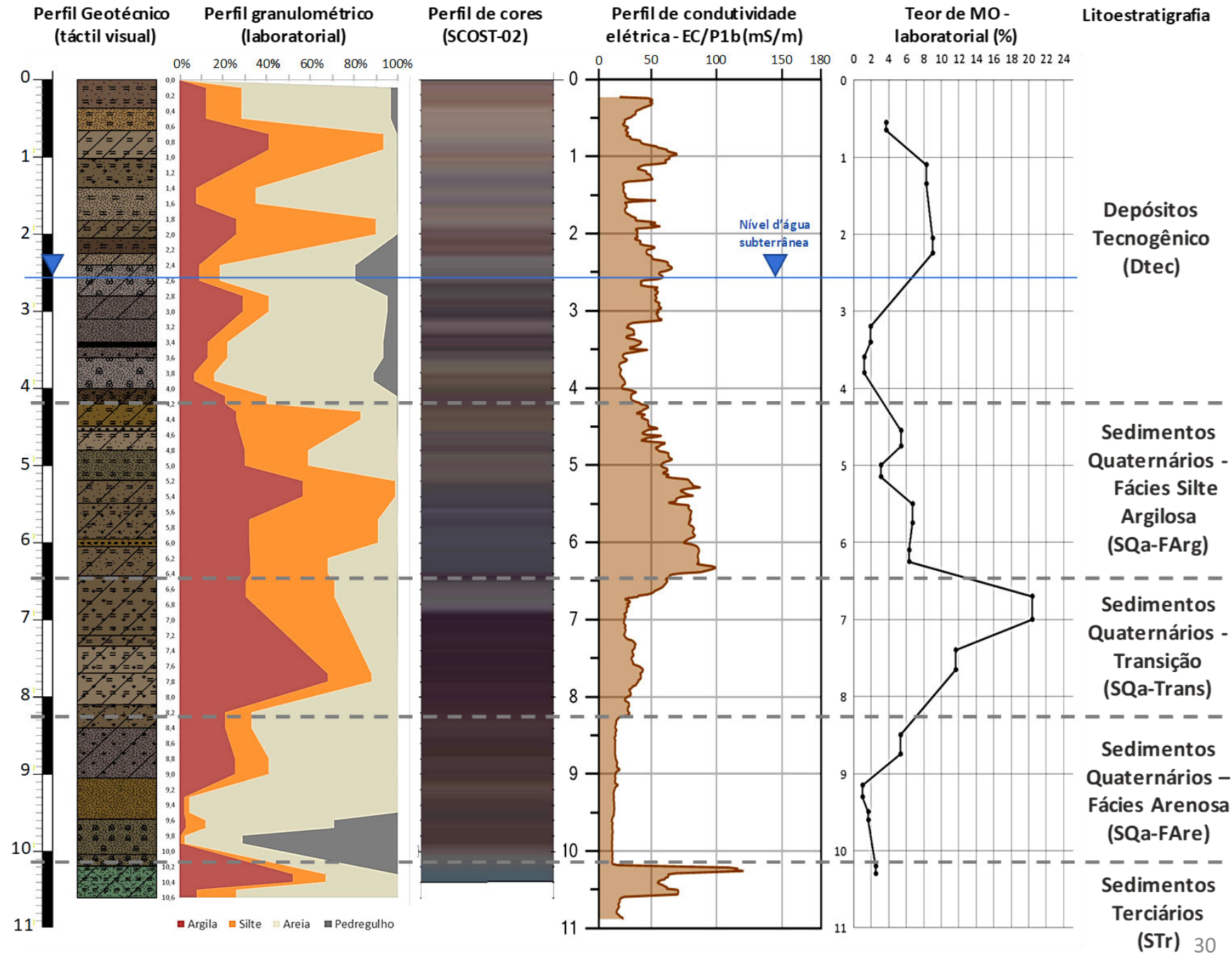
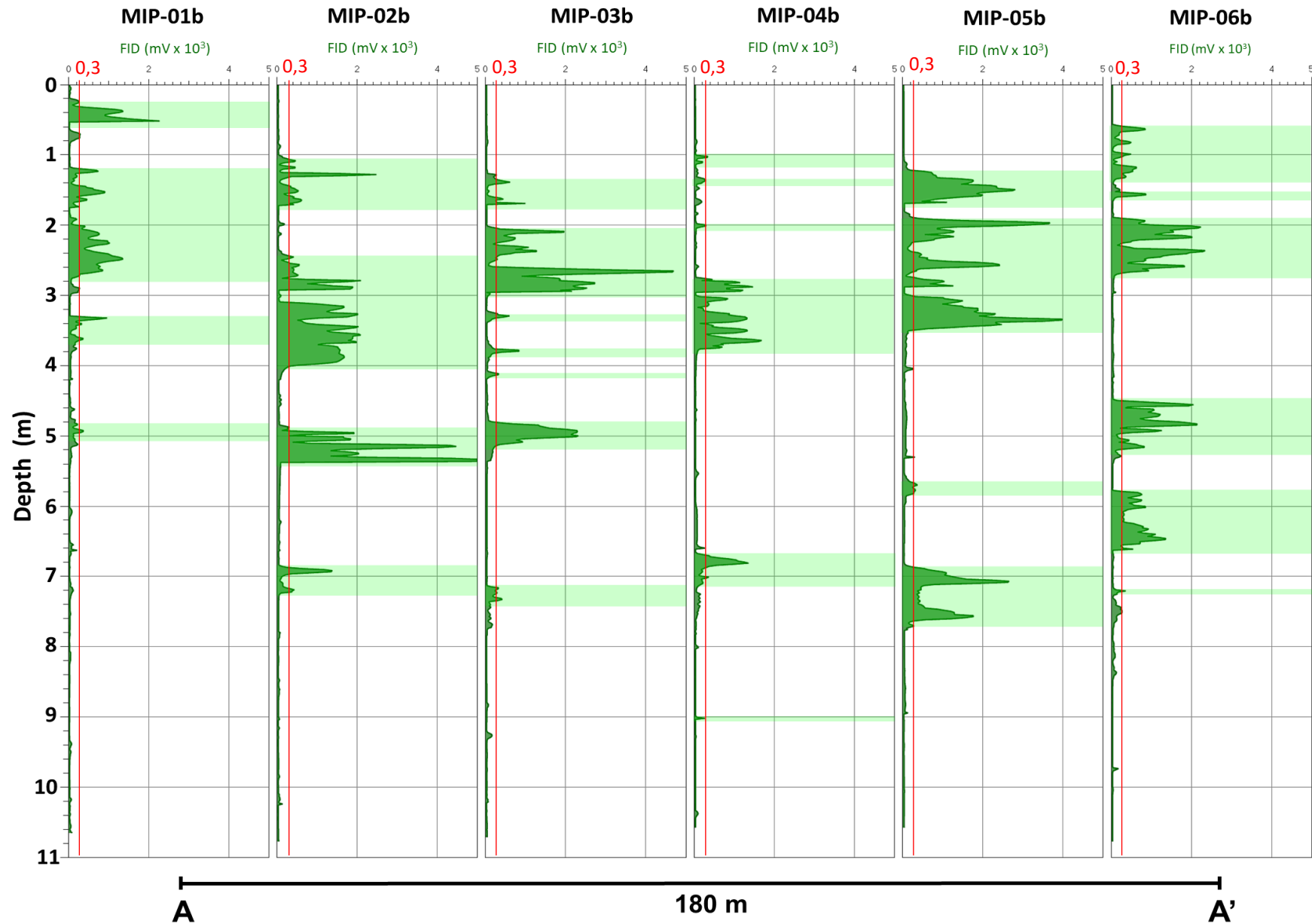


Figura 16: Seção esquemática de condutividade elétrica A-A'

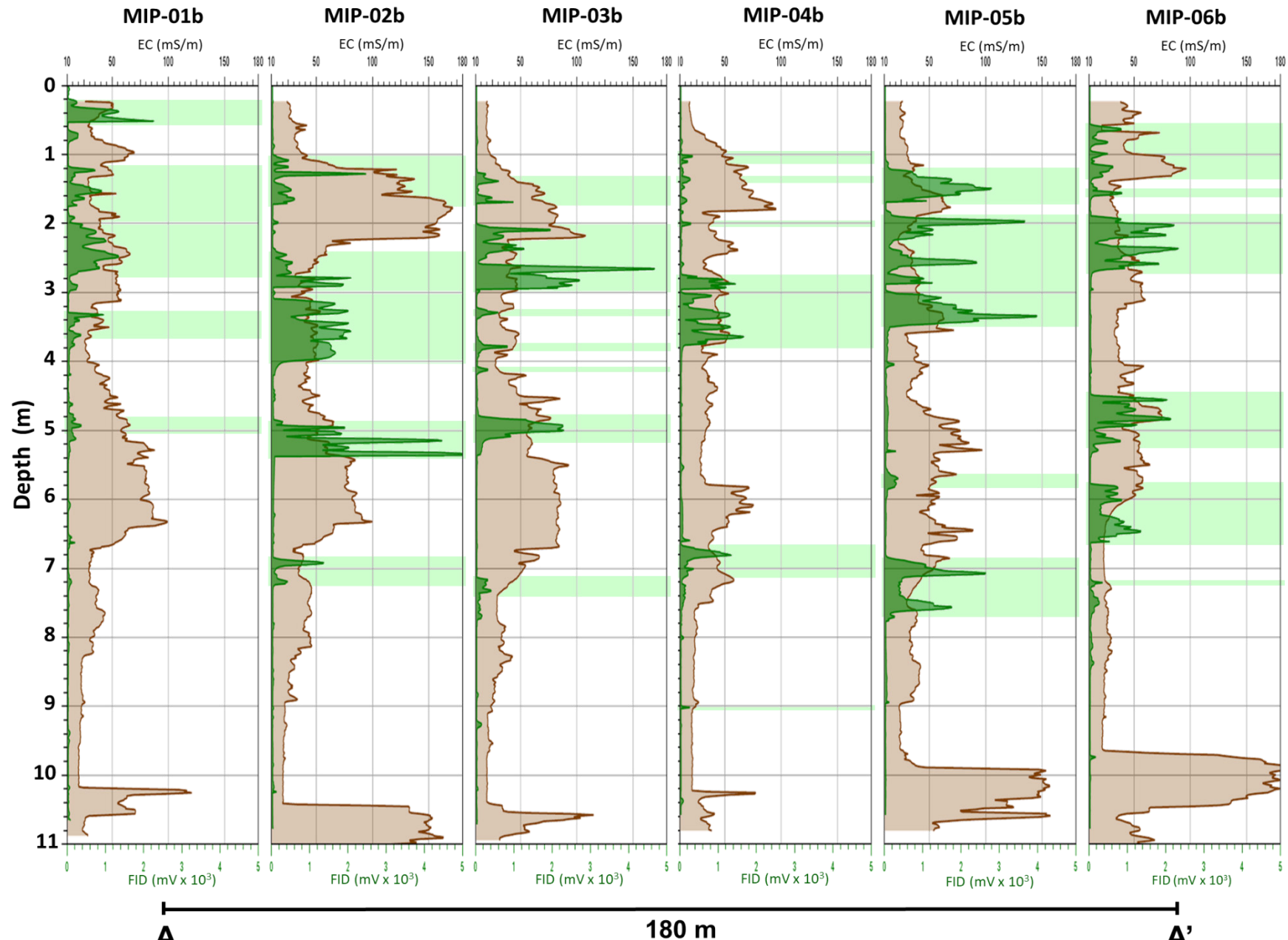
Caracterização litoestratigráfica



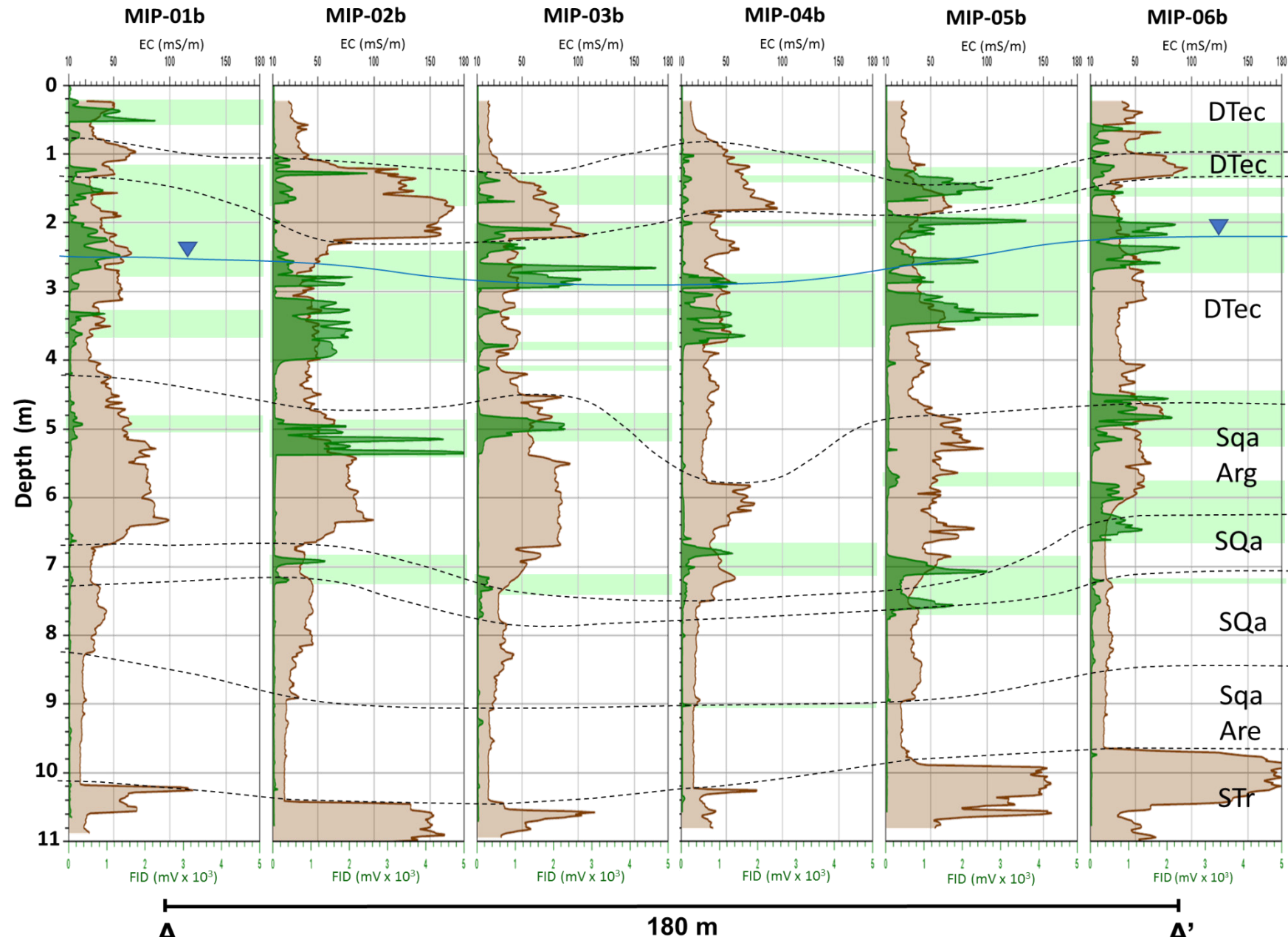
Resultados de campo do MIP – Resposta do FID ao metano



Resultados de campo do MIP – Resposta do FID ao metano

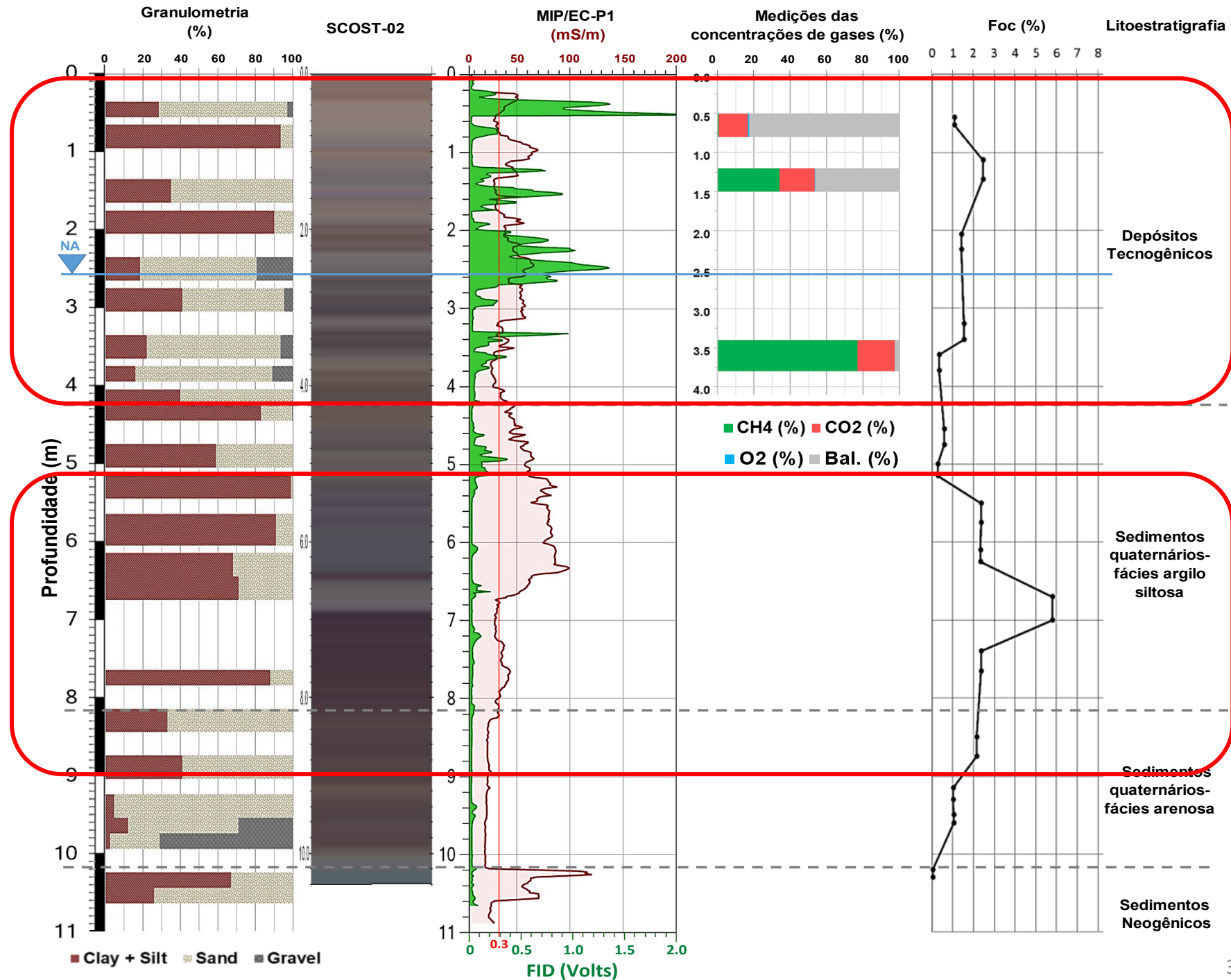


Resultados de campo do MIP – Resposta do FID ao metano



Integração dos resultados de campo e laboratório

Modelo Conceitual do Site



CONSIDERAÇÕES FINAIS

- Sonda MIP, pode prover dados em alta resolução sobre a litoestratigrafia (sensor EC) e para o mapeamento de METANO em subsuperfície (FID);
- O MIP é uma ferramenta de screening: técnicas complementares de campo e laboratório são fundamentais para apoiar a interpretação e a validação dos resultados;
- SCOST forneceu informações importantes sobre a litoestratigrafia e as condições geoquímicas;
- Amostragem de gases com PRT: possibilita a validação dos resultados do MIP e a caracterização do perfil dos gases no subsolo, fornecendo dados quantitativos sobre a dinâmica do CH₄;

CONSIDERAÇÕES FINAIS

- Análises dos teores de MO/ FCO em todo o perfil investigado pode auxiliar no mapeamento das fontes potenciais de CH₄;
- Contribuição para o GAC:
 - Definição das camadas preferenciais de geração, acúmulo e fluxo do CH₄;
 - Definição da espessura das camadas de acúmulo de biogás, possibilitando a quantificação do volume dos bolsões de metano;
 - Subsídio para o estabelecimento de redes de monitoramento mais representativas, suportando a definição de melhores estratégias de gerenciamento dos riscos.

AGRADECIMENTOS



REFERÊNCIAS

- ADAMSON, D. T. et al. Membrane Interface Probe Protocol for Contaminants in Low- Permeability Zones. **Groundwater**, v.52, n.4, p. 550–565. 2014.
- AMERICAN SOCIETY OF TESTING MATERIALS. **ASTM D7352-07** (2012). Standard Practice for Direct Push Technology for volatile Contaminant Logging with the Membrane Interface Probe (MIP). West Conshohocken, PA, 2012. 11 p.
- AMERICAN SOCIETY OF TESTING MATERIALS. **ASTM D7648M** (2018). Standard Practice for Active Soil Gas Sampling for Direct Push or Manual-Driven Hand-Sampling Equipment. West Conshohocken, PA, 2018. 11 p.
- BUTLER, J. J. et al. **Hydrostratigraphic Characterization of Unconsolidated Alluvial Deposits with Direct-Push Sensor Technology**. Kansas. 1999. Disponível em: <http://www.kgs.ku.edu/Hydro/Publications/OFR99_40/index.html>.
- CHRISTY, T. M. **A Permeable Membrane Sensor for the Detection of Volatile Compounds in Soil**. Geoprobe Systems. Salina, Kansas, 1996a.
- FIACCO, R. J. et al. Interpretation of More Than 1,000 MIP Logs : Lessons Learned. Seventh International Conference on Remediation of Chlorinated and Recalcitrant Compounds. **Anais...** Monterey, CA: 2010. Disponível em: www.battelle.org/chlorcon
- FREITAS, L. G., PEDE, M. A. Z., & CHANG, H. K. (2017). Aplicação de técnicas direct push para caracterização litoestratigráfica de alta resolução em ambiente aluvionar. **Águas Subterrâneas**, 31(4), 355-364.
- GEOPROBE, 2012. GEOPROBE Membrane Interface Probe (MIP) - **Standard Operating Procedure**. Technical Bulletin No. MK3010.
- MENDONÇA, C. A. et al. Integrated earth resistivity tomography (ERT) and multilevel sampling gas: a tool to map geogenic and anthropogenic methane accumulation on brownfield sites. **Environmental Earth Sciences**, v. 74, n. 2, p. 1217–1226, 2015b.
- MISSOURI DEPARTMENT OF NATURAL RESOURCES (MDNR). **Gas Migration Pathways and Extent**. 1999. Disponível em: <http://geoprobe.com/literature/gas-migration-pathways-and-extent>.
- RIYIS, M.T. **Investigação geoambiental com tomada de decisão em campo utilizando o piezocone de resistividade como ferramenta de alta resolução**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) apresentada à Faculdade de Engenharia da Universidade Estadual Paulista - UNESP, Bauru, 2012. 173 f.
- SCHULMEISTER, M. K., BUTLER, J. J., HEALEY, J. M., ZHENG, L., WYSOCKI, D. A., & MCCALL, G. W. (2003). Direct-Push Electrical Conductivity Logging for High-Resolution Hydrostratigraphic Characterization. **Groundwater Monitoring & Remediation**, 23(3), 52–62.
- SEPICH, J. **Hazard Assessment by Methane CVP (Concentration / Volume / Pressure): Everything You Knew about Methane Action Levels Was Wrong**. Proceedings of the Sixth International Conference on Remediation of Chlorinated and Recalcitrant Compounds. Anais...Battelle, 2008.Environmental Earth Sciences, v. 74, n. 2, p. 1217–1226, 2015b.
- UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY – USEPA. 2012. **Oswer Technical Guide for Assessing and Mitigating the Vapor Intrusion Pathway From Subsurface Vapor Sources To Indoor Air**: OSWER Publication. Washington, DC: [s.n.].



OBRIGADO PELA ATENÇÃO!

Leandro Gomes de Freitas

legfreitas@gmail.com

