

## TESTE DE CAMPO PARA AVALIAÇÃO DE LÍQUIDO GERADOR DE ESPUMA - LGE

### Método de Ensaio

Esta Norma substitui e cancela a sua revisão anterior.

Esta Norma é a Revalidação da revisão anterior.

Cabe à CONTEC - Subcomissão Autora, a orientação quanto à interpretação do texto desta Norma. O Órgão da PETROBRAS usuário desta Norma é o responsável pela adoção e aplicação dos itens da mesma.

**Requisito Mandatório:** Prescrição estabelecida como a mais adequada e que deve ser utilizada estritamente em conformidade com esta Norma. Uma eventual resolução de não segui-la ("não-conformidade" com esta Norma) deve ter fundamentos técnico-gerenciais e deve ser aprovada e registrada pelo Órgão da PETROBRAS usuário desta Norma. É caracterizada pelos verbos: "dever", "ser", "exigir", "determinar" e outros verbos de caráter impositivo.

**Prática Recomendada** (não-mandatária): Prescrição que pode ser utilizada nas condições previstas por esta Norma, mas que admite (e adverte sobre) a possibilidade de alternativa (não escrita nesta Norma) mais adequada à aplicação específica. A alternativa adotada deve ser aprovada e registrada pelo Órgão da PETROBRAS usuário desta Norma. É caracterizada pelos verbos: "recomendar", "poder", "sugerir" e "aconselhar" (verbos de caráter não-impositivo). É indicada pela expressão: **[Prática Recomendada]**.

Cópias dos registros das "não-conformidades" com esta Norma, que possam contribuir para o aprimoramento da mesma, devem ser enviadas para a CONTEC - Subcomissão Autora.

As propostas para revisão desta Norma devem ser enviadas à CONTEC - Subcomissão Autora, indicando a sua identificação alfanumérica e revisão, o item a ser revisado, a proposta de redação e a justificativa técnico-econômica. As propostas são apreciadas durante os trabalhos para alteração desta Norma.

**"A presente Norma é titularidade exclusiva da PETRÓLEO BRASILEIRO S.A. - PETROBRAS, de uso interno na Companhia, e qualquer reprodução para utilização ou divulgação externa, sem a prévia e expressa autorização da titular, importa em ato ilícito nos termos da legislação pertinente, através da qual serão imputadas as responsabilidades cabíveis. A circulação externa será regulada mediante cláusula própria de Sigilo e Confidencialidade, nos termos do direito intelectual e propriedade industrial."**

### CONTEC

Comissão de Normas  
Técnicas

### SC - 16

Segurança Industrial

### Apresentação

As normas técnicas PETROBRAS são elaboradas por Grupos de Trabalho – GTs (formados por especialistas da Companhia e das suas Subsidiárias), são comentadas pelos Representantes Locais (representantes das Unidades Industriais, Empreendimentos de Engenharia, Divisões Técnicas e Subsidiárias), são aprovadas pelas Subcomissões Autoras – SCs (formadas por técnicos de uma mesma especialidade, representando os Órgãos da Companhia e as Subsidiárias) e aprovadas pelo Plenário da CONTEC (formado pelos representantes das Superintendências dos Órgãos da Companhia e das suas Subsidiárias, usuários das normas). Uma norma técnica PETROBRAS está sujeita a revisão em qualquer tempo pela sua Subcomissão Autora e deve ser reanalisada a cada 5 (cinco) anos para ser revalidada, revisada ou cancelada. As normas técnicas PETROBRAS são elaboradas em conformidade com a norma PETROBRAS N-1. Para informações completas sobre as normas técnicas PETROBRAS, ver Catálogo de Normas Técnicas PETROBRAS.

## **PREFÁCIO**

Esta Norma PETROBRAS N-2142 REV. B DEZ/99 é a Revalidação da Norma PETROBRAS N-2142 REV. A NOV/93, sofrendo alterações nos itens 4.1, 4.2, 6.3, 7.3 e A-2.5 a).

## **1 OBJETIVO**

1.1 Esta Norma prescreve o método de avaliação da qualidade de um líquido gerador de espuma (LGE-alc; LG-Hc; LG-pol) na extinção de fogo em solventes polares e/ou hidrocarbonetos.

1.2 Esta Norma se aplica aos métodos de avaliação da qualidade realizados a partir da data de sua edição.

1.3 Esta Norma contém somente Requisitos Mandatórios.

## **2 DOCUMENTO COMPLEMENTAR**

O documento relacionado a seguir é citado no texto e contém prescrições válidas para a presente Norma.

PETROBRAS [N-253](#) - Projeto de Vaso de Pressão.

## **3 DEFINIÇÕES**

Para os propósitos desta Norma são adotadas as definições indicadas nos itens 3.1 a 3.21.

### **3.1 Líquido Gerador de Espuma para Hidrocarbonetos (LGE-Hc)**

Líquido que, quando diluído em água e aerado, gera espuma para a extinção de incêndios em hidrocarbonetos.

### **3.2 Líquido Gerador de Espuma para Solventes Polares (LGE-alc)**

Líquido que, quando diluído em água e aerado, gera espuma para a extinção de incêndios em solventes polares.

### **3.3 Líquido Gerador de Espuma Polivalente (LGE-pol)**

Líquido que, quando diluído em água e aerado, gera espuma para a extinção de incêndios em solventes polares e hidrocarbonetos.

### **3.4 Solução de LGE (Pré-Mistura)**

Resultado da diluição homogênea do líquido gerador de espuma em água na concentração em volume indicada no ensaio de cada LGE.

### **3.5 Espuma**

Agregado de pequenas bolhas, formado pela introdução de ar na solução de LGE no esguicho de teste.

### **3.6 Combustível de Teste ON 5050**

Produto obtido pela mistura de 50 % de óleo combustível tipo A e 50 % de nafta ou gasolina (sem aditivos) em volume.

### **3.7 Combustível de Teste EN 8515**

Produto obtido pela mistura de 85 % de álcool etílico anidro e 15 % de nafta ou gasolina (sem aditivos) em volume.

### **3.8 Esguicho de Teste**

Esguicho padronizado pelas FIGURAS C-1 e C-2 do ANEXO C, operando a uma vazão de 16 ℓ/min na pressão de operação do sistema. Nas condições de operação deve gerar espuma com taxa de expansão e curva de drenagem correspondentes aos padrões do LGE usado.

### **3.9 Fator K**

Fator de proporcionalidade entre a vazão e a pressão aplicada, característico de cada esguicho. O fator K é definido matematicamente pela expressão:

$$K = \frac{Q}{\sqrt{P}}$$

Onde:

Q = vazão obtida;

P = pressão aplicada.

### **3.10 Tempo de Pré-Queima**

Tempo em que o combustível de teste permanece em queima antes da aplicação da espuma na sua superfície.

### **3.11 Tempo de Controle**

Tempo em que a espuma controla aproximadamente 90 % da área em chamas a partir de seu contato com a superfície do combustível.

### **3.12 Tempo de Extinção**

Tempo em que a espuma extingue totalmente as chamas, contado a partir de seu contato com a superfície do combustível.

### **3.13 Vedação de uma Espuma**

Capacidade de uma espuma em bloquear a passagem dos vapores combustíveis através de si.

### **3.14 Reignição Provocada**

Fogo provocado no combustível, em área padronizada, aberta na superfície do lençol de espuma, após o ensaio de extinção.

### **3.15 Resistência à Reignição**

Capacidade de uma espuma em resistir ao fogo provocado em área padronizada, aberta na superfície da espuma.

### **3.16 Taxa de Expansão de uma Espuma**

Relação entre o volume de espuma gerado e o volume de pré-mistura que o gerou.

### **3.17 Curva de Drenagem de uma Espuma**

Curva obtida pela representação gráfica dos percentuais de líquido drenado da espuma, nos períodos de tempo em que ocorreram.

### **3.18 Valor de Cinco Minutos**

Valor percentual de líquido drenado de uma espuma após cinco minutos de sua formação.

### **3.19 Valor de 25 %**

Tempo em que 25 % do conteúdo líquido de uma espuma é drenado, contado a partir de sua formação.

### **3.20 Meia Vida ou Valor de 50 %**

Tempo em que 50 % do conteúdo líquido de uma espuma é drenado, contado a partir de sua formação.

### **3.21 Volume Residual Característico (Vr)**

Parte não esgotada do volume do vaso de pressão.

## **4 MÉTODO**

### **4.1 Para Avaliação de LGE-alc**

Consiste na extinção de fogo em combustível EN 8515 pela aplicação de forma suave da espuma obtida com uma solução a 6 %, ou com outra especificação definida pelo fabricante, em volume do LGE-alc e uma taxa de 6  $\ell/\text{min.m}^2$ , durante 165 segundos após pré-queima do combustível de 120 segundos. Depois de 300 segundos do término da aplicação da espuma deve ser testada a vedação e a resistência à reignição.

### **4.2 Para avaliação de LGE-Hc**

Consiste na extinção de fogo em combustível ON 5050 pela aplicação, direta na superfície do combustível, de espuma obtida com uma solução a 3 %, ou com outra especificação definida pelo fabricante, em volume do LGE e uma taxa de 4  $\ell/\text{min.m}^2$ , durante 300 segundos de aplicação da espuma após pré-queima de 60 segundos. Depois de 300 segundos do término da aplicação da espuma deve ser testada a vedação e a resistência à reignição.

### **4.3 Para Avaliação de LGE-pol**

Consiste na avaliação do LGE-pol através dos métodos descritos nos itens 4.1 e 4.2.

## **5 CRITÉRIOS GERAIS DE APROVAÇÃO**

O LGE em teste para ser considerado como aprovado, quando ensaiado nas condições descritas no capítulo 6, para LGE-alc e no capítulo 7, para LGE-HC, deve:

- a) extinguir o fogo;
- b) manter a vedação dos vapores combustíveis;
- c) resistir à reignição da área exposta.

## **6 ENSAIO PARA AVALIAÇÃO DE LGE PARA SOLVENTES POLARES**

### **6.1 Aparelhagem para o Teste**

Para a execução deste teste é necessário dispor-se da seguinte aparelhagem (conforme FIGURA C-10 do ANEXO C).

#### **6.1.1 Tanque de Prova Cilíndrico**

Com diâmetro de 1,844 m e altura de 0,30 m, medidos pela parte interna, em chapa de aço com espessura mínima de 4,76 mm.

#### **6.1.2 Esguicho de Teste**

Conforme FIGURA C-1 do ANEXO C, dimensionado para aerar e produzir espuma com vazão de solução igual a 16 ℓ/min e provido de defletor de espuma.

#### **6.1.3 Vaso de Pressão de Aço**

Com volume de 100 ℓ e pressão manométrica de trabalho de 981 kPa (10 kgf/cm<sup>2</sup>). Dotado de bocais que permitam seu enchimento com solução de LGE, sua pressurização e saída de solução. No bocal de saída deve ser instalada válvula de abertura rápida de 12,7 mm (1/2”), seguida de filtro Y de linha de 12,7 mm (1/2”), com malha de tela filtrante com abertura máxima de 3,8 mm. O vaso deve estar de acordo com a norma PETROBRAS [N-253](#) e deve ser dotado de manômetro e válvula de segurança.

#### **6.1.4 Calha de Aço**

Com 2,30 m de comprimento e seção transversal de 0,30 m de base por 0,20 m de altura (medidas internas), possuindo batente para apoio na borda do tanque de teste, suporte de altura ajustável na outra extremidade e dispositivo para fixação do defletor do esguicho de espuma. A calha deve ser instalada de acordo com a FIGURA C-10 do ANEXO C, estando a ponta da calha distanciada de 50 mm do costado interno do tanque.

#### **6.1.5 Cilindro de Nitrogênio ou Ar Comprimido**

Dotado de válvula reguladora de pressão.

#### **6.1.6 Mangote de Borracha**

Com dez metros de comprimento e 12,7 mm (1/2”) de diâmetro interno e conexões para ligação do mangote à válvula de saída do vaso e ao esguicho de teste, compatíveis com a pressão de trabalho do vaso.

### **6.1.7 Outros Equipamentos**

6.1.7.1 Mangote e conexões para ligação da válvula reguladora ao vaso de pressão, compatíveis com a pressão de trabalho do vaso.

6.1.7.2 Cilindro para ensaio da resistência à reigitação, conforme FIGURA C-12 do ANEXO C.

6.1.7.3 Dois cronômetros.

6.1.7.4 Anemômetro.

### **6.2 Aferição Inicial do Sistema de Teste e Equipamentos**

O sistema de teste e seus equipamentos devem ser aferidos antes de sua operação rotineira, conforme ANEXO A.

### **6.3 Preparo do Teste**

- a) instalar a calha de aço apoiada na borda do tanque de prova, conforme FIGURA C-10 do ANEXO C, com inclinação de aproximadamente 1:4 e a favor do vento;

Nota: O teste não deve ser realizado se o vento tiver velocidade superior a 4,0 m/s.

- b) posicionar o vaso de pressão e o cilindro de nitrogênio ou ar comprimido, a montante em relação ao vento do tanque de teste em posição segura;
- c) carregar o vaso de pressão com o volume de água e o volume de LGE-alc calculados conforme fórmula indicada abaixo, misturando até se obter mistura homogênea, evitando-se formação de espuma:

Volume de água (litros) =  $(1-x) (80 + V_r)$ ;

Volume de LGE (litros) =  $x (80 + V_r)$ ;

Onde:

$x$  = concentração em volume de LGE-alc utilizado. Ex.: um LGE-alc especificado pelo fabricante a 6 %,  $x = 0,06$ .

Nota: O  $V_r$  deve ser determinado conforme item A-2.1 do ANEXO A.

- d) fechar o vaso de pressão;
- e) executar a ligação do cilindro de nitrogênio ou de ar comprimido ao vaso de pressão, através da válvula reguladora de pressão e mangote;

- f) pressurizar o vaso de pressão até atingir a pressão operacional do sistema correspondente à vazão de 16 ℓ/min obtida conforme item A-2.5 do ANEXO A, sanando quaisquer vazamentos;
- g) colocar no tanque de prova 200 ℓ de EN 8515 (170 ℓ de etanol anidro e 30 ℓ de nafta ou gasolina sem aditivos), observando estar o tanque seco, antes do carregamento, e o seu fundo na horizontal.

## **6.4 Execução dos Testes**

### **6.4.1 Teste de Extinção**

Para o acompanhamento dos tempos a serem registrados no teste são usados dois cronômetros: o primeiro controla o tempo de pré-queima e o tempo de escoamento da espuma; o segundo mede o tempo de controle de aproximadamente 90 % da área em chamas, o tempo de extinção, o tempo de aplicação de espuma e o tempo para o ensaio de vedação. O teste deve ser executado da seguinte maneira:

6.4.1.1 Provocar a ignição do combustível, iniciando simultaneamente a cronometragem, pelo acionamento do cronômetro 1. Dois minutos após a ignição, abrir a válvula de saída do vaso de pressão e simultaneamente zerar o cronômetro, disparando-o novamente, tão logo se inicie a saída da espuma pelo defletor do esguicho, iniciando-se desta forma o registro do tempo de escoamento da espuma.

6.4.1.2 No instante em que a espuma começar a cair sobre a superfície do combustível em chamas, disparar o cronômetro 2.

6.4.1.3 A espuma é aplicada na superfície do combustível em chamas durante 2 minutos e 45 segundos. Após este período o esguicho de teste é retirado da calha e a espuma ainda produzida deve ser aproveitada para a execução dos testes de expansão e drenagem, descritos no ANEXO B.

6.4.1.4 Durante a aplicação da espuma sobre o combustível, são anotados os tempos de controle de aproximadamente 90 % da área em chamas e o tempo de extinção registrados pelo cronômetro 2.

6.4.1.5 Anotar o tempo total de escoamento da espuma, registrado no cronômetro 1, que é caracterizado pela cessação da saída da espuma pelo defletor. Caso este tempo difira de 5 minutos mais ou menos 10 segundos, o teste deve ser anulado e repetido.

#### **6.4.2 Teste de Vedação de Espuma**

Cinco minutos após o término de aplicação da espuma sobre o combustível, registrados no cronômetro 2, passar vagarosamente uma tocha acesa, não gotejante, em torno de 2 cm acima da superfície da espuma, sem tocá-la. Observar a ocorrência de reignição dos vapores inflamáveis, porventura existentes.

#### **6.4.3 Teste de Resistência à Reignição**

Imediatamente após o teste de vedação, com o auxílio do cilindro para ensaio de reignição conforme FIGURA C-12 do ANEXO C, fazer abertura removendo quaisquer resíduos de espuma. Usando uma tocha acesa, provocar ignição na área do combustível exposta, mantendo o cilindro no tanque por 60 segundos, retirando-o em seguida. Observar a progressão da área em chamas e a reignição em outros pontos do lençol de espuma.

#### **6.5 Registro dos Resultados**

Os resultados obtidos durante os ensaios devem ser registrados no formulário “Relatório de Teste de LGE”, apresentado no ANEXO E.

#### **6.6 Critérios para Aprovação do LGE-alc**

O LGE-alc em teste deve ser aprovado quando:

- a) extinguir o fogo de teste dentro do período de 2 minutos e 45 segundos de aplicação de sua espuma, quando ensaiado de acordo com o item 6.4.1;
- b) não houver reignição ou sustentação do fogo, por mais de 60 segundos, quando ensaiado conforme o item 6.4.2;
- c) no ensaio de reignição provocada, conforme o item 6.4.3, a espuma deve recompor o lençol, tão logo seja retirado o cilindro de reignição extingüido o fogo, admitindo-se, entretanto, sustentação do fogo nas áreas contaminadas do lençol da espuma por período inferior a 60 segundos.

#### **6.7 Critérios para Aprovação de LGE-Polivalente**

O LGE em teste para ser considerado polivalente deve atender aos requisitos estabelecidos nos capítulos 6 e 7.

### **7 ENSAIO PARA AVALIAÇÃO DE LGE PARA HIDROCARBONETOS**

#### **7.1 Aparelhagem para o Teste**

Para execução deste teste é necessário dispor-se da seguinte aparelhagem (conforme FIGURA C-11 do ANEXO C).

### **7.1.1 Tanque de Prova Cilíndrico**

Com diâmetro de 2,257 m e altura de 0,50 m, medidos pela parte interna, em chapa de aço com espessura mínima de 4,76 mm.

### **7.1.2 Esguicho de Teste**

Conforme FIGURA C-2 do ANEXO C, dimensionado para aerar e produzir espuma com vazão de solução igual a 16 ℓ/min e provido de tubo lançador.

### **7.1.3 Vaso de Pressão de Aço**

Com volume de 100 ℓ e pressão manométrica de trabalho de 981 kPa (10 kgf/cm<sup>2</sup>), dotado de bocais que permitam seu enchimento com solução de LGE, sua pressurização e saída de solução. No bocal de saída deve ser instalada válvula de abertura rápida de 12,7 mm (1/2”), seguida de filtro Y de linha de 12,7 mm (1/2”), com malha de tela filtrante com abertura máxima de 3,8 mm. O vaso deve estar de acordo com a norma PETROBRAS N-253 e deve ser dotado de válvula de segurança.

### **7.1.4 Suporte para Fixação do Esguicho**

Posicionado de modo que a extremidade de descarga fique a uma distância horizontal de 1,30 m e uma distância vertical de 0,80 m em relação à borda do tanque de prova.

### **7.1.5 Barreira Contra Ação do Vento**

Prover o campo de teste com anteparas, muro de alvenaria ou outro dispositivo, de forma a se obter velocidades de vento menor que 0,5 m/s na área de teste.

### **7.1.6 Cilindro de Nitrogênio ou Ar Comprimido**

Dotado de válvula reguladora de pressão.

### **7.1.7 Mangote de Borracha**

Com 10 m de comprimento e 12,7 mm (1/2”) de diâmetro interno e conexões para ligação do mangote à válvula de saída do vaso e ao esguicho de teste, compatível com a pressão de trabalho do vaso.

### **7.1.8 Outros Equipamentos**

7.1.8.1 Mangote e conexões para ligação da válvula reguladora ao vaso de pressão, compatíveis com a pressão de trabalho do vaso.

7.1.8.2 Cilindro para ensaio de resistência à reiguição, conforme FIGURA C-12 do ANEXO C.

7.1.8.3 Um cronômetro.

7.1.8.4 Anemômetro.

## **7.2 Aferição Inicial do Sistema de Teste e Equipamentos**

O sistema de teste e seus equipamentos devem ser aferidos antes de sua operação rotineira, conforme ANEXO A.

## **7.3 Preparo do Teste**

- a) instalar o esguicho de teste em seu suporte de fixação, de modo que sua extremidade de descarga fique a uma distância horizontal de 1,30 m e uma distância vertical de 0,80 m em relação à borda do tanque de prova e a favor do vento, conforme FIGURA C-11 do ANEXO C; desta maneira, o jato de espuma produzido pelo esguicho deve estar direcionado para o centro do tanque de prova;

Nota: O teste não deve ser realizado se o vento tiver velocidade superior que 0,5 m/s;

- b) posicionar o vaso de pressão e o cilindro de nitrogênio ou ar comprimido, a montante em relação ao vento do tanque de teste, em posição segura;
- c) carregar o vaso de pressão com o volume de água e o volume de LGE-Hc calculados conforme fórmula indicada abaixo, misturando até se obter mistura homogênea, evitando-se formação de espuma:

$$\text{Volume de água (litro)} = (1-x) (80 + V_r)$$

$$\text{Volume de LGE (litro)} = x (80 + V_r)$$

Onde:

x = concentração em volume de LGE-alc utilizado. Ex.: um LGE-Hc especificado pelo fabricante a 3 %, x = 0,03.

Nota: O  $V_r$  deve ser determinado conforme item A-2.1 do ANEXO A.

- d) fechar o vaso de pressão;
- e) executar a ligação do cilindro de nitrogênio ou de ar comprimido ao vaso de pressão, através da válvula reguladora de pressão e mangote;
- f) executar a ligação do vaso de pressão ao esguicho de teste, através de mangote;
- g) pressurizar o vaso de pressão até atingir a pressão operacional do sistema correspondente à vazão de 16 l/min obtida conforme item A-2.5 do ANEXO A, sanar quaisquer vazamentos;