Congresso No-Dig Brasil na FENASAN 2026

HDD

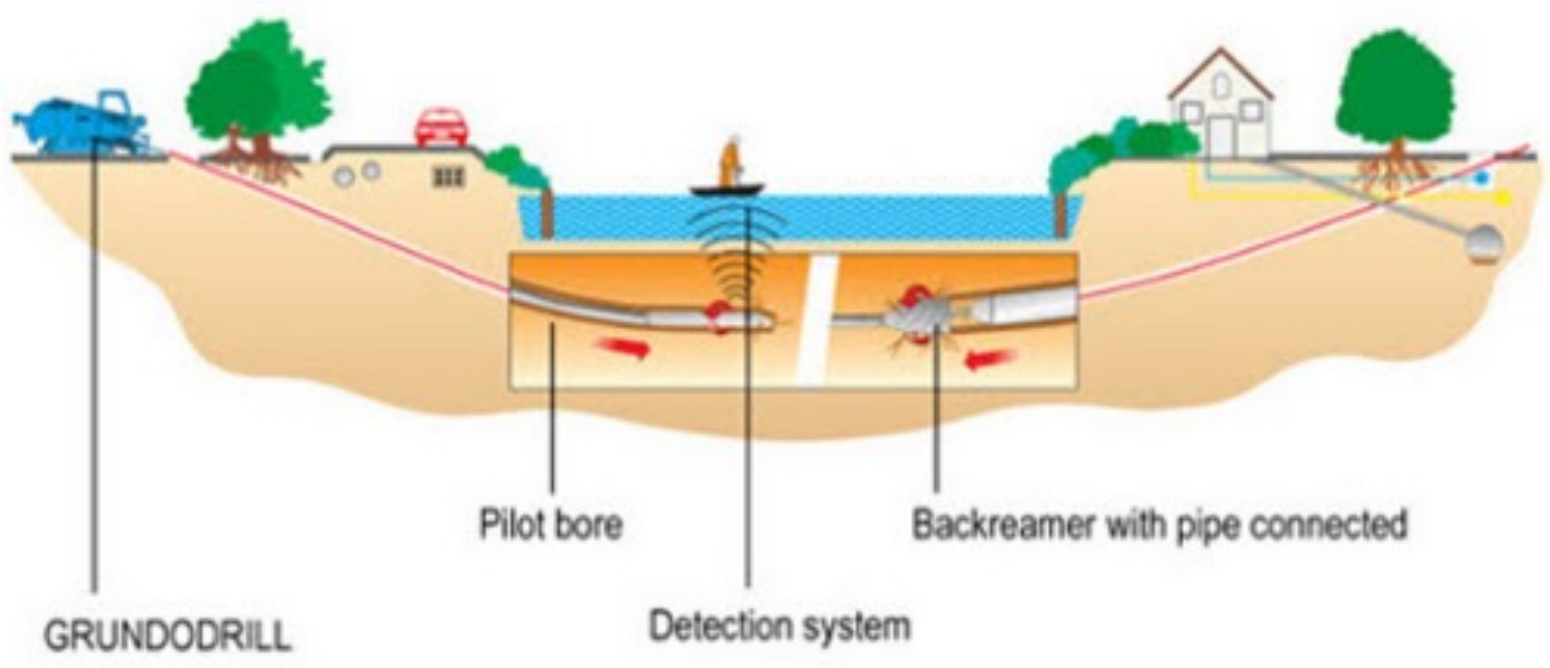
Aplicabilidade, desafios e recomendações para projetos

Melina Almeida

Petrobras

Perfuração Direcional Horizontal (HDD)

Tecnologia não destrutiva e direcionável para instalar dutos, conduítes ou cabos subterrâneos ao longo de uma trajetória curva previamente definida, a partir de uma sonda na superfície.



Etapas da travessia por HDD



Aplicações do HDD



Chegada de praia





Travessia de rio

Categorias de HDD

Mini HDD

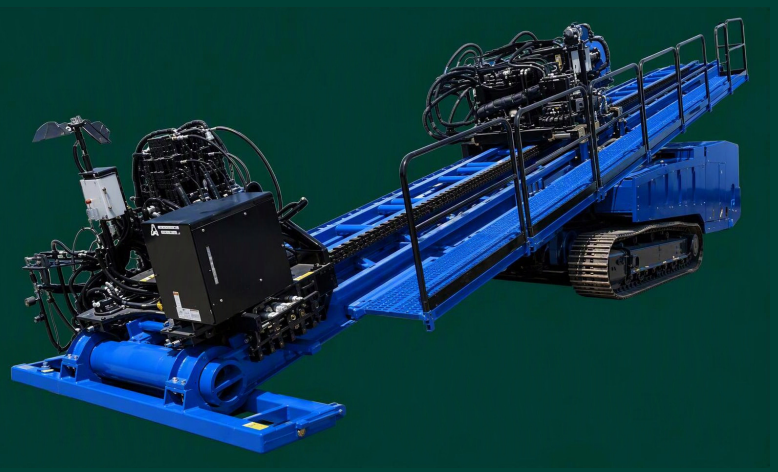




PEAD e fibra óptica

- Trechos curtos e pequenos diâmetros
- Pequenas profundidades, em solo
- Aplicável a dutos de PEAD, cabos de fibra óptica e linhas de baixa pressão

Maxi HDD





Dutos de aço

- Trechos longos e grandes diâmetros
- Travessias profundas
- Aplicável a dutos de aço, linhas de alta pressão e projetos de grande porte

Desafios técnicos do HDD



Problemas técnicos frequentes

- Quebra de ferramentas
- Desvios da trajetória de perfuração
- Escape de fluido de perfuração (frac-out)
- Aprisionamento do duto durante o puxamento
- Danos a dutos existentes
- Danos a estruturas na superfície
- Acidentes

Limitações e causas prováveis

6 km

Comprimento máximo com técnica de interseção

60 pol.

Diâmetro máximo do duto

Limitações do método HDD

Restrições em formações geológicas complexas

Escolha inadequada da categoria de HDD

Equipamentos, ferramentas e instrumentos de orientação incompatíveis com os riscos do projeto



Projetos de engenharia deficientes



Investigação geotécnica insuficiente



Mapeamento e cadastro deficientes da infraestrutura subterrânea



Falta de empresas e profissionais qualificados

Critérios de projeto e seleção da categoria

Dados de entrada

Tubulação: material, diâmetro e espessura

Travessia: extensão, profundidade e geotecnia

Riscos da estrutura e do entorno

Decisões de projeto

Viabilidade técnica, categoria e precisão

Raio mínimo de curvatura e esforços

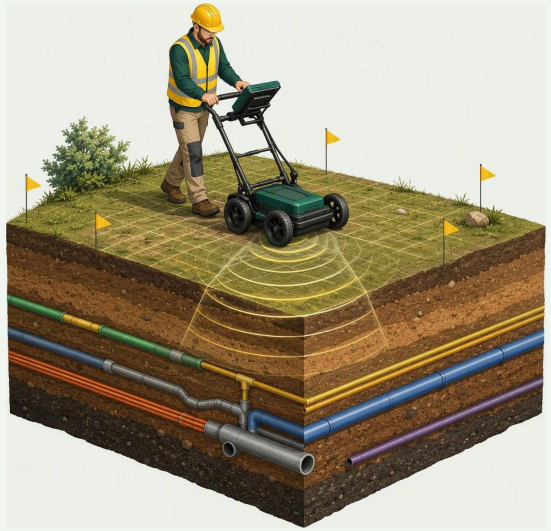
Dimensionamento compatível com os riscos

Classe	Diâmetro (pol.)	Profundidade	Extensão	Força de puxamento	Aplicação típica
MAXI	Acima de 24	Até 60 m	Até 3.000 m	Maior que 45 tf	Travessias de rios e rodovias
MIDI	12 a 24	Até 20 m	Até 300 m	10 a 45 tf	Travessias de rios e rodovias
MINI	2 a 12	Até 7 m	Até 200 m	Até 10 tf	Cabos de energia, telecomunicações e gás

Investigações e preparação de campo

Interferências subterrâneas

Cadastros, GPR, PCM e trincheiras. Sinalização das interferências na superfície.



Geotecnia e estabilidade hidráulica

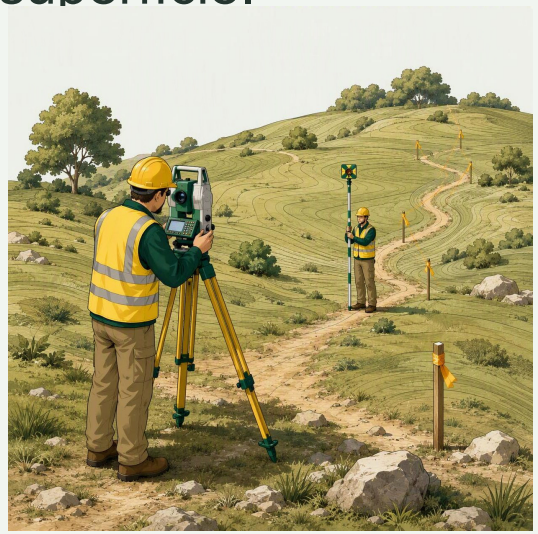
Sondagens SPT e rotativas, geofísica e ensaios de laboratório.



Topografia e posicionamento

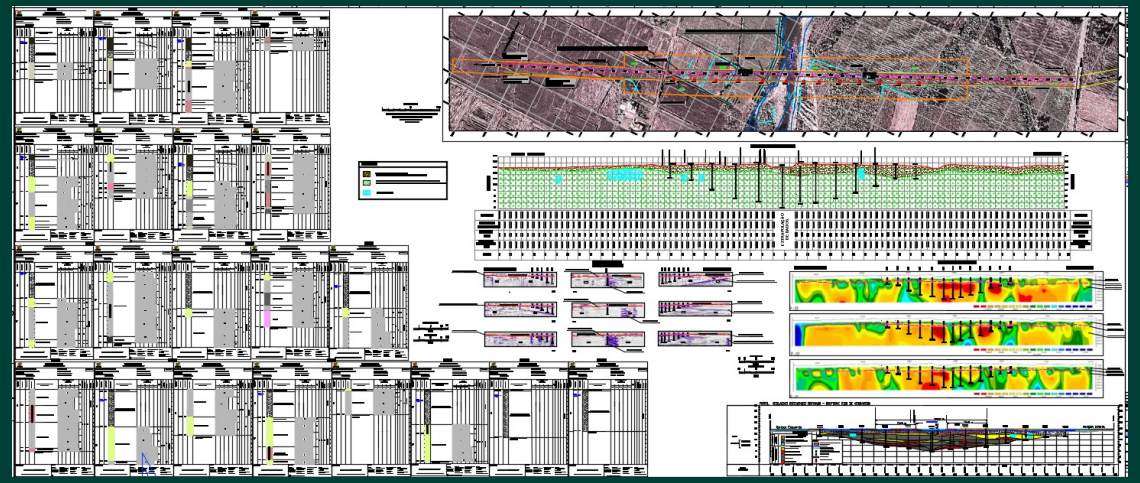
Azimute e inclinação da sonda.

Marcação da diretriz do furo na superfície.

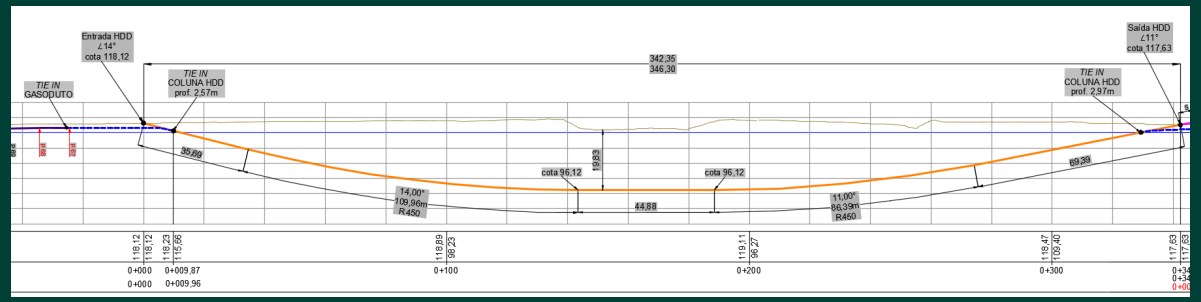


Estudo integrado e geometria da travessia

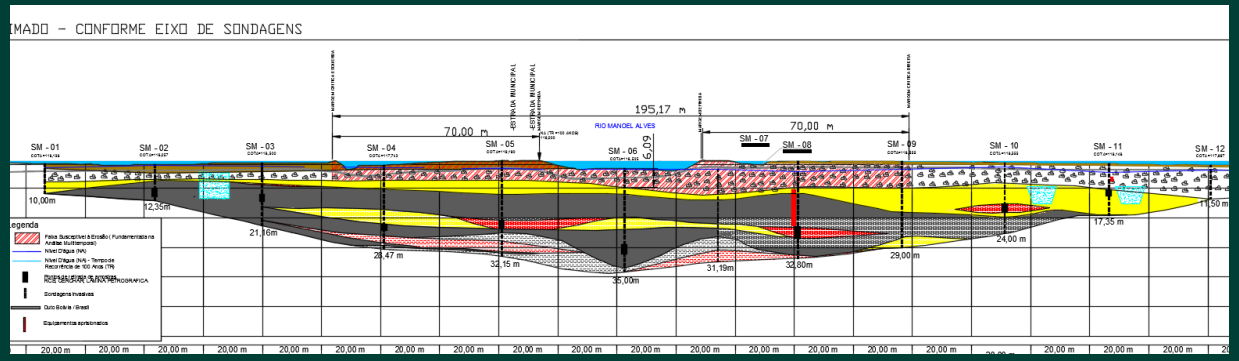
Planta integrada



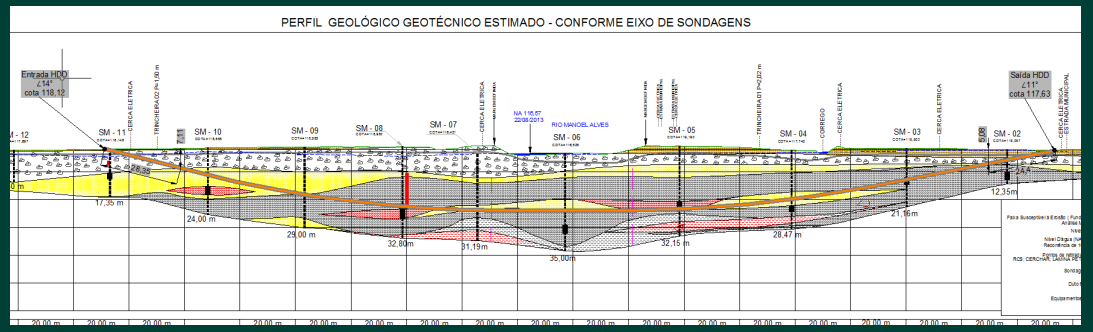
Geometria do HDD



Perfil geológico-geotécnico e erosão



Compatibilização com o subsolo

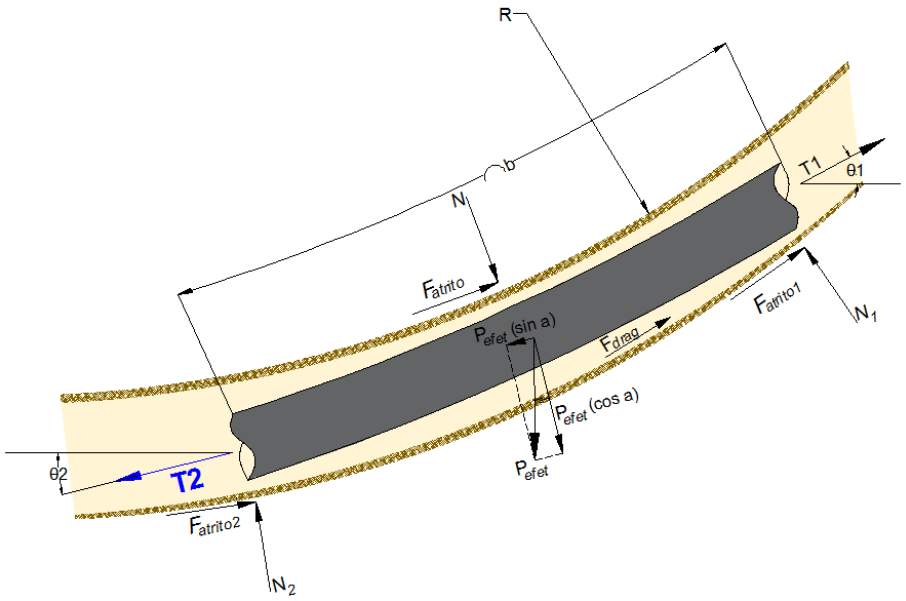


Dimensionamento da tubulação e dos equipamentos

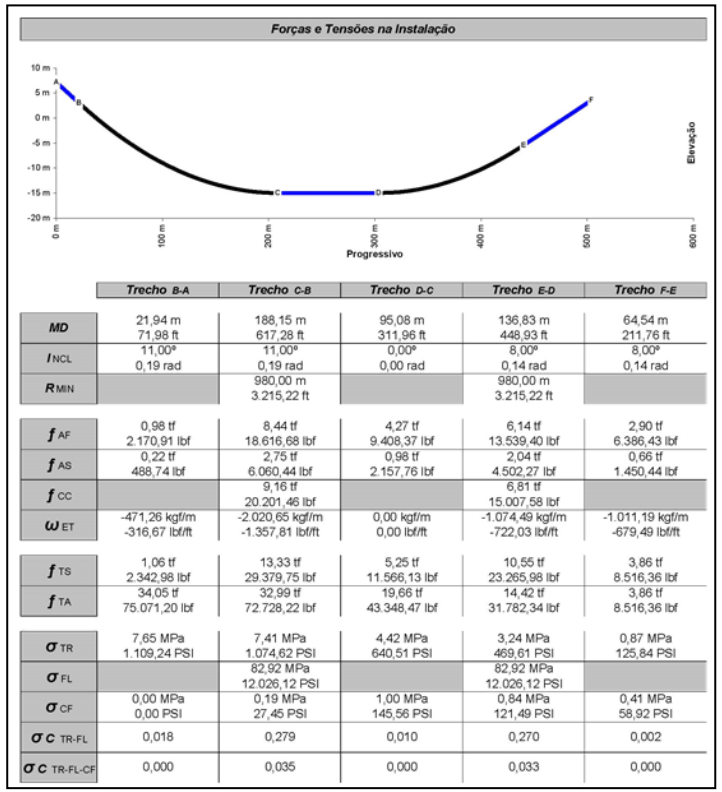
Forças e tensões na instalação

Resistência da tubulação

Capacidade dos equipamentos e ferramentas



Esforços no trecho curvo durante o puxamento



	Trecho B-A	Trecho C-B	Trecho D-C	Trecho E-D	Trecho F-E
MD	21,94 m 71,98 ft	188,15 m 617,28 ft	95,08 m 311,96 ft	136,83 m 448,93 ft	64,54 m 211,76 ft
INCL	11,00° 0,19 rad	11,00° 0,19 rad	0,00° 0,00 rad	8,00° 0,14 rad	8,00° 0,14 rad
RMIN		980,00 m 3.215,22 ft		980,00 m 3.215,22 ft	
f AF	0,98 tf 2.170,91 lbf	8,44 tf 18.616,68 lbf	4,27 tf 9.408,37 lbf	6,14 tf 13.539,40 lbf	2,90 tf 6.386,43 lbf
f AS	0,22 tf 488,74 lbf	2,75 tf 6.060,44 lbf	0,98 tf 2.157,76 lbf	2,04 tf 4.502,27 lbf	0,66 tf 1.450,44 lbf
f CC		9,16 tf 20.201,46 lbf		6,81 tf 15.007,58 lbf	
ω ET	-471,26 kgf/m -316,67 lbf/ft	-2.020,65 kgf/m -1.357,81 lbf/ft	0,00 kgf/m 0,00 lbf/ft	-1.074,49 kgf/m -722,03 lbf/ft	-1.011,19 kgf/m -679,49 lbf/ft
f TS	1,06 tf 2.342,98 lbf	13,33 tf 29.379,75 lbf	5,25 tf 11.566,13 lbf	10,55 tf 23.265,98 lbf	3,86 tf 8.516,36 lbf
f TA	34,05 tf 75.071,20 lbf	32,99 tf 72.728,22 lbf	19,66 tf 43.348,47 lbf	14,42 tf 31.782,34 lbf	3,86 tf 8.516,36 lbf
σ TR	7,65 MPa 1.109,24 PSI	7,41 MPa 1.074,62 PSI	4,42 MPa 640,51 PSI	3,24 MPa 469,61 PSI	0,87 MPa 125,84 PSI
σ FL		82,92 MPa 12.026,12 PSI		82,92 MPa 12.026,12 PSI	
σ CF	0,00 MPa 0,00 PSI	0,19 MPa 27,45 PSI	1,00 MPa 145,56 PSI	0,84 MPa 121,49 PSI	0,41 MPa 58,92 PSI
σ C TR-FL	0,018	0,279	0,010	0,270	0,002
σ C TR-FL-CF	0,000	0,035	0,000	0,033	0,000

Cálculo dos esforços trecho a trecho

Memorial descritivo de contratação

O dimensionamento no projeto básico fundamenta os requisitos de contratação.

Execução e recursos

Critérios mínimos, equipamentos, ferramentas e histograma mínimo.

Controle e contingência

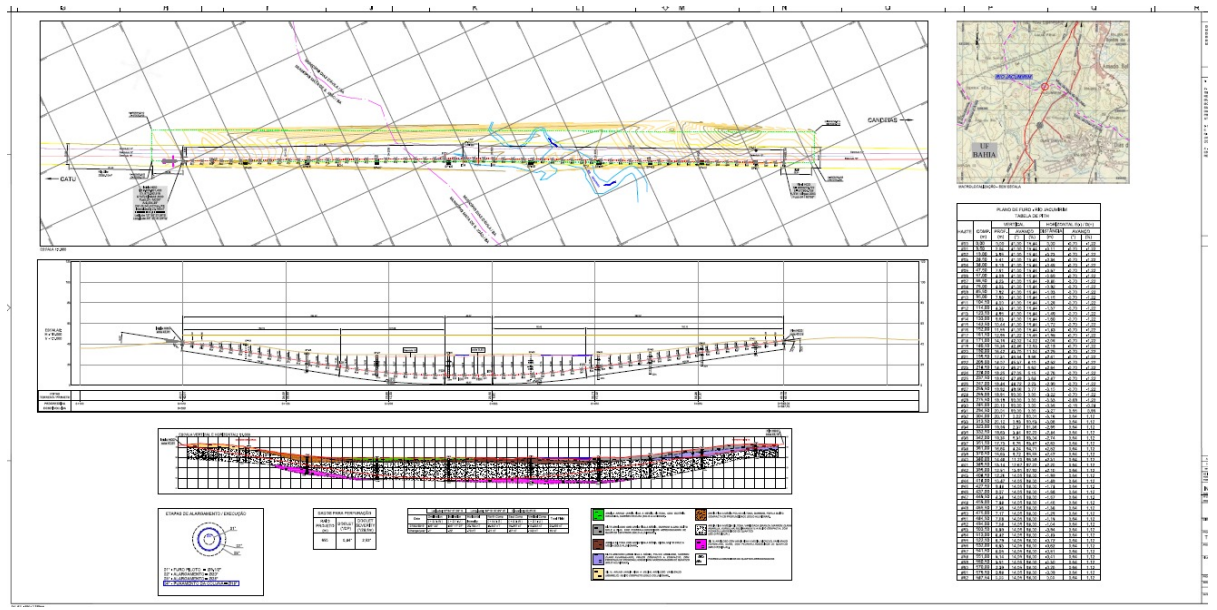
Boletins de perfuração e plano de contingência.

Documentação

Lista de documentos do projeto executivo e memória de cálculo do projeto básico.

Conteúdo mínimo do projeto executivo

Plano de furo, cálculos e organização da execução



Exemplo de planta e perfis do projeto executivo

Traçado e subsolo

Geometria, raios de curvatura e modelo geológico-geotécnico.

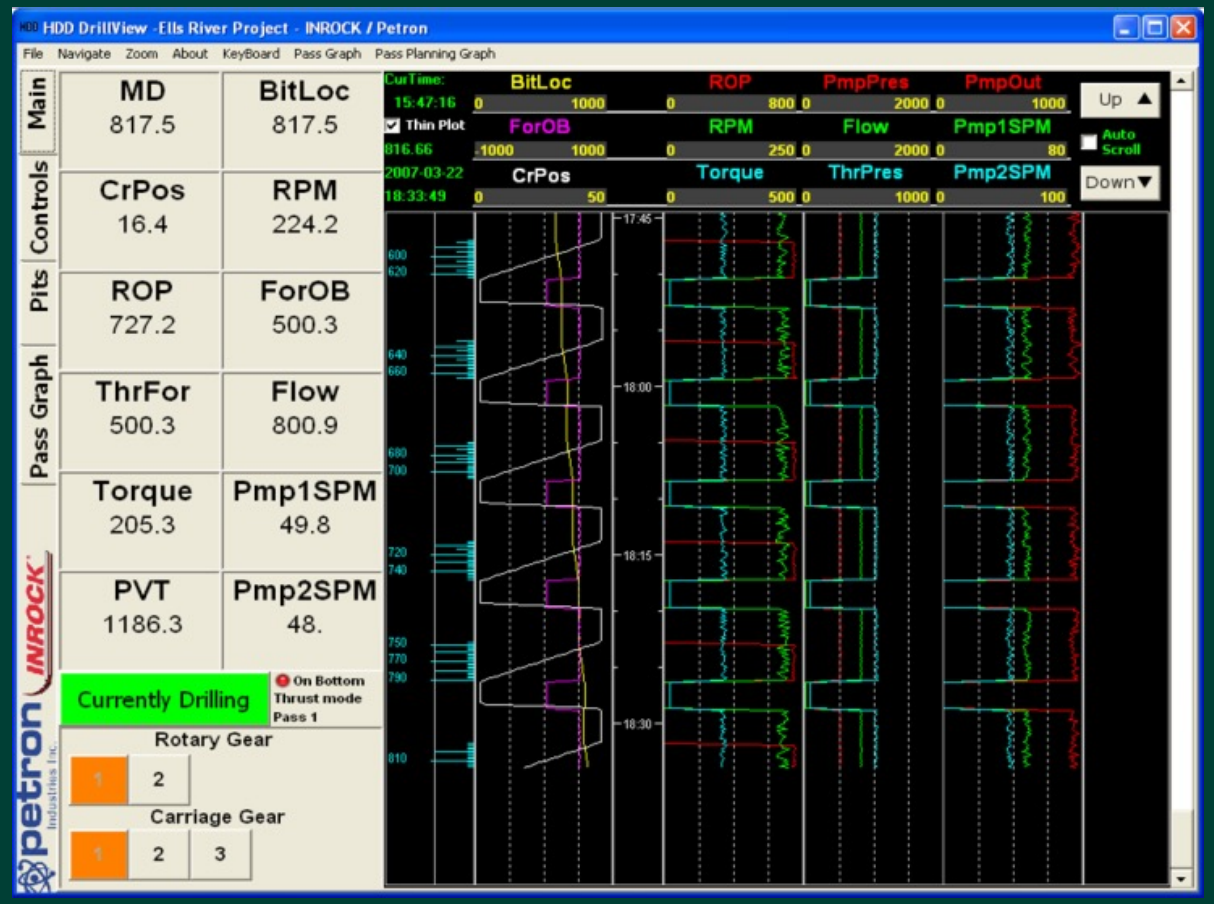
Canteiros e tubulação

Layout da sonda, desfile da tubulação e roletes georreferenciados.

Cálculos e recursos

Esforços de puxamento, cabeça de arraste, swivel e fusi-link.
Equipamentos, ferramental, manutenção e inspeção.

Fiscalização e controle da execução



Sistema supervisório

Registros em todas as fases

Listas de verificação e boletins de navegação do furo piloto, operação da sonda e ensaios de fluido.

Conformidade técnica

Traçado executado (as drilled), certificados de calibração e inspeção, currículos dos profissionais.

Recomendações para o avanço do HDD

Estratégias de melhoria

Disseminação do conhecimento

Qualificação técnica

Normalização

Regulamentação



Normas de referência e iniciativas de normalização



Mini-HDD

NBR 17004

Qualquer material

MAB-07

PEAD



Maxi-HDD

ASTM F 1962

PEAD

ST-F121

Aço



Instalações existentes

NBR 17167

Intervenções próximas a instalações existentes

ABNT CEE-241

Iniciativas em andamento

- Qualificação de pessoas
- Adequações na NBR 17004: dimensionamento e midi-HDD
- Minuta de norma de Maxi-HDD

Conclusão

O HDD tem grande potencial para superar desafios em projetos de infraestrutura subterrânea.

Sua aplicação exige maturidade em engenharia, qualificação adequada e regulamentação.

O sucesso do HDD depende da aplicação responsável da técnica.

O setor precisa investir em conhecimento, normalização e boas práticas para alcançar resultados consistentes.

Obrigada!

LinkedIn: Melina Almeida Rabelo

melina-almeida@petrobras.com.br

Petrobras / Engenharia de Dutos Terrestres

