

 <b>PETROBRAS</b>	<b>ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>		<b>ET-2000.00-1100-612-1DO-001</b>						
	PROGRAMA: <b>POCOS</b>		Folha 1 de 8						
	ÁREA: <b>PERFURAÇÃO</b>								
POCOS/EP/ITC	TÍTULO: <b>Ferramenta Nuclear de Saturação a Poço Revestido</b>		PÚBLICA						
			<b>POCOS/EP/ITC/ETP</b>						
<b>ÍNDICE DE REVISÕES</b>									
<b>REV.</b>	<b>DESCRIÇÃO E/OU FOLHAS ATINGIDAS</b>								
0	Edição original.								
1	Edição após a reunião realizada em 24/03. Inclusão de maior explicação no segundo parágrafo da introdução e inclusão do terceiro sensor no item 5.2.3.								
	REV. 0	REV. A	REV. B	REV. C	REV. D	REV. E	REV. F	REV. G	REV. H
DATA	29/12/2021								
PROJETO	PEP/PROJ-PERF								
EXECUÇÃO	PEP/PROJ-PERF								
VERIFICAÇÃO	EP/PPP/ED								
APROVAÇÃO	EP/ITC/ETP								
AS INFORMAÇÕES DESTE DOCUMENTO SÃO PROPRIEDADE DA PETROBRAS, SENDO PROIBIDA A UTILIZAÇÃO FORA DA SUA FINALIDADE.									
FORMULÁRIO PERTENCENTE À PETROBRAS									

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº ET-2000.00-1100-612-1DO-001	REV. 0
	POCOS		Folha 2 de 8
	TÍTULO:	Ferramenta Nuclear de Saturação a Poço Revestido	PÚBLICA
			POCOS/EP/ITC/ETP

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	3
2	ESCOPO .....	4
3	DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA .....	4
4	TERMOS E DEFINIÇÕES .....	5
5	DESCRIÇÃO DOS REQUISITOS FUNCIONAIS E TÉCNICOS.....	5
6	LISTA DE DOCUMENTOS ENTREGÁVEIS NA PROPOSTA TÉCNICA DO SERVIÇO .....	7
7	OBRIGAÇÕES DA COMPANHIA DE SERVIÇOS .....	8

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº ET-2000.00-1100-612-1DO-001	REV. 0
	POCOS		Folha 3 de 8
	TÍTULO: Ferramenta Nuclear de Saturação a Poço Revestido	PÚBLICA POCOS/EP/ITC/ETP	

## 1 INTRODUÇÃO

A determinação da saturação dos diferentes fluidos presentes no reservatório (água, óleo e gás) a partir de perfis a poço revestido apresenta diversos desafios na avaliação de formações durante o gerenciamento do campo. Além de dificuldades relativas a correções ambientais e atenuação de sinal em completações de maior complexidade (duplo revestimento, *liner*, *gravel pack*, etc), há situações em que as quantificações obtidas apresentam tipicamente incertezas elevadas, como na presença de gás e em ambientes de baixa salinidade.

Tradicionalmente, as Ferramentas Nucleares de Saturação (FNS) eram constituídas por dois detectores de radiação gama e os principais perfis adquiridos são o perfil Sigma e C/O (carbono/oxigênio). De uma maneira geral, o perfil Sigma apresenta melhor performance em situações de alta salinidade de água na formação, porém não diferencia bem o comportamento do óleo do comportamento do gás. Já o perfil C/O é uma alternativa normalmente para situações de salinidade baixa ou desconhecida na formação, porém suas incertezas estatísticas são elevadas (mesmo com múltiplos passes) e a sensibilidade normalmente não é suficiente para diferenciar óleo de gás.

Em meados dos anos 2000 começaram a surgir as MDPNTs (*multi detector pulsed neutron tools*), que são ferramentas com três ou mais detectores de radiação gama (GR) para fins de quantificação da saturação. O detector adicional mais distante tem a finalidade principal de quantificação de gás com maior sensibilidade do que nas ferramentas antecessoras. Além da quantidade, a qualidade dos detectores e da eletrônica correspondente também evoluiu, permitindo medições mais confiáveis no domínio do tempo e da energia.

Alguns poços produtores da Petrobras têm apresentado razões gás/óleo atipicamente elevadas, provavelmente devido a complexidades associadas a reinjeção de gás. Além disso, mesmo em alguns campos cujos reservatórios não apresentam gás, a necessidade de se obter medidas mais confiáveis da saturação de fluidos nas mais diversas situações de ambiente de perfilagem tem sido cada vez maior, considerando o impacto econômico do resultado na estimativa de produção, principalmente em cenários de baixo valor do petróleo no mercado internacional.

Por tais necessidades, busca-se homologar ferramentas com tecnologias que propiciem a obtenção de saturação da formação a poço revestido com maior precisão e exatidão, com especial atenção para a presença de gás nos reservatórios e com água na formação com salinidade baixa ou desconhecida (mistura de água de formação com água de injeção), com possibilidades diversas de completação.

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº ET-2000.00-1100-612-1DO-001	REV. 0
	POCOS		Folha 4 de 8
	TÍTULO: Ferramenta Nuclear de Saturação a Poço Revestido	PÚBLICA POCOS/EP/ITC/ETP	

## 2 ESCOPO

O objetivo desta ET-R é apresentar tecnicamente requisitos técnicos e funcionais para a homologação de serviços de perfilagem com ferramentas nucleares de saturação a poço revestido de alta tecnologia, de forma a garantir uma correta especificação da ferramenta para os cenários Petrobras, com foco em confiabilidade e desempenho. Este documento contém as bases de validação para estas ferramentas, atuando como guia para fornecedores e como base para a especificação técnica de requisição de bens e serviços.

## 3 DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

- 3.1 **API SPEC Q1** - *Specification for Quality Management System Requirements for Manufacturing Organizations for the Petroleum and Natural Gas Industry*
- 3.2 **API SPEC Q2** – *Specification for Quality Management System Requirements for Service Supply Organization for the Petroleum and Natural Gas Industries*
- 3.3 **ISO 9001** - *Quality management systems – Requirements.*
- 3.4 **NACE MR 0175/ ISO 15156** - *Petroleum and Natural Gas Industries – Materials for use in H2S-containing Environments in Oil and Gas Production.*
- 3.5 **IEC 60812** - *Analysis techniques for system reliability – Procedure for failure mode and effects analysis (FMEA)*

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº ET-2000.00-1100-612-1DO-001	REV. 0
	POCOS		Folha 5 de 8
	TÍTULO: Ferramenta Nuclear de Saturação a Poço Revestido		PÚBLICA POCOS/EP/ITC/ETP

## 4 TERMOS E DEFINIÇÕES

- ISO - *The International Organization for Standardization*
- NACE - *National Association of Corrosion Engineers*
- API - *American Petroleum Institute*
- FMEA – *Failure mode and effect analysis* / Análise dos modos de falha e seus efeitos;
- FMECA – *Failure mode, effects and criticality analysis* / Análise de criticidade dos modos de falha e seus efeitos;
- FNS – Ferramenta Nuclear de Saturação;
- ET-R – Especificação Técnica de Requisitos, é o documento contendo requisitos gerais para avaliações técnicas fornecendo bases sólidas para elaboração de ET-RBS nos processos de licitação dentro da gerência executiva de POCOS. A ET-R permite ao fornecedor conhecer os critérios gerais de aceitação, teste e validação de um determinado sistema, equipamento, material e/ou serviço que poderão ser utilizados na fase de verificação de efetividade de proposta técnica em processos licitatórios;
- ET-RBS – Especificação Técnica de Requisição de Bens e Serviços, é o documento contendo requisitos técnicos e instruções específicas ao cenário de aplicação e condições de contorno vinculado a um determinado processo licitatório. Quando existir uma ET-R referente ao escopo sendo tratado, a ET-RBS deve referenciá-la e respeitar os termos desse documento.

## 5 DESCRIÇÃO DOS REQUISITOS FUNCIONAIS E TÉCNICOS

### 5.1 REQUISITOS GERAIS

- 5.1.1 A ferramenta de perfilagem deverá suportar a pressão diferencial de trabalho de 10.000 psi;
- 5.1.2 A ferramenta deverá ser capaz de suportar as temperaturas entre 40°F e 300°F;
- 5.1.3 A ferramenta deverá ser capaz de operar em ambientes com H<sub>2</sub>S e CO<sub>2</sub>, conforme teores especificados na ET-RBS;
- 5.1.4 A ferramenta deverá possuir capacidade de operação em poços desviados e horizontais, combinadas com o equipamento de condução da ferramenta, quando aplicável;
- 5.1.5 A ferramenta deverá ser capaz de operar em poços sem restrição de LDA (lâmina d'água);
- 5.1.6 A ferramenta deverá permitir, quando aplicável, aproximação sobre barreiras e obstruções da coluna sem comprometer as suas funções (exemplos de barreiras: *plug*, *standing valve*, incrustação, cimento);
- 5.1.7 A ferramenta deverá possuir comprimento e peso compatíveis com os limites operacionais dos equipamentos de cabo elétrico disponíveis em contratos com a **PETROBRAS**;
- 5.1.8 A ferramenta deverá permitir, quando aplicável, a combinação de operação com outras ferramentas como GR, CCL dentre outras;

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº ET-2000.00-1100-612-1DO-001	REV. 0
	POCOS		Folha 6 de 8
	TÍTULO: Ferramenta Nuclear de Saturação a Poço Revestido		PÚBLICA POCOS/EP/ITC/ETP

## 5.2 REQUISITOS DE RESOLUÇÃO DA FERRAMENTA DE PERFILAGEM C/O

- 5.2.1 A FNS deve possuir uma fonte pulsada de nêutrons;
- 5.2.2 A FNS deve possuir ao menos três detectores para medição de propriedades de saturação da formação;
- 5.2.3 A FNS deve ser aplicável em poços com fluido de completação base aquosa ou não aquosa;
- 5.2.4 A FNS deve ser aplicável através de tela de contenção de areia e *gravel*;
- 5.2.5 A FNS deve ser aplicável através de um trecho com mais de um tubular;
- 5.2.6 Os parâmetros de tração aplicados devem ser controlados da superfície;
- 5.2.7 A FNS deverá possuir diâmetro externo compatível com a maior restrição existente nas colunas, a ser especificada na ET-RBS;
- 5.2.8 A FNS deverá medir alguma propriedade que, comprovadamente, seja sensível ao volume de gás na formação e muito pouco sensível aos volumes e propriedades dos demais fluidos da formação;
- 5.2.9 Adicionalmente à propriedade mencionada no item anterior, a FNS deverá ter a capacidade de medir outras propriedades como Sigma, C/O, porosidade neutrônica, etc;
- 5.2.10 O fornecedor deve possuir técnicas para estimar as incertezas das medições e das saturações calculadas em função da velocidade de corrida da FNS e das particularidades do ambiente de perfilagem e da formação, a serem especificadas na ET-RBS;
- 5.2.11 O fornecedor deve dispor de metodologias de correção ambientais adequadas ao ambiente de perfilagem e da formação, a serem especificadas na ET-RBS, baseadas em simulações MCNP (*Monte Carlo N-Particle*) e/ou em resultados experimentais;
- 5.2.12 O programa de processamento de dados da FNS deve permitir a aplicação das correções ambientais profundidade a profundidade (e não somente por zonas), a partir da entrada de dados que eventualmente variem com a profundidade (porosidade, composição litológica, etc);
- 5.2.13 O fornecedor deve preferencialmente permitir que o programa de processamento de dados brutos seja passível de utilização pela Petrobras, mediante a aquisição das licenças correspondentes, ou, na inviabilidade desta, permitir que técnicos da Petrobras possam

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº ET-2000.00-1100-612-1DO-001	REV. 0
	POCOS		Folha 7 de 8
	TÍTULO: Ferramenta Nuclear de Saturação a Poço Revestido	PÚBLICA POCOS/EP/ITC/ETP	

acompanhar o processamento dos dados, sugerindo modificações e testes quando pertinente;

- 5.2.14 Nos dados perfilados pela FNS devem ser incluídas curvas e parâmetros que permitam o controle de qualidade da aquisição por parte da Petrobras;
- 5.2.15 As saturações calculadas a partir dos perfis obtidos pela FNS devem ser entregues acompanhadas das respectivas estimativas de incertezas, calculadas utilizando as medições profundidade a profundidade.

## 6 LISTA DE DOCUMENTOS ENTREGÁVEIS NA PROPOSTA TÉCNICA DO SERVIÇO

- 6.1. Certificado de sistema de gestão da qualidade segundo o API Spec Q1 ou ISO 9001 para a unidade industrial que fabrica a ferramenta de perfilagem;
- 6.2. Certificado de sistema de gestão da qualidade segundo o API Spec Q2 para a prestação dos serviços de perfilagem;
- 6.3. Relatórios técnicos, simulações, certificados e/ou documentações técnicas que atendem aos itens dos requisitos funcionais, técnicos e complementares;
- 6.4. Manual técnico de cada componente contendo pelo menos: *part number*, descrição, materiais utilizados na fabricação, envelope operacional e relatório de testes de qualificação;
- 6.5. Procedimentos operacionais detalhados da ferramenta, discriminando as operações de configuração, descida, atuação, retirada e de contingência (*Troubleshooting*), com suas devidas análises de riscos;
- 6.6. Histórico de aplicações com a descrição de falhas ocorridas, descrição do ambiente operacional, local da aplicação, data e modelo do equipamento (tecnologia);
- 6.7. Análise dos Modos e Efeitos de Falha (FMEA) conforme a norma IEC 60812, da ferramenta. A FMEA deve conter uma análise até o nível de componente com seus modos de falha e a atribuição de probabilidade de ocorrência e severidade associadas. As conclusões e recomendações devem conter as medidas que visam reduzir a taxa de falha ou mitigar seus efeitos.

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº ET-2000.00-1100-612-1DO-001	REV. 0
	POCOS		Folha 8 de 8
	TÍTULO: Ferramenta Nuclear de Saturação a Poço Revestido		PÚBLICA POCOS/EP/ITC/ETP

## 7 OBRIGAÇÕES DA COMPANHIA DE SERVIÇOS

- 7.1 O fornecedor deverá informar as características técnicas dos equipamentos fornecidos e estas deverão atender aos requisitos estabelecidos pela Petrobras através dos documentos ET-R e ET-RBS. Caso a ferramenta não atenda integralmente aos requisitos exigidos, o fornecedor tem a obrigação de informar estas diferenças à Petrobras.
- 7.2 Deverá ser providenciada toda a documentação comprobatória dos requisitos técnicos exigidos, conforme capítulo anterior, sendo o fornecedor responsável pela veracidade das informações. Caso sejam comprovadas inconsistências ou informações inverídicas, o fornecedor poderá ser penalizado conforme critérios definidos pela Petrobras.
- 7.3 Todos os documentos/desenhos deverão ser atualizados a cada revisão, cancelamento ou inclusão. Esta revisão deverá ser feita pelo fornecedor e os novos arquivos eletrônicos disponibilizados.
- 7.4 Todos os documentos devem ser disponibilizados em meio eletrônico no formato PDF, em português.
- 7.5 O fornecedor se obriga a disponibilizar para a Petrobras ao menos 1 (um) profissional qualificado com conhecimento do projeto das ferramentas, funcionalidade e da sua aplicação, para a realização da FMECA e/ou análises de riscos das tarefas componentes da instalação do equipamento ou prestação de serviços.