



|  |   |        |                             |        |        |        |        |               |        |
|--|---|--------|-----------------------------|--------|--------|--------|--------|---------------|--------|
|                                   | ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA   |        | ET-2000.00-1100-612-PPQ-006 |        |        |        |        |               |        |
|  | POÇOS   |        |                             |        |        |        |        | Folha 1 de 7  |        |
|  | PERFURAÇÃO DE POÇOS   |        |                             |        |        |        |        | Revisão 0     |        |
| POCOS/CTPS/QC  | SERVIÇOS DE MEDIÇÃO ONLINE DE REOLOGIA E DENSIDADE DE FLUIDOS DE PERFURAÇÃO |        |                             |        |        |        |        | PÚBLICO       |        |
|  |   |        |                             |        |        |        |        | POCOS/CTPS/QC |        |
| <b>ÍNDICE DE REVISÕES</b>  |   |        |                             |        |        |        |        |               |        |
| <b>REV.</b>  | <b>DESCRIÇÃO E/OU FOLHAS ATINGIDAS</b>                                      |        |                             |        |        |        |        |               |        |
| 0  | Edição original.  |        |                             |        |        |        |        |               |        |
|  | REV. 0  | REV. A | REV. B                      | REV. C | REV. D | REV. E | REV. F | REV. G        | REV. H |
| DATA   | 15/08/2019  |        |                             |        |        |        |        |               |        |
| PROJETO  | POCOS/CTPS/QC   |        |                             |        |        |        |        |               |        |
| EXECUÇÃO   | POCOS/CTPS/DT   |        |                             |        |        |        |        |               |        |
| VERIFICAÇÃO  | POCOS/CTPS  |        |                             |        |        |        |        |               |        |
| APROVAÇÃO  | POCOS/CTPS  |        |                             |        |        |        |        |               |        |
| AS INFORMAÇÕES DESTES DOCUMENTOS SÃO PROPRIEDADE DA PETROBRAS, SENDO PROIBIDA A UTILIZAÇÃO FORA DA SUA FINALIDADE. |   |        |                             |        |        |        |        |               |        |
| FORMULÁRIO PERTENCENTE À PETROBRAS   |   |        |                             |        |        |        |        |               |        |

|   |   |                             |                          |
|---|---|-----------------------------|--------------------------|
|  | ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA   | ET-2000.00-1100-612-PPQ-006 | REV.<br>0                |
|   | PERFURAÇÃO DE POÇOS   |                             | Folha 2 de 7             |
|   | SERVIÇOS DE MEDIÇÃO ONLINE DE REOLOGIA E DENSIDADE DE FLUIDOS DE PERFURAÇÃO |                             | PÚBLICO<br>POCOS/CTPS/QC |

## 1 INTRODUÇÃO

- 1.1 Determinação e aquisição de medidas de propriedades físicas de fluidos de perfuração *online* traz uma série de implicações positivas para indústria do petróleo. Que vai desde prover um diagnóstico mais rápido do estado geral do fluido de perfuração, como também serve para alimentar diversos simuladores em tempo real, enriquecendo as informações para os centros de suporte a decisão, acompanhamento e além disso contribuir para o aumento da segurança operacional.

## 2 ESCOPO

- 2.1 Esta especificação técnica define os requisitos mínimos necessários para a prestação de serviços de monitoramento, registro e transmissão de propriedades de fluidos de perfuração.
- 2.2 O serviço de monitoramento, registro e transmissão de propriedades de fluidos de perfuração consiste na medida online e em tempo real das seguintes propriedades de fluidos de perfuração:
- Densidade;
  - Reologia;

## 3 DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA


- 3.1 ISO 4259:2006(E)/ ISO 4259-2:2017(E), Petroleum and related products -- Precision of measurement methods and results -- Part 1: Determination of precision data in relation to methods of test.
- 3.2 API RECOMMENDED PRACTICE 13B-1 e 13B-2
- 3.3 Patente BR 10 2013 033584 3 A2 – SISTEMA E MEDIDOR ONLINE DE ESTABILIDADE ELÉTRICA DE FLUIDOS DE PERFURAÇÃO – Petróleo Brasileiro SA e Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

## 4 TERMOS E DEFINIÇÕES

**Densidade (massa específica)** – grandeza física que relaciona o volume ocupado por uma massa no espaço. Neste caso, é a razão entre a massa de fluido de perfuração e seu respectivo volume;

**Viscosidade** – Grandeza física que corresponde à razão entre as tensões de cisalhamento e taxas de deformação experimentadas pelo fluido durante escoamento.

**Reologia** – Área da ciência que estuda o escoamento de fluidos;

|   |   |                             |                          |
|---|---|-----------------------------|--------------------------|
|  | ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA   | ET-2000.00-1100-612-PPQ-006 | REV.<br>0                |
|   | PERFURAÇÃO DE POÇOS   |                             | Folha 3 de 7             |
|   | SERVIÇOS DE MEDIÇÃO ONLINE DE REOLOGIA E DENSIDADE DE FLUIDOS DE PERFURAÇÃO |                             | PÚBLICO<br>POCOS/CTPS/QC |

**Tensão de cisalhamento** – Tensão aplicada paralelamente ao sentido e plano de escoamento do fluido;

**Taxa de deformação** – Variação da velocidade do fluido em relação a posição no plano do escoamento;

**Onda senoidal** – Forma geométrica da do sinal elétrico enviado;

**Onshore** – Operações em terra

**Offshore** – Operações em mar

WITSML – abreviação para Wellsite Information Transfer Standar Markup Language

## 5 SIGLAS OU ABREVIATURAS

V/s – Volts por segundo

RMS – *Root Mean Square*

mm – milímetros

μA – micro ampere


cm – centímetros

°C – graus Celsius

Bar – unidade de pressão manométrica

RPM – Rotações por minuto

API – *American Petroleum Institute*

|   |   |                             |                          |
|---|---|-----------------------------|--------------------------|
|  | ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA   | ET-2000.00-1100-612-PPQ-006 | REV.<br>0                |
|   | PERFURAÇÃO DE POÇOS   |                             | Folha 4 de 7             |
|   | SERVIÇOS DE MEDIÇÃO ONLINE DE REOLOGIA E DENSIDADE DE FLUIDOS DE PERFURAÇÃO |                             | PÚBLICO<br>POCOS/CTPS/QC |

## 6 DESCRIÇÃO DOS REQUISITOS FUNCIONAIS E TÉCNICOS

A CONTRATADA deverá disponibilizar os sensores e/ou medidores descritos abaixo, instalados e operacionais na sonda de perfuração

### 6.1 Equipamentos para aferição de densidade

6.1.1 Os sensores para aferição de densidade deverão estar aptos para operar com qualquer tipo de fluido de perfuração, qualquer composição a base de água ou a base sintética e medir valores entre 6,00 a 16,00 lb/bbl com precisão na segunda casa decimal.

6.1.2 Os equipamentos deverão também tolerar sólidos em suspensão de até 1 mm de diâmetro médio. Deverão tolerar também concentração de sólidos de até 20 % em volume, temperatura do fluido em até 100°C e pressões manométricas de até 15 bar.

6.1.3 O equipamento deverá vir acompanhado de certificado de calibração prévia com fluidos de perfuração. O certificado deverá portar os resultados obtidos com fluidos de perfuração base óleo e base aquosa.

6.1.4 O certificado de calibração do equipamento *online* deverá conter, como resultado final, a média de um teste em triplicata com o desvio padrão das réplicas em relação a esta média. O desvio padrão não poderá ser superior a 2% em relação ao valor absoluto da média. Em seguida, a média da metodologia *online* ofertada será comparada diretamente a média da triplicata obtida a partir da metodologia API (13B-1 e/ou 13B-2) para aferição em bancada. A comparação entre as médias obtidas pela metodologia API e *online* ofertada será feita por intermédio do erro absoluto e não poderá ser maior do que 0,05 ppg.

6.1.5 Adicionalmente como referência podem ser utilizadas as ISO 4259:2006(E) e ISO 4259-2:2017(E) que orientam a respeito da relação entre precisão dos resultados e os métodos utilizados para os testes.

6.1.6 As medidas densidade devem ser realizadas em, no mínimo, dois pontos amostragem: no retorno de fluido e no tanque ativo.

6.1.7 A frequência mínima de disponibilização de valores medidos de densidade deverá ser de 30 segundos.

### 6.2 Equipamentos de aferição de viscosidade (reologia)

6.2.1 A determinação do comportamento reológico deverá ser fornecida com base em diferentes taxas de cisalhamento, que deverão ser impostas aos fluidos de perfuração (base aquosa ou oleosa).

6.2.2 As taxas de cisalhamento que o equipamento deverá impor ao fluido, no mínimo, devem seguir o API 13B-1 e/ou 13B-2 ou conforme detalhado abaixo:

| Taxa de Cisalhamento ( $s^{-1}$ ) | Equivalência FANN 35A (RPM) |
|-----------------------------------|-----------------------------|
| 5,1                               | 3                           |
| 10,2                              | 6                           |
| 170,2                             | 100                         |
| 340,5                             | 200                         |
| 510,7                             | 300                         |
| 1021,4                            | 600                         |

6.2.3 A curva reológica (Tensão de Cisalhamento x Taxa de deformação) deverá ser reportado nas temperaturas de 120°F e 150°F, mantendo precisão na segunda casa decimal e os resultados disponibilizados, no mínimo, a cada 30 minutos.

6.2.4 As medidas reológicas devem ser realizadas em, no mínimo, dois pontos amostragem: no retorno de fluido e no tanque ativo.


6.2.5 As partes em contato com o fluido de perfuração deverão suportar até 100°C e 15 bar de pressão manométrica.

6.2.6 O equipamento deverá vir acompanhado de certificado de calibração prévia com fluidos de perfuração. O certificado deverá portar os resultados obtidos com fluidos a base de água e sintéticos, com diferentes composições e a diferentes temperaturas.

6.2.7 O certificado de calibração do equipamento *online* deverá conter, como resultado final, a média de um teste em triplicata com o desvio padrão das réplicas em relação a esta média. O desvio padrão não poderá ser superior a 5% em relação ao valor absoluto da média. Em seguida, a média da metodologia *online* ofertada será comparada diretamente a média da triplicata obtida a partir da metodologia API (13B-1 e/ou 13B-2) para aferição em bancada. Para esta medida será considerada para avaliação somente as viscosidades aparentes médias nas taxas de 5,1  $s^{-1}$ , 10,2  $s^{-1}$ , 170,2  $s^{-1}$ , 340,4  $s^{-1}$ , 510,7  $s^{-1}$  e 1021,4  $s^{-1}$ . A comparação entre as médias obtidas pela metodologia API e *online* ofertada será feita por intermédio do erro absoluto e não poderá ser maior do que 100cP nas taxas de 5,1 e 10,2 e 10cP nas taxas de 170,2, 340,4 510,7 e 1021,4  $s^{-1}$ .

6.2.8 Adicionalmente como referência podem ser utilizadas as ISO 4259:2006(E) e ISO 4259-2:2017(E) que orientam a respeito da relação entre precisão dos resultados e os métodos utilizados para os testes.

6.2.9 Segue em anexo e como referência o artigo: “**Study of Continuous Rheological Measurements in Drilling Fluids**”, S. da C. Magalhães Filho, M. Folsta, E. V. N. Noronha, C. M. Scheid, L. A. Caçada, Brazilian Journal of Chemical Engineering, Print version ISSN 0104-6632 On-line version ISSN 1678-4383, Julho de 2017.

|   |   |                             |                          |
|---|---|-----------------------------|--------------------------|
|  | ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA   | ET-2000.00-1100-612-PPQ-006 | REV.<br>0                |
|   | PERFURAÇÃO DE POÇOS   |                             | Folha 6 de 7             |
|   | SERVIÇOS DE MEDIÇÃO ONLINE DE REOLOGIA E DENSIDADE DE FLUIDOS DE PERFURAÇÃO |                             | PÚBLICO<br>POCOS/CTPS/QC |

## 7 REQUISITOS TÉCNICOS COMPLEMENTARES

### 7.1 Requisitos de Transmissão de dados em tempo real

7.1.1 A CONTRATADA deverá disponibilizar os dados em padrão WITSML, em tempo real, de todas as unidades em contrato obedecendo aos seguintes critérios:

7.1.1.1 Estes dados deverão ter como destino um Switch Petrobras e/ou outro (s) computador (es) instalado na sonda a pedido da PETROBRAS.

7.1.1.2 Todo cabeamento e aparato adicional e necessário para a disponibilização dos referidos dados são de inteira responsabilidade de aquisição e instalação da CONTRATADA.

7.1.1.3 A CONTRATADA deverá disponibilizar, três meses após o início do contrato, os dados das seguintes variáveis básicas de instrumentação e controle em Tempo Real, de acordo com suas respectivas unidades de medida listadas entre colchetes:

- Volume de Filtrado (ml);
- Teor de Sólidos (% volumétrica)
- Densidade (ppg)
- Estabilidade Elétrica (Volts)
- Reologia: Viscosidade (cP), Tensão de Cisalhamento (lbf/100 ft<sup>2</sup>) e Taxa de cisalhamento (s<sup>-1</sup>).
- Razão óleo/água (%)
- Teor total de cloretos, alcalinidade e dureza (ppm)

7.1.2 A PETROBRAS poderá requisitar o envio de dados adicionais, quando tecnicamente disponíveis que devem começar a ser enviados no prazo de 180 dias após a solicitação à CONTRATADA.


7.1.3 Quando da necessidade de transmissão de dados em protocolo não previamente especificado pela PETROBRAS, a CONTRATADA terá até 120 (cento e vinte) dias, após a assinatura do contrato, para a adequação e início da transmissão dos dados.

7.1.4 Os dados devem ser enviados pela CONTRATADA ininterruptamente com um intervalo igual ao intervalo de medida de cada sensor entre duas medidas consecutivas.

7.1.5 Os dados quando os sistemas de medição estiverem operantes devem estar disponíveis e a transmissão dos mesmos deve ocorrer de forma ininterrupta durante todo o período de vigência contratual.

7.1.6 A CONTRATADA deverá fornecer o endereço IP e a porta TCP para que o computador da PETROBRAS possa conectar via uma interface de rede Ethernet e receber os dados no padrão estabelecido pela PETROBRAS.

7.1.7 Caso não haja disponibilidade de transferência dos dados via TCP sobre rede Ethernet, então poderá ser negociada, mediante consulta à PETROBRAS, bem como de forma atestada pela CONTRATADA tal impossibilidade, a conexão

|   |  |                             |                          |
|---|--|-----------------------------|--------------------------|
|  | <b>ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>   | ET-2000.00-1100-612-PPQ-006 | REV.<br>0                |
|   | <b>PERFURAÇÃO DE POÇOS</b>   |                             | Folha 7 de 7             |
|   | <b>SERVIÇOS DE MEDIÇÃO ONLINE DE REOLOGIA E DENSIDADE DE FLUIDOS DE PERFURAÇÃO</b> |                             | PÚBLICO<br>POCOS/CTPS/QC |

via Porta Serial. Esta conexão deve ser fornecida e suportada pela CONTRATADA, sem custo adicionais à PETROBRAS.

## 7.2 Condições gerais do sistema de medição

- 7.2.1 Os sensores ou sistema de medição não deverá, em hipótese alguma, interferir em qualquer área ou procedimento utilizado na sonda. Seu funcionamento deverá ser autônomo e paralelo à rotina da sonda.
- 7.2.2 Todos os sensores, equipamentos, unidades e cabos deverão estar de acordo com as exigências, certificados, normas e legislações compatíveis para sua perfeita utilização.
- 7.2.3 Os sistemas de monitoramento online de fluidos de perfuração deverão atender os requisitos de SMS para operar em áreas de risco, tais como: serem à prova de fogo e além disso, os sensores, os equipamentos, o cabeamento e os terminais elétricos deverão ser intrinsecamente seguros e à prova de explosão;
- 7.2.4 A CONTRATADA deverá disponibilizar os materiais necessários para o correto funcionamento e calibração dos sensores.
- 7.2.5 Todos os equipamentos deverão estar disponíveis e operacionais, com realização de calibrações e aferições, onde constem os valores obtidos em relação aos limites definidos para cada sensor. Este procedimento deverá ser realizado no início de cada fase de perfuração ou quando solicitado pela fiscalização PETROBRAS.
- 7.2.6 As calibrações ou aferições efetuadas em laboratório ou na sonda deverão ser devidamente registradas e apresentadas à fiscalização PETROBRAS, sempre que solicitado.
- 7.2.7 A CONTRATADA deverá manter os equipamentos, sensores e materiais em número adequado à prestação dos serviços;
- 7.2.8 A CONTRATADA deverá possuir procedimentos de segurança relacionados à montagem e instalação do sistema na sonda;