



## POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO



### Corpo de Bombeiros

## INSTRUÇÃO TÉCNICA Nº 25

### SISTEMA DE PROTEÇÃO POR ESPUMA

#### SUMÁRIO

- 1 Objetivo
- 2 Aplicação
- 3 Referências normativas e bibliográficas
- 4 Definições
- 5 Procedimentos

#### ANEXOS

- A Figuras
  - Figura 1 – Câmara Tipo I
  - Figura 2 – Câmara Tipo II
  - Figura 3 – Guia de qualidade da espuma para tanques de armazenamento
- B Exemplo ilustrativo de cálculo dos sistemas de espuma

#### 1 Objetivo

1.1 Esta Instrução Técnica visa adequar o texto da norma NBR 12.615/92 – “Sistema de combate a incêndio por espuma” da ABNT, para aplicação na análise e vistoria de projetos submetidos ao Corpo de Bombeiros, atendendo ao previsto no Decreto nº 46.076, de 31 de agosto de 2.001.

#### 2 Aplicação

2.1 Esta Instrução Técnica se aplica a todas as edificações e/ou áreas de risco em que haja produção, manipulação, armazenamento e distribuição de líquidos combustíveis ou inflamáveis localizadas no interior de edificações ou a céu aberto, de acordo com a Tabela 6 M.2.

#### 3 Referências normativas e bibliográficas

Para compreensão desta Instrução Técnica é necessário consultar as seguintes normas:

- 3.1 NBR 12.615/92 – “Sistema de combate a incêndio por espuma”
- 3.2 NFPA 11 – “Standard for Low-Expansion Foam 1998 Edition”
- 3.3 NFPA 13 – “Standard for the installation of sprinkler systems”
- 3.4 NBR 5363 – Invólucros à prova de explosão para equipamentos elétricos – especificação
- 3.5 NBR 5418 – Instalações elétricas em ambientes com líquidos, gases ou vapores inflamáveis – procedimento
- 3.6 NBR 7821 – Tanques soldados para armazenamento de petróleo e derivados – procedimento
- 3.7 ANSI B 31.1 Piping and piping systems
- 3.8 Boletim API 650 – Apêndice H – Welded steel tanks for oil storage

#### 4 Definições

Para os efeitos desta Instrução Técnica, aplicam-se as definições constantes da Instrução Técnica nº 03 - Terminologia de proteção contra incêndio, .

#### 5 Procedimentos

##### 5.1 Generalidades

5.1.1 A espuma mecânica ou espuma de ar, para as finalidades desta Instrução Técnica, deve ser entendida como um agregado de bolhas cheias de ar, geradas por meios puramente mecânicos, de soluções aquosas contendo um concentrado de origem animal, sintética ou vegetal.

5.1.2 Sua densidade, sendo menor que as dos líquidos inflamáveis, permite que seja usada principalmente para formar uma cobertura flutuante, extinguindo, cobrindo e resfriando o combustível de forma a interromper a evaporação dos vapores e impedir a sua mistura com o oxigênio do ar.

5.1.3 A espuma mecânica ou espuma de ar é útil como agente de prevenção e extinção ao fogo nas situações mais variadas, satisfazendo a todas as exigências referentes a um fluido de densidade muito baixa e alta capacidade de absorção do calor. A espuma mecânica não é considerada um agente adequado para incêndios em gases.

5.1.4 Em tanques ou recipientes que contenham produtos quentes, cuja temperatura esteja acima do ponto de ebulição da água, a aplicação da espuma mecânica deverá ser precedida de judicioso estudo da situação. Em tanques contendo combustíveis líquidos de alta viscosidade os quais tenham permanecido em queima por período prolongado, o uso de espuma mecânica não é aconselhado.

5.1.5 A espuma mecânica é condutora de eletricidade, portanto, jatos plenos deste agente extintor não devem ser usados contra equipamentos elétricos energizados.

5.1.6 Mistura da água com o Extrato Formador de Espuma (EFE).

Os métodos propostos para se obter uma mistura adequada de água e EFE são dados em 5.1.6.1 a 5.1.6.5.

5.1.6.1 Mistura de EFE efetuada diretamente por esguichos de espuma portáteis, de vazão fixa.

5.1.6.2 Mistura de EFE efetuada na linha de mangueiras por meio de proporcionadores de linha de vazão fixa.

5.1.6.3 Mistura de EFE efetuada por dispositivo dosador instalado entre a descarga e admissão da bomba de água. Permite variação de vazão, dependendo sempre de operador.

5.1.6.4 Mistura de EFE efetuada por meio de bomba ou vaso de pressão e dosador que controlam automaticamente as vazões de EFE, em função das vazões de água. Permitem ampla variação de vazão, independentemente do operador.

5.1.6.5 Os métodos indicados em 5.1.6.3 e 5.1.6.4 podem ser obtidos por meio de estações de emulsão fixas ou móveis (viaturas emulsionadoras).

## 5.2 Gerador de espuma mecânica

5.2.1 Os métodos propostos por essa Instrução Técnica para se obter a espuma mecânica são:

a) geração por meio de equipamentos portáteis do tipo bocal, para permitir a mistura de ar à solução de espuma mecânica:

b) por meio de equipamentos semifixos do tipo bocal, para permitir a mistura de ar à solução de espuma mecânica.

c) geração por meio de equipamentos fixos do tipo bocal, para permitir a mistura de ar à solução de espuma mecânica.

5.2.2 A relação entre a quantidade de espuma produzida pelos equipamentos e a quantidade de solução de espuma (coeficiente de expansão) deve ser de ordem de oito vezes como o valor máximo e quatro vezes como o valor mínimo. O tempo de permanência da espuma sobre a superfície do líquido deve ser, no mínimo, de 15min. para produtos contendo vapores elevados, porém ser aceitas diferentes taxas de tempo.

## 5.3 Armazenamento do extrato formador de espuma em instalações fixas

5.3.1 O EFE deve ser armazenado em tanques ou recipientes metálicos protegidos convenientemente contra corrosão.

5.3.1.1 Os tanques ou recipientes devem estar localizados, sempre que possível, em ponto equidistantes dos riscos a proteger, nas estações de emulsão, de modo que não seja ultrapassada a temperatura de 45°C no interior da massa líquida.

5.3.1.2 Os tanques de EFE devem ser projetados de modo a disporem de respiros adequados, válvulas de descarga, dispositivo de enchimento de medição e controle constante de nível, boca de visita para facilitar a inspeção, limpeza e tomada de amostras.

5.3.1.3 Os recipientes devem conter rótulo de identificação do tipo de EFE, indicando a aplicabilidade, taxas de aplicação e dosagens recomendadas.

## 5.4 Projetos de sistemas de proteção ou extinção por meio de espuma mecânica

5.4.1 Os projetos devem ser executados por Empresas ou profissionais que possuam atribuições específicas e os requisitos técnicos necessários.

5.4.2 Os testes de funcionamento e aceitação final dos sistemas de proteção ou extinção considerados neste capítulo devem ser realizados na presença do vistoriador do Corpo de Bombeiros e à luz dos documentos indicados em 5.15.1 e 5.15.2.

5.4.3 Os sistemas de proteção ou extinção considerados nesta Instrução Técnica devem ser projetados e construídos de forma a que a espuma gerada não seja aplicada no interior de equipamentos durante a execução de testes.

5.4.4 A escolha do sistema de combate a incêndio por espuma adequado ao tanque de maior risco deve atender aos requisitos mínimos constantes da Tabela 1 abaixo.

5.4.4.1 Independente da proteção por espuma indicada ao tanque de maior risco, devem ser consideradas ainda as proteções suplementares de espuma para a bacia de contenção e sistemas de resfriamento conforme instrução técnica específica.

**Tabela 1 – Proteção mínima ao tanque de maior risco\***

Características do tanque de maior risco	Sistemas de proteção por espuma
Diâmetro de até 9 m ou altura até 6 m	Linhas de espuma (proteção primária)
Diâmetro acima de 9 m e até 18 m	Canhões monitores
Diâmetro acima de 18 m	Câmaras de espuma

(\*) Para definição de maior risco vide item 6.3.1.

## 5.5 Suprimento de água

5.5.1 O item básico para se determinar a eficiência do sistema de proteção ou extinção por meio de espuma mecânica deve ser o fluxo de água (volume por unidade de tempo).

5.5.2 A vazão de água para o sistema de proteção contra incêndio por espuma deve ser determinada em relação ao maior risco a ser protegido (tanque e bacia de contenção).

5.5.3 A vazão de água determinada pelo maior risco a ser protegido, deve ser adicionada à vazão necessária para alimentar equipamentos móveis a serem previstos no projeto (esguichos para espuma ou água) e à vazão necessária para o sistema de resfriamento.

5.5.4 A reserva de água para o sistema de proteção contra incêndio por espuma deve garantir um suprimento mínimo de 60 minutos para a cobertura do maior risco previsto no projeto, incluindo os sistemas fixos, semifixos e portáteis.

5.5.5 O suprimento de água para os sistemas de espuma mecânica pode ser feito com água doce ou salgada, porém com a necessária qualidade de modo que a espuma gerada não sofra efeitos adversos.

5.5.6 A alimentação de água da estação de emulsão pode ser obtida a partir da rede de alimentação dos hidrantes.

## 5.6 Suprimento de EFE

5.6.1 O suprimento de EFE deve ser determinado mediante cálculo percentual baseado na vazão de solução prevista para a cobertura do maior risco mais a vazão das linhas manuais de espuma da área considerada no projeto, multiplicadas pelo tempo de operação recomendado, mais o volume necessário para o enchimento das tubulações adutoras.

5.6.2 Os projetos de sistemas de extinção por meio de espuma mecânica devem prever a disponibilidade de EFE na quantidade mínima de duas vezes o volume necessário para a cobertura do maior risco da área, incluída a proteção da bacia de contenção, considerando os tempos de descarga previstos, sendo uma carga inicial e outra como carga de reposição.

5.6.2.1 Para Empresas que sejam participantes de um Plano de Auxílio Mútuo (PAM), oficialmente constituído, onde seja possível a reposição de estoque de EFE dentro de 24 h, pode ser dispensada a reserva de reposição acima descrita.

## 5.7 Estação de emulsão

5.7.1 A mistura de água com EFE pode ser feita por meio de:

- a) estação fixa de emulsão
- b) estação móvel de emulsão (viatura).

5.7.2 A solução de espuma deve ser obtida à razão de 3% para derivados de petróleo e 6% para solventes polares.

5.7.2.1 Podem ser aceitas dosagens de EFE inferiores a 6% para solventes polares, desde que devidamente atestada, pelo fabricante, sua eficiência para o produto a ser protegido, através de ensaios específicos normatizados.

5.7.3 Nos casos de taxas de aplicação inferiores às estabelecidas nesta IT, os fabricantes devem fornecer justificativas técnicas e resultados de ensaios, desenvolvidos em laboratórios certificados pelo Sistema Brasileiro de Certificação.

5.7.4 Quando a mistura de água com EFE for efetuada em estação fixa de emulsão, devem ser observados os seguintes requisitos:

a) a estação deve estar localizada, tanto quanto possível, em pontos equidistantes dos riscos a proteger, de modo ao atender ao disposto em 5.4.2 e protegida suficientemente contra danos causados pelo fogo e ou explosão e com fácil acesso a veículos de abastecimento de EFE:

b) a estação fixa deve ser construída com material resistente ao fogo e dispor de meios de acesso e iluminação natural voltados para áreas de menor risco;

c) a estação fixa deve dispor de sistemas elétricos e de comunicação suficientemente protegidos contra danos causados pelo fogo e ou explosão;

d) a estação fixa pode dispor dos seguintes equipamentos básicos para a mistura de água e EFE:

- bomba de água, válvulas de controle e respectivas tubulações dentro das necessidades do projeto;

- bomba de extrato formador, válvulas de controle e respectivas tubulações dentro das necessidades do projeto;

- recipiente para o armazenamento do EFE nas quantidades previstas no projeto, conforme o disposto em 5.6.2;

- válvulas de controle e alinhamento de água e mistura;

- instrumentos para indicação de pressão e fluxo de água, EFE, mistura e nível de EFE;

- dosador(es);

- dispositivos adequados para abastecimento dos recipientes de EFE por meio de veículos ou recipientes portáteis;

- dispositivos adequados para permitir inspeções e testes de funcionamento dos equipamentos;

- dispositivos adequados para permitir a limpeza, com água limpa, de todos os equipamentos de dosagem.

5.7.4.1 Os sistemas fixos podem, excepcionalmente, ser alimentados por estações móveis de emulsão da solução de espuma, desde que montados sobre veículos e em número suficiente exigido para a operação do sistema.

5.7.5 Quando a mistura de água com EFE for efetuada em estação móvel de emulsão (viatura), devem ser observados os seguintes requisitos básicos nas especificações técnicas de vistorias de combate a incêndio por espuma:

a) o chassi e o motor devem ser preferencialmente de tipo fabricado no Brasil;

b) os sistemas elétricos, de freios, suspensão e rodas, cabine devem obedecer às normas Brasileiras em vigor;

c) o tanque de EFE deve ser construído com material resistente a corrosão, com capacidade para armazenar o produto no volume previsto no projeto e com os requisitos técnicos exigidos pelas normas Brasileiras em vigor;

d) devem ser especificadas as conexões para entrada de água, descarga de pré-mistura, abastecimento e descarga EFE;

e) a bomba de EFE, e ou dosador devem ser especificados com indicações das vazões e pressões mínimas e máximas, de modo que a cobertura do maior risco considerado no projeto seja plenamente satisfeita;

f) a bomba d'água deve ser especificada com indicações das vazões e pressões mínimas e máximas, de modo que a cobertura do maior risco considerado no projeto seja plenamente satisfeita;

g) a posição do painel de operação e dos dispositivos de acionamento e controle deve ser especificada e com indicação das respectivas funções;

h) devem ser previstos para transporte de equipamentos portáteis de combate a incêndio, desenhos e fluxograma dos sistemas de emulsionamento, admissão e descarga, instruções de funcionamento e manutenção dos diversos mecanismos, bem como dimensões e características gerais do carro;

i) juntamente com os documentos citados na alínea h), devem ser fornecidos certificados de garantia e teste de operação, vazão e aceitação final.

## 5.8 Bombas de água e de EFE

5.8.1 Quando instalado o sistema de combate a incêndio por espuma, é obrigatória a instalação de duas bombas de incêndio, sendo uma elétrica e a outra, movida com motor à explosão (não sujeita à automatização); ambas as bombas deverão possuir as mesmas características de vazão/pressão.

5.8.1.1 É permitida a instalação de duas bombas de incêndio elétricas se uma delas estiver alimentada por gerador automatizado com autonomia mínima de 06 (seis) horas.

5.8.1.2 É permitida a instalação de uma única bomba de incêndio para locais que contenham tanques de armazenamento com capacidade máxima de até 100m<sup>3</sup> e nas situações em que o produto armazenado destina-se a geração de energia.

5.8.2 Nas bombas de incêndio com acionamento elétrico, o circuito de alimentação elétrica do motor deve ser independente da rede geral, de forma a permitir o desligamento geral da energia elétrica das instalações, sem prejuízo do funcionamento do conjunto motor-bomba.

5.8.2.1 As bombas de incêndio automatizadas devem ter, obrigatoriamente, pelo menos um ponto de acionamento manual alternativo de fácil acesso, devendo sua localização ser indicada no projeto.

5.8.3 As bombas devem ser projetadas de modo a atender a demanda total do maior risco, nas vazões e pressões previstas.

5.8.4 Os equipamentos elétricos do sistema devem atender o disposto nas NBR 5363 e NBR 5418.

## 5.9 Válvulas de controle

5.9.1 Em todo sistema de espuma especialmente nas estações fixas de emulsionamento, as válvulas principais de acionamento e as válvulas de distribuição da pré-mistura devem possuir dispositivos que identifiquem quando elas estão abertas ou fechadas e, nas áreas de risco, devem estar situadas em local protegido.

5.9.2 Nas estações fixas ou móveis de emulsionamento, todas as válvulas de acionamento e distribuição devem possuir identificação clara, de modo a permitir sua operação rápida e perfeita.

5.9.3 As especificações das válvulas principais de acionamento e distribuição devem ser do tipo aprovado para uso na proteção contra incêndio e conforme disposto em 6.2.6.2

5.9.4 Quando a rede de tubulações for dimensionada em "anel" devem ser previstas válvulas seccionadoras que permitam manobras d'água e de solução de espuma, bem como o funcionamento de parte do sistema quando forem necessárias manutenções na tubulação.

## 5.10 Rede de tubulações

5.10.1 A rede de tubulações deve ser projetada de acordo com as necessidades dos riscos a proteger, atentando plenamente as vazões e pressões previstas.

5.10.2 A rede de tubulações deve ser instalada de modo que nas emergências ela não venha a ser danificada pelo fogo ou explosão, utilizando juntas flexíveis quando possível e necessário.

5.10.3 Todos os ramais da rede de tubulações devem ser claramente identificados para facilitar a operação rápida do sistema.

5.10.4 Quando a rede de tubulações for aérea, devem ser previstos suportes de apoio e meios que permitam, quando necessário, drenagem adequada.

5.10.5 No caso de rede de tubulações enterradas, esta deve possuir revestimento adequado à corrosão e proteção contra movimentação do solo, especialmente quando houver tráfego de veículos pesados.

## 5.11 Formadores de espuma

5.11.1 Os equipamentos formadores de espuma adotados devem ser avaliados em função do desempenho apresentado pelos fabricantes conforme suas especificações técnicas, e das vazões de água e espuma previstas no projeto.

5.11.2 Os formadores de espuma devem ser instalados junto às câmaras de espuma ou afastados destas, porém de modo a facilitar as inspeções e manutenção.

## 5.12 Câmaras, defletores e deslizadores para aplicação da espuma

5.12.1 O rendimento das câmaras de aplicação da espuma deve ser calculado de acordo com as vazões previstas em projeto.

5.12.2 As câmaras devem ser instaladas a distâncias iguais entre si ao redor do tanque, de modo que a cobertura do líquido possa ser efetuada uniformemente.

5.12.3 As câmaras defletores e deslizadores, devem ser instalados de modo que seu funcionamento seja garantido mesmo em caso de explosão.

5.12.4 Os defletores e deslizadores devem ser projetados e instalados nos tanques de teto cônico, quando necessário, de modo que a espuma seja aplicada suavemente e que não mergulhe no líquido a uma profundidade maior que 25 mm.

5.12.5 As câmaras devem possuir dispositivos que permitam a realização de testes sem a penetração de espuma nos tanques.

## 5.13 Sistema de Hidrantes (ver 6.3.4.2)

5.13.1 Os sistemas de espuma para tanques devem ser complementados por sistemas de hidrantes para alimentar mangueiras e garantir a extinção de focos de incêndio em áreas adjacentes aos riscos previstos no projeto.

5.13.2 Devem ser adotadas as pressões e vazões nos bocais de descarga necessárias à operação do sistema, conforme especificação técnica do equipamento fornecida pelo fabricante, atendendo as taxas de aplicação previstas nesta Instrução Técnica e o alcance efetivo de combate ao risco considerado.

5.13.3 Os projetos devem prever que os hidrantes possam funcionar com água e/ou pré-mistura (água + EFE).

5.13.4 Junto aos hidrantes com solução de espuma, devem existir armários para guarda de mangueiras, esguichos, chaves e ferramentas especiais de apoio para combate ao fogo, salvo quando forem disponíveis viaturas que possam conduzir tais materiais ao local desejado, em tempo hábil.

## 5.14 Testes de operação e descarga - Aceitação

5.14.1 Após a instalação de todos os equipamentos previstos no projeto, o montador deve proceder aos testes de operação e descarga do sistema.

5.14.2 Os testes devem ser obrigatoriamente realizados na presença de autoridade competente em proteção contra incêndio da localidade, de representante de empresa contratante do sistema e de representante da empresa projetista e da montadora.

5.14.3 Após a execução dos testes de operação e descarga, a empresa projetista e a montadora devem emitir laudo técnico à empresa contratante do sistema.

5.14.4 O laudo técnico citado em 5.14.3 deve receber o visto da autoridade competente em proteção contra incêndio da localidade e o “de acordo” do representante da empresa contratante que assistiu a todos os testes e os acompanhou.

## 5.15 Desenhos - Catálogos de peças de reposição - Manuais de operação inspeção e manutenção.

5.15.1 A empresa projetista e/ou a montadora deve(m) fornecer à empresa contratante desenhos de toda as partes que compõem o sistema projetado, assim como catálogos de peças de reposição e os manuais de operação, inspeção e manutenção preventiva e corretiva.

5.15.2 Todos os desenhos, esquemas, listas, catálogos, manuais de operação e de manutenção devem ser apresentados em Língua Portuguesa.

## 6 Condições específicas

### 6.1 Sistemas fixos de extinção para líquidos inflamáveis/combustíveis em áreas fechadas.

#### 6.1.1 Generalidades

6.1.1.1 Esta seção refere-se aos sistemas de extinção de incêndios por espuma, destinado à proteção contra riscos específicos em salas, áreas fechadas e prédios, ou à proteção geral do conteúdo de uma sala ou prédio podendo estar incluída ou não a própria edificação.

6.1.1.2 Estes sistemas destinam-se particularmente a proteger estoques e manuseio de líquidos inflamáveis e líquidos combustíveis em interior de prédios e estruturas. Aplicações típicas seriam em áreas de estocagem, áreas sujeitas a grandes vazamentos, equipamentos de processo, salas de bombas, tanques abertos, como, por exemplo, tanques de pintura por submersão, tanques de mistura, etc., existentes em indústrias, processo de extração por solventes, usinas de destilação e refinarias.

6.1.1.3 Esta seção não trata dos sistemas de chuveiros de espuma/água, sistema de neblina de espuma/água ou sistemas de espuma de alta expansão.

#### 6.1.2 Limitações

Quando o risco envolvido for constituído por líquidos inflamáveis, tais como álcool, acetona, éter (solventes polares), os quais são solúveis em água devem ser usados espuma específica para tal utilização e equipamento adequado.

#### 6.1.3 Qualidade da espuma

6.1.3.1 A espuma suprida pelos sistemas de neblina deve formar rapidamente um lençol de cobertura e espalhar-se logo ao redor de obstáculos. As espumas descarregadas de tais sistemas devem ter um coeficiente de expansão variando entre quatro e oito valores de “25% do tempo de drenagem”, variando entre ½ min e 1 min.

6.1.3.2 A espuma suprida por dispositivos que produzam uma corrente compacta de baixa velocidade deve ter características dentro dos limites que constam da Figura 3 (ver 6.3).

#### 6.1.4 Descrições dos sistemas

6.1.4.1 Os sistemas considerados nesta seção consistem em dispositivos de detecção, suprimento adequado de água, suprimento de EFE, equipamento proporcionador, sistema apropriado de tubulações, geradores de espuma e dispositivos de descarga construídos de forma a distribuírem a espuma uniformemente sobre o risco.

6.1.4.2 Estes sistemas são do tipo de dilúvio com aplicadores abertos; a espuma é descarregada de todos os aspersores ao mesmo tempo, cobrindo todo risco.

6.1.4.3 Sistemas do tipo autônomo são aqueles em que todos os componentes e extrato formador, inclusive água, estão contidos dentro dos sistemas. Tais sistemas usualmente têm um tanque de suprimento de água que fica pressurizado com ar ou gás comprimido, e a liberação desta pressão do sistema coloca-o em operação.

#### 6.1.5 Operação

6.1.5.1 No sistema automático devem existir dispositivos detectores e de acionamento. Estes dispositivos detectores acionam o sistema operando uma válvula de controle de água ou outro dispositivo acionador. O restante do sistema, por sua vez, deve ser interligado de forma a operar os equipamentos formadores da solução de espuma, a qual, misturada apropriadamente, deve ser enviada aos geradores e aplicadores de espuma, distribuídos na área de risco.

6.1.5.2 O equipamento de detecção automática, seja ele pneumático, hidráulico ou elétrico, deve ser inspecionado a intervalos freqüentes, de modo a garantir o funcionamento de todo o sistema.

6.1.5.3 A operação do sistema deve permitir o acionamento manual, caso ocorra falha do sistema de detecção automática.

6.1.5.4 Quando a área e equipamentos forem permanentemente supervisionados, são dispensados a detecção e/ou acionamento automático.

#### 6.1.6 Projetos dos sistemas

6.1.6.1 Os sistemas devem ser projetados para operação automática, suplementada por meios auxiliares manuais de acionamento.

6.1.6.2 Nos sistemas projetados para a proteção de salas ou prédios onde são usados aplicadores de espuma em forma de neblina, os aplicadores devem estar situados o mais alto possível na área, e espaçados de acordo com as suas características de descarga (densidade, aplicação, forma de neblina, altura máxima de uso, velocidade de lançamento, etc.), de modo que o sistema possa cobrir toda a área a ser protegida.

6.1.6.2.1 Quando são usados aplicadores no nível do solo, estes devem estar situados e espaçados de modo que a espuma se espalhe, com maior rapidez possível, em toda a área.

6.1.6.3 Tanques abertos contendo líquidos inflamáveis podem ser protegidos por aplicadores instalados no costado interno do tanque, descarregando a espuma diretamente na superfície do líquido.

6.1.6.4 A proteção de equipamentos específicos pode ser feita mediante aplicação de espuma por cima ou por aplicadores direcionados para o equipamento. Quando o objetivo básico do sistema é a extinção do fogo no chão, a cobertura equipamento específico pela espuma tem a vantagem de criar um efeito isolante contra a exposição ao calor, enquanto o incêndio está sendo extinto.

6.1.6.5 Quando as linhas de EFE, para os pontos de formação de mistura do sistema, forem projetadas com uma distância maior que 15 m, o EFE deve ser mantido sob pressão, para assegurar imediata operação do sistema. A pressão pode ser mantida por uma bomba auxiliar.

6.1.6.6 Partes do sistema, como por exemplo tanques de EFE, proporcionadores, bombas e válvulas de controle, devem ser instaladas em pontos acessíveis para facilitar a operação nas emergências. As válvulas com controle automático devem ficar tão perto do risco a proteger quando possível, de forma que seja necessário um trecho curto de tubulação entre a válvula e os dispositivos de descarga.

6.1.6.7 Os sistemas podem ser projetados para a operação de um ou vários riscos, ou grupos de risco, usando-se o mesmo suprimento de EFE e água.

6.1.6.7.1 A dimensão de um sistema deve ser a menor possível; entretanto, em áreas onde dois ou mais riscos possam ser envolvidos simultaneamente devido ao reduzido afastamento entre eles, cada risco deve ser protegido com um sistema próprio, ou, então, o sistema deve ser projetado de modo a proteger todos os riscos simultaneamente.

#### 6.1.7 Taxa de aplicação para hidrocarbonetos e solventes polares

As taxas abaixo relacionadas são as recomendadas; entretanto, se o usuário obtiver através do fabricante dos equipamentos ou EFE recomendações de taxas diferentes, elas serão admitidas.

6.1.7.1 O somatório da descarga dos aplicadores ou chuveiros de espuma deve ter a taxa mínima de solução de 6,5 l/min/m<sup>2</sup> para hidrocarbonetos e 9,8 l/min/m<sup>2</sup> para solventes polares de área protegida, devendo ser observadas as recomendações do fabricante do EFE que for utilizado.

6.1.7.2 Se houver modificação do EFE, o sistema deverá ser reavaliado e corrigido para as características do novo produto utilizado.

6.1.7.3 Salvo manifestação expressa dos fabricantes, não deverão ser misturados EFE de origens ou tipos diferentes. Nos casos onde existam superfícies horizontais interpostas que possam acumular a espuma, estas devem ser levadas em conta ao se calcular a taxa de descarga.

6.1.7.4 Para os tanques sem cobertura com aplicadores situados nas paredes do costado, a taxa de aplicação deve ser de 6,5 l/min/m<sup>2</sup> para hidrocarbonetos e 9,8 l/min/m<sup>2</sup> para solventes polares, devendo ser observadas as recomendações do fabricante de EFE que for usado.

6.1.7.5 Quando pequenos tanques abertos são protegidos por sistema de neblina de espuma, deve ser dedicada atenção especial ao volume da descarga que realmente entra no tanque, para se garantir que a taxa de aplicação seja alcançada.

6.1.7.6 Líquidos solúveis em água e solventes polares, que destroem espuma comum, exigem o uso de espuma do tipo álcool. Os sistemas projetados para estas espumas precisam de considerações especiais e podem requerer maiores taxas de aplicação.

#### 6.1.8 Tempo de operação

6.1.8.1 Para proteção em áreas planas, a duração da descarga da espuma deve ser, no mínimo, de 10 min. Quando o sistema for projetado para dar uma taxa de aplicação maior que a especificada em 6.1.7. pode ser prevista uma redução proporcional do tempo de descarga; contudo, o tempo final não deve ser inferior a 7 min.

6.1.8.2 Para tanques com menos de 37 m<sup>2</sup> de superfície:

a) para os aplicadores da neblina de espuma suspensos, a duração da descarga deve ser de 5 min para hidrocarbonetos;

b) para aplicadores montados sobre o costado de tanques, a duração da descarga deve ser, no mínimo, de 3 min;

c) deve haver um bordo livre não-inferior a 15 cm entre a superfície do líquido e a parte superior do costado do tanque.

6.1.8.3 No caso de tanques com 37 m<sup>2</sup> ou mais de superfície, aplicar as regras de tempo de operação válidas para tanques ao ar livre.

#### 6.1.9 Suprimento de EFE

6.1.9.1 O suprimento total de EFE deve ser a soma das quantidades definidas em 5.6.2. 6.1.7.2 6.1.8.1 e 6.1.9.2

6.1.9.2. Para suprimento de reserva, além da carga inicial deve haver uma quantidade de EFE de reserva, suficiente para reabastecer o sistema de acordo com 5.6.2

#### 6.1.10 Tubulação dos sistemas

6.1.10.1 A tubulação dos sistemas deve ser calculada e dimensionada a fim de obter uma distribuição uniforme da espuma e compensar a perda da pressão de água. A ajustagem nas dimensões das tubulações, a fim de se obter descarga uniforme, deve ser baseada na variação

máxima de 15% da descarga média prevista por aplicador, contanto que o sistema supra a taxa de aplicação prevista em projeto.

6.1.10.1.1 A tubulação deve ser apoiada de maneira segura e protegida. Em ambientes fechados onde há risco de explosão, a tubulação deve ser fixada em suportes não ligados ao telhado.

6.1.10.1.2 A tubulação distribuidora de espuma deve possuir drenos e ter uma inclinação para estes de 5 mm por metro linear.

6.1.10.1.3 Não deve ser permitido perfurar ou atarraxar os suspensores em partes da estrutura portadora de carga. Os acessórios podem ser montados nas estruturas e nos suportes dos equipamentos industriais.

6.1.10.1.4 Os padrões de instalação para tubulações de espuma devem ser os previstos na norma para a instalação de Sistema de Chuveiros Automáticos (NFPA nº 13) A solda de acordo com a ANSI B 311 para tubulação de pressão é permissível quando pode ser feita sem criar risco. A tubulação de suprimento dos aplicadores que protegem uma determinada área não deve passar sobre outro risco da mesma área.

#### 6.1.11 Alarmes

6.1.11.1 Para cada sistema, deve ser instalado um alarme local, com acionamento independente do fluxo de água, para indicar a operação do equipamento de detecção. Central de alarme é recomendável, entretanto a sua instalação não anula a exigência do alarme local.

6.1.11.2 Deve ser previsto um alarme indicador de defeitos para apontar a falha do equipamento de detecção automática que realize uma supervisão constante e continuada de todas as partes dos circuitos elétricos de detecção.

### 6.2 Sistemas de neblina de espuma para líquidos inflamáveis/combustíveis em áreas abertas (Proteção externa).

#### 6.2.1 Campo de aplicação

6.2.1.1 Esta seção refere-se a sistemas que descarregam a espuma na forma de neblina para extinção de incêndios em vazamentos sob ou ao redor de estruturas, equipamentos, tanques horizontais e pequenos tanques verticais.

#### 6.2.2 Taxa de aplicação

6.2.2.1 A taxa mínima de aplicação da solução de espuma deve ser de 6,5 l/min/m<sup>2</sup> para hidrocarbonetos e 9,8 l/min/m<sup>2</sup> para solventes polares.

6.2.2.2 Devem ser aplicadas as seções 6.1.7.1 a 6.1.7.3.

6.2.2.3 É de fundamental importância a obediência às recomendações do fabricante do EFE.

#### 6.2.3 Suprimento de EFE

##### 6.2.3.1 Geral

Os estoques a serem mantidos devem ser a soma das quantidades em 6.2.3.2 e 6.2.3.3.

#### 6.2.3.2 Suprimento operacional

Deve haver uma quantidade de EFE suficiente para suprir o sistema à taxa de projeto durante o período de 10 min. Se o sistema descarrega a uma taxa acima do mínimo especificado em 5.2.1, então o tempo de operação pode ser reduzido proporcionalmente, mas não deve ser inferior a 7 min.

#### 6.2.3.3 Suprimento de reserva

Deve haver um estoque de reserva de EFE de acordo com 5.6.2

#### 6.2.4 Dispositivos de descarga (Número e local)

Deve haver, no mínimo, um aspersor para cada 9 m<sup>2</sup> de área protegida, a menos que a especificação dos aspersores permita um maior espaçamento. Estes aspersores devem estar situados de forma a proporcionarem boa distribuição da espuma. Entretanto, uma vantagem adicional será obtida pela colocação dos aspersores de modo que a espuma envolva o equipamento dentro da área protegida. Portanto, aspersores podem ser instalados em cima dos equipamentos ou tanques fechados, em vez de estarem uniformemente espaçados pela área a ser protegida. Estes aspersores podem então ser instalados em plano e elevação de modo a permitirem proteção mais efetiva ao risco.

#### 6.2.5 Operação

##### 6.2.5.1 Operação automática

Os sistemas de espuma tratados em 6.2 podem ser de operação automática.

##### 6.2.5.2 Operação manual

Para todos os sistemas, os controles devem estar situados em lugar acessível, suficientemente distante do risco, de forma que possam ser operados com segurança.

#### 6.2.6 Tubulação dos sistemas

6.2.6.1 A tubulação de solução deve ser limpa após o uso ou prova.

6.2.6.2 Deve ser consultado o Capítulo 3 da NFPA nº 13 quanto às exigências relativas a tubulação, válvulas, acessórios de tubulação e sensores, inclusive proteção contra corrosão (galvanização ou outros meios). Nos sistemas de aspersores ao ar livre, devem ser usados tubos e acessórios galvanizados. Atmosferas corrosivas podem exigir equipamentos com maior proteção.

6.2.6.3 A tubulação de EFE deve ser de aço-carbono preto ou ferro fundido, este para tubulação subterrânea, ou, quando exposta, deve ser adequadamente protegida contra impacto e ação do fogo.

### 6.3 Sistemas fixos para tanques de armazenamento em áreas abertas

#### 6.3.1 Campo de aplicação

Esta seção refere-se a sistemas de espuma para a proteção de tanques verticais de armazenamento à pressão atmosférica, ao ar livre, contendo líquidos inflamáveis e/ou combustíveis, mediante câmaras fixas de espuma. *Os sistemas devem basear-se no maior fluxo de solução para a proteção do maior tanque da área, mais as linhas de mangueiras suplementares necessárias.*

6.3.1.1 Os tanques horizontais ficam dispensados da instalação de câmara de espuma.

6.3.1.2 Tanques para uso exclusivo de líquidos classe III (ponto de fulgor superior a 60 °C) não necessitam da proteção de sistemas fixos de espuma, salvo quando existirem situações anormais, tais como estocagem de produtos de alto valor ou líquidos aquecidos acima de seu ponto de fulgor.

6.3.1.3 Nos tanques destinados ao armazenamento de aguardente às câmaras de espuma devem ser substituídas por canhões monitores.

#### 6.3.2 Taxas de aplicação

6.3.2.1 A taxa mínima de aplicação da solução deve ser a seguinte:

a) para tanques contendo hidrocarbonetos líquidos:

- A taxa de aplicação da solução de espuma deve ser de, pelo menos 6,5 l/min/m<sup>2</sup> da área de superfície de líquido do tanque a ser protegido, observadas as recomendações do fabricante de EFE empregado;

- se houver modificação do EFE utilizado, o sistema deverá ser reavaliado e corrigido para as características do novo EFE;

- salvo manifestações expressa dos fabricantes, não devem ser misturados EFE de fabricantes ou de tipos diferentes;

Notas: a) Líquidos inflamáveis que têm o ponto de ebulição inferior a 37,8° C podem exigir taxas de aplicação mais altas. Taxas convenientes de aplicação devem ser determinadas por teste.

b) Para líquidos de alta viscosidade, aquecidos acima de 93,3° C, podem ser recomendáveis taxas iniciais de aplicação mais baixas, para se minimizarem a ebulição turbilhonar e o conseqüente extravasamento do líquido estocado. Cuidado especial deve ser dispensado na aplicação de espumas em tanques contendo bicos quentes, asfaltos em chama ou líquidos que se encontrem à temperatura a cima do ponto de ebulição da água. Embora o conteúdo comparativamente baixo de água das espumas possa arrefecer benéficamente tais líquidos pode também causar ebulição turbilhonar violenta e extravasamento do conteúdo dos tanques.

b) para tanques contendo outros líquidos inflamáveis e combustíveis exigindo espumas especiais:

- Líquidos solúveis em água e certos líquidos polares são destruidores das espumas comuns, exigindo o uso de espuma do tipo álcool. Os sistemas que usam esta



espuma necessitam de projeto especial de engenharia. Condições outras que as de rotina podem exigir o uso de taxas de aplicação mais altas. Em todos os casos, os fabricantes do EFE e do equipamento gerador de espuma devem ser consultados quanto às limitações e devem ser solicitadas recomendações baseadas na aprovação oficial ou testes específicos de fogo;

c) As taxas mínimas de solução de espuma recomendadas com emprego de dispositivo de descarga tipo II devem ser de, pelo menos, 9,8 l/min/m<sup>2</sup>. Produtos com álcool isopropílico, cetona metilaisobutílica, monômero de metacrilato metílico, álcool butílico, éter isopropílico e misturas de solventes polares em geral podem exigir taxas de aplicação mais altas. A proteção de produtos como aminas e anidridos, que são especialmente destruidores de espumas, exige consideração especial.

d) aplicar a segunda e a terceira subalíneas de 6.3.2.1.

É de fundamental importância a obediência às recomendações do fabricante do EFE utilizado.

Notas: a) A resistência da espuma mecânica tipo álcool a solventes e ao fogo pode ser afetada adversamente por fatores como tempo excessivo de trânsito da solução, uso de dispositivos geradores de espuma não construídos especificamente ou não testados adequadamente para uma solução particular de espuma de álcool, pressão de operação, falta de se manter a dosagem dentro dos limites da concentração recomendada, método de aplicação e características do líquido ao qual a espuma deve ser aplicada.

b) O tempo de trânsito da solução é o que transcorre entre a injeção do EFE na água e a mistura do ar; o tempo de trânsito da solução pode ser limitado, dependendo das características do EFE, temperatura da água e natureza do risco a proteger. O tempo máximo de trânsito da solução de cada instalação específica deve estar dentro dos limites estabelecidos pelo fabricante do EFE, e normalmente não deve ultrapassar 3 min.

c) Para a proteção de líquidos inflamáveis ou combustíveis tóxicos, altas taxas de aplicação podem ser recomendáveis para se reduzir o risco de poluição da área, providenciando-se uma cobertura mais rápida do líquido, mediante aumento das taxas de aplicação utilizadas.

### 6.3.3 Suprimento do EFE

#### 6.3.3.1 Geral

O suprimento a ser mantido em estoque deve ser a soma das quantidades definidas em 6.3.4.1 a 6.3.4.4.

#### 6.3.3.2 Tempo mínimo de descarga

O sistema deve ser capaz de operar na taxa de suprimento especificada em 6.3.2.1, para o maior tanque a ser protegido, nos períodos mínimos de tempo indicados na Tabela 2. Se a taxa de aplicação de espuma for mais alta que a especificada em 6.3.2.1, pode ser feita uma redução proporcional no tempo, desde que não seja inferior a 70% dos tempos mínimos apresentados na Tabela 2.

**Tabela 2 - Tempos mínimos de operação do sistema**

Para tanques contendo hidrocarbonetos líquidos	tipos de aplicação de espuma	
	tipo I	tipo II
Óleos lubrificantes, resíduo viscoso seco (mais de 50 s Saybolt-Furol, a 50°C, 1.068x10 <sup>-4</sup> m <sup>2</sup> /s, a 50°C), óleos combustíveis pesados, com pontos de fulgor acima de 93,3°C	15	25
Querosene, óleos combustíveis leves, etc., com pontos de fulgor de 37,7°C a 93,3°C	20	30
Gasolina, nafta, benzol, Diesel automotivo e líquidos similares, com pontos de fulgor abaixo de 37,7°C	30	55
Petróleo cru	30	55

#### 6.3.4 Inflamáveis e combustíveis polares solúveis em água

As espumas tipo álcool exigem aplicação suave pelas câmaras tipo I, a menos que sejam aprovadas como apropriadas para aplicação pelas câmaras tipo II. O Tempo de operação deve ser de 30 min na taxa de aplicação especificada, a menos que o fabricante do EFE tenha estabelecido, em teste de fogo, que um tempo menor possa ser admitido.

#### 6.3.4.1 Quantidade de EFE

A quantidade de EFE a ser armazenada deve ser determinada multiplicando-se o fluxo total em litros por minuto de cada tanque pelo indicado em 6.3.3.2. O maior valor resultante deve ser somado à quantidade necessária para as mangueiras previstas em 6.3.4.2 e ao EFE necessário ao enchimento das tubulações.

#### 6.3.4.2 Mangueira para aplicação manual de espuma

Mangueiras e esguichos produtores de espuma devem ser providenciados em adição às instalações de espuma dos tanques, como proteção suplementar para casos de incêndios em vazamentos. O número de mangueiras deve ser conforme especificado na Tabela 3. Para a finalidade desta exigência, cada mangueira deve ter vazão de solução de pelo menos 400 L/min.

6.3.4.2.1 As quantidades de EFE necessárias à alimentação das linhas de espuma devem ser somadas às quantidades exigidas para o sistema fixo. EFE adicional deve ser providenciado para se permitir a operação das linhas de espuma simultaneamente com as instalações fixas de espuma para o período estabelecido na tabela 3.

**Tabela 3- Número de linhas de espuma suplementares**

Bacias de tanques com diâmetros (m)	Vazão de solução de espuma (L/min)	Tempo de uso (min)
Inferior ou igual a 10	400	10
Superior a 10 até 20	400	20
Superior a 20 até 30	800	20
Superior a 30 até 40	800	30
Superior a 40	1200	30

Notas: a) Para área total até 400 m<sup>2</sup> - uma linha de 200 L/min.

b) No caso de solução de espuma tipo álcool, limitações de tempo de trânsito podem exigir uso de linhas separadas de água e de EFE e a necessidade de se efetuar a mistura do EFE perto do esguicho de espuma e não na estação central de espuma.

#### 6.3.4.3 Exigências para se encherem as tubulações

Deve haver uma quantidade de EFE suficiente para se produzir a solução de espuma para se encherem as tubulações instaladas entre a estação fixa de emulsão e o tanque mais distante. Quando o suprimento de água continuar após o esgotamento do EFE, podendo deslocar a solução de espuma das tubulações para o tanque, não é necessária quantidade adicional de EFE.

#### 6.3.4.4 Suprimento de reserva de EFE

Deve haver um estoque de reserva de EFE conforme indicado em 5.6.2

#### 6.3.5 Câmaras de espuma

6.3.5.1 Para a proteção dos tanques, devem ser usadas câmaras de espuma. Quando forem projetadas duas ou mais câmaras, elas devem estar igualmente espaçadas à volta do tanque, e cada câmara deve ser dimensionada para suprir espuma à mesma vazão. As câmaras de espuma devem estar firmemente montadas no topo do costado e situadas de modo a eliminarem a possibilidade de escoar o líquido armazenado para as tubulações de espuma e de modo que a explosão inicial e o conseqüente arrancamento do teto do tanque não as sujeitem a danos. O número de câmaras de espuma deve estar de acordo com a tabela 4 abaixo.

**Tabela 4 - Número de câmaras de espuma**

Diâmetro do tanque (m)	n.º mínimo de câmaras
De 18 a 24,5 (inclusive)	1
Mais de 24,5 até 36,5	2
Mais de 36,5 até 42,5	3
Mais de 42,5 até 48,5	4
Mais de 48,5 até 55	5
Mais de 55 até 61	6

**Nota:** Acrescentar uma câmara para cada 465 m<sup>2</sup> de superfície líquida, quando o tanque ultrapassar o diâmetro de 61m.

6.3.5.1.1 As câmaras de descarga devem estar munidas de selo de vedação, quebrável sob baixa pressão, para

prevenir a entrada de vapores nas câmaras de descarga e nas tubulações. As câmaras de descargas devem dispor de dispositivos adequados de inspeção, para se permitirem manutenção apropriadas, inspeção, testes e substituição dos selos de vedação.

6.3.5.1.2 Os dispositivos de inspeção devem proporcionar perfeita simulação de seu funcionamento por ocasião das vistorias técnicas.

#### 6.3.6 Tanques com teto flutuante com topo aberto

6.3.6.1 São tanques com topo aberto que têm teto flutuante com divisões fechadas ou pontões construídos com chapas de aço, de acordo com as exigências estabelecidas na NBR 7821. O teto flutuante é equipado com selo de vedação tipo pantógrafo, ou selo tubular com protetor metálico contra chuva ou outro tipo de vedação. Mantas de plástico, diafragmas ou flutuadores que facilmente podem submergir não estão incluídos nesta definição.

6.3.6.2 Sistemas de espuma podem não ser exigidos em tanques de teto flutuante, com o topo aberto. Estes tanques têm desempenho excelente quanto a incêndios. O seu projeto obedece tanto às razões de prevenção de incêndios quanto às de conservação do produto. Usualmente é possível utilizar pessoal treinado para a extinção de incêndio no anel circular, com o emprego de equipamento portátil. Entretanto, há locais onde a proteção fixa pode ser recomendável devido a calor dos produtos estocados, distância da instalação ou falta de pessoal para combate a incêndios.

6.3.6.3 Duas técnicas são reconhecidas para aplicação da espuma por um sistema fixo/semifixo. Uma delas prevê a descarga da espuma acima do selo pantográfico, ou do protetor metálico. A outra prevê a descarga da espuma sob o selo pantográfico diretamente na superfície do líquido ou atrás do protetor metálico, diretamente no invólucro do selo tubular e na superfície do líquido estocado, dependendo dos danos do selo. Os sistemas fixos de espumas podem ser operados manual ou automaticamente. Quando operados automaticamente são capazes de operar das duas maneiras. O projeto pode prever uma instalação fixa ou semifixa.

6.3.6.3.1 Quando forem instalados dispositivos fixos de descarga acima do selo pantográfico ou acima do protetor metálico, proceder como indicado a seguir:

a) montar sobre o teto flutuante, a 300mm da borda deste, um anteparo circular feito de chapa de aço de espessura de pelo menos 3,4mm (chapa 10). A finalidade do anteparo é reter a espuma na área do solo e garantir uma altura suficiente (no mínimo 600mm) para fazer com que a espuma escoe lateralmente e cubra todo o selo de modo a garantir a vedação de pontos onde o selo haja sofrido ruptura. O anteparo deve ter ranhuras cortadas na parte inferior para permitir a drenagem da água de chuva. As áreas totais ranhuras devem ser de 280mm<sup>2</sup>/m<sup>2</sup> da área da coroa circular entre o costado do tanque e o anteparo;

b) o projeto do sistema de espuma deve prever a não interferência dos seus dispositivos, inclusive tubulação,

com o teto flutuante, ou o protetor contra intempérie, e com a escada móvel do teto flutuante;

d) A taxa de aplicação e o suprimento de EFE devem ser calculados considerando-se a área da coroa circular entre o anteparo e o costado do tanque. As taxas mínimas de solução de espuma recomendadas com emprego de dispositivo de descarga tipo II devem ser de, pelo menos, 9,8 l/min/m<sup>2</sup>. O suprimento deve ser adequado para operar o sistema durante 20 min.

6.3.6.3.2 Quando se deseja instalar dispositivos fixos de espuma embaixo do selo ou do protetor metálico, as indicações seguintes devem ser observadas como guia de construção:

a) para os vedadores tipo selo tubular, o anteparo circular é exigido somente quando o topo do selo está a menos de 160mm abaixo da borda superior do teto flutuante. O espaçamento máximo entre os aplicadores não deve ser maior que 18m, medido ao redor da circunferência do tanque:

b) para os vedadores tipo pantográfico o anteparo circular não é exigido. O espaçamento máximo entre os aplicadores não deve ser maior que 40 m, medido ao redor da circunferência;

c) A espuma deve ser do tipo de baixa expansão, com bastante fluidez, usualmente associada com tempos de drenagem perto do limite inferior aceitável (ver tabela 2);

d) o projeto do sistema de espuma deve prever a não interferência dos seus dispositivos, inclusive tubulação, com o teto flutuante, as articulações do seio ou a escada móvel do teto flutuante:

e) a taxa de aplicação e o suplemento do EFE devem ser calculados considerando-se a área da coroa circular entre o costado do tanque e a borda do teto flutuante. A taxa mínima deve ser de 20 l/min/m<sup>2</sup> da área. O suprimento deve ser adequado para operar o sistema durante 10 min.

6.3.6.3.3 Não se exigem válvulas separadas para cada dispositivo de carga de espuma para os sistemas em tanques de teto flutuante com o topo aberto.

#### 6.3.7 Tanques com teto flutuante cobertos

No âmbito desta Instrução Técnica, tanques com teto flutuante, cobertos por um teto fixo com ventilação para a atmosfera e com um teto metálico fechado flutuando na superfície do líquido, com ventilação instalada conforme determinado no Boletim API 650-Apêndice H (ver nota). O sistema de ventilação deve ser suficiente para manter os vapores abaixo do limite inferior de inflamabilidade, exceto durante o carregamento inicial e por um breve período depois desta operação, dependendo da volatilidade do produto. Caso um tanque de teto flutuante coberto não seja de acordo com estas recomendações, ele deve ser considerado como tanque de teto fixo.

Notas: a) Em ventilação em tanques com teto flutuante coberto, respiros convenientes devem ser instalados para se evitar esforço excessivo da borda do teto ou da

membrana de selo. Estes respiros devem ser adequados para a saída do ar e gases do espaço sob o teto fixo, durante as operações de recebimento (enchimento). Os respiros devem ser também adequados para aliviar qualquer vácuo gerado embaixo do teto fixo durante as operações de descarga. O comprador deve especificar as taxas de recebimento, de modo que o fabricante do tanque possa dimensionar corretamente a ventilação.

b) Os respiros ou abertura de ventilação devem estar situados no costado do tanque, acima do selo do teto flutuante. O espaçamento máximo entre os respiros deve ser de 10 m, e de maneira alguma deve haver menos de quatro respiros igualmente espaçados. A área total aberta destes respiros deve ser igual ou superior a 0,60 m<sup>2</sup> por metro de diâmetro do tanque. Um respiro deve estar instalado no centro ou na maior elevação do teto fixo e deve ser equipado com uma tampa contra intempérie com área mínima aberta de 0,033 m<sup>2</sup>.

6.3.7.1 Os sistemas fixos não são exigidos em tanques com teto flutuante cobertos. A possibilidade de incêndio é grandemente reduzida em comparação com outros tipos de tanques, graças ao tipo de construção "gaiola de Faraday" desta classe de tanques. No caso de incêndio é difícil extinguir o fogo nestes tanques, com o emprego de equipamento portátil. Proteção fixa pode ser recomendável em certos locais devido ao valor dos produtos estocados, distância das instalações ou falta de pessoal de combate a incêndio.

6.3.7.2 Para a proteção com espuma para estes tanques observar o seguinte procedimento:

a) se o tanque for construído de acordo com as recomendações, aplicar o sistema de espuma como para tanques de teto flutuante (ver 6.3.6):

b) se o tanque não estiver dentro das recomendações, aplicar o sistema de espuma como para os tanques de teto fixo (ver 6.3.2.1-a).

#### 6.3.8 Dispositivos complementares

Recomenda-se que pelo menos um canhão monitor seja providenciado como proteção complementar para o caso de uma câmara ser danificada pela explosão do tanque (ver 6.4).

#### 6.3.9 Aplicação de espuma pelo sistema subsuperficial em tanques de teto fixo, contendo hidrocarbonetos líquidos

##### 6.3.9.1 Geral

Sistemas de aplicação subsuperficial não são indicados para a proteção de produtos como álcool, ésteres, cetonas, aldeídos, anidridos, e outros. Hidrocarbonetos líquidos que contêm tais produtos misturados podem exigir taxas de aplicação mais altas. O fabricante do EFE deve ser consultado e a ele devem ser solicitadas recomendações. Estes sistemas também não devem ser aplicados a tanques do teto flutuante.

6.3.9.2 Produtos e equipamentos geradores de espuma  
Produtos e equipamentos geradores de espuma para a aplicação sub-superficial devem ser aprovados para esta

finalidade. Os EFE fluorproteínicos e os AFFF oferecem desempenho satisfatório neste processo de aplicação.

#### 6.3.9.3 Taxas

A taxa mínima deve ser conforme indicado em 6.3.2.1-a).

#### 6.3.9.3.1 Suprimento de EFE

O suprimento mínimo de EFE a ser mantido deve ser a soma das quantidades definidas para as câmaras de descarga do tipo II e linhas de espuma suplementares conforme indicado em 6.3.3.2, 6.3.4.2 e 6.3.4.4.

#### 6.3.9.4 Exigências suplementares de linhas de mangueiras e hidrantes de espuma

As exigências mínimas referentes às linhas de mangueiras e hidrantes de espuma são especificadas em 6.3.11.1 .

#### 6.3.9.5 Saídas de espuma

As saídas de espuma para tanques podem ser o extremo aberto da tubulação de suprimento de espuma ou do próprio produto estocado. As saídas devem ser dimensionadas de modo que não sejam ultrapassados os limites da pressão de descarga do gerador de espuma e da velocidade da espuma. A velocidade da espuma no ponto de descarga para o tanque não deve exceder 3 m/s, para os líquidos de classe IB, e não deve exceder 6 m/s para os líquidos de outros tipos, a menos que testes efetivos provem que velocidades mais altas são satisfatórias.

6.3.9.5.1 Quando duas ou mais saídas são necessárias, estas devem ficar espaçadas igualmente ao redor do tanque, de modo que o percurso não exceda 30m, e cada saída deve ser dimensionada para descarregar a espuma à mesma vazão. Para distribuição uniforme da espuma, às saídas podem ter conexões no costado ou a espuma pode ser alimentada através de uma tomada múltipla de tubos para o interior do tanque, partindo de uma só conexão no costado. As conexões no costado podem ser feitas nas tampas das portas de inspeção, em vez de se instalarem bocas adicionais no tanque.

6.3.9.5.2 Os tanques devem ter saídas de espuma conforme o determinado na Tabela 5 abaixo:

**Tabela 5 – Saídas de espuma**

Diâmetro do tanque (m)	n.º mínimo de saídas	
	Líquidos de classe 1A e 1B	Líquidos de classe 1C, II e III
De 18 a 24,5 (inclusive)	1	1
Mais de 24,5 até 36,5	2	1
Mais de 36,5 até 42,5	3	2
Mais de 42,5 até 48,5	4	2
Mais de 48,5 até 55	5	2
Mais de 55 até 61	6	3
Mais de 61, acrescentar uma saída para cada tanque	465 m2	700 m2

Notas: a) Líquidos da classe IA exigem consideração especial.

b) Esta tabela baseia-se em extrapolação de dados de testes de fogo em tanques de diâmetros de 7,5 m, 28 m e 35 m, contendo gasolina, petróleo cru e hexano, respectivamente.

c) Incêndios em combustíveis mais pesados que foram extintos pela aplicação subsuperficial correspondem, em viscosidade, aos óleos combustíveis que em temperatura do ambiente (15,5°C) tenham viscosidade de 25 S.S.U. a 50°C e ponto de fluidez de -9,4°C. Além do controle oferecido pelo efeito abafador da espuma e o efeito resfriador da água que alcança a superfície, o controle e a extinção do incêndio podem ser ainda favorecidos pela movimentação do produto frio para a superfície.

6.3.9.5.3 Quando à altura das saídas de espuma, estas devem estar situadas acima do nível de água. Havendo água no fundo do tanque, acima das saídas de espuma, ela deve ser drenada até o nível do ponto de aplicação, antes de se colocar o sistema de espuma em operação. Caso isto não seja feito, a eficácia da espuma será reduzida devido à sua diluição, prolongando ou impossibilitando a extinção.

#### 6.3.10 Tubulação do sistema de espuma

##### 6.3.10.1 Tubos para espuma

O dimensionamento dos tubos ou das linhas de saída usadas além do gerador de espuma deve ser tal que a contrapressão esteja dentro da faixa das pressões para as quais o sistema foi projetado.

##### 6.3.10.2 Válvulas nos sistemas

Em adição às exigências especificadas em 6.1.9.2, cada linha de suprimento de espuma deve estar equipada com uma válvula de descarga e uma válvula de retenção, a menos que a segunda seja parte integrante do gerador de espuma de alta contrapressão a ser ligado na hora do uso. Quando linhas de produto são empregadas para espuma, as válvulas destas devem ser dispostas para que a espuma entre somente no tanque a ser projetado.

##### 6.3.10.3 Tanques horizontais e tanques pressurizados

Os sistemas fixos ou semifixos de espuma não se aplicam a tanques horizontais nem a tanques pressurizados.

#### 6.3.11 Tubulação

6.3.11.1 Toda tubulação no interior dos diques, e dentro de 15 m de distância nos tanques sem diques, pode estar enterrada a uma profundidade de 0,60 m ou montada acima do solo, se apropriadamente suportada e protegida contra danos mecânicos.

6.3.11.2 A tubulação das câmaras de descarga, dentro do dique ou de 15 m de distância de tanques sem dique, deve ser construída do modo a absorver as forças no sentido para cima e as do choque devido à ruptura do teto do tanque. Preferivelmente, usar tubos de aço-carbono

todos soldados. Uma das seguintes técnicas pode ser empregada:

a) quando a tubulação for enterrada, uma junta articulada ou giratória, ou outro meio conveniente, deve ser instalada na base de cada tubo de subida para a câmara, de forma a permitir a elevação da câmara e a flexão do tubo de subida;

b) quando a tubulação for apoiada sobre o solo, deve possuir suportes inferiores e laterais, quando necessário, porém não deve ficar impedida de deslocar-se para cima, desde a distância de 15 m do costado do tanque, para dar flexibilidade nesse sentido, de modo que a junta articulada ou giratória da câmara, ou outro meio conveniente, não seja necessária. Caso haja conexões rosqueadas, estas devem ser soldadas como reforço;

c) quando os tubos das câmaras são de 100 mm ou maiores, podem ser soldados ao tanque mediante suportes de chapas de aço situadas perpendicularmente ao tanque. Deve haver um suporte em cada anel do costado. Este sistema pode ser empregado em vez de juntas articuladas ou giratórias.

6.3.11.3 Deve haver um dispositivo para permitir teste hidrostático do sistema até a câmara.

#### 6.3.12 Válvulas nos sistemas

Todas as válvulas, exceto as dos hidrantes, devem ser do tipo que permitem a verificação visual das posições “aberta” e “fechada”. Nas instalações fixas, as tubulações de alimentação para cada câmara de espuma devem ter válvulas individuais fora do dique em instalações fixas. As válvulas de controle para dirigir a espuma ou solução para o tanque apropriado podem estar na estação central de espuma ou podem estar em pontos onde as tubulações derivam da linha principal de alimentação.

6.3.12.1 As válvulas de controle devem estar situadas fora dos diques e às seguintes distâncias do costado do tanque que protegem:

a) 15m para tanques de diâmetro menor que 15m;

b) um diâmetro para tanques de diâmetro de 15m ou mais.

6.3.12.2 As válvulas de controle remoto podem ser permitidas à distância menor que as prescritas em 6.3.12.1-a) e b), quando estiverem adequadamente protegidas. Onde dois ou mais proporcionadores de espuma estiverem instalados em paralelo, descarregando para um mesmo equipamento, deve haver válvulas entre a descarga de cada proporcionador e o coletor de descarga. A linha de água para cada proporcionador deve ter válvula separada.

#### 6.3.13 Hidrantes de espuma

Sistemas fixos com estação central devem ter hidrantes para linhas de espuma para uso complementar em incêndios em vazamentos. São necessárias hidrantes de solução de espuma, hidrantes de água com geradores portáteis ou outros dispositivos aprovados. Os hidrantes (observar número mínimo), cada um com duas bocas de

descarga pelo menos, devem estar situados à distância de 1,5 vez (uma vez e meia) a altura do tanque a partir dos costados até 75 m, para aqueles com diâmetro até 09 (nove) metros, e de 15 a 75 m dos costados para os tanques com diâmetros superiores a 09 (nove) metros, conforme estabelecido em 6.3.4.2.

### 6.4 Canhões monitores e mangueiras para proteção em áreas abertas

#### 6.4.1 Generalidades

Estes equipamentos são sistemas nos quais a espuma é aplicada através de canhões monitores fixos ou semifixos, ou de mangueiras. Eles normalmente são recomendados como proteção auxiliar, em conjunto com sistemas fixos, conforme especificado em 6.3. São indicados quando usados isoladamente para a extinção de focos em derrames, incêndios em áreas limitadas por diques e incêndios em tanques diques e incêndios em tanques com teto fixo. Linhas de mangueiras são também usadas para a extinção de incêndios nos anéis de vedação dos tanques de teto flutuante.

Notas : a) Incêndios em tanques até 40 m de diâmetro têm sido extintos por meio de monitores de grande vazão de espuma, quando toda a superfície do líquido estava envolvida. Dependendo dos ventos, do próprio tanque e da intensidade do incêndio, o efeito de tiragem das chamas pode impedir que a espuma alcance a superfície dos líquidos incendiado, em quantidade suficiente para formar uma cobertura eficiente. A espuma deve ser aplicada contínua e uniformemente. É preferível que a descarga seja dirigida contra a face interna do costado do tanque, de forma que desça suavemente na superfície do líquido incendiado, sem submersão. Isto pode ser difícil de ser conseguido, porque ventos adversos, dependendo da velocidade e direção, reduzem a eficácia do jato de espuma. Devido às suas limitações, não se deve depender dos monitores exclusivamente como recursos principais da extinção para tanques de teto fixo com mais de 18 m de diâmetro. Monitores operando ao nível do solo normalmente não são recomendados para extinção de incêndio nas bordas dos tetos flutuantes, devida à dificuldade de se dirigir a espuma para o espaço anelar. Monitores fixos podem ser instalados para a proteção de áreas de estocagem de tambores ou áreas limitadas por diques.

b) Incêndios grandes em derrames têm sido extintos com linhas de mangueiras ou canhões monitores. A fim de obter-se a máxima flexibilidade, devido às condições do local e da ocorrência de um possível derrame em grandes parques de tanques, monitores portáteis ou montados em reboques são preferíveis aos fixos. O procedimento de combate a incêndios em áreas isoladas por diques é extinguir ou limitar com segurança uma área e seguir avançar para extinguir a próxima seção dentro do dique. Esta técnica deve ser continuada até a extinção completa do fogo.

#### 6.4.2 Taxas de aplicação

A taxa mínima de aplicação baseada na premissa de que toda a espuma possa alcançar a área a proteger deve ser a seguinte: Na determinação das exigências totais de vazão da solução, devem ser consideradas as perdas

potenciais de espuma ao vento e a outros fatores indicados em 6.4.1 Nota a).

#### 6.4.2.1 Para hidrocarbonetos líquidos :

a) para a proteção de tanques, a taxa de aplicação da solução deve ser, no mínimo, de 6,5 L/min/m<sup>2</sup> de superfície do líquido a ser protegido ;

b) aplicar as recomendações da segunda e da terceira subalíneas de 6.3.2.1. É de fundamental importância a obediência às recomendações do fabricante do EFE utilizado .

Notas: a) Líquidos inflamáveis com ponto de ebulição inferior a 37,8°C podem exigir taxas de aplicação mais altas. Taxas convenientes de aplicação devem ser determinadas por teste . Misturas de líquidos inflamáveis com um faixa ampla de pontos de ebulição podem desenvolver uma onda de calor após queima prolongada, podendo exigir taxas de aplicação de 8 L/min/m<sup>2</sup> ou mais altas.

b) Deve-se atuar com cuidado ao se aplicarem jatos de espuma em produtos de alta viscosidade aquecidos acima de 93° C . Deve-se tomar cuidado quando da aplicação da espuma ou líquidos que estão aquecidos acima do ponto de ebulição da água . Embora o baixo conteúdo de água na espuma possa resfriar benéficamente tais combustíveis, pode causar também violenta erupção turbilhonar e transbordamento do produto.

6.4.2.2 Para outros líquidos inflamáveis e combustíveis que exigem EFE especiais, líquidos solúveis em água e certos líquidos inflamáveis, combustíveis e solventes polares, os quais são destruidores de espuma comuns, exigem o uso de espumas tipo álcool. Em geral as espumas tipo álcool podem ser efetivamente aplicadas por meio de motores ou linhas de espuma em focos de vazamento, quando a profundidade não ultrapassar 25 mm. Caso contrário, os jatos devem ser limitados para uso com EFE especiais tipo álcool aprovado para a descarga tipo II. Os sistemas que usam espumas exigem projetos especiais de engenharia. Em todo caso, os fabricantes do EFE e do equipamento gerador de espuma devem ser consultados quanto às limitações e recomendações baseadas em testes práticos.

6.4.2.3 As taxas de aplicação mínimas recomendadas para EFE aprovados para descarga tipo II devem ser 9,8 l/min/m<sup>2</sup>.

6.4.2.4 Para EFE aprovados somente para descarga tipo I deve ser consultado o fabricante.

6.4.2.5 Aplicar as recomendações da segunda e da terceira subalíneas de 6.3.2.1.É de fundamental importância a obediência às recomendações do fabricante do EFE.

6.4.2.6 Produtos como álcool isopropílico, cetona metilo-isobutílica, monômero de metacrilatometílico, álcool butílico, éter isopropílico e misturas de solventes polares em geral podem exigir taxas de aplicação mais altas. A proteção de produtos como aminas e anidridos, que são

especialmente destruidores de espuma, exige EFE testados, especialmente, para cada produto.

Notas: a) A resistência da espuma tipo álcool pode ser afetada adversamente por fatores como tempo excessivo de trânsito da solução, uso de dispositivos geradores não projetados especificamente para a aplicação, pressões de operação, falhas na mistura água-EFE dentro dos limites recomendados de concentração, método de aplicação e características do produto. O tempo de trânsito da solução, ou seja, o tempo transcorrido entre a injeção do EFE na água e a indução de ar. pode ser limitado, dependendo das características do EFE da temperatura da água e da natureza do risco a proteger. O tempo máximo de trânsito da solução, para cada instalação deve estar dentro dos limites estabelecidos pelo fabricante do EFE.

b) Para a proteção de líquidos inflamáveis ou combustíveis que são altamente tóxicos, podem ser necessárias maiores taxas de aplicação para se reduzir o risco ao pessoal, providenciando-se cobertura mais rápida.

6.4.2.7 Nos casos em que o sistema de combate a incêndio por espuma seja composto unicamente por linhas de espuma e/ou canhões monitores, devem ser previstas linhas para a proteção da bacia de contenção de acordo com a tabela 3 e outra linha (ou canhão) para a proteção do tanque, sendo que a vazão deste último deve ser calculada em função da taxa de aplicação e o diâmetro do tanque considerado, para o tempo mínimo descrito em 6.4.3.2.

6.4.2.7.1 Os hidrantes devem ser localizados à distância de 1,5 vez (uma vez e meia) a altura do tanque a partir do seu costado, para aqueles com diâmetro até 09 (nove) metros, e de 15 m a 75 m do costado para os tanques com diâmetros superiores a 09 (nove) metros, conforme estabelecido em 6.3.4.2.

6.4.2.8 Nos sistemas com canhões monitores, os tubos de espuma ou solução devem terminar em conexões que fiquem a uma distância segura dos tanques, fora dos diques, obedecendo às mesmas distâncias descritas em 6.4.2.7.1

### 6.4.3 Suprimento de EFE

#### 6.4.3.1 Geral

Os suprimentos a serem mantidos devem ser a soma das quantidades definidas em 6.4.3.3 a 6.4.3.6.

#### 6.4.3.2 Tempos mínimos da descarga

O equipamento deve ser capaz de funcionar com a taxa mínima de descarga de 6,5 L/min/m<sup>2</sup> , para os seguintes períodos de tempo:

a) para tanques contendo hidrocarbonetos líquidos:

- óleos lubrificantes, resíduo viscoso seco (mais de 1,068 x 10<sup>-4</sup> m<sup>2</sup>/s a 50° C), (1) óleos combustíveis

secos, etc., com os pontos de fulgor acima de 93,3°C ..... 35 min;  
- querosene, óleos combustíveis leves, Diesel,  
etc., com os pontos de fulgor de 37,8° C a:  
93,3° C ..... 50 min;  
- gasolina, nafta, benzol, diesel automotivo e  
líquidos similares, com os pontos de fulgor abaixo de  
37,8° C ..... 65 min;  
- petróleo cru ..... 65 min;

b) para tanques contendo outros líquidos inflamáveis e combustíveis que exigem espumas especiais, espumas tipo álcool exigem procedimentos especiais de conforme indicado em 6.4.2.2. O tempo de operação deve ser de 65 min à taxa de aplicação especificada, a menos que o fabricante do EFE tenha estabelecido outro valor.

#### 6.4.3.3 Exigências para tanques

A quantidade de EFE deve ser determinada pela multiplicação da vazão total em L/min para cada tanque, pelo tempo indicado no item 6.4.3.2. O maior valor resultante deve determinar a quantidade adequada.

#### 6.4.3.4 Exigências relativas a jatos suplementares de mangueiras e hidrantes

Jatos adicionais de espuma devem ser previstos como proteção adicional para incêndios no solo, pelo menos como especificado em 6.3.4.2 e 6.3.13.

#### 6.4.3.5 Exigências relativas ao enchimento das tubulações

Devem ser as mesmas que foram especificadas em 6.3.4.3.

#### 6.4.3.6 Suprimento de reserva de EFE

Deve haver um estoque de reserva de EFE como especificado em 6.3.4.4.

### 6.5 Linhas de espuma para proteção de líquidos combustíveis ou inflamáveis acondicionados

6.5.1 Armazéns que contenham líquidos combustíveis ou inflamáveis acondicionados, com volume médio de estoque superior a 20.000 litros que não atendam aos critérios de isolamento de riscos previstos na IT específica, devem ser protegidos por linhas de espuma, de forma que toda área de risco seja atendida com pelo menos uma linha de comprimento máximo de 30 m.

6.5.2 O número de linhas de espuma deve ser determinado em função da área a ser protegida obedecendo ao critério descrito em 6.5.1

6.5.3 Descargas mínimas de solução de espuma:

- Deve ser calculada uma linha de espuma de 400 l/min, quando existir um hidrante na área a ser protegida.
- Devem ser calculadas duas linhas de espuma de 400 l/min, funcionando simultaneamente, quando existirem dois ou mais hidrantes na área a ser protegida.

6.5.3.1 As linhas de espuma a serem calculadas são as mais desfavoráveis em relação ao abastecimento de água.

6.5.4 Tempo mínimo de descarga da solução de espuma  
O tempo mínimo de aplicação, independente do produto armazenado, é de 20 min.

#### 6.5.5 Suprimento de reserva de EFE

Deve haver um estoque de reserva de EFE como especificado em 6.3.4.4.

6.5.6 As disposições acima também se aplicam aos locais onde houver processo com a manipulação de líquidos combustíveis ou inflamáveis.

ANEXO "A"

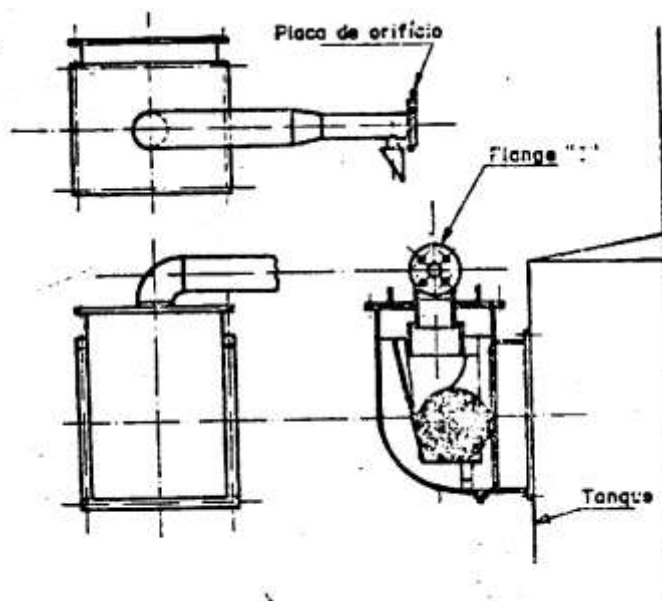


Figura 1 - Câmara tipo I

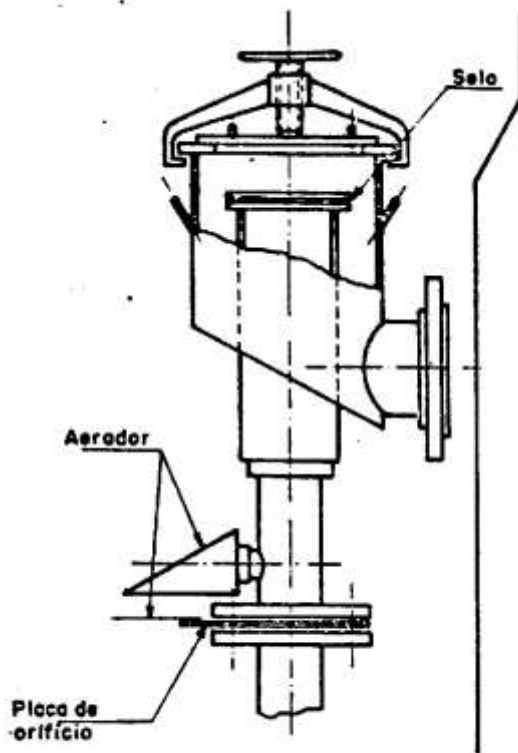


Figura 2 - Câmara tipo II



Nota : Para drenagem de 25% em peso de espuma

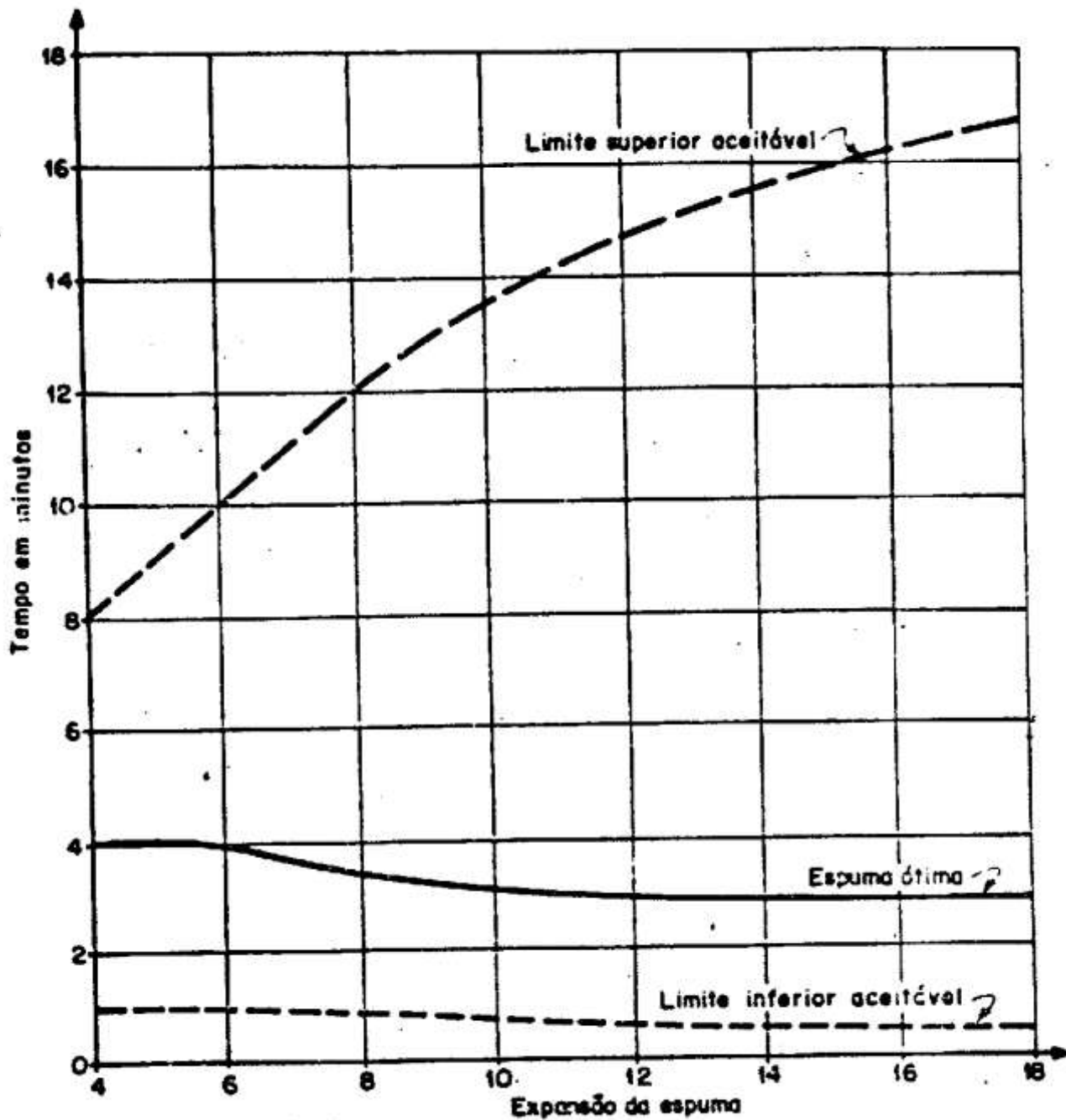


Figura 3 - Guia de qualidade da espuma para tanques de armazenamento

**ANEXO "B"**

**EXEMPLO ILUSTRATIVO DE CÁLCULO DE SISTEMA DE ESPUMA**

1) Em um parque de armazenamento de inflamáveis, o maior tanque de gasolina tem 31,6 m de diâmetro. Calcular o sistema fixo de espuma e o suprimento de extrato e água necessários, com câmaras de Tipo I e II e extrato a 3,5% e 6%.

- a) Diâmetro do tanque= 31,6 m
- b) área do tanque= 785 m<sup>2</sup>
- c) quantidade de solução água-extrato para proteção do tanque  
 $785 \times 6,5 = 5.100 \text{ l/min.}$
- d) quantidade de solução água-extrato para proteção do dique (2 linhas 400 l/min)  
 $400 \times 2 = 800 \text{ l/min.}$
- e) quantidade de solução água-extrato para enchimento da canalização  
20.000 l (estimado)
- f) quantidade de solução água-extrato para operação de câmaras tipo I  
 $5.100 \times 30 = 153.000 \text{ l.}$
- g) quantidade de solução água-extrato para operação de câmaras tipo II  
 $5.100 \times 55 = 280.500 \text{ l.}$
- h) quantidade de solução água-extrato para operação de linhas de mangueira (2 linhas de 400 l/min).  
 $800 \times 30 = 24.000 \text{ l.}$
- i) quantidade total de solução água-extrato para operação do sistema com câmaras tipo I  
 $153.000 + 20.000 + 24.000 = 197.000 \text{ l.}$
- j) quantidade total de solução água-extrato para operação do sistema com câmaras tipo II  
 $280.500 + 20.000 + 24.000 = 324.500 \text{ l.}$
- k) quantidade de extrato (3,5%) para suprimento do sistema com câmara tipo I  
 $3,5/100 \times 197.000 = 6.900 \text{ l.}$
- l) quantidade de extrato (6%) para suprimento do sistema com câmara tipo I  
 $6/100 \times 197.000 = 11.800 \text{ l.}$
- m) quantidade de extrato (3,5%) para suprimento do sistema com câmaras tipo II  
 $3,5/100 \times 324.500 = 11.350 \text{ l.}$
- n) quantidade de extrato (6%) para suprimento do sistema com câmaras tipo II  
 $6/100 \times 324.500 = 19.500 \text{ l.}$
- o) quantidade de extrato (6%) para suprimento das linhas manuais  
 $6/100 \times 24.000 = 1.500 \text{ l.}$
- p) número mínimo de câmaras = 2 câmaras