

II Conferência de Gerenciamento de Áreas Contaminadas

Aplicação de Barreira Hidráulica Injetável FULL SCALE para contenção e tratamento de plumas de BTEX e TPHs em São Paulo

Ana Carolina Rufino

Cícero Carvalho

Hermano Fernandes

Setembro/2022

Objetivos

- Aplicação em escala piloto da combinação de tecnologias *in situ*;
- Determinação do raio de influência e volume de injeção;
- Dimensionamento do projeto de remediação em escala total.



Produtos Remediadores

Os produtos remediadores utilizados foram o PeroxyGEO® (peróxido de cálcio) e o CarbonGEO® (Carvão ativado ultrafino micrométrico), sendo que ambos possuem registro ativo no IBAMA.



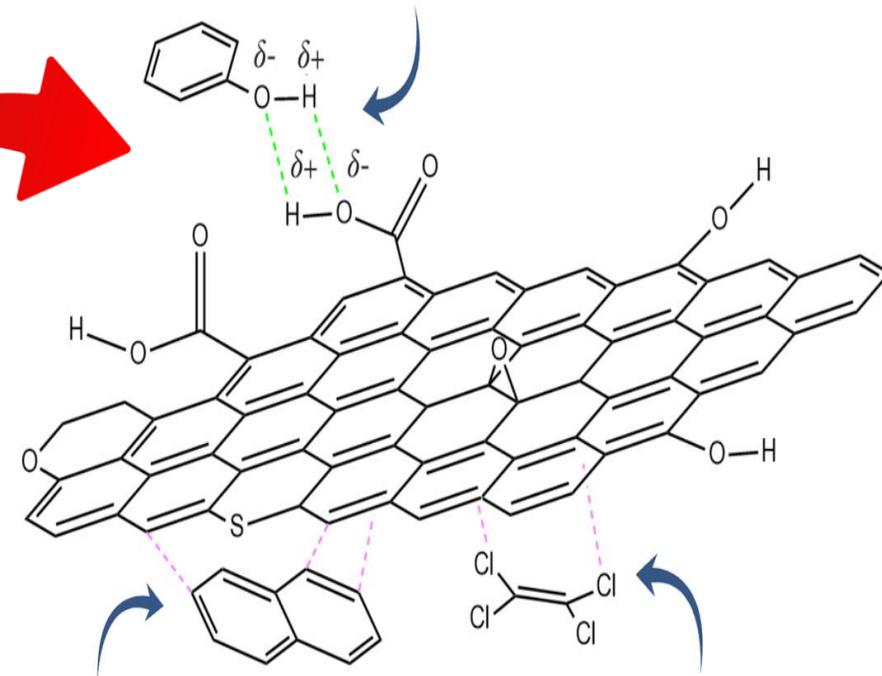
O que é o produto remediador CarbonGEO®?



CarbonGEO®



Interações dipolo-dipolo favorecem interações com substâncias mais polares



Interações de Van der Waals causam adsorção de compostos menos polares



Outros contaminantes sobre consulta ou ensaios de tratabilidade e bancada.

Objetivos específicos

- CarbonGEO®: **contenção da pluma de fase dissolvida** que estava gerando aporte de contaminantes para o córrego existente na área.
- PeroxyGEO®: atuação na **bioestimulação de bactérias autoctones** degradadoras dos hidrocarbonetos.



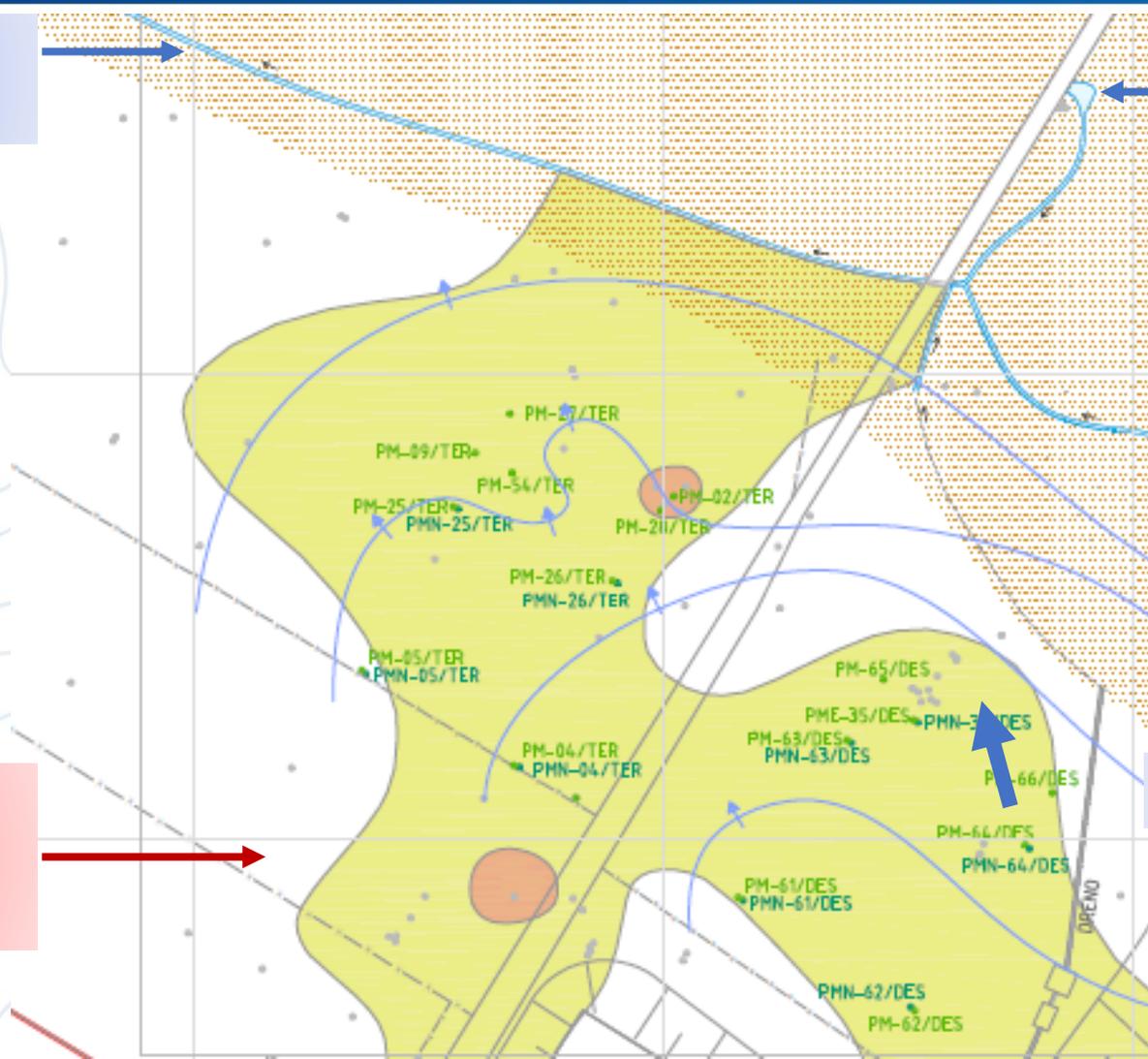
Modelo Conceitual do *site*

CÓRREGO (BEM A PROTEGER)

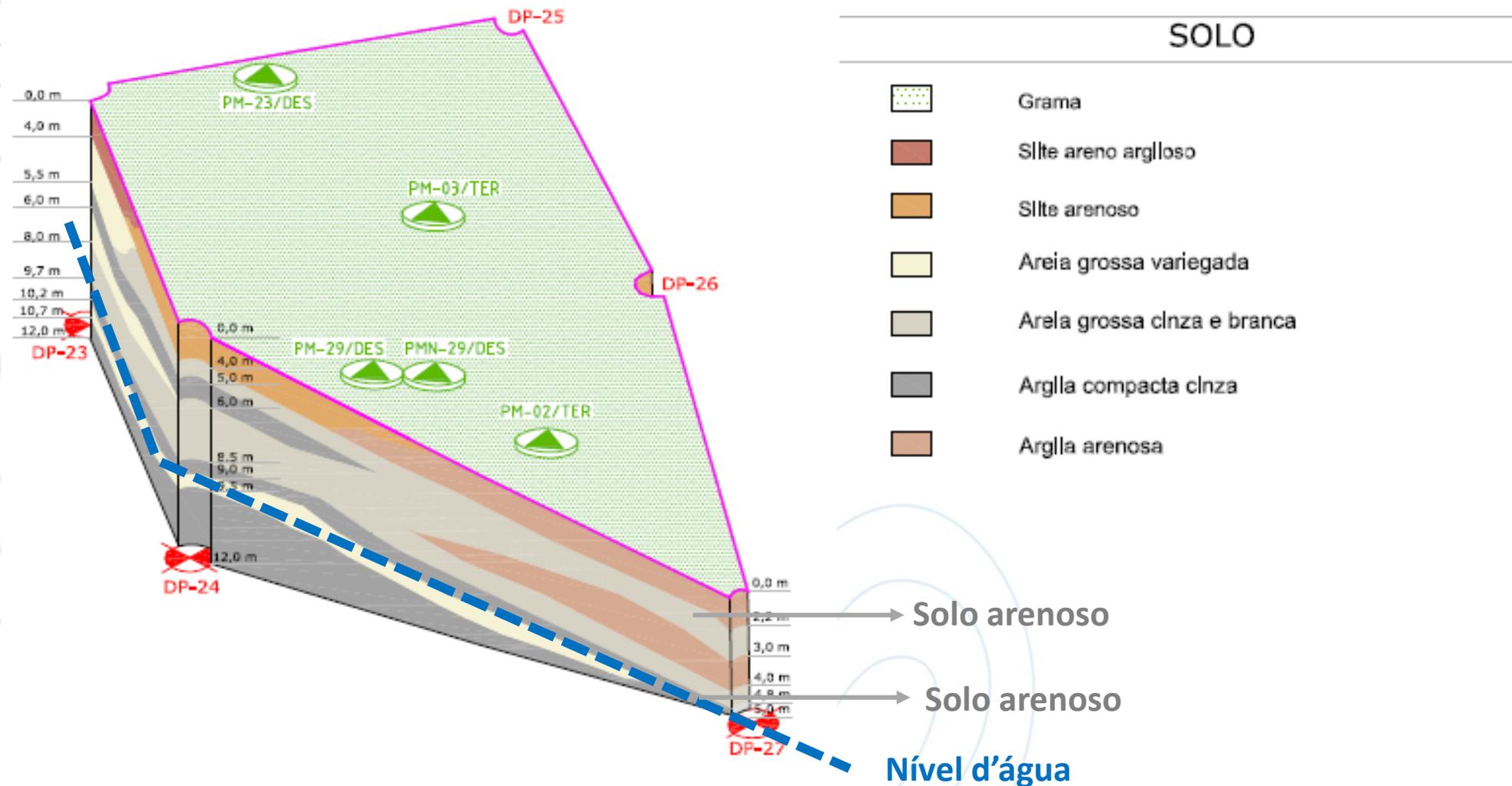
NASCENTE

PLUMA DE FASE DISSOLVIDA DE BENZENO

FLUXO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA



Modelo Conceitual do *site*



Contextualização – Plano de Intervenção

➤ Tecnologias avaliadas

- 1) Barreira Hidráulica para contenção dos contaminantes, com tratamento em superfície;
- 2) Construção de Barreira Hidráulica Injetável (CarbonGEO) e de Peróxido de Cálcio de Oxigênio, para propiciar a contenção dos contaminantes provenientes de montante, assim como propiciar a biodegradação aeróbica dos contaminantes.

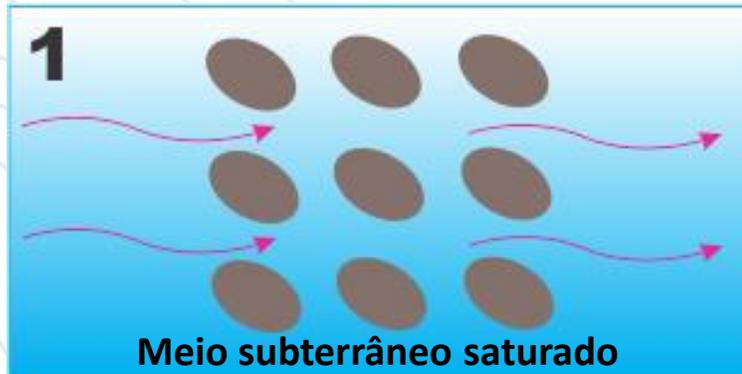


Viabilidade da tecnologia

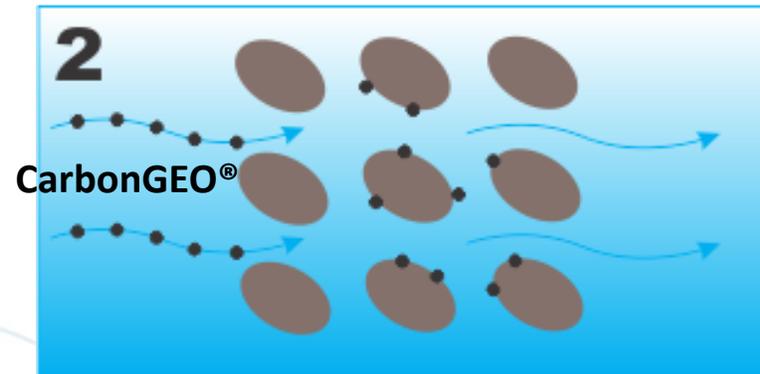
O CarbonGEO® apresenta granulometria média de 10µm podendo ser aplicado por injeção *direct push* sob baixa pressão em camadas de alta condutividade hidráulica como litologias arenosas.



Mecanismo de funcionamento do CarbonGEO® no meio poroso

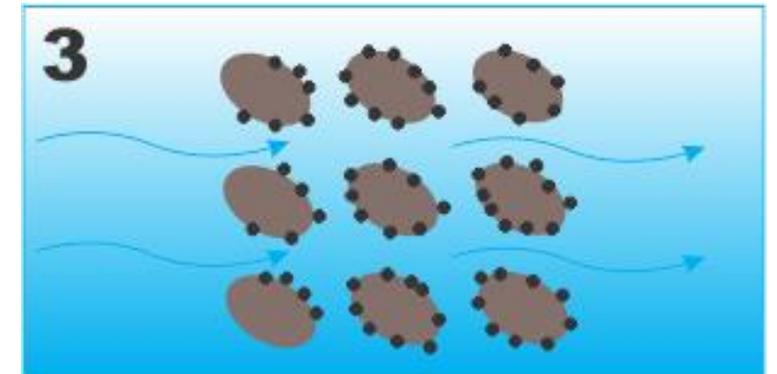


Ambiente subterrâneo saturado, afetado por pluma **em fase dissolvida** de substâncias orgânicas.



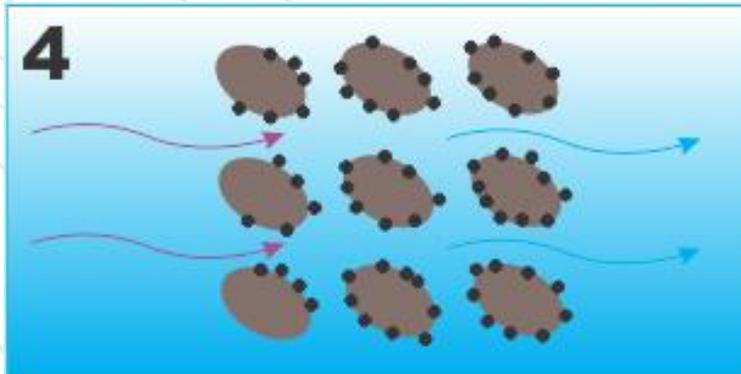
O CarbonGEO® é composto por uma suspensão aquosa de **Carvão Ativado Ultrafino Micrométrico**. Esta solução é injetada diretamente no meio subterrâneo saturado pela metodologia *direct push*.

As partículas do carvão ocupam parte dos poros efetivos do solo, permitindo o fluxo normal do aquífero.

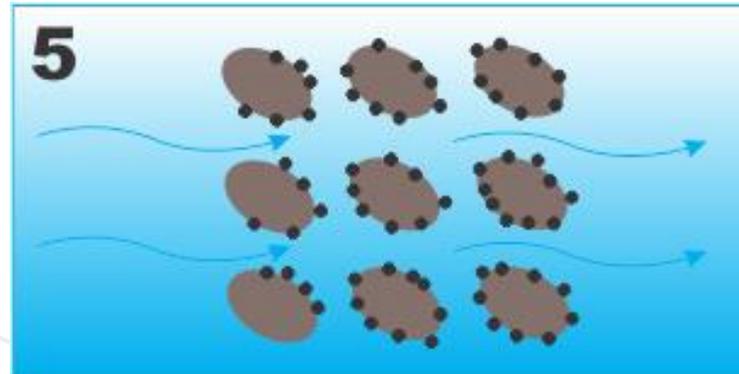


A quantidade de carvão ativado micrométrico a ser injetado no meio saturado leva em conta a **capacidade de adsorção do carvão ativado** para substâncias orgânicas. Entre os compostos viáveis para uso desta tecnologia destacam-se: VOC's, SVOC's, TPH's, PFAS, entre outros.

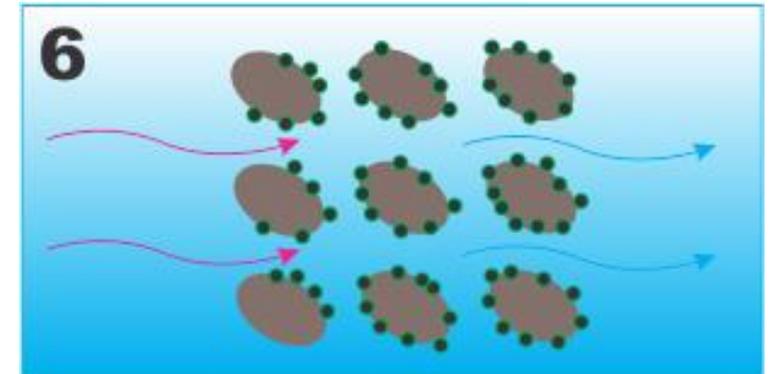
Mecanismo de funcionamento do CarbonGEO® no meio poroso



O aquifero subterrâneo, contendo os compostos químicos de interesse em meio dissolvido passa entre os poros da região que recebeu o carvão ativado. O meio poroso então funciona literalmente como um **FILTRO**, onde o carvão ativado adsorve os contaminantes.



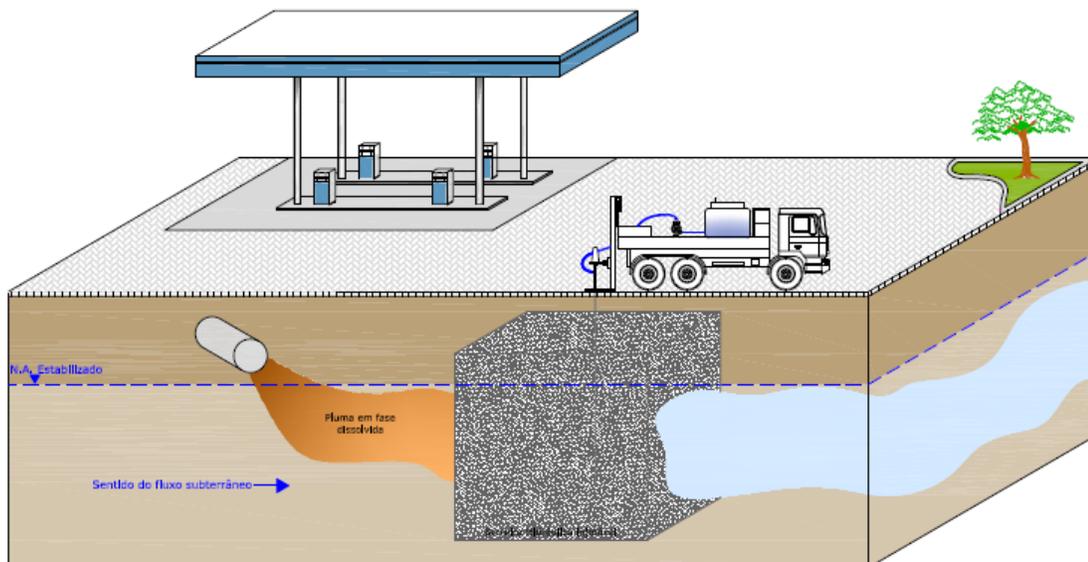
Outra forma de aplicação do CarbonGEO® é a atenuação da pluma dentro de uma região de controle. O carvão ativado pode reter a pluma de fase dissolvida, dificultando sua expansão e **atuando como um tratamento complementar**, podendo ser associado à outras técnicas de remediação.



Processos microbiológicos naturais, promovem o desenvolvimento de biofilmes que auxiliam no processo de tratamento do aquifero.

Mecanismo de funcionamento e aplicação do CarbonGEO® no meio poroso

- O **carvão ativado ultrafino** (menor que 30 microns) em **suspensão aquosa** pode ser injetado diretamente no subsolo, nas profundidades de interesse, através sistema *Direct-Push* ou poços de injeção.
- O **CarbonGEO®**, literalmente cria um “**filtro**” na **zona saturada do solo**, onde através das propriedades do carvão ativado os contaminantes orgânicos são adsorvidos, contendo o avanço do fluxo de massas da pluma em direção de bens a proteger como córregos ou nascentes.



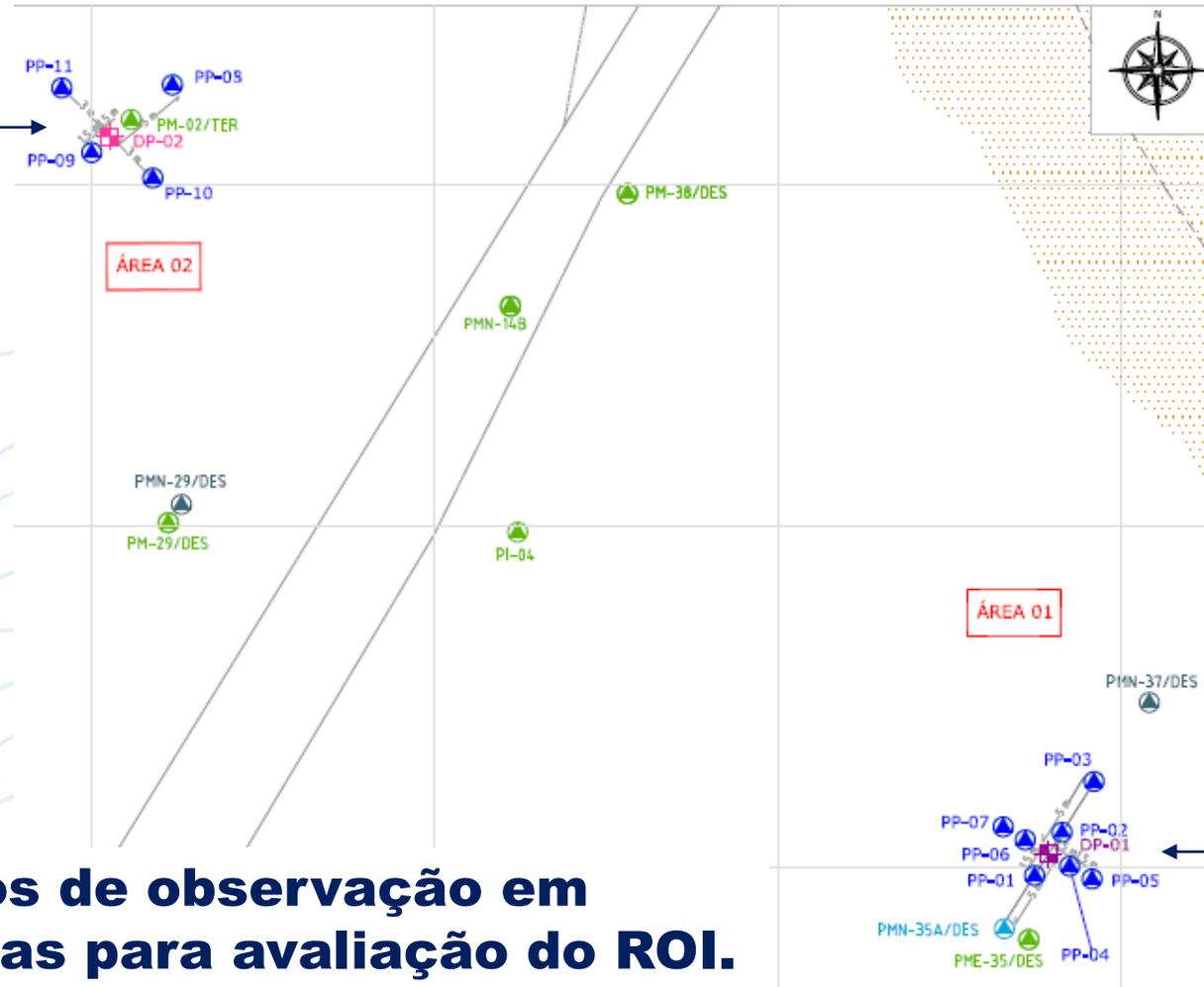
- ✓ O produto injetado ocupa parte dos poros efetivos), mantendo a permeabilidade do lençol freático.
- ✓ O carvão é um produto inerte com **propriedades físicas de adsorção**.
- ✓ Devido a sua elevada área superficial interna e superfície irregular, auxilia também no **desenvolvimento de micro-organismos** que podem auxiliar no processo de remediação da área.

Mecanismo de funcionamento e aplicação do PeroxyGEO® no meio poroso

- O Peróxido de cálcio atua na bioestimulação de bactérias autoctones degradadoras dos hidrocarbonetos através do fornecimento de oxigênio no meio saturado;
- Tem ação oxidante, agindo como uma barreira reativa ao fluxo de contaminantes;
- Pode ser injetado diretamente no subsolo, nas profundidades de interesse, através sistema *Direct-Push* ou poços de injeção.

Execução do ensaio piloto de aplicação

PEROXYGEO®

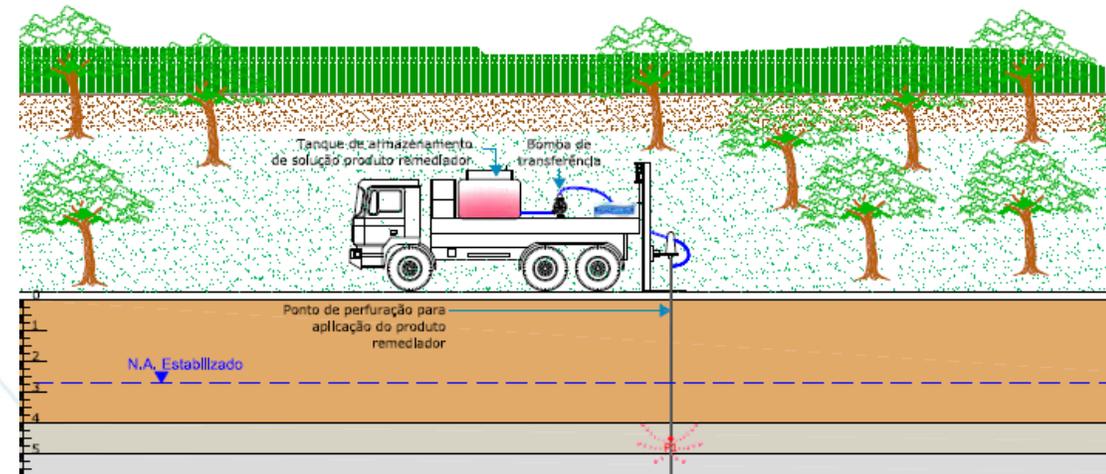


CARBONGEO®

Instalação de poços de observação em diferentes distâncias para avaliação do ROI.

Execução do ensaio piloto de aplicação

- Metodologia de aplicação: *Direct Push*.
- Profundidade de aplicação: Conforme litologia arenosa verificada com as sondagens *direct push*, aproximadamente 4,50 metros.
- Soluções de produto remediador:
 - 20.000 litros aplicados de CarbonGEO® (5% v/v)
 - 10.000 litros de PeroxyGEO® (1% m/v)



Execução do ensaio piloto de aplicação

- Injeção dos produtos CarbonGEO® e PeroxyGEO® e por *Direct Push* em zona saturada de alta condutividade hidráulica.
- Monitoramento dos parâmetros Turbidez e pH em campo durante todo o ensaio.



Resultados obtidos no ensaio piloto

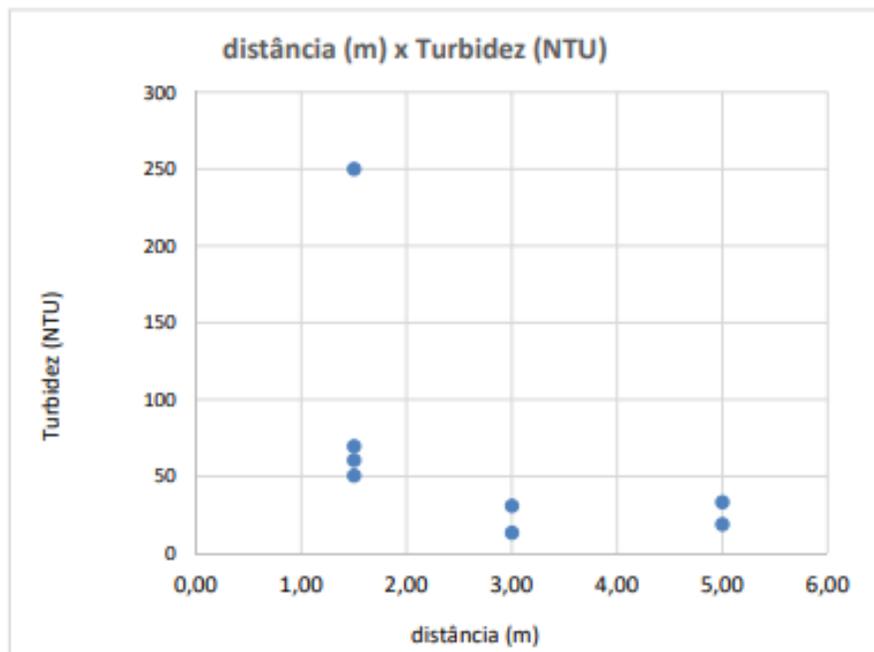
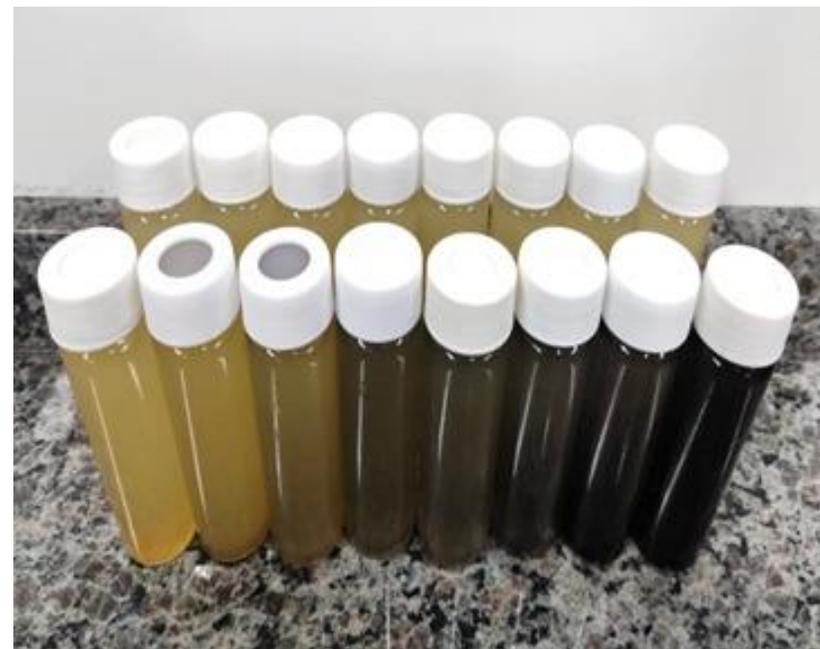


Figura 1. Variação da turbidez com 10.000 litros aplicados de CarbonGEO®.



- Analisando os dados obtidos através das medições de turbidez foi possível visualizar as alterações pela distância do ponto de aplicação de CarbonGEO® até os poços de observação utilizados no ensaio.
- **O Raio de influência a partir da aplicação do CarbonGEO® foi de 5 metros.**

Evidência da presença do CarbonGEO® no meio saturado



Presença de CarbonGEO® na zona zona saturada



Presença de CarbonGEO® nos poços de observação

Resultados ROI

Exemplo de outro site onde foi realizado o ensaio piloto de aplicação do CarbonGEO®.



Conclusões

- Os resultados do ensaio piloto demonstraram a aplicabilidade da combinação de tecnologias promovidas pelos produtos CarbonGEO® e PeroxyGEO®.
- A partir da interpretação do Modelo Conceitual da área e dos dados do ensaio piloto de aplicação, foi possível determinar a porosidade móvel e o raio de influência (ROI = 5 m) para dimensionamento da remediação em escala total, assim como os demais parâmetros pertinentes ao Projeto Executivo de Remediação.

Implantação das barreiras em Full Scale

CÓRREGO

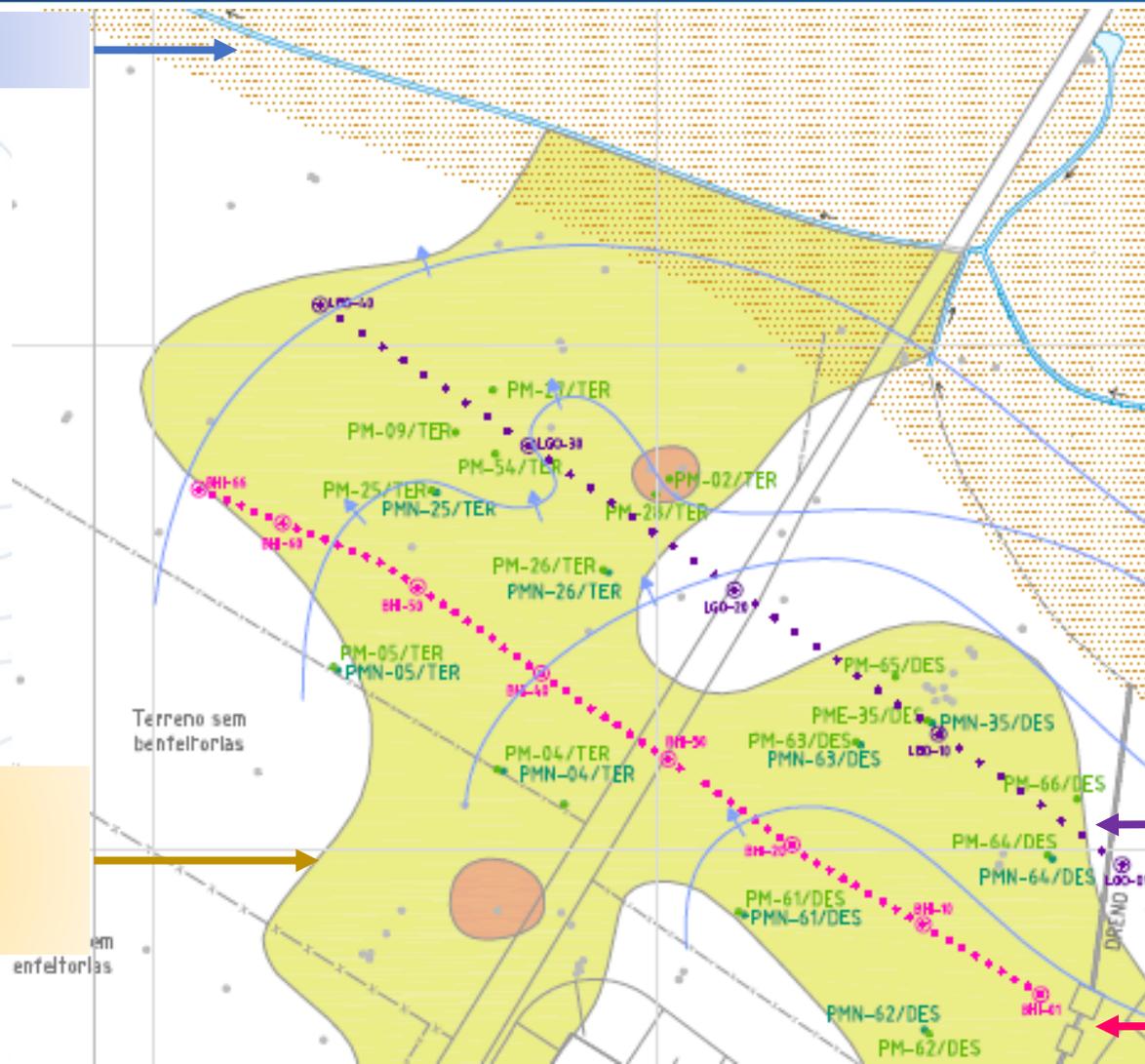
NASCENTE

PLUMA DE FASE DISSOLVIDA DE BENZENO

PEROXYGEO®

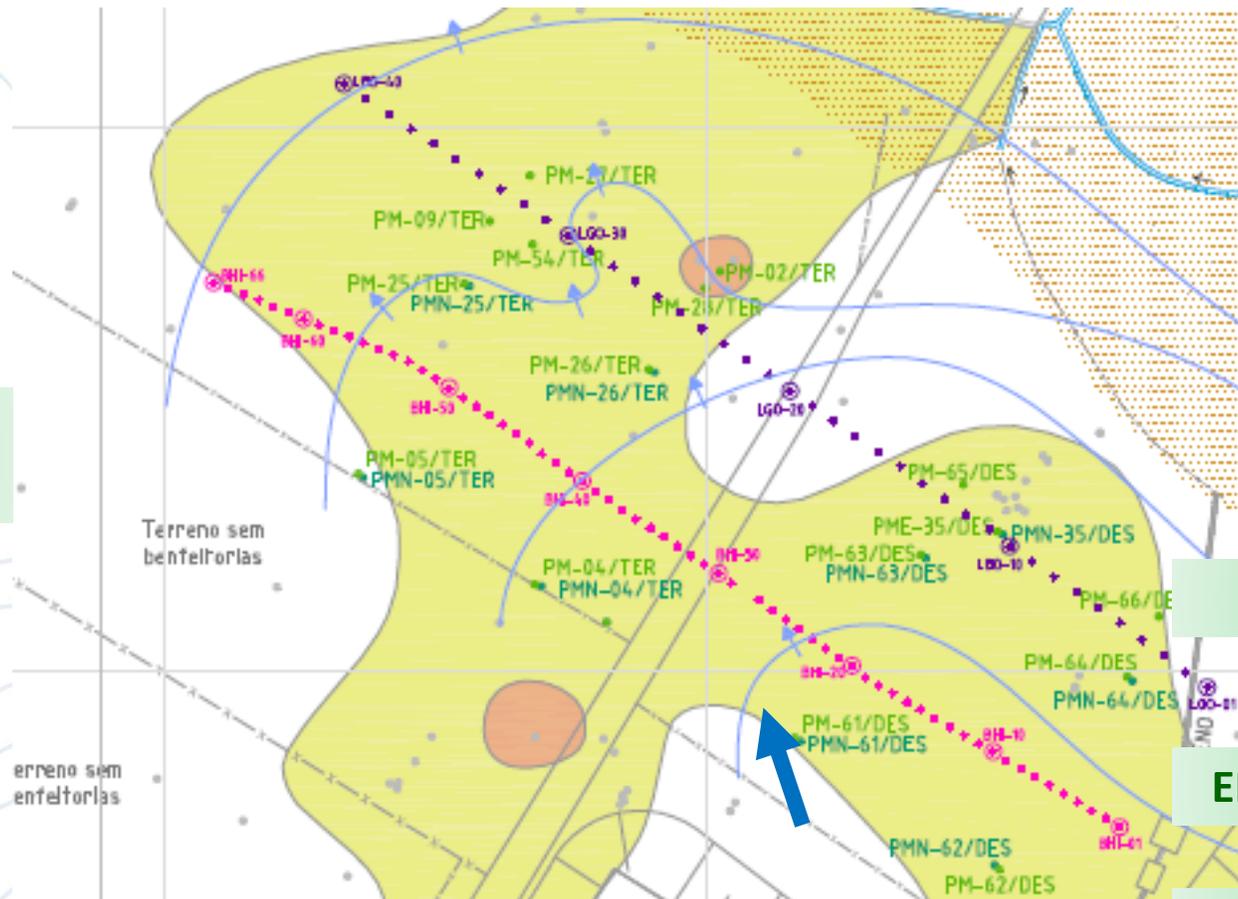
CARBONGEO®

GEOAMBIENTE®



Avaliação da eficácia e eficiência das barreiras de carvão ativado ultrafino micrométrico e peróxido de cálcio

POÇOS DE
MONITORAMENTO

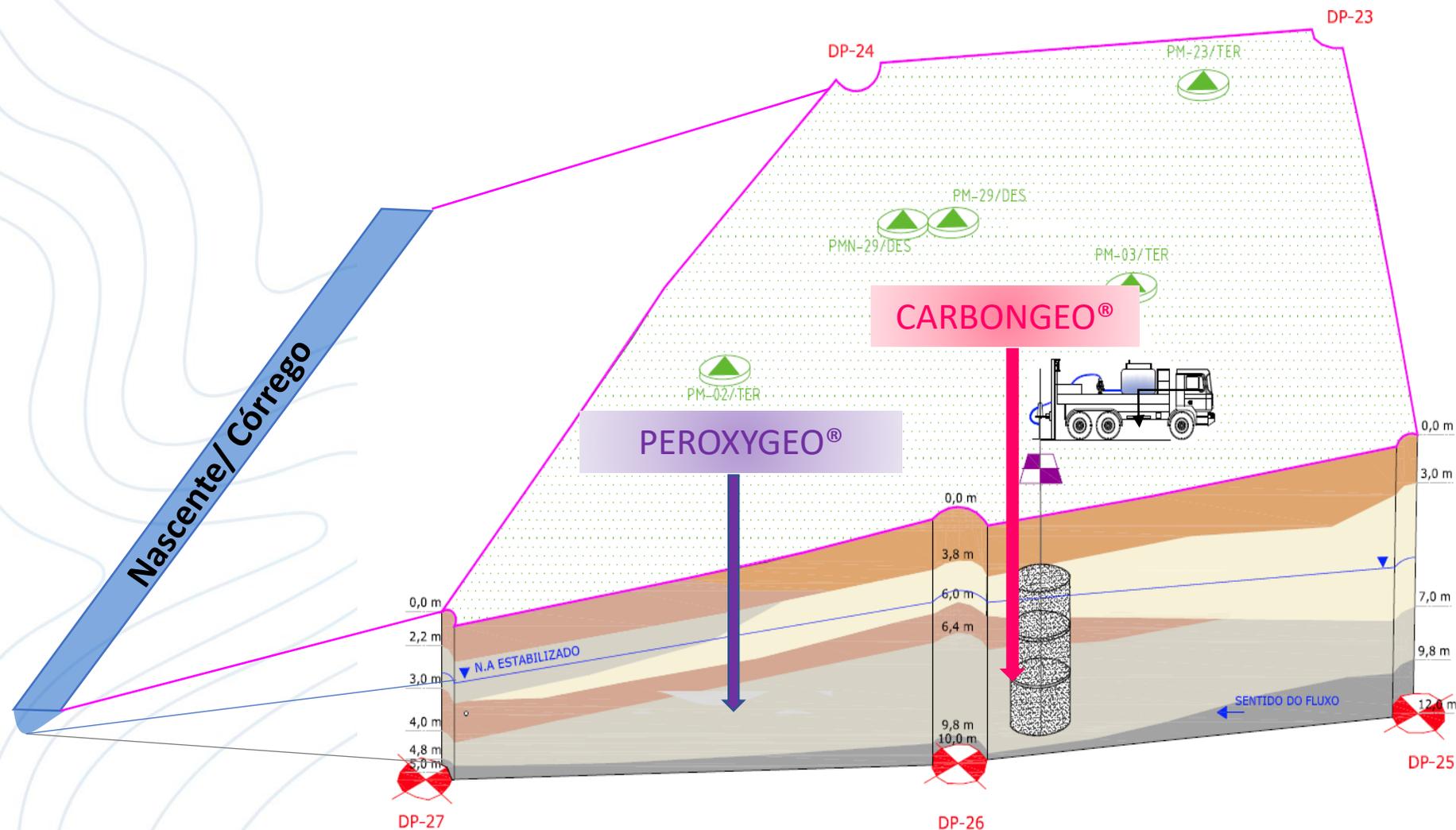


JUSANTE

ENTRE AS BARREIRAS

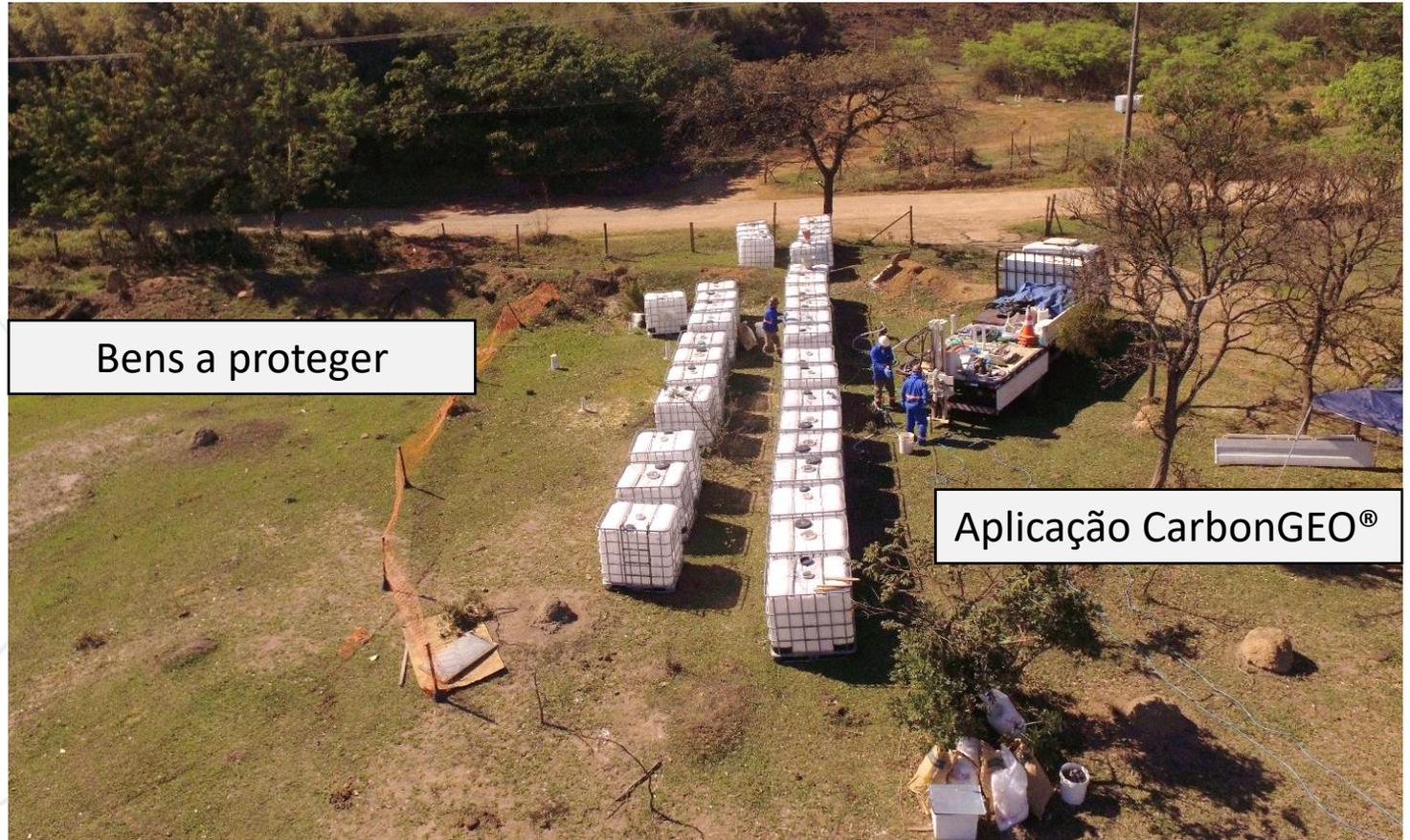
MONTANTE

Aplicação das barreiras de carvão ativado ultrafino micrométrico e peróxido de cálcio



Implantação das barreiras em *Full Scale*

- ✓ **Aplicação de barreira adsortiva de CarbonGEO® e barreira reativa/bioestimuladora de PeroxyGEO®**
- ✓ **Porosidade efetiva: 30%**
- ✓ **Velocidade do lençol calculado: 10 m/ano**
- ✓ **Fluxo de Massa calculado: 472,5 gramas de BTEX/ano**
- ✓ **Capacidade de adsorção do CarbonGEO®: 3 g/g de BTEX**



Implantação das barreiras em *Full Scale*

- ✓ 40 dias ininterruptos de trabalhos em campo para injeção
- ✓ 20.000 L injetados por dia
- ✓ 250 metros de extensão.
- ✓ 10 metros de largura.
- ✓ Área teórica da Barreira: 945 m²
- ✓ 2 equipes de injeção.



- ✓ 800.000 litros de solução de CarbonGEO®
- ✓ 300.000 litros de solução de PeroxyGEO.



Resultados Projeto *Full Scale*

Maio/ 2018



Maio/ 2019



OBRIGADA!

Ana Carolina Silva Ribeiro Rufino

41 9 9232 8106

anacarolina@geoambiente.eng.br

comercial@geoambiente.eng.br

“Em remediação nossa meta é encerrar casos”



Visite nosso site: geoambiente.eng.br





GEOAMBIENTE[®]