

Coleta de Cascalho com Indícios de Hidrocarbonetos

Procedimento Operacional Poço 1-APS-57 (MORPHO)

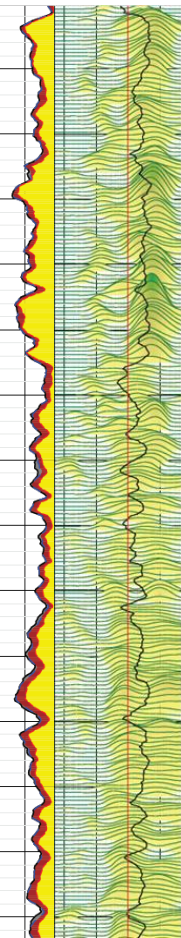
EXP/OGP/AQG/OGEO-MAR
EXPLORAÇÃO
OPERAÇÕES GEOLÓGICAS E PETROFÍSICA

PROJETOS DE AQUISIÇÃO GEOLÓGICA EM POÇOS
& AQUISIÇÃO DE DADOS GEOLÓGICOS



INTERNO

Junho de 2026



Objetivo



Finalidade

- Estabelecer procedimento operacional para identificação, coleta, acondicionamento e rastreabilidade de amostras de cascalho com indícios de HC
- Atender às condicionantes ambientais do Ibama durante a perfuração do Poço 1-APS-57 (Morpho)

Coleta na Fase 6 (Reservatório)

Coleta Obrigatória no Objetivo

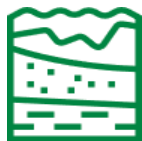
Abordagem geológica completa – qualquer indício de HC exige coleta

Etapas do Processo



1. Perfuração contínua com monitoramento em tempo real
2. Detecção de indícios de Hidrocarboneto (Perfis elétricos de tempo real LWD, gás, amostra de calha e cascalho)
3. Acionamento da coleta (antecipada ou imediata)
4. Recolhimento dos cascalhos nas *cutting boxes*
5. Identificação, armazenamento e rastreabilidade
6. Registro e documentação para IBAMA/ANP

Zona Obrigatória de Coleta



Margem de Segurança: 130 m

- Coleta inicia 130 m acima do topo previsto do Arenito Morpho
- Desvios observados entre previsão e realidade: tipicamente 13-16 m
- Fator de segurança muito superior às incertezas históricas
- Profundidade de início da coleta é fixa e não depende de indícios de HC

Critério de Parada na Zona Obrigatória

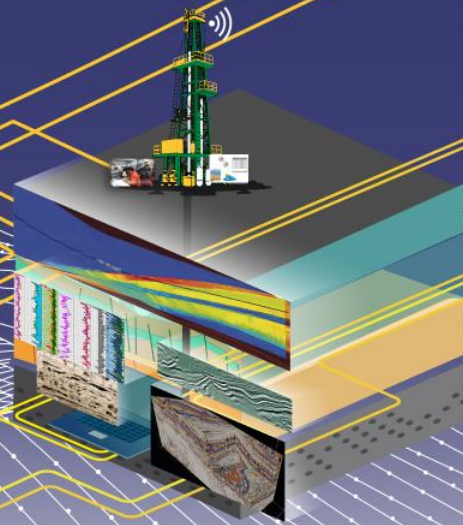
- Ausência de indícios de HC em todos os parâmetros de monitoramento
- Segurança geológica para descaracterização do potencial petrolífero
- Aplicação da mesma margem de 130 m abaixo da zona de indícios

EXPLORAÇÃO – AQUISIÇÃO GEOLÓGICA

Adquirindo e transformando dados em conhecimento para decisões de negócio e valor aos projetos



Como detectamos os Hidrocarbonetos?



Aprender e melhorar é chave para o sucesso

Como o Petróleo é Armazenado na Rocha?

Rocha reservatório: Porosidade

- Ele ocupa os minúsculos poros entre os grãos da rocha – como a água em uma esponja
- A rocha reservatório parece sólida por fora, mas é porosa por dentro

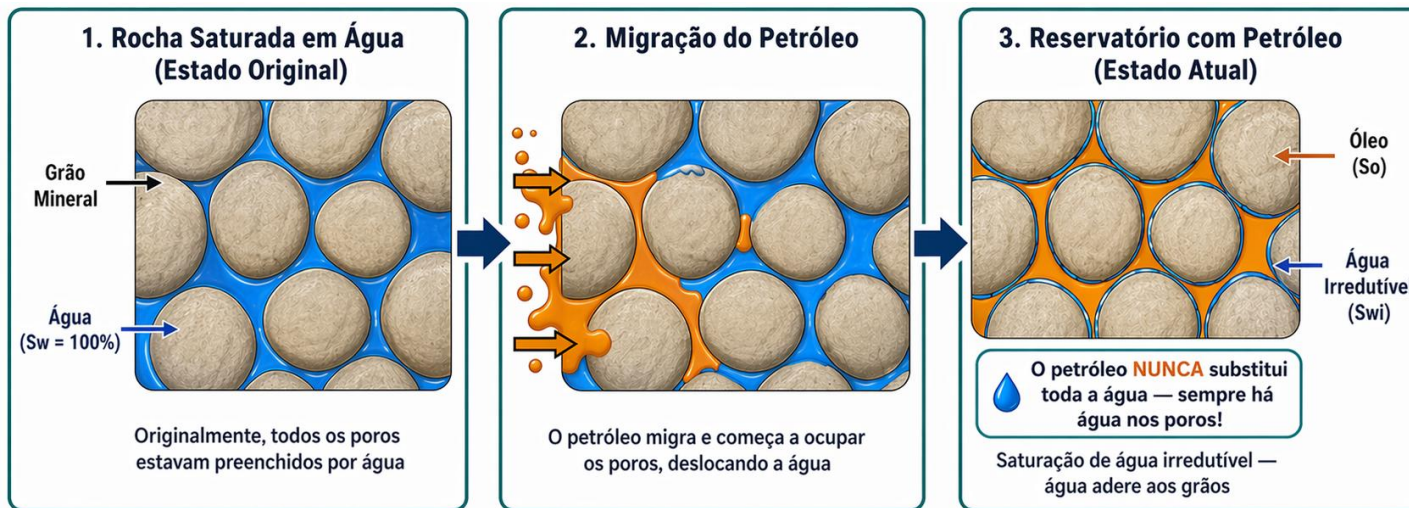
Estado original: rocha saturada em água

- Antes da acumulação de petróleo, todos os poros estavam preenchidos por água
- Esta é a condição natural de qualquer rocha sedimentar no subsolo

Migração: o petróleo ocupa o lugar da água

- Ao longo de milhões de anos, o petróleo gerado migra e entra nos poros, deslocando a água
- Porém, NUNCA substitui a água completamente – sempre há uma película de água aderida aos grãos
- Esta água residual é chamada de saturação de água irreduzível (S_{wi})

Reservatório e Porosidade



MITO: Petróleo em bolsão subterrâneo



O petróleo **NÃO** fica acumulado em grandes cavernas ou piscinas subterrâneas.

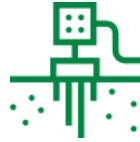
REALIDADE: Petróleo nos poros entre os grãos



O petróleo está armazenado nos pequenos poros entre os grãos da rocha.

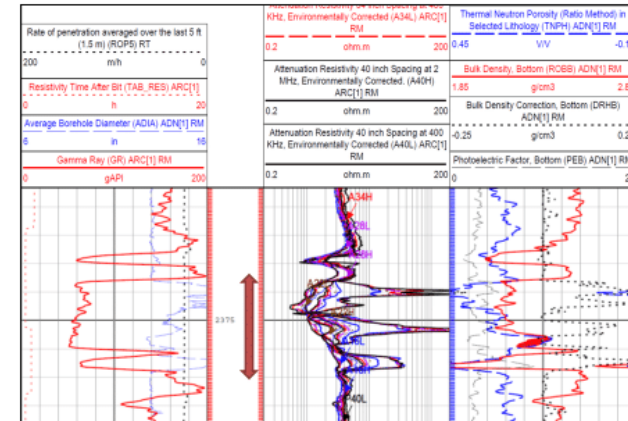
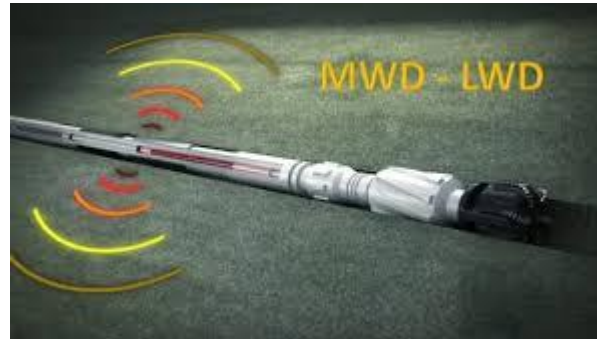
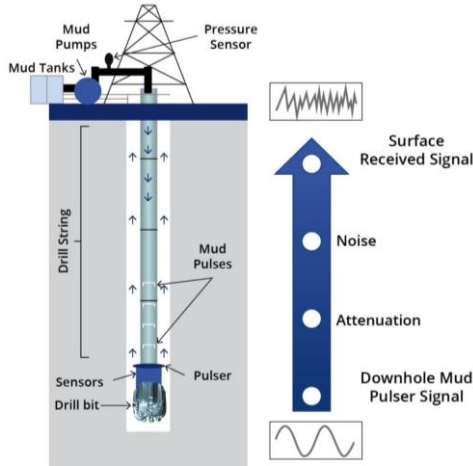


Perfis LWD - Sensores na Broca

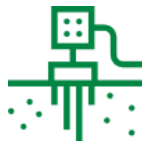


O que é LWD

- LWD = Logging While Drilling ("medições durante a perfuração")
- Sensores eletrônicos acoplados à coluna de perfuração medem propriedades da rocha em tempo real, enquanto o poço está sendo perfurado
- É como um "scanner médico" feito na rocha enquanto a broca avança



Perfis LWD - Sensores na Broca



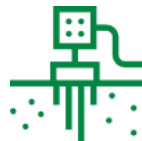
O que é LWD

- LWD = Logging While Drilling ("medições durante a perfuração")
- Sensores eletrônicos acoplados à coluna de perfuração medem propriedades da rocha em tempo real, enquanto o poço está sendo perfurado
- É como um "scanner médico" feito na rocha enquanto a broca avança

Como ajuda a detectar petróleo?

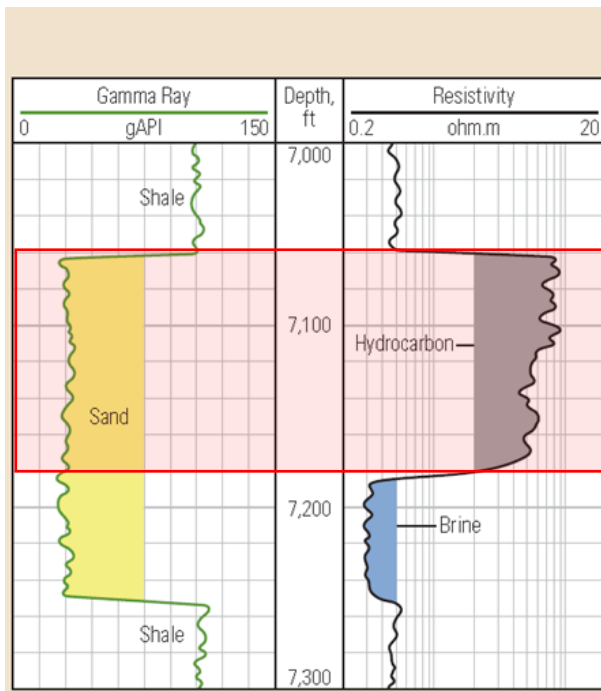
- Mede resistividade elétrica: rochas com óleo resistem mais à passagem de corrente elétrica que rochas com água
- Mede porosidade: identifica espaços vazios na rocha que podem estar preenchidos por HC
- Ferramenta Resistividade na Broca: mede exatamente no ponto da broca, sem atraso
- Ferramentas posicionadas acima da broca: validação posterior dos dados, menos suscetível a interferências do ambiente de perfuração

Perfis LWD - Sensores na Broca



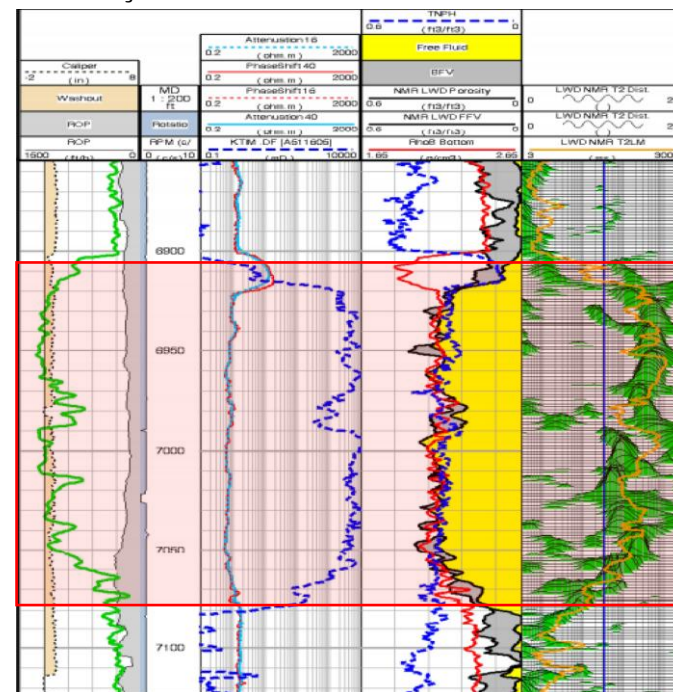
Perfil de Resistividade

Indicação de Possível Zona com HC



Perfil de Ressonância Nuclear Magnética

Indicação de Porosidade / Permeabilidade



Dados de Gás e Cromatografia

O que são os dados de gás?

- Durante a perfuração, o fluido de perfuração circula pelo poço e sobe à superfície trazendo gases dissolvidos da rocha perfurada
- Detectores na superfície medem continuamente a quantidade e o tipo de gás presente nessa lama
- Aumento anormal de gás (anomalia) é um sinal de alerta de que a broca pode estar entrando em uma zona com petróleo ou gás

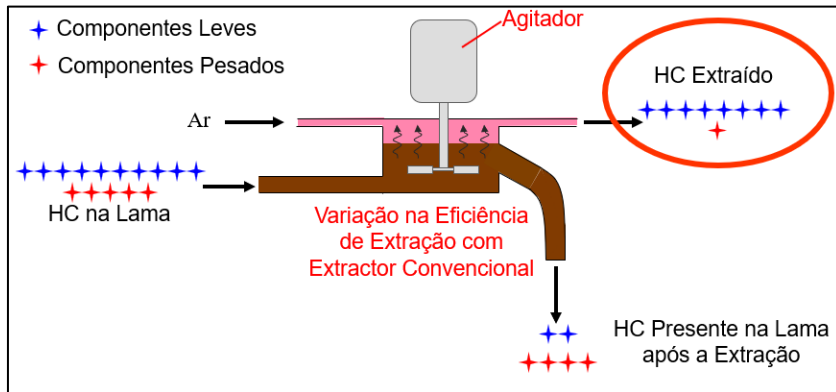
O que é a cromatografia avançada?

- É uma análise que separa e identifica cada componente do gás detectado
- Permite distinguir metano, etano, propano, butano e pentano – a composição indica o tipo de hidrocarboneto presente
- É como uma "impressão digital química" do petróleo ou gás encontrado

Dados de Gás e Cromatografia

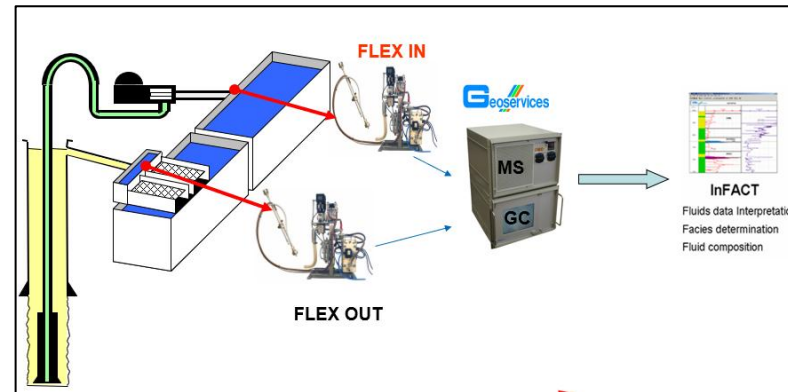
Extractor de Gás

Agita o fluido de perfuração, extraindo gás dissolvido

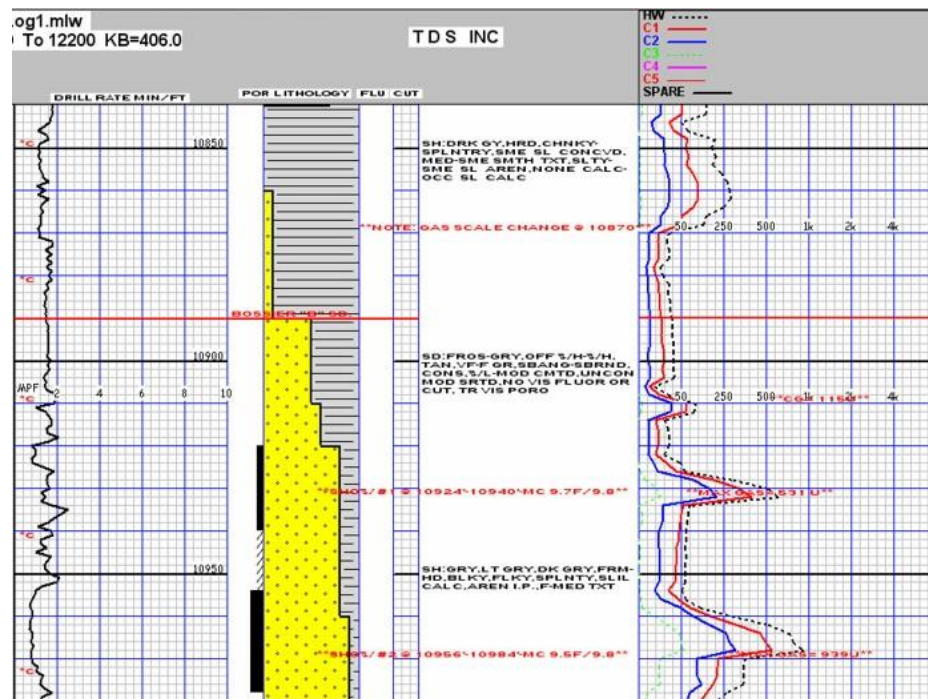


Detector de gás e cromatógrafo

Fornece medições de gás total e a cromatografia gasosa



100%



Amostras de Calha e Testes Visuais



O que são amostras de calha (cascalho)?

- Ao perfurar, a broca tritura a rocha em pequenos fragmentos chamados "cascalho" ou "*cuttings*"
- Esses fragmentos sobem à superfície carregados pelo fluido de perfuração
- São coletados, lavados e analisados pelo geólogo – é a "amostra física" da rocha perfurada (amostra de calha)

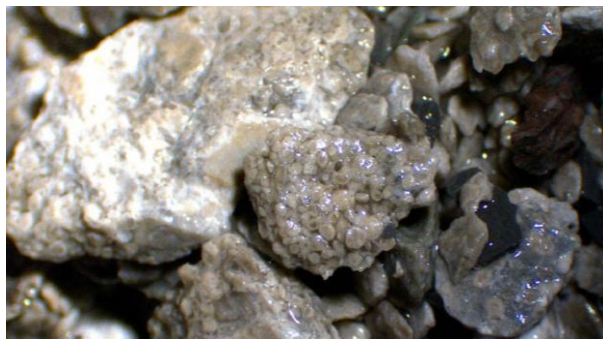
Testes Realizados nas Amostras

- Inspeção visual: manchas, impregnações e odor característico de petróleo
- Fluorescência: sob luz ultravioleta, o óleo brilha com cor característica na rocha
- Corte: testa-se o fragmento pingando solvente. Em caso de ocorrência de petróleo, ocorre a dissolução e reação característica

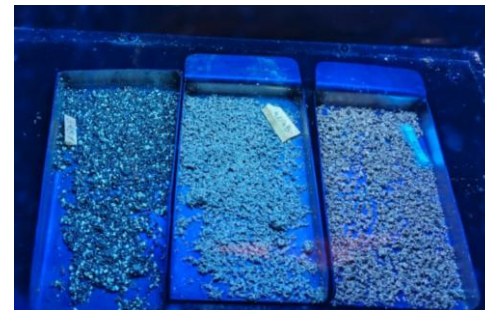
Amostras de Calha e Testes Visuais



Amostra de Calha - Descrição visual do indício



Fluorescência e Corte - Testes de comprovação

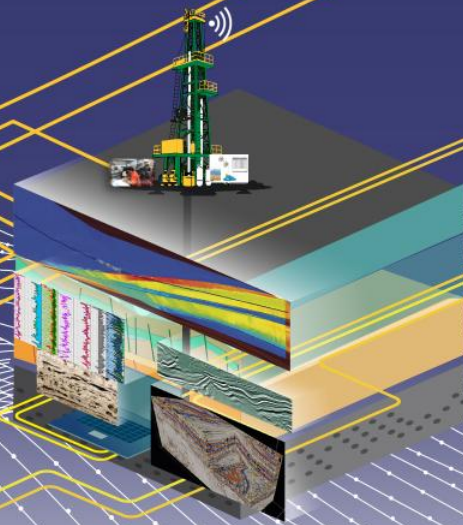


EXPLORAÇÃO – AQUISIÇÃO GEOLÓGICA

Adquirindo e transformando dados em conhecimento para decisões de negócio e valor aos projetos



Cenários de Detecção de HC



Aprender e melhorar é chave para o sucesso

Detecção Antecipada pelas Ferramentas LWD



Quando ocorre?

- Taxa de perfuração maior que o tempo de retorno das amostras (Dados de perfis LWD precedem os dados de gás e calha)
- Perfis LWD fornecem indicação de entrada em zona portadora de HC
- Comportamento de gases ou modelagem geológica podem indicar a proximidade e antecipar a entrada na zona com HC,

Como agir?

- Coleta iniciada ANTECIPADAMENTE após identificação do primeiro indício
- O recolhimento já estará acionado na ocasião da chegada do cascalho em superfície, após a identificação dos indícios pela integração dos perfis LWD
- Geólogo registra a profundidade de detecção. Fluxo de comunicação acionado para garantir coleta contínua
- Coleta encerrada com registro da profundidade a partir da qual não ocorrem mais indícios de HC



Detecção Imediata pelas Amostras de Calha e Gás

Quando ocorre?

- Taxa de perfuração baixíssima – menor que o tempo de retorno das amostras (cascalho e dados de gás precedem a leitura de perfis elétricos LWD).
- Primeiros indícios identificados somente após perfuração do intervalo (gás, fluorescência ou descrição geológica)
- Perfil LWD disponível somente depois do cascalho em superfície

Como agir?

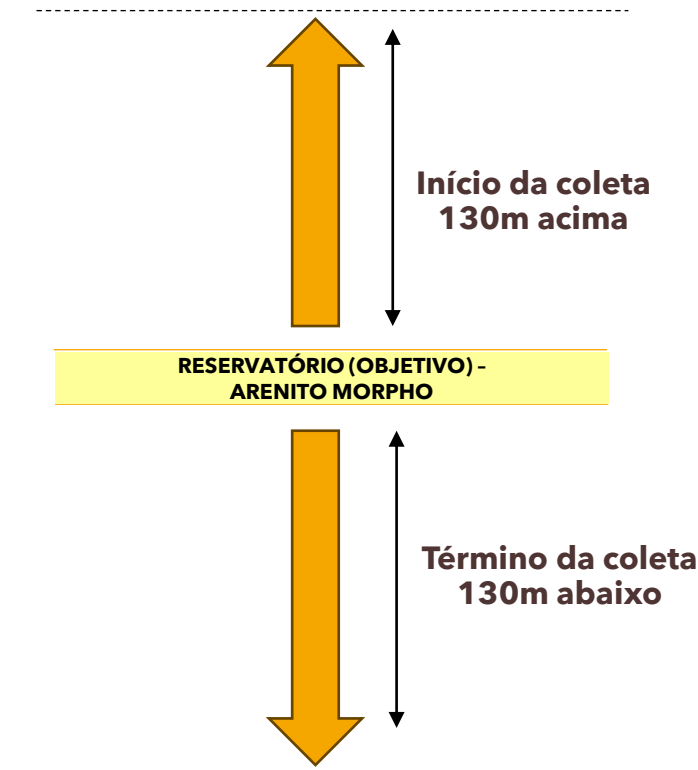
- Coleta iniciada **IMEDIATAMENTE** após identificação do primeiro indício
- Geólogo registra a profundidade de detecção
- Fluxo de comunicação acionado para garantir coleta contínua
- Coleta encerrada com registro da profundidade a partir da qual não ocorrem mais indícios de HC

Critérios de Parada da Coleta



- **Zona Obrigatória**

- Margem fixa de 130 m acima e abaixo do reservatório (Arenito Morpho)
- Coleta independe de indícios de HC
- Encerramento da segregação dos cascalhos ocorrerá com a confirmação da ausência de indícios ao fim do intervalo obrigatório.

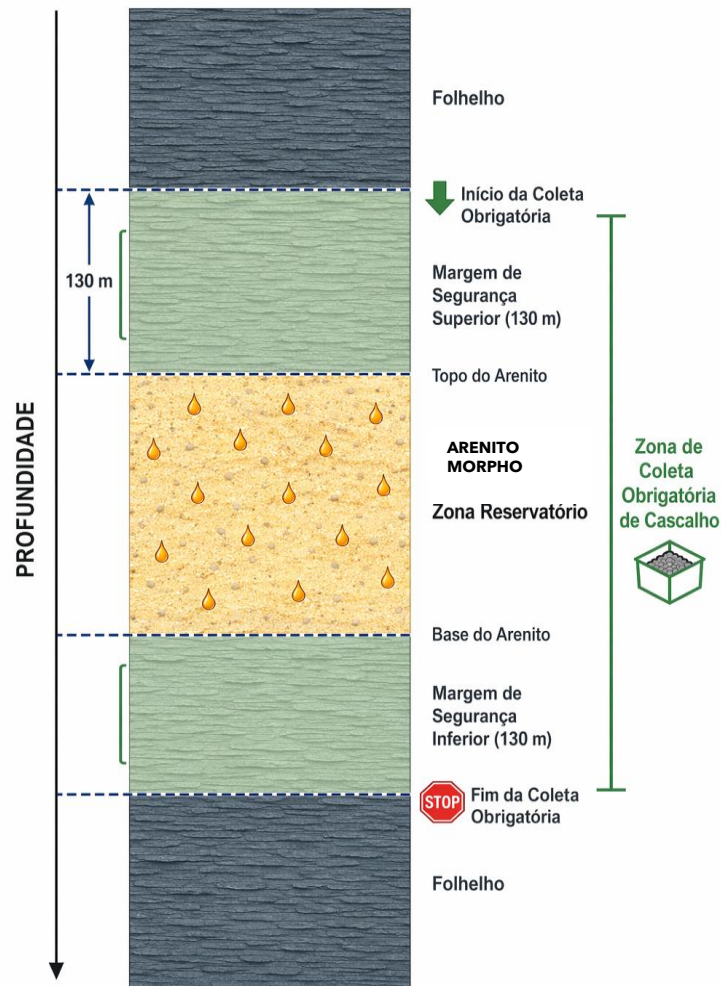


CrITÉRIOS de Parada da Coleta



- **Zona Obrigatória**

- Margem fixa de 130 m acima e abaixo do reservatório (Arenito Morpho)
- Coleta independe de indícios de HC
- Encerramento da segregação dos cascalhos ocorrerá com a confirmação da ausência de indícios ao fim do intervalo obrigatório.

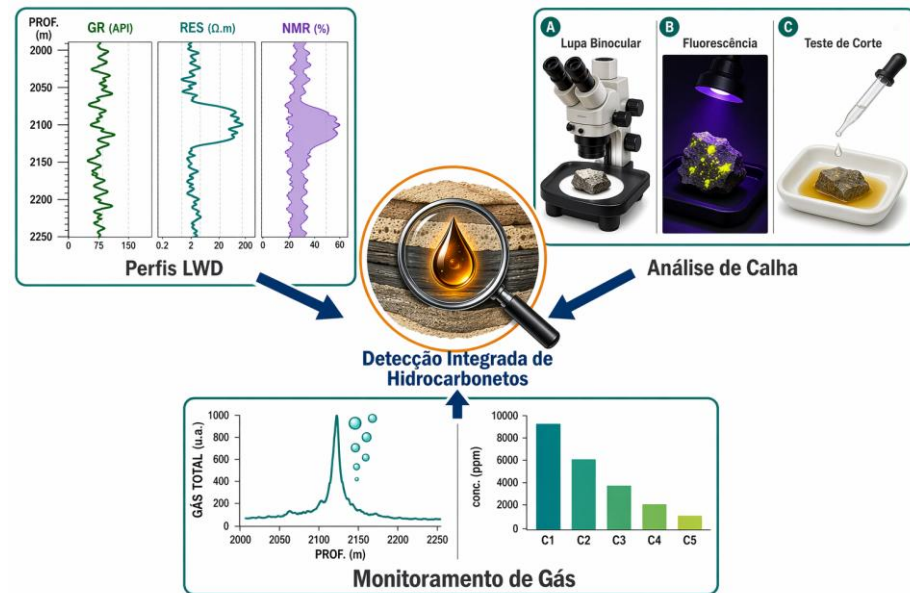


Critérios de Parada da Coleta

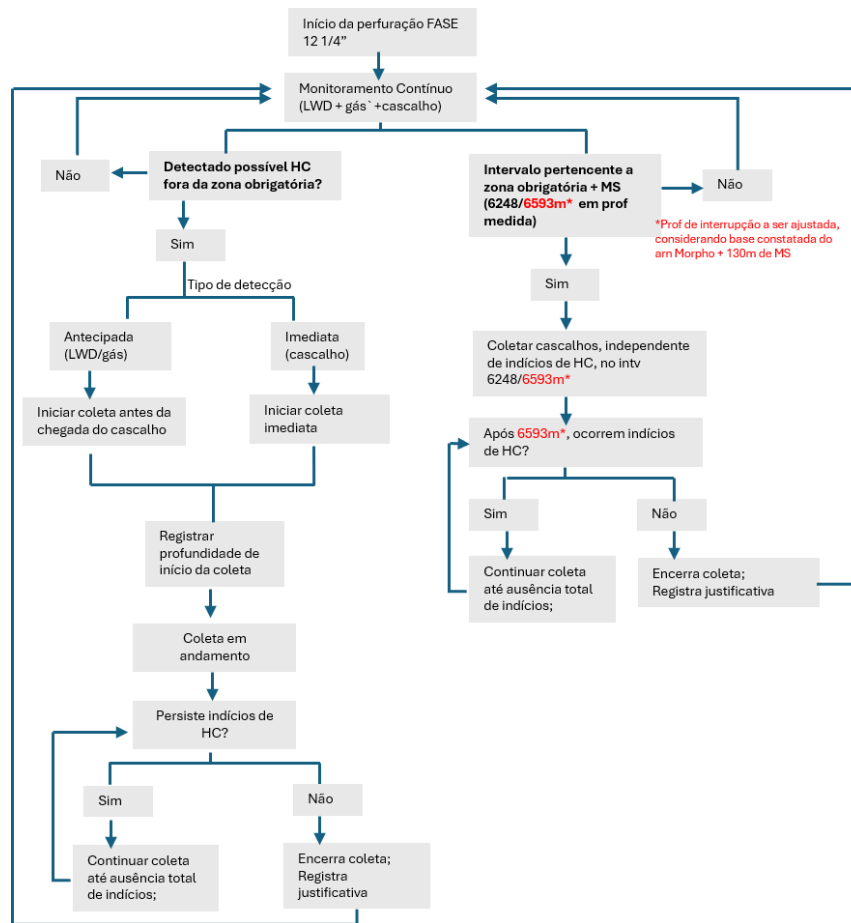


Zonas Não Previstas : Abordagem geológica

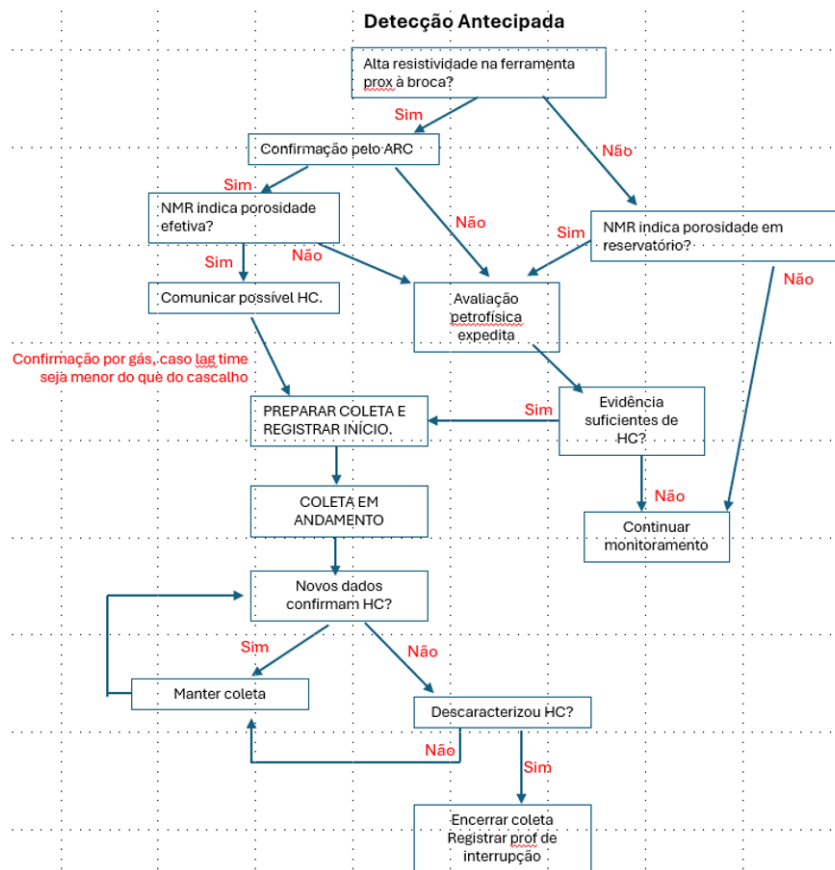
- Detecção de Hidrocarboneto através de análise integrada (perfis LWD, amostras de calha, dados de gás)
- Encerramento após confirmação do fim do intervalo poroso
- Ausência de indícios em todos os parâmetros analisados



Árvore de Decisão



Árvore de Decisão

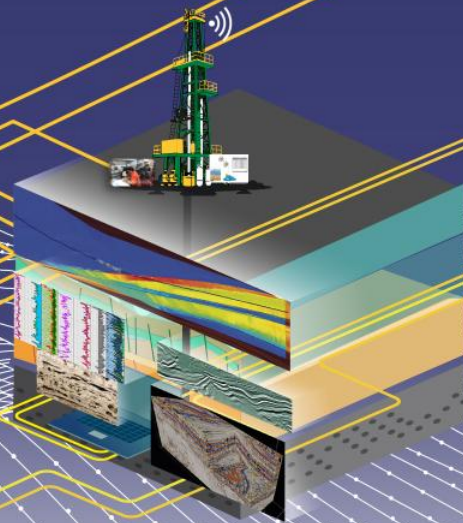


EXPLORAÇÃO – AQUISIÇÃO GEOLÓGICA

Adquirindo e transformando dados em conhecimento para decisões de negócio e valor aos projetos



Contingências



Aprender e melhorar é chave para o sucesso

Contingências

Evento - Falha das ferramentas

- Interrupção da perfuração, mantendo circulação e monitoramento pelos outros métodos (retorno gás e cascalhos)..
- Troubleshooting para tentar restabelecer as ferramentas.
- Retirada do BHA para troca da ferramenta, em caso de insucesso

Evento - Falha no equipamento de gás de retorno

- Interrupção da perfuração, mantendo circulação e monitoramento pelos outros métodos (cascalhos).
- Reparo / substituição do sensor.

Contingências

Indisponibilidade de comunicação sonda x base

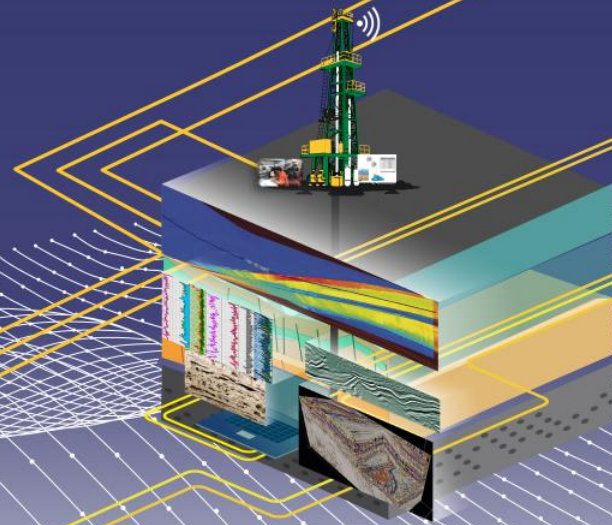
- Ativação do início da coleta pelas equipes a bordo (geólogo, RPB, químico).
- Posterior comunicação aos CSDs após o reestabelecimento da comunicação.

EXPLORAÇÃO – AQUISIÇÃO GEOLÓGICA

Adquirindo e transformando dados em conhecimento para decisões de negócio e valor aos projetos



Responsabilidades e Comunicação



Aprender e melhorar é chave para o sucesso

Matriz de Responsabilidades



Equipe de Geologia a Bordo / CSD / Petrofísica

- Acompanhamento, monitoramento e garantia da aquisição geológica
- Descrição e interpretação de amostras de calha, anomalia e cromatografia gasosa e perfis LWD

CSD EXP

- Confirma entrada e saída da janela de coleta
- Comunica CSD CAAP-EXP sobre início e fim da coleta

Matriz de Responsabilidades



CSD CAAP-EXP

- Informa os RPBs sobre início e fim da coleta

Equipe Sonda (SSC) e Químico

- SSC: recolhimento do cascalho e registro
- Químico: acompanha, registra profundidades e identifica cada cutting box

Fluxo de Comunicação



Intervalos Não Previstos (Abordagem Geológica)

- Geólogos a bordo, CSD EXP e CSD Petrofísica identificam indício de HC
- CSD EXP confirma entrada na janela de coleta e comunicam CSD CAAP-EX
- CSD CAAP-EXP notifica os RPBs
- SSC (Sistema Secador de Cascalhos) inicia recolhimento do cascalho em *Cutting Boxes*
- Químico registra e identifica as *cutting boxes*

Zona Obrigatória

- Mud Logging informa horário de retorno dos cascalhos da profundidade inicial e final
- Fluxo segue conforme matriz de responsabilidades

