

Meio de combate e extinção ao fogo em tanques de armazenamento de combustíveis

1. Introdução

O combate a incêndios em parques de tanques de armazenamento de líquidos combustíveis e inflamáveis, em geral, requer uma série de requisitos e providências:

- a. Reservatório exclusivo para água de incêndio;
- b. Bombas de incêndio, pelo menos uma titular com motor elétrico e sua reserva com motor diesel;
- c. Rede de tubulações de distribuição de água de incêndio;
- d. Rede de água para resfriamento externo de tanque em chamas e de tanques vizinhos.
- e. Canhões monitores, fixos e móveis, e hidrantes estrategicamente espalhados no parque de tancagem
- f. Estoque centralizado de LGE-Líquido Gerador de Espuma e containers distribuídos pela área a proteger;
- g. Central dosadora de mistura de água e LGE e rede de tubulações de distribuição pela área a proteger;
- h. Viaturas ou caminhões de combate a incêndio;
- i. Câmaras de espuma instaladas nos tanques de teto fixo;
- j. Bicos de injeção de espuma nos tanques de teto flutuante;
- k. Tubulação de alimentação de câmara e injetores de espuma junto ao dique da bacia do tanque.

A necessidade de atendimento integral ou parcial destes requisitos é ditado pelo porte do parque de tancagem.

O objetivo deste trabalho é resumir como efetivar a proteção contra fogo, de tanques de armazenamento, para maiores informações e subsídios é importante consultar as seguintes Normas:

- API RP 2003 *Protection Against Ignitions Arising Out of Static, Lightning, and Stray Currents*

Essa Norma especifica as medidas importantes para prevenir incêndios causados por eletricidade estática ou por descargas elétricas atmosféricas.

- API RP 2021 *Management of Atmospheric Storage Tank Fires*

Essa Norma enfatiza o planejamento, a preparação, a estratégia e as diretrizes táticas, para o combate de incêndio em tanques de armazenamento atmosférico, de líquido inflamável e combustível. É ainda fornecido um esquema da análise dos agentes químicos de combate a incêndio, com ênfase na espuma.

- Norma Petrobras N- 1203 Projeto de sistemas fixos de proteção contra incêndio em instalações terrestres com hidrocarbonetos

Essa Norma fixa as condições exigíveis para os projetos de sistemas fixos de combate a incêndio com água e com espuma, destinados às áreas de processamento, tratamento, armazenamento e transferência de petróleo e seus derivados

- Norma brasileira ABNT NBR 17505-7 Armazenamento de líquidos inflamáveis e combustíveis, Parte 7 Proteção contra incêndio para parques de armazenamento com tanques estacionários

Essa Norma estabelece os requisitos mínimos, para os projetos de sistemas de combate a incêndios com água e com espuma, destinados a instalações de armazenamento de líquidos inflamáveis e combustíveis, contidos em tanques estacionários.

1.1. Prevenção do risco de fogo

As providências preventivas para impedir fogo, em tanque de armazenamento de combustível ou inflamável, basicamente, são:

- Características do produto armazenado, ou seja, condutividade elétrica e inflamabilidade,
- Causas mais comuns de incêndio em tanques de armazenamento.

1.1.1. Condutividade elétrica do líquido armazenado

A condutividade elétrica consiste na habilidade do produto líquido em dissipar cargas eventualmente geradas durante a transferência do produto.

Líquidos com condutividade maior ou igual a 50 pS/m não acumulam carga estática se o reservatório é metálico e bem aterrado eletricamente, pois a carga é dissipada logo que gerada, portanto, é importante verificar a condutividade elétrica do líquido armazenado conforme tabela da Norma API RP 2003 a seguir.

Se a condutividade for inferior a 50 pS/m se deve prever o uso de aditivos dissipadores de cargas estáticas, a serem injetados no líquido armazenado.

Product	Conductivity (pS/m)
Benzene	0.005
Xylene	0.1
Toluene	1
Gasoline	10-30
Jet fuel	<50
Diesel	0.5-50
Gas oil	<50
Lube oil (base)	0.1-1000
Lube oil (blended)	50-1000
Fuel oil	50-1000
Asphalt	>1000
Crude oil	>100

Produtos pouco condutores elétricos

Produtos bons condutores elétricos

Condutividade elétrica de petróleo cru e derivados

1.1.2. Limites de inflamabilidade dos vapores do líquido armazenado

Para definir as condições do armazenamento, também é importante verificar a faixa dos limites de inflamabilidade da mistura vapor+ar, dos vapores do líquido, que se forma no espaço de vapor do tanque, em função da pressão de vapor e da temperatura de armazenamento.

A Norma API RP 2003 estabelece a condição de risco de início da ignição das misturas com vapores de hidrocarbonetos conforme o gráfico a seguir.

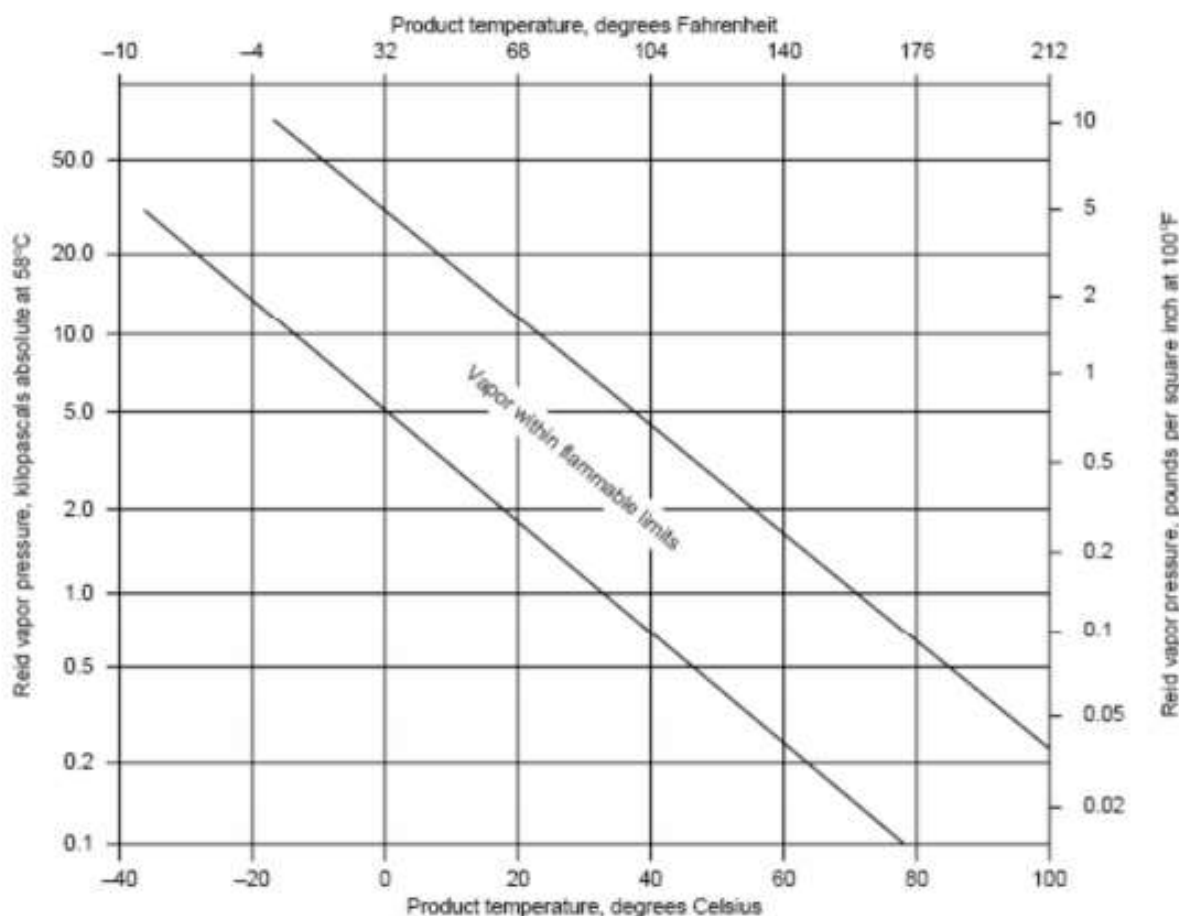


Gráfico de inflamabilidade da mistura em função da temperatura e da pressão de vapor do produto

1.2. Causas mais frequentes de ignição de misturas inflamáveis em tanque de armazenamento de combustível e inflamável

As principais causas relacionadas à ignição de misturas (vapores de hidrocarbonetos+ar), dentro de um tanque de armazenamento, contendo líquidos inflamáveis ou combustíveis são:

- a. Presença de sulfeto pirofórico agregado em forma de pó à parede interna do tanque, resultante da corrosão do Aço pelo Enxofre presente ($\text{Fe} + \text{S} \rightarrow \text{FeS}$) no produto armazenado, que se inflama espontaneamente em presença do ar;
- b. Descargas elétricas atmosféricas - raios - sobre a camada ou nuvem de vapores inflamáveis emanados do tanque;
- c. Superfície quente ou perfuração da chaparia metálica de aço, de espessura inferior a 5 mm (3/16"), causada por descarga elétrica atmosférica diretamente sobre o tanque;
- c. Respingos de solda na execução de serviço de soldagem no tanque ou nas proximidades;
- d. Centelha ou faísca de eletricidade estática de acessório do tanque, que não está bem conectado eletricamente ao costado ou teto do tanque.

2. Normas de referência

- API Std 650 Welded Tanks for Oil Storage
- API RP 2001 Fire Protection in Refineries
- API RP 2003 Protection Against Ignitions Arising Out of Static, Lightning, and Stray Currents
- API RP 2021 Management of Atmospheric Storage Tank Fires
- API PUBL 2021 Fighting Fires in and Around Flammable and Combustible Liquid Atmospheric Storage Tanks
- API PUBL 2021 A Interim Study—Prevention and Suppression of Fires in Large Aboveground Atmospheric Storage Tanks

- ABNT NBR 17505 Armazenamento de líquidos inflamáveis e combustíveis
- ABNT NBR 17505-7 Armazenamento de líquidos inflamáveis e combustíveis Parte 7: Proteção contra incêndio para parques de armazenamento com tanques estacionários
- ABNT NBR 5419-3 Proteção contra descargas atmosféricas, Parte 3: Danos físicos a estruturas e perigos à vida
- ABNT NBR 14276 Brigada de incêndio e emergência - Requisitos e procedimentos

- Petrobras N-111 - Hidrantes Industriais
- Petrobras N-270 Projeto de Tanque de Armazenamento Atmosférico
- Petrobras N-1203 Projeto de Sistemas Fixos de Proteção Contra Incêndio em Instalações Terrestres com Hidrocarbonetos
- Petrobras N-1268 - Adaptador para Mangueira de Incêndio;
- Petrobras N-1272 - Tampão para Mangueira de Incêndio;
- Obs.: Site de localização das Normas Técnicas da Petrobras públicas
<https://canalfornecedor.petrobras.com.br/pt/regras-de-contratacao/>

- NFPA-11 Standard for Low-, Medium-, and High-Expansion Foam
- NFPA 15 Water Spray Fixed Systems for Fire Protection
- NFPA 24 Standard for the Installation of Private Fire Service Mains and Their Appurtenances.

3. Conceitos gerais

O fogo é um processo químico que obedece às leis que regem uma reação de combustão, ou seja, necessita dos agentes que produzem o fogo.

Para que uma reação de combustão e um incêndio ocorram, são necessários quatro fatores: combustível, comburente, calor e reação em cadeia.

• O combustível

O combustível é qualquer material que possa ser oxidado.

Eles podem ser sólidos (papéis, madeira, algodão), líquidos (álcool, gasolina, éter, óleo combustível, hidrocarbonetos em geral) ou gasosos (gás Hidrogênio, acetileno, GLP-Gás Liquefeito de Petróleo).

Entre os combustíveis líquidos, temos os voláteis, que são aqueles que liberam vapores em temperatura ambiente, como o álcool, a gasolina e o éter; e há também os não voláteis, que praticamente não liberam vapores, como as tintas, o óleo combustível, a graxa, entre outros.

Os voláteis apresentam maior risco.

- **O comburente**

O comburente é o gás Oxigênio (O_2), que entra em contato com o combustível e reage, sendo indispensável para que a combustão ocorra.

- **O calor**

O calor fornecida por uma fonte aquecida, por ex. uma faísca, um cigarro aceso, uma superfície quente, que gera a energia de ativação necessária pela ignição do combustível em presença do comburente.

- **A reação em cadeia**

O calor também fornece a energia necessária para que a reação continue, assim, a combustão se inicia, liberando calor que fornece a energia mínima necessária para que a reação em cadeia continue.

- **Principais meios para se evitar e combater um incêndio**

- Eliminar a fonte do calor
Um dos principais meios de combater um incêndio é por meio do resfriamento, diminuindo a temperatura. ...
- Eliminar a presença do combustível:
Isso é feito por meio da retirada do material combustível, que ainda não está sendo queimado, e enviar para outro local.
- Eliminar o comburente:
Impedir que o combustível entre em contato com o Oxigênio por meio de um abafamento

- **Classes de Incêndio**

Classe A: Incêndio que ocorre em materiais sólidos combustíveis, que deixam resíduos (cinzas), tais como: papel, madeira, tecido, algodão e borracha;

Classe B: Incêndio que geralmente ocorre em superfícies, não deixa resíduos e acontece devido à queima de líquidos inflamáveis, graxas e gases combustíveis, como gasolina, querosene, álcool e tintas;

Classe C: Incêndio que ocorre em equipamentos elétricos energizados, tais como: máquinas, quadros de força, transformadores, geradores, computadores e qualquer outro equipamento em aplicações de energia elétrica;

Classe D: Incêndio que se propaga através de uma reação em cadeia durante a combustão. Esta classe possui como principais combustíveis os metais pirofóricos: magnésio, selênio, lítio, potássio, alumínio fragmentado, zinco, titânio, sódio e urânio, que podem entrar em combustão quando se encontram na forma de partículas finas, sem que haja uma fonte clara de ignição.

Classe K: Incêndio envolvendo meios utilizados para cozinhar, como óleo, gordura e banha, e que geralmente ocorre em equipamentos como fritadeiras, grelhas, assadeiras e frigideiras.

Referência:

Tipos de Extintores e Classes de Incêndios

<https://sanachama.com.br/blog/tipos-de-extintores-e-classes-de-inc%C3%AAndios>

4. Incêndios em tanques de armazenamento

Incêndios em parques de tanques de armazenamento de combustíveis, na indústria de petróleo e petroquímica, não ocorrem com frequência, porém, quando ocorrem, são de consequências desastrosas, como os vultosos prejuízos financeiros, a devastação do meio ambiente e, nos casos mais graves, as perdas de vidas humanas.

Os incidentes de incêndio em tanques dos parques de armazenamento da indústria de petróleo e petroquímica ocorrem em diferentes cenários e os mais típicos são listados a seguir.

4.1. Faísca ou centelhamento devido a energia eletrostática

É o risco de centelhamento a partir de carga eletrostática, interna ou externamente, no tanque.

Em um tanque metálico, bom condutor e bem aterrado, a capacidade de impedir o acúmulo localizado e dissipar a carga eletrostática, proveniente do líquido armazenado, é função da equalização do potencial elétrico em toda a superfície metálica do tanque.

Há certos componentes metálicos que se projetam ao interior do tanque, no interior do espaço com vapor do tanque, próximo e acima da superfície do líquido, que podem promover a faísca ou centelha, se não estiverem equalizados.

Por exemplo:

- a- Perfis tipo “debris” ou dispositivos de auxiliares de fabricação e montagem do tanque;
- b- Poços de termopares de temperatura, bóia e dispositivo de fixação de indicador de nível, sensores de nível alto e tomadas de amostradores;
- c- Fitas de medição de nível, garrafas de amostragem ou termômetros

Caso a condutividade elétrica do produto seja suficientemente alta, as cargas eletrostáticas são dissipadas rapidamente, para o costado e daí para a malha de aterramento do tanque, evitando o seu acúmulo e minimizando o risco potencial de incêndio, durante o manuseio e a transferência do produto líquido.

Quanto mais baixa for a condutividade elétrica menor habilidade terá o produto de dissipar as cargas elétricas e por isto maior será o risco de incêndio devido à geração, acúmulo e descarga da eletricidade estática.

Para aumentar a condutividade elétrica do produto há aditivos dissipadores de cargas estáticas, logo sistemas de injeção de dissipador devem ser instalados em tanques, que armazenam produtos líquidos inflamáveis ou combustíveis de baixa condutividade.

4.2. Descargas elétricas atmosféricas

Todo tanque de armazenamento está sujeito à descarga elétrica direta (suficiente para fundir e perfurar superfícies metálicas de baixa espessura), ou à descarga vizinha ou indireta, que induz corrente elétrica no tanque, ocasionando centelhas ou faiscamento interno, em partes que não estejam eletricamente ligadas ao tanque.

Ambas podem levar à ignição dos vapores inflamáveis junto ao tanque e à explosão de misturas inflamáveis presentes no tanque.

Conforme a Norma brasileira ABNT NBR 5419-3 Proteção contra descargas atmosféricas, Parte 3: Danos físicos a estruturas e perigos à vida, o teto metálico que cobre o tanque é considerado um captor natural de descargas atmosféricas, no caso de ser atingido por raios, pois a corrente elétrica do raio se desloca sobre superfície externa do teto metálico, em direção à borda do teto e passa através do costado até a malha de aterramento.

No entanto, para atuar como captor natural deve ser um bom condutor elétrico e atender as seguintes condições:

- a. chapas metálicas cobrindo a estrutura a ser protegida;
- b. a continuidade elétrica entre as diversas partes do teto, incluindo a ligação entre o teto e o costado do tanque, seja feita de forma duradoura;
- c. a espessura das chapas metálicas do teto e do costado não seja inferior a 5 mm (3/16”) para aço;
- d. as chapas não sejam revestidas externamente com material isolante elétrico.

Se qualquer dessas condições falhar é necessário instalar uma estrutura de cabos metálicos condutores de raios por cima do tanque, ligados ao topo do costado com saída para a rede de aterramento elétrico, a fim de evitar danos por raios ao tanque.

Esta estrutura é denominada de SPDA-Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas e o projeto é descrito na Norma brasileira ABNT NBR 5419.

4.3. Fogo no selo de vedação do espaço entre o costado e o teto flutuante *rim seal fire*

Os incêndios no selo de vedação do teto flutuante podem ser extintos rapidamente pelo uso de sistemas estacionários de descarga de espuma, desde que sejam detectados a tempo.

Um incêndio mais longo, entretanto, pode danificar a vedação e, portanto, causar uma liberação excessiva de produto, que pode evoluir para um incêndio extenso.

Uma falha de vedação liberando o extravasamento do líquido para cima do teto ou mesmo o uso excessivo de fluido extintor pode levar ao afundamento ou adernamento do teto flutuante e, eventualmente, a um incêndio em toda a superfície.

4.4. Ignição de vapor emanado do tanque

Os vapores que escapam do espaço vapor, de um tanque de teto fixo, no armazenamento de líquidos combustíveis e inflamáveis, pelas válvulas de alívio de pressão e vácuo ou de respiros livres do teto, se acumulam sobre o tanque e podem ser inflamados por fontes externas, como raios de descargas atmosféricas, e o fogo adentrar no tanque. .

Neste caso, devem ser utilizados os sistemas estacionários de extinção com câmaras de espuma.

Também, no tanque de teto flutuante o líquido e os vapores, do combustível armazenado, ao vazarem através do selo de vedação passam para cima e se acumulam sobre o teto.

Caso ocorra uma ignição (raio, por ex.) um incêndio no tanque, a partir do teto, se desenvolve rapidamente, e deve ser combatido por sistema estacionário de extinção ou ainda por sistemas móveis de extinção, de fora da área do dique da bacia do tanque.

4.5. Incêndios na área da bacia do dique

Os tanques são instalados dentro de uma bacia de contenção cercada por um dique, que deve conter qualquer vazamento do líquido armazenado.

Logo, se houver vazamento de petróleo ou de seus derivados, armazenados em um tanque, há o acúmulo do produto na bacia e pode acontecer de pegar fogo.

Se o incêndio for detectado a tempo, ele pode, normalmente, ser extinto fácil e rapidamente com o uso de equipamento de extinção fixo ou móvel.

Caso contrário, se ocorrer um grande incêndio no interior da bacia de contenção, há o risco de o fogo alastrar-se para o tanque.

Quando é adotado sistema central de dosagem de LGE, deve ser prevista a colocação de, no mínimo, 1 hidrante de espuma com 2 saídas ou 4 saídas, próximo ao tanque e fora da bacia de contenção, para aplicação de espuma na bacia por meio de esguichos de espuma.

Qualquer ponto da bacia de contenção deve ser alcançado por até 6 lances de mangueiras de 15 m.

4.6. Explosão interna

Se houver a ocorrência de fogo no interior do tanque, os vapores e gases resultantes podem gerar uma explosão interna e o colapso estrutural do tanque.

Isso normalmente pode impossibilitar o acesso aos sistemas de extinção de incêndios estacionários e, por isso, sistemas móveis devem ser usados.

Além disso, uma explosão geralmente resulta no espalhamento de líquidos inflamáveis e na devastação das áreas adjacentes e das vias de acesso.

4.7. Ebulição turbilhonar *boilover*

Um *boilover* pode acontecer no caso de um incêndio de longa duração em tanque de petróleo ou outro produto combustível, quando há água acumulada no fundo do tanque.

Devido ao aquecimento do óleo às altas temperaturas, a água pode ferver e evaporar abruptamente. O vapor d'água gerado sobe à superfície em bolhas que estouram e espalham o óleo aquecido e em chamas por cima do teto do tanque, até acontecer uma forte explosão com a formação de uma bola de fogo, que é lançada à distância.

É o mesmo que acontece ao se injetar água diretamente dentro do tanque, com o propósito de se extinguir o fogo.

Conforme o artigo "Water in a tank fire is death" do engenheiro estrutural Matt Fegenbush, projetista do grupo industrial Pittsburg Tank & Tower Group, "água no fogo de um tanque é a morte".

"O óleo é mais leve do que a água, então qualquer água que entrar no tanque de petróleo ou derivados irá afundar até se aquecer suficiente para ferver e evaporar.

Depois de ferver, é criada uma emulsão água&óleo que explode como um vulcão, vitimando as pessoas a longa distância e ignitando outros tanque próximos."

Referência:

IFW-Industrial Fire World

How Floating Roof Storage Tanks Work

by Erin Schmitt

<https://www.industrialfireworld.com/529594/tank-talk-1>

5. Ocorrências de fogo em tanque de armazenamento

Os fatores de risco efetivo de ocorrência de incêndio em tanques de armazenamento de líquidos combustíveis ou inflamáveis são, geralmente: eletricidade estática, descargas atmosféricas, erro operacional, erro de manutenção, sistema de combate a incêndio defeituoso, vazamento de tubulação, falhas de equipamento e instrumento, chamas de fogo próximo, falha estrutural e ruptura do tanque, desastres naturais e até sabotagens.



Foto Incêndio se alastrando em parque de tanques de uma Refinaria

No entanto, as principais ocorrências de incêndios em tanques de combustíveis líquidos são, na maioria dos casos, causadas por eletricidade estática no espaço de vapor, dentro do tanque, ou por descargas elétricas atmosféricas, que atingem os tanques de armazenamento.

A forma de proteção e o combate ao fogo no tanque, depende do tipo de teto: fixo, flutuante externo ou flutuante interno, e é normalmente feito com espuma, gerada pela mistura de LGE-Líquido Gerador de Espuma e água, que é mecânica antes de ser lançada sobre o líquido em chamas.

A literatura alerta para o risco de se injetar ou pulverizar apenas água ao invés de espuma, que vai evaporar rapidamente em contato com o óleo quente e gerar uma emulsão água&óleo que explode, lançando bolas de fogo para fora do tanque.

5.1. Ocorrências de fogo em tanque de teto fixo

As ocorrências de incêndios em tanques de teto fixo são, na maioria dos casos, causadas por eletricidade estática ou por descargas elétricas atmosféricas

Quando o tanque de teto fixo está sendo esvaziado, há a entrada do ar atmosférico no tanque e, provavelmente, a mistura ar+vapor de hidrocarboneto no interior do tanque está pobre.

Porém, como o costado está exposto, ao ser aquecido pela radiação solar, transmite mais calor para a massa de produto armazenado, acarretando aumento da evaporação, e a mistura se vai tornando mais rica.

Já com o enchimento do tanque, pela entrada de líquido o nível sobe e há o efeito de pistão e turbulência do líquido, que empurram o vapor para cima do teto fixo, através dos respiros livres ou das válvulas de alívio de pressão. Em condições normais, com o efeito do vento, a mistura emanada do tanque pode estar pobre ou rica, porém em algum lugar sobre o teto a mistura é a ideal, ou seja, na faixa de inflamabilidade, podendo ser ignitada por descargas elétricas atmosféricas. Por isso é importante acatar a recomendação de se evitar a operação desses tanques, principalmente de enchimento, durante as tempestades. .

Em ambas as situações o risco de incêndio está sempre presente, bastando uma fonte de calor, raio ou fogo externo, por exemplo.

Para controlar o aquecimento do líquido armazenado, que leva à vaporização do líquido e alimentação do fogo, quando submetido à exposição a fogo externo, as medidas comumente assumidas são:

- Isolar a superfície do líquido, para reduzir a evaporação, usando câmaras de injeção de espuma mecânica no interior do tanque, para o abafamento do fogo;
- Resfriar o costado e o teto do tanque com jatos d'água de canhões monitores;
- Resfriar também as superfícies de tanques vizinhos.

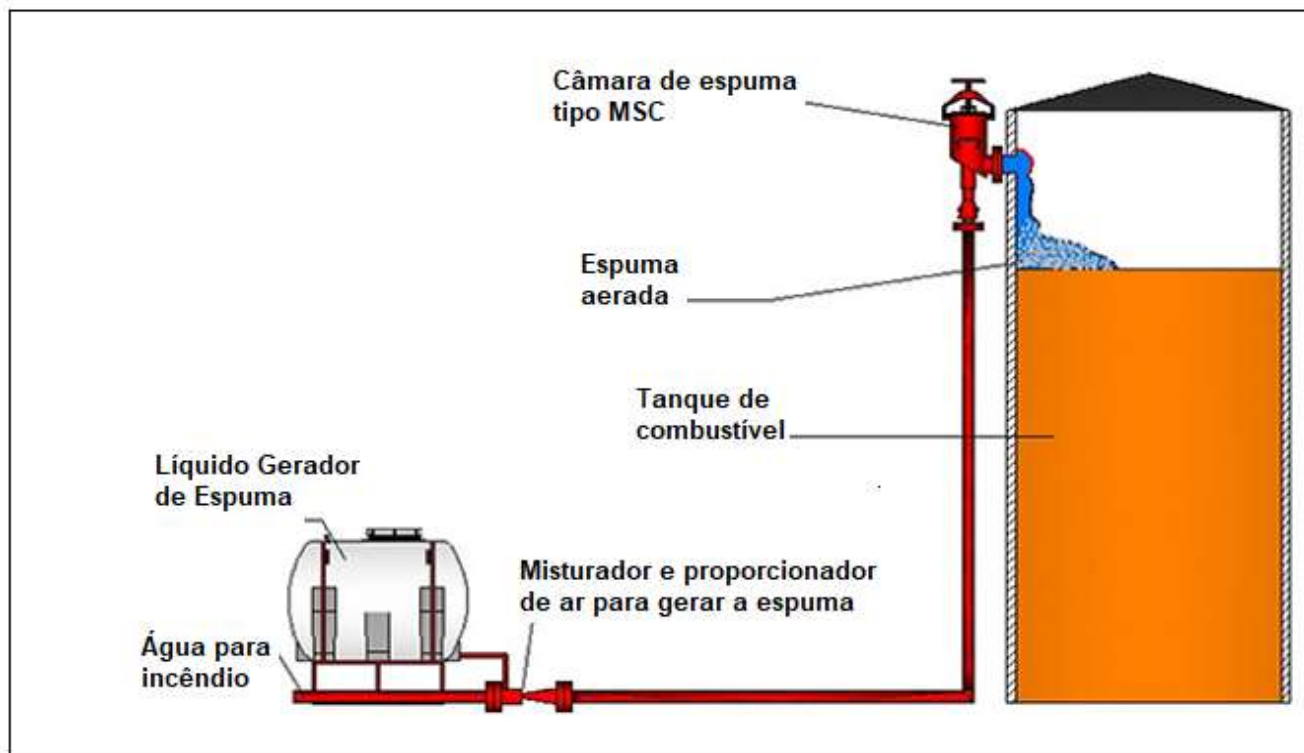


Figura: Descarga da espuma mecânica no tanque de teto fixo

5.2. Ocorrências em tanque de teto flutuante externo

Existem dois componentes básicos em um tanque de teto flutuante, o próprio teto e um selo de vedação periférica, entre a borda do teto e o costado.

A maioria dos incêndios em tanques de teto flutuante se inicia nesse selo periférico e, normalmente, são causados por descargas elétricas atmosféricas ou faíscas de eletricidade estática.

Por conseguinte, a extinção do incêndio é através da descarga de espuma distribuída na área sobre a borda vedada do teto flutuante.

No caso dos tanques de teto flutuante externo, quando o tanque está cheio de produto, o teto é bem ventilado e, portanto, a concentração de vapor e gás sobre o teto é, razoavelmente, pouca.

Com o esvaziamento do tanque e o teto abaixando, o perigo está numa zona em que a ventilação natural já não é suficiente, resultando em concentração alta de vapores inflamáveis.

Quando o teto flutuante deixa de flutuar e se apóia sobre as pernas, cria-se um espaço de vapor entre o teto e a superfície do líquido armazenado, os vapores gerados do líquido ainda presente misturam-se com o ar, que penetra pelas válvulas quebra-vácuo, e essa mistura ar+vapores, possivelmente inflamável, quando o tanque volta a receber produto até flutuar, passa através das mesmas válvulas quebra-vácuo para cima do teto flutuante.

Nessa situação se acontecer um *flash* de centelhamento ou descarga atmosférica, próxima do tanque, essa mistura pode ignitar e é um fogo difícil de combater.

Daí a importância de durante o ciclo operacional evitar que o teto flutuante se apoie no fundo e interromper qualquer enchimento durante as tempestades.

A prevenção e o combate ao fogo, no interior do tanque, são conseguidos com os aplicadores ou injetores de espuma, sobre o espaço de vapor entre o teto e o costado, ocupado pelo selo de vedação periférico.

Para isso são montadas as chapas de extensão do costado e a chapa anteparo sobre o teto, para conter e manter a espuma neste espaço.

Para a proteção contra fogo, em tanques de teto flutuante externo, devem ser observados os critérios da Norma brasileira ABNT NBR 17505-7 Armazenamento de líquidos inflamáveis e combustíveis, parte 7 Proteção contra incêndio para parques de armazenamento com tanques estacionários, e o sistema deve ser dimensionado conforme a Norma NFPA 11- Standard for Low-, Medium-, and High-Expansion Foam.



Figura: Descarga da espuma mecânica sobre o selo periférico no tanque de teto flutuante externo

5.3. Ocorrências em tanques de teto flutuante interno coberto com teto fixo

Em tanques de teto flutuante interno coberto com teto fixo devem ser observados os critérios da Norma ABNT NBR 17505-7, Armazenamento de líquidos inflamáveis e combustíveis Parte 7: Proteção contra incêndio para parques de armazenamento com tanques estacionários, e o sistema de injeção da espuma deve ser dimensionado de acordo com a Norma NFPA 11- Standard for Low, Medium, and High Expansion Foam. .

Os tanques de teto flutuante interno geralmente têm risco de incêndio reduzido pela baixa taxa de evaporação do líquido armazenado que apresentam.

O maior risco é a expulsão para o ambiente externo, durante o enchimento, do volume de vapores inflamáveis, acumulado entre os dois tetos, através das aberturas ou respiradores para ventilação no costado e no teto fixo. Esses vapores acumulados junto ao tanque podem ser ignitados por descargas elétricas atmosféricas, por isso é importante acatar a recomendação de se evitar a operação desses tanques, principalmente o enchimento, durante as tempestades. .

Assim, para o uso efetivo de sistemas de supressão de incêndio com espuma, cada tipo de teto flutuante interno precisa ser avaliado, para se verificar a necessidade do recobrimento com espuma da superfície total de líquido do teto flutuante e não apenas sobre o espaço vapor do selo de vedação.

Conforme a Norma ABNT NBR 17505-7 Armazenamento de líquidos inflamáveis e combustíveis-Parte 7: Proteção contra incêndio para parques de armazenamento com tanques estacionários a proteção por espuma destes tanques de teto flutuante interno deve atender aos seguintes critérios:

- a. Os tipos de teto flutuante interno, a seguir, devem ser protegidos por “sistema fixo de aplicação de espuma”, com o aplicador instalado no costado e anteparo no teto flutuante, para concentrar a

proteção no mínimo sobre a coroa, formada pela área da vedação teto-costado, conforme também estabelecido na Norma NFPA 11-Standard for Low-, Medium-, and High-Expansion Foam.

- Teto flutuante interno metálico tipo convés ou *deck* duplo *Metallic Double Deck*;
 - Teto flutuante interno metálico tipo pontão *Metallic Pontoon or Metallic Closed Top Bulk-Headed*;
 - Teto flutuante interno tipo painel sanduíche fabricado de Alumínio ou material composto *Sandwich Panel / Composite Aluminum*;
 - Teto flutuante interno metálico tipo híbrido *Hybrid type*.
- b. Para os demais tipos de teto flutuante interno, como a seguir, deve ser considerada a área total da superfície líquida, utilizando-se os mesmos critérios dos tanques de teto fixo de mesmo diâmetro.
- Teto flutuante interno metálico com *deck* ou convés e flutuadores tipo tubos-bóia estanques *Metallic Skin & Pontoon-Aluminum*
 - Teto flutuante interno metálico tipo panela *Metallic Pan*
 - Teto flutuante interno metálico tipo caixa aberta na parte superior *Metallic Open-Top Bulk-Headed Segmented Pan*

6. Medidas para combate e extinção do fogo em tanques de armazenamento

Na ocorrência de um incêndio em tanque armazenando líquido combustível ou inflamável, se deve tomar imediatamente as seguintes providências;

- a- Projetar água sobre a superfície externa do costado, evitando que o metal atinja a temperatura crítica de ebulição do líquido armazenado e o possível rompimento da parede do tanque;
- b- Projetar jatos d'água no costado de tanques vizinhos, para que o fogo não se espalhe;
- c- Injetar uma solução de espuma sobre a superfície do produto líquido armazenado;
- d- Enquanto isso está sendo feito, o conteúdo líquido dentro do tanque deve ser bombeado para fora, da forma mais segura e rápida possível, porém parar de bombear quando o nível está próximo ao bocal de entrada, para que o restante do produto ainda muito quente, não propague o fogo para a tubulação de descarte.

Para projetar os jatos d'água de resfriamento das superfícies dos tanques, são utilizados os canhões monitores fixos e transportáveis, dos sistemas de combate e extinção de fogo.

Estes canhões monitores também são usados para lançar jatos de solução de espuma sobre as superfícies em chamas.



Figura: Canhão monitor fixo lançador de água para resfriamento de tanque



Figura: Mangueira ou canhão monitor portátil com dispositivo lançador de espuma de combate ao fogo

6.1. Sistemas de extinção ou combate a incêndio

Os sistemas de combate ou extinção de incêndio compõem-se de canhões monitores, fixos ou estacionários e móveis ou transportáveis, extintores de lançamento de água, *sprinklers* ou aspersores de água e instalações de injeção de espuma em tanques.

É importante garantir que o canhão monitor tenha alcance de lançamento suficiente em relação à altura do tanque, para fornecer água de resfriamento do tanque e espuma para dentro do tanque.

O acúmulo da água de incêndio, dentro da área do dique da bacia do tanque, deve ser constantemente observado para evitar o transbordamento da bacia.

O dimensionamento de todo o sistema de combate a incêndio deve ser segundo normas legais dos locais das instalações e recomendações de associações internacionais como a NFPA-National Fire Protection Agency.

6.1.1. Sistemas fixos ou estacionários de combate a incêndio

Os sistemas fixos de extinção normalmente consistem em:

- Um reservatório de segurança dedicado para água de incêndio;
- Duas ou mais bombas de incêndio estacionárias, com acionadores diferentes,
- Tubulação correspondente para a distribuição da água de incêndio;
- Monitores e extintores de incêndio;
- Reservatório para o LGE-Líquido Gerador de Espuma,
- Central dosadora ou proporcionadora de mistura de LGE e água;
- Dispositivos de descarga da espuma no tanque, como câmaras ou bicos de espuma, dosadores e tubos de transporte;
- Armários para mangueiras, equipamentos, ferramentas e acessórios de apoio à brigada de combate a incêndio;
- Viaturas ou caminhões de combate a incêndio.

Os sistemas fixos devem estar adequados a:

- Descarregar espuma mecânica, sobre a superfície de um líquido em chamas,
- Projeter água sobre a parede de tanque em chamas, evitando que atinja a temperatura crítica de ebulição do líquido armazenado;
- Lançar água, para resfriar tanque vizinho a fim de evitar que as chamas se espalhem.



Figura: Canhão monitor fixo ou estacionário de combate a incêndio

6.1.2. Sistemas móveis ou transportáveis de combate a incêndio

Os sistemas móveis de combate a incêndio, geralmente, consistem nos mesmos componentes do sistema fixo, porém de menor porte e alcance e transportados em veículos ou reboques transportáveis, disponíveis em vários tamanhos.

- Bomba “booster” para aumentar a pressão da água de incêndio, se necessário;
- Reservatório de LGE-Líquido Gerador de Espuma;
- Proporcionador ou dosador da mistura de LGE e água;
- Tubulação e mangueiras.

Os sistemas móveis devem estar adequados a:

- Descarregar espuma mecânica, sobre a superfície de um líquido em chamas,
- Projetar água sobre a parede de tanque em chamas, evitando que atinja a temperatura crítica de ebulição do líquido armazenado;
- Lançar água, para resfriar um tanque vizinho e evitar que as chamas se espalhem.



Figura: Canhão monitor móvel ou transportável de combate a incêndio

Os monitores móveis de combate a incêndio podem ser abastecidos pela água de incêndio das bombas estacionárias ou por bombas transportáveis ou móveis.

Dependendo das condições locais, os monitores precisam manter uma distância mínima do tanque em chamas ou podem não ser capazes de ser posicionados próximos aos tanques devido a detritos e obstáculos.

Além disso, nem sempre será possível posicionar vários monitores ao redor do tanque .

6.1.3. Caminhões de Bombeiros

Há dois tipos de caminhões de combate a incêndio:

- Caminhões AT(Auto Tanque)

Os caminhões conhecidos como AT (Auto Tanque) são veículos de combate a incêndio, que podem ter reservatórios de água de até 12 mil litros.

Porém, sempre que é necessário maiores volumes de água, este tanque é conectado a outra fonte de água, como por exemplo, a um hidrante.

Além do tanque, os caminhões AT possuem uma bomba de água, que garante que a água seja lançada com a pressão necessária, possibilitando o alcance a grandes distâncias.

- Viaturas Proporcionadoras de Espuma (VPE)

As Viaturas Proporcionadoras de Espuma (VPE) são veículos de combate a incêndio fabricados especialmente para operar em áreas onde há risco de grandes incêndios, como em áreas de tancagem e estocagem de materiais inflamáveis, áreas de processos que envolvem produtos químicos e outras, onde o combate deve ser feito com a utilização de espuma.

Dentre as características destes veículos, destacam-se

- Bombas de água de grande vazão;
- Canhão monitor de amplo alcance e alta vazão;
- Reservatório de LGE-Líquido Gerador de Espuma;
- Sistema automatizado de dosagem da mistura LGE e água de alta precisão;
- Sistema manual alternativo de dosagem da mistura LGE e água;
- Normalmente não possuem reservatório de água e devem ser abastecidos por redes de hidrantes de água para incêndios.

6.2. Espuma como agente extintor do fogo

A espuma provou ser o melhor meio para extinguir incêndios com fluidos combustíveis e/ou inflamáveis. A espuma é gerada com os componentes: água, LGE-Líquido Gerador de Espuma e ar.

O LGE é misturado com a água de combate a incêndio em uma taxa precisa definida pelo fornecedor. O ar é então adicionado a esta pré-mistura para gerar a espuma mecânica.

Nota:

A Espuma Mecânica é formada pela mistura de concentrado de LGE-Líquido Gerador de Espuma, água e ar, sendo que a espuma é gerada na reação em misturador mecânico do LGE com a água e a adição posterior do ar.

É indicada para incêndios de classe B (líquidos combustíveis e inflamáveis), sendo também eficiente para a classe A (papel, madeira, tecido).

Age por abafamento e por resfriamento de forma simultânea, fazendo com que a espuma gerada sirva com uma espécie de manta aquosa na superfície do combustível, dificultando a reignição do fogo.

Dependendo do tipo de concentrado de LGE, a taxa da mistura com água e da quantidade de ar, diferentes tipos de espuma mecânica são produzidos para extinguir diferentes tipos de fogo.

A espuma gerada é injetada a fim de formar uma camada homogênea de bolhas de ar, aumentando o volume do agente extintor e, conseqüentemente, reduzindo sua densidade.

Assim a espuma flutua por cima do líquido em ignição e se espalha por toda a superfície do líquido.

Por isso e por suas propriedades químicas, a manta de espuma suprime a liberação de vapores inflamáveis, interrompe o fornecimento de ar e resfria a substância em chamas.

A aplicação consistente de espuma até cobrir completamente toda a superfície do líquido em chamas finalmente abafa e extingue o fogo.

A produção da espuma é realizada em dois estágios: proporcionamento e formação.

Durante o proporcionamento, o extrato de LGE é introduzido e misturado no fluxo de água com dosagem controlada.

A formação da espuma acontece apenas no estágio final, quando ocorre a introdução do ar no equipamento lançador (esguichos, câmaras de espuma, canhões, mangueiras etc.).

Diferentes equipamentos hidráulicos são utilizados na produção da espuma, de acordo com as condições do combate ao fogo. A maior parte desses equipamentos realiza tanto a introdução do LGE como a do ar

por intermédio de proporcionadores, tipo tubo Venturi, que promovem a sucção para o fluxo da linha de água.

Segue-se então a aplicação da espuma, que deve ser suave para minimizar a perda pelas chamas, a uma velocidade própria para cada caso, de acordo com as especificações de normas como ABNT e NFPA.

A espuma forma uma manta contínua sobre uma superfície ardente, excluindo o comburente (ar atmosférico), vedando os vapores combustíveis voláteis, separando as chamas e arrefecendo o combustível.

Além do posicionamento tático dos pontos de interligação para alimentação e descarga de espuma em cada tanque, a proporção da mistura entre o LGE e a água e a admissão do volume correto de ar são os fatores mais importantes para uma extinção bem-sucedida, conforme os requisitos técnicos na Norma de referência NFPA 11.

Um tanque de teto fixo deve ter um sistema de extinção fixo ou estacionário, junto ao dique da bacia de contenção de vazamentos, que permita a descarga de espuma sob o teto, ou seja, dentro do tanque, sobre a superfície do líquido armazenado.

Uma aplicação com sistemas móveis só é possível se o teto fixo der passagem, isto é, tiver sido danificado ou removido por um incêndio ou explosão.

Já, no caso de tanque com teto flutuante, a espuma pode ser aplicada por meio de sistemas fixos ou móveis a partir do dique da bacia de contenção de vazamentos..

Referência

Use of foam for fire fighting in tank farms of the oil and petrochemical industry

<https://www.firedos.com/news/2020/08/use-of-foam-for-fire-fighting-in-tank-farms.html>

Segurança e Medicina do Trabalho – Campinas

IT-Instrução Técnica nº 25 – Sistema de proteção por espuma

<https://safety-smt.com.br/seguranca-trabalho/ppra/pcms0/espuma.html>

Fixed or Semi-Fixed Fire Protection Systems for Storage Tanks

By CHEMGUARD

<https://www.chemguard.com/pdf/design-manuals/D10D03192.pdf>

7. Informações das normas sobre combate a incêndio em tanques de armazenamento

A seguir, é apresentada uma coletânea de informações de Normas sobre a utilização de câmaras e aplicadores de espuma em tanques de armazenamento, de teto fixo e de teto flutuante.

7.1. Condições da Norma Petrobras N-1203 Projeto de sistemas fixos de proteção contra incêndio em instalações industriais terrestres

7.1.1. Rede de combate a incêndio

A rede de tubulações de água de combate a incêndio deve ser independente de outras redes de água e abranger toda a área industrial.

Uma vez que tanto as quadras das unidades de processo, como as destinadas aos tanques de armazenamento de produtos, devem ser totalmente contornadas pela rede de incêndio, o sistema nestas quadras deve se constituir de malhas completas.

Devem existir válvulas de bloqueio localizadas de tal maneira que, pelo menos, 2 lados de uma malha, que envolva quadras de processamento ou armazenamento, possam ficar em operação no caso de rompimento ou bloqueio de um dos outros 2 lados. As válvulas de bloqueio devem ficar em condições de rápido e fácil acesso para sua operação, inspeção e manutenção

• Água de combate a incêndio

Para a água de combate a incêndio é importante haver um reservatório autônomo e exclusivo para essa aplicação.

A capacidade desse reservatório é determinada após análise dos vários cenários de risco de fogo, na planta industrial, selecionando-se o que resultar em maior consumo de água.

Deve ser prevista água para a produção de espuma mecânica de acordo com o estabelecido na norma ABNT NBR 7505-7.

Para o sistema de água de combate a incêndio por espuma e/ou resfriamento, é obrigatória a instalação de pelo menos duas bombas de incêndio (principal e reserva), podendo ser uma elétrica e a outra movida por motor à explosão, ou as duas bombas com motor à explosão.

Ambas as bombas devem possuir as mesmas características de vazão/pressão e serem acionadas automaticamente.

Para o dimensionamento das bombas de incêndio, deve ser adotado o cenário que apresente a maior demanda de vazão e pressão para atender simultaneamente ao seguinte:

- vazão de água requerida para resfriamento do tanque mais crítico em chamas;
- vazão de água requerida para resfriamento dos tanques vizinhos;
- vazão de água requerida para combate a incêndio com espuma no tanque mais crítico em chamas;
- vazão de água requerida para as linhas suplementares de espuma.

• Água de resfriamento de tanque em chamas


Nos tanques para armazenamento de combustível e/ou inflamável, além de água para as câmaras e aplicadores de espuma, deve ser prevista a aplicação de água para resfriamento no tanque em chamas e nos tanques vizinhos, de acordo com o especificado na norma ABNT NBR 17505-7.

7.1.2. Canhões monitores fixos

Os canhões-monitores fixos devem ser especificados para permitir uma vazão mínima de 2 000 l/min na pressão de 690 kPa (7 kgf/cm² man), um giro horizontal de 360° e um curso vertical de 80° para cima e de 15° para baixo da horizontal.

Para efeito de projeto, deve ser considerado o alcance máximo, na horizontal, de 45 m, quando em jato.

Os canhões fixos devem ser instalados em uma altura máxima de 1,5 m considerando a distância do flange de entrada do canhão até o piso. Em áreas onde esta distância não possa ser obedecida, deve ser criada uma plataforma de operação e acesso.

 <p>Volante para movimento vertical</p> <p>Manípulo para travamento horizontal</p> <p>Flange</p> <p>Corpo</p> <p>Rosca para conexão do esguicho</p>	<h4>Canhão monitor fixo flangeado de água de incêndio</h4> <p>Os canhões monitores fixos são utilizados, na maioria das vezes, em áreas de tanques de armazenagem e transferência de combustíveis, já que nesses lugares se faz necessária maior vazão e distância para o combate ao incêndio. Uma vez que tratam de ambientes de alto risco, a escolha deste tipo de equipamento é importantíssima para garantir a segurança do local e das pessoas que ali trabalham. É importante ficar atento, também, à qualidade dos materiais que compõem o canhão monitor, para prevenção de prejuízos com manutenção constante e funcionamento inadequado do equipamento.</p>
---	--

7.1.3. Canhões monitores portáteis

	<h4>Canhão monitor portátil de água de incêndio</h4> <p>O canhão monitor portátil com uma entrada de 2 ½" de diâmetro nominal é um equipamento extremamente simples e foi desenvolvido para propiciar um ataque rápido, com operação similar à de uma linha de mangueira manual, porém com mais segurança, maior vazão e alcance. Seu projeto possibilita uma grande versatilidade, podendo ser utilizado no combate a incêndio ou no resfriamento de superfícies.</p>
--	--

7.1.4. Hidrantes ou extintores industriais

Nas áreas de processamento, armazenamento, transferência e outras áreas de unidades industriais, devem ser adotados hidrantes com 4 saídas, exceto nos seguintes casos:

- quando a demanda prevista por hidrante for superior a 4 000 l/min, caso em que devem ser adotados hidrantes com 6 saídas;
- quando a demanda prevista por hidrante for superior a 6 000 l/min, caso em que deve ser prevista a instalação de um ou mais hidrantes, no local, de maneira a complementar a vazão necessária à operação;
- quando a vazão total da instalação for de até 2 000 l/min, caso em que devem ser adotados hidrantes com 2 saídas;

O espaçamento entre hidrantes nas áreas de tanques atmosféricos deve seguir os critérios descritos na norma ABNT NBR 17505-7.

Devem ser adotados os hidrantes padronizados pela norma Petrobras N-111, estimando-se uma vazão de 1 000 l/min por saída.

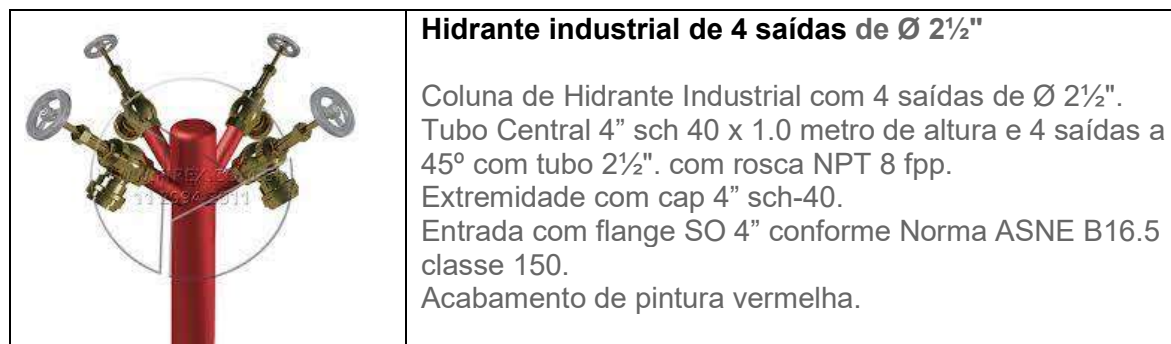
Para as áreas operacionais a distância máxima entre hidrantes deve ser de 60 m e devem ser posicionados de tal modo que os comprimentos máximos de mangueira, para se atingir qualquer ponto a se proteger nessas áreas, sejam de 90 m.

Os hidrantes devem ser colocados em pontos de livre acesso, de preferência próximos às ruas, sendo necessário devem ser estendidas derivações para hidrantes, a partir da rede de incêndio, até pontos de fácil acesso.

Consideram-se, para efeito de cálculo das pressões nos hidrantes as seguintes premissas:

- esguicho regulável de jato à neblina de 90° e diâmetro 38 mm (1 ½") permite a vazão de 350 l/min à pressão de 690 kPa (7 kgf/cm² man);
- esguicho regulável de 65 mm (2 ½") de diâmetro, para mangueira, permite a vazão de 650 l/min a 690 kPa (7 kgf/cm² man);
- esguicho regulável de 65 mm (2 ½") de diâmetro, para canhão, permite a vazão de 2 000 l/min à pressão de 690 kPa (7 kgf/cm² man).

É recomendável o uso de armários, distribuídos pela área de tancagem, para abrigo de mangueiras, esguichos, ferramentas e acessórios para as brigadas de incêndio.



7.1.5. Sistemas de geração de espuma mecânica

Os sistemas de geração de espuma são constituídos pelo reservatório de LGE-Líquido Gerador de Espuma, sistema dosador de LGE, sistema de distribuição de água de incêndio e sistema de injeção de espuma.

Além dos tanques, são obrigatórios sistemas de espuma mecânica para proteção de todas as áreas onde é possível o derrame ou vazamento de líquidos combustíveis ou inflamáveis ou onde esses líquidos já estejam normalmente expostos à atmosfera.

Há dois sistemas básicos de combate a incêndio por espuma em tanque:

- Dispositivo fixo que descarrega a espuma sobre a superfície do líquido em chamas, distribuindo a espuma, que submerge parcialmente no líquido, com pouca agitação da superfície. É o caso de câmaras de espuma, bicos injetores de espuma, monitores portáteis de espuma e torre de espuma;

- Dispositivo fixo de injeção de espuma pelo método subsuperficial, em bocal no costado, próximo ao fundo do tanque.

O sistema subsuperficial de proteção contra incêndio produz espuma expandida com um equipamento especial, normalmente localizado do lado externo do dique do tanque e através de tubulação dedicada à espuma expandida é injetada no interior do líquido inflamável.

A descarga deve estar no mínimo 30 cm acima de qualquer água que possa estar presente no fundo do tanque, pois, a espuma será destruída se injetada na camada de água.

Ao ser injetada a espuma sobe através do líquido e forma uma manta de espuma estanque ao vapor na superfície do combustível.

Este sistema subsuperficial não é muito utilizado devido as seguintes limitações:

- Não pode ser usado em tanques de armazenamento contendo combustíveis do tipo solvente polar, tais como álcool metílico e etílico, acetona e metiletilcetona;
- Não pode ser usado em tanques de armazenamento contendo combustíveis de hidrocarbonetos, como óleos crus, gasolinas, combustíveis diesel e combustíveis para aviação;
- Não deve ser usado em tanques do tipo Teto Flutuante ou Teto Flutuante Interno.
- A velocidade máxima de entrada da espuma não deve ser excedida; para não ocorrer um acúmulo excessivo de combustível pela espuma ao entrar no tanque.

Por isso, o sistema mais comum é o das câmaras de espuma e bicos aplicadores ou injetores de espuma.

- **LGE-Líquido Gerador de Espuma**

A Norma brasileira ABNT - NBR 15511 "Líquido gerador de espuma (LGE), de baixa expansão, para combate a incêndios em combustíveis líquidos" estabelece os requisitos mínimos exigíveis para líquido gerador de espuma (LGE) utilizado no combate a incêndio em combustíveis líquidos, em instalações como aeroportos, navios, refinarias, indústrias de petróleo, petroquímicas, químicas e outras onde haja o manuseio, estocagem ou produção de combustíveis líquidos utilizados em suas atividades.

Há duas classificações básicas de líquidos inflamáveis e combustíveis:

- Hidrocarboneto (não miscível em água)
- Solvente polar (miscível em água)

Os hidrocarbonetos incluem líquidos de petróleo não solúveis em água, como petróleo bruto, gasolina, combustíveis para aviação, óleos combustíveis etc.

Solventes polares incluem líquidos solúveis em água, como álcoois, cetonas, ésteres etc.

A Norma brasileira ABNT NBR 15511 define três classes de LGE a serem selecionadas conforme a avaliação correta do cenário de risco de incêndio e se o líquido combustível ou inflamável a ser protegido é miscível ou não na água.

- Classe HC – para incêndios em hidrocarbonetos (derivados de petróleo: gasolina, óleo diesel, querosene).
Os líquidos derivados de hidrocarbonetos não são miscíveis (não se misturam) na água.
- Classe AV – para incêndios em hidrocarbonetos, mas com uso específico em aeroportos.
Segue o mesmo padrão da classe HC, porém são utilizados apenas na Aviação em: aeroportos, heliportos e helipontos.
- Classe AR – para incêndio em solventes polares (álcool, etanol, nafta, éter).
Os solventes polares se misturam facilmente à água.

Nota:

Essa é apenas uma informação básica sempre deve ser consultado um especialista antes da escolha final.

Os líquidos geradores de espuma são desenvolvidos à base de tensoativos fluorados, hidrocarbonetos e solventes. Os produtos variam de acordo com a concentração e a indicação de uso.

A indústria produz diferentes classes ou tipos de LGE, para atender às mais diversas aplicações, na prevenção e no combate a incêndios envolvendo líquidos combustíveis e/ou inflamáveis.

Classe ou tipo HC – Para extinção de incêndios em hidrocarbonetos (derivados de petróleo)

Classe ou tipo AV – Utilização em aeroportos, para extinção de incêndios em hidrocarbonetos

Classe ou tipo AR – Para extinção de incêndios em solventes polares (exemplo mais comum: álcool)

A certificação de qualidade da ABNT NBR 15511 garante a performance do produto final, através de testes de homologação, testes periódicos e também da análise do sistema de qualidade do fornecedor. Na compra, o LGE deve ser fornecido com a certificação pela ABNT, com Relatório de Ensaio em laboratório independente e credenciado conforme a Norma ABNT NBR ISO/IEC 17025.

Tipos LGE Norma ABNT NBR 15511	HC	AV	AR
1	X		
2		X	
3	X	X	
4			X
5	X		X
6		X	X
7	X	X	X

Tabela: Tipos de LGE conforme Norma ABNT NBR 15511

Exemplos:

- Líquido gerador de espuma HC-AR 3%-6% – Tipo 5

Desenvolvido com tensoativos fluorados, hidrocarbonetos, solventes e polímero de alto peso molecular. Este LGE apresenta perfil não tóxico e biodegradável. Indicado para incêndios causados por hidrocarbonetos, líquidos inflamáveis e solventes. O produto é certificado pela ABNT.

- Líquido gerador de espuma HC-AR 3%-3% – Tipo 5

Projetado com tensoativos fluorados, hidrocarbonetos, solventes e polímero de alto peso molecular. O produto é certificado pela ABNT.

- Líquido gerador de espuma HC 6% – Tipo 1

Composto por tensoativos fluorados, hidrocarbonetos e solventes. Com certificação da ABNT. Indicado para conter incêndios causados por querosene, gasolina, naftas, entre outros agentes.

- Líquido gerador de espuma HC 3% – Tipo 1

Desenvolvido com tensoativos fluorados, hidrocarbonetos e solventes. É biodegradável. O produto é certificado pela ABNT.

O LGE para uso na Petrobras deve atender à Norma ABNT - NBR 15511 (a Norma Petrobras N-2142 foi cancelada e substituída pela ABNT - NBR 15511).

O estoque mínimo de LGE deve ser fixado de modo a permitir a operação contínua do sistema de combate a incêndio com espuma para o maior risco a cobrir.


O estoque de LGE deve permitir a operação contínua do sistema de combate ao fogo no tanque pelo tempo fixado na Tabela a seguir e a operação dos esguichos para extinção do fogo na bacia pelo tempo fixado na norma ABNT NBR 17505-7.


Tanques de Teto Fixo, Contendo	Tempo Mínimo de Operação (Min.)	
	Sistema Fixo Câmaras de Espuma	Esguichos e Canhões Lançadores de Espuma
Óleos lubrificantes e outros produtos com ponto de fulgor acima de 93,3 °C.	25	35
Querosene e outros produtos com ponto de fulgor entre 37,8 °C e 93,3 °C.	30	50
Gasolina, nafta, óleo diesel e outros líquidos com ponto de fulgor abaixo de 37,8 °C.	55	65
Petróleo.	55	65

Tabela: Tempo (em horas) de operação dos sistemas de combate a incêndio com espuma em tanques

Para instalações de grande porte, de tanques de armazenamento, convém que o volume necessário de LGE seja estocado em reservatório centralizado, com sistema central de proporcionador de LGE. Para demais instalações, ou quando convier, podem ser usadas carretas ou reservatórios de LGE localizados, estrategicamente, na área de tancagem.

A espuma mecânica é condutora de eletricidade, portanto, não deve ser usada em equipamentos elétricos energizados.

	<p>Carreta de LGE</p> <p>A Carreta de LGE é um equipamento portátil, sobre rodas, integrante do sistema de espuma de combate a incêndio, em líquidos combustíveis ou inflamáveis, provida de um tanque de LGE, mangueira e compartimento para guarda da mangueira, um proporcionador de linha e um esguicho lançador de espuma. Sua operação é realizada por uma única pessoa, a operação é recomendada em qualquer local onde líquidos inflamáveis representam perigo.</p>
--	--

	<p>Reservatório de LGE</p> <p>Os reservatórios de armazenagem de líquidos geradores de espuma fazem parte do sistema de combate a incêndios, principalmente em indústrias, podem ser verticais ou horizontais. São fabricados em diversas capacidades e, normalmente, espalhados na área industrial, em locais estratégicos, para uso na produção de espuma de combate a fogo.</p>
--	---

- **Sistema dosador ou proporcionador de LGE**

O sistema dosador de LGE para a mistura com água é disponibilizado nas seguintes opções:

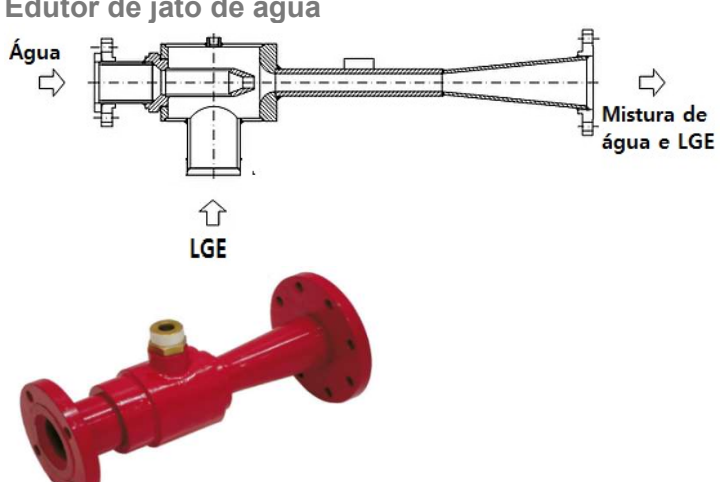
- em viatura de combate a incêndio, montado junto ao reservatório de LGE, nos Órgãos Operacionais, que possuam equipamentos e pessoal adequado e treinado, bombeiros e brigadistas, para sua operação;
- em central de dosagem, em conjunto com o reservatório de LGE, em Órgãos Operacionais, que não possuam viaturas de combate a incêndio;
- em carretas transportáveis, contendo o próprio suprimento de LGE, nos Órgão Operacionais de pequeno porte.

A dosagem do líquido gerador de espuma em água deve ser feita na concentração recomendada pelo fabricante

Os dosadores ou proporcionadores de LGE têm a função de dosar a mistura do concentrado de espuma (LGE) com o fluxo de água pressurizada, baseado no princípio de Venturi.

Com a mistura, cria-se uma espuma mecânica, sintética, biodegradável e não tóxica, que após ser aerada, será aplicada diretamente no local das chamas, proporcionando uma ação rápida, além de maior segurança na utilização do sistema.

Nas instalações de pequeno porte, dependendo da aprovação do órgão local de Segurança, pode ser adotado o suprimento e dosagem de LGE por meio de carretas rebocáveis com edutores, de tipo e capacidade aplicáveis.

<p>Edutor de jato de água</p> 	<p>Proporcionador de LGE</p> <p>Os edutores a jato de água utilizam a energia cinética da água para provocar a sucção do LGE e consistem em um bico convergente, um corpo e um difusor. São utilizados como dosadores ou proporcionadores de espuma. No bico convergente (entrada), a pressão do líquido motriz, no caso a água, é convertida em energia cinética, e o fluxo em alta velocidade aspira o líquido de sucção, no caso o LGE. A mistura entre a água e o LGE é realizada na seção do corpo e do difusor e é descarregada em uma pressão intermediária.</p>
---	--

- **Câmaras de Espuma tipo MCS**

Todos os tanques de armazenamento de teto fixo, que contenham produtos líquidos de Classe I ou de Classe II, e de diâmetro superior a 9 m ou altura superior a 6 m, devem possuir um sistema fixo de aplicação de espuma, tipo câmara de espuma, para proteção e combate a incêndio.

Líquidos	Ponto de fulgor (PF)
Inflamáveis	
Classe I	PF < 37,8°C e PV < 2 068,6 mmHg
Combustíveis	
Classe II	37,8°C ≤ PF < 60°C

Nota:

Os tanques destinados aos produtos que possam ser armazenados a temperaturas iguais ou superiores a seus pontos de fulgor devem obedecer aos requisitos previstos para líquidos de classe I.

As câmaras de espuma modelo MCS são as utilizadas na proteção de tanques verticais de teto fixo contendo líquidos inflamáveis ou combustíveis, dotada de um selo de vidro que atua como separador de gases e vapores, aerador localizado antes da câmara, placa de orifício fabricada em aço a ser instalada no flange de entrada da câmara de espuma e um defletor fixado por solda à parede interna do tanque, com o objetivo de conduzir a descarga da espuma de forma suave.

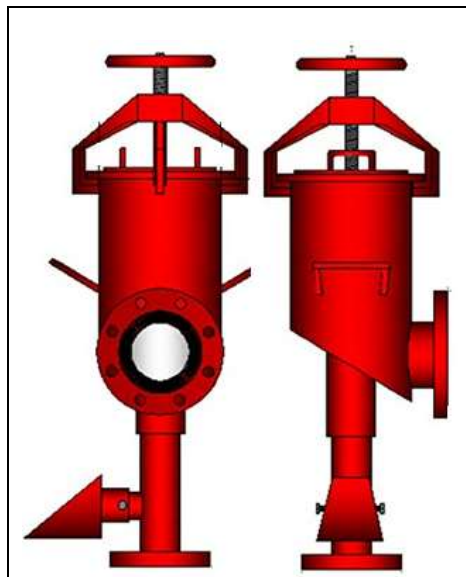
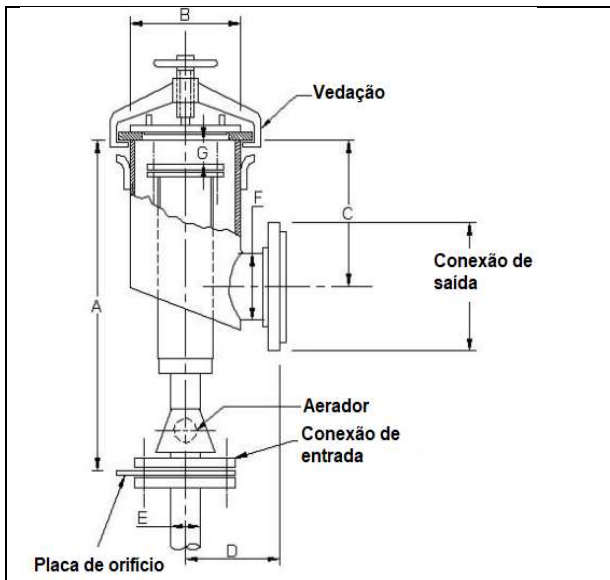


Figura: Ilustração de uma Câmara de Espuma MCS com aerador

É parte integrante do Sistema de Espuma de combate a incêndio, para extinção do fogo em líquidos combustíveis e/ou inflamáveis, de tanques de teto fixo.

O conjunto tem as seguintes características construtivas:

- Câmara propriamente dita, instalada na parte superior do costado do tanque de teto fixo;
- Selo de vidro que impede a saída dos vapores e gases de dentro do tanque;
- Aerador instalado à montante da Câmara, que provoca a aeração e expansão da mistura água e líquido gerador de espuma;
- Placa de orifício à entrada da Câmara, para aspirar o ar através do aerador;
- Defletor a ser soldado na parede interna, para direcionar o jato de espuma contra a parede do tanque.



Tipo	Tabela de Dimensões							Ø Nominal	
	A	B	C	D	E	F	G	Entrada	Saída
	MCS-9	667	203	279	178	73	114	63	2.1/2"
MCS-17	815	254	306	229	89	168	76	3"	6"
MCS-33	910	305	381	254	114	219	95	4"	8"
MCS-55	1084	406	438	305	168	273	127	6"	10"

Tabela: Dimensões das Câmaras de Espuma MCS utilizadas

A quantidade mínima de câmaras de espuma por tanque, que atende aos requisitos da Norma brasileira ABNT NBR 17505-7, deve ser conforme a Tabela a seguir.

Diâmetro do tanque m	Número de câmaras de espuma
≤ 24	1
> 24 ≤ 36	2
> 36 ≤ 42	3
> 42 ≤ 48	4
> 48 ≤ 54	5
> 54 ≤ 60	6

Tabela: Número mínimo de câmaras de espuma por tanque

Nota:

Para tanques com diâmetro superior a 60 m, deve ser instalada uma câmara de espuma a cada 465 m². ou fração, de superfície adicional de líquido armazenado.

Cada Câmara de Espuma MCS deve ser dotada de um aerador, para a admissão do ar de formação da espuma e um defletor de espuma, colocado no interior do tanque, para dirigir o jato de espuma de encontro ao costado.

De acordo com o estabelecido nas Normas NFPA 11 e ABNT NBR 17505-7, devem ser adotadas as seguintes premissas:

- a) o número de câmaras é determinado em função do diâmetro do tanque;
- b) as câmaras devem ser fixadas ao costado do tanque por meio de flanges de pescoço, conforme a Figura a seguir.

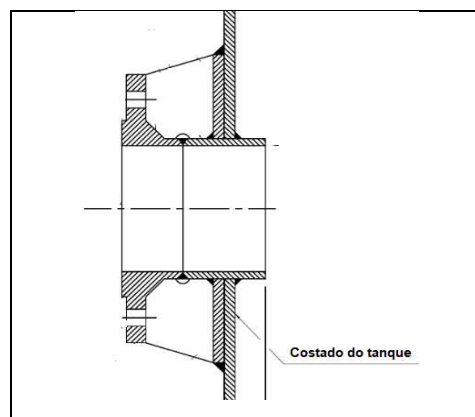


Figura: Flange de conexão de câmara de Espuma tipo MCS ao costado do tanque

c) as Câmaras de Espuma tipo MCS, são as utilizadas para proteção de tanques de armazenamento de líquidos inflamáveis e combustíveis;

d) na escolha do modelo da câmara deve ser obedecida a faixa de operação fixada na Tabela e na Figura a seguir.


Câmara de espuma tipo MCS	Faixa de operação para câmaras de espuma					
	Modelo da Câmara	Limite	Diâmetro do Orifício (mm)	Pressão no Aerador		Vazão de Solução L/min
				kPa	kgf/cm ²	
	MCS-9	Mínimo	15,76	207	2,1	143
		Máximo	23,01	690	7,0	560
	MCS-17	Mínimo	23,01	207	2,1	303
		Máximo	31,04	690	7,0	1 026
	MCS-33	Mínimo	31,04	207	2,1	583
		Máximo	46,36	690	7,0	2 373
	MCS-55	Mínimo	45,92	207	2,1	1 287
		Máximo	59,18	690	7,0	3 917

Tabela: Faixa de operação de Câmaras de Espuma tipo MCS

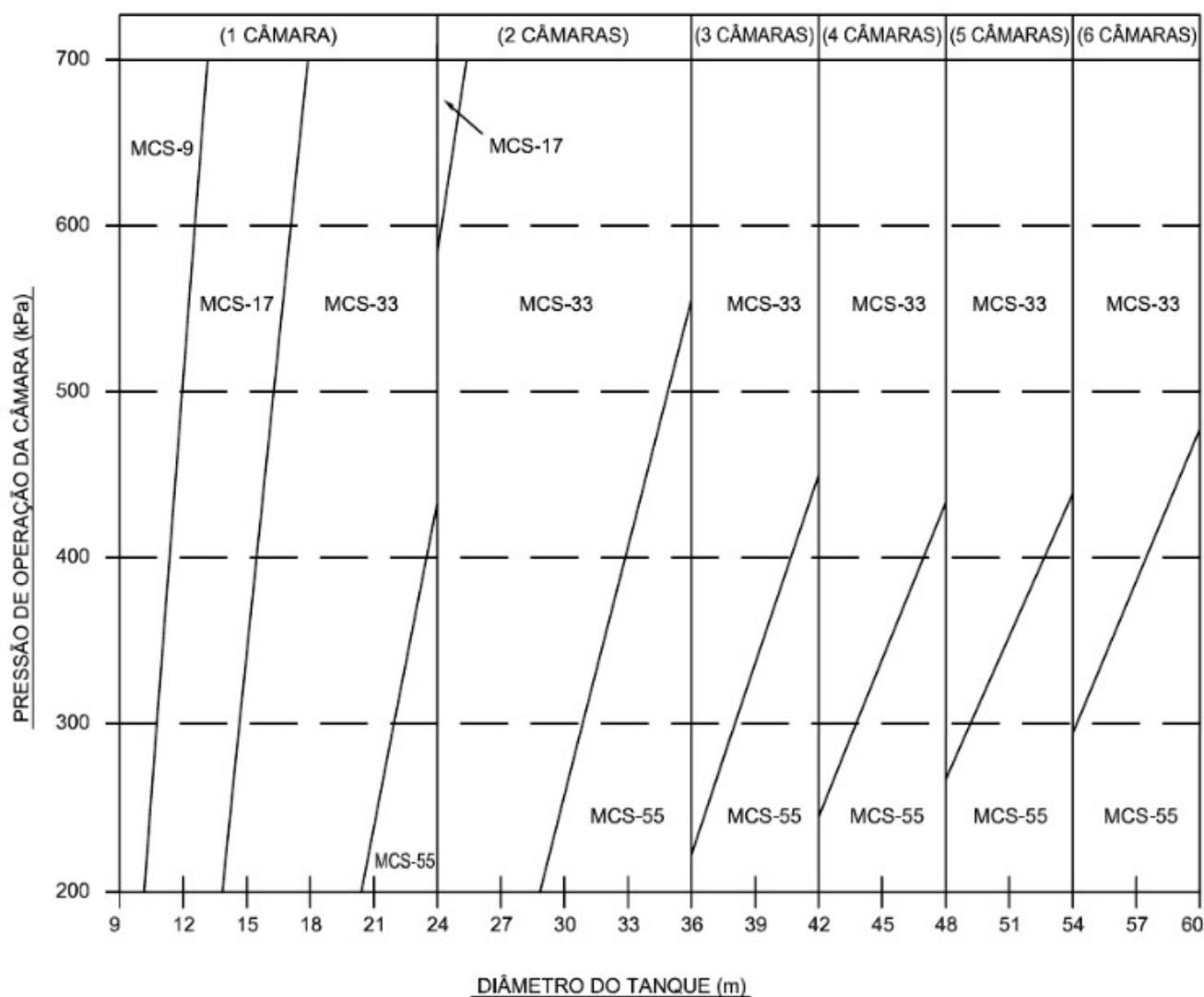


Figura: Gráfico de seleção da Câmara de Espuma MCS

7.1.6. Proteção de tanques de armazenamento de líquidos combustíveis e inflamáveis

As diretrizes e recomendações a seguir são aplicáveis aos tanques de armazenamento não-refrigerados. Não devem ser instalados sistemas de aplicação de espuma em tanques que armazenam produtos líquidos com temperatura maior ou igual a 100°C.

Em tanques de teto fixo são obrigatórios sistemas de aplicação, dotados de câmara de espuma, e nos demais casos previstos na Norma ABNT NBR 17505-7.

Tanques de teto flutuante externo, com teto do tipo *double deck* ou *pontoon*, não necessitam de sistema de aplicação tipo câmara de espuma, devendo ser protegidos apenas por bocais de aplicação de espuma, dimensionados, no mínimo, para proteger a coroa formada pela área de vedação teto/costado.

Em tanques de teto fixo com teto flutuante interno devem ser observados os critérios da Norma brasileira ABNT NBR 17505-7 e o sistema deve ser dimensionado de acordo com a Norma NFPA 11.

7.1.7. Sistema para proteção por espuma em Tanques de Teto Fixo

O sistema completo para proteção por espuma mecânica dos tanques de teto fixo deve ser composto das seguintes partes:

- sistema fixo centralizado de estocagem e dosagem de LGE-Líquido Gerador de Espuma;
- sistema dosador e reservatório de LGE-Líquido Gerador de Espuma na própria viatura de combate a incêndio com espuma;
- ponto de alimentação de solução de água e extrato de LGE junto ao tanque, para câmara de espuma, com conexões de engate rápido de mangueira, para interligação de viatura de combate a incêndio ou de hidrante da tubulação de distribuição da central dosadora de LGE;
- câmara de espuma com aerador conectada ao bocal do costado;
- d) defletor interno de espuma.

- **Esquema da instalação da câmara de espuma em tanque de teto fixo**

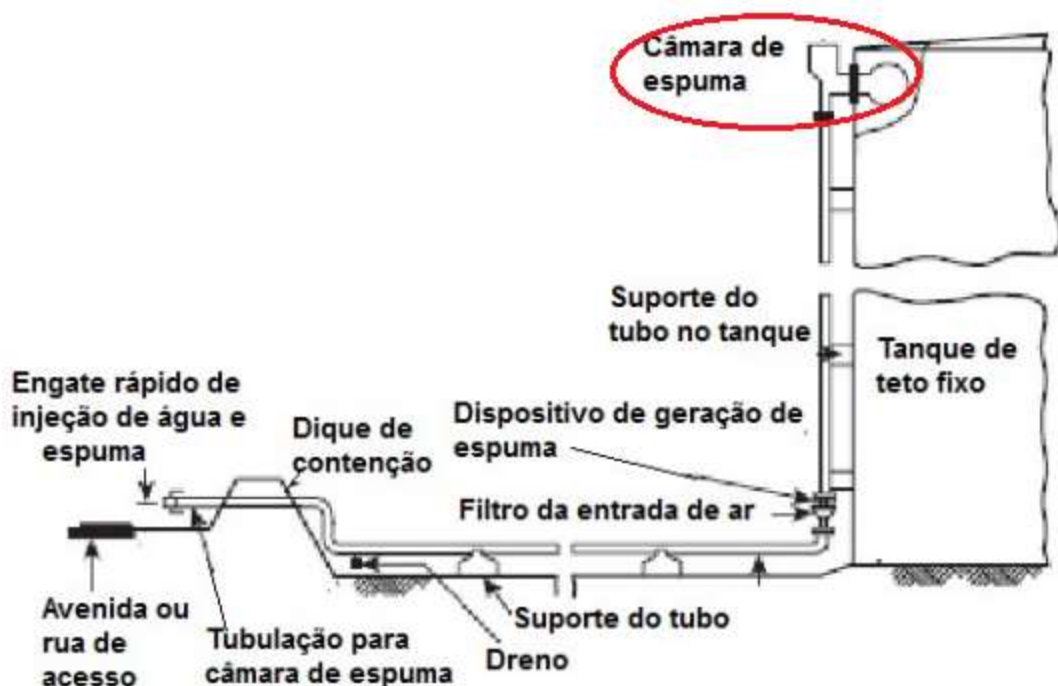


Figura: Ilustração da proteção de tanque de teto fixo

As câmaras de espuma têm a função de combater incêndios em tanques de armazenagem através da liberação de espuma de forma controlada e aplicada diretamente sobre a superfície do produto líquido. Os pontos de alimentação das tubulações de câmaras de espuma devem ficar fora da bacia de contenção e a uma distância superior a um diâmetro do tanque ou 15 m, o que for maior, do costado do tanque respectivo.

Na localização do ponto de alimentação se deve levar em conta a direção predominante dos ventos, de modo a protegê-lo da radiação das chamas.

Cada tubulação de alimentação deve servir exclusivamente a uma câmara de espuma. Recomendam-se que no interior das bacias essas tubulações sejam aéreas, podendo transpassar o dique, se julgado conveniente, no caso de terrenos com taxas de recalque desprezíveis. Quando as taxas de recalque não forem desprezíveis, as tubulações devem passar sobre os diques. Nos pontos baixos, essas tubulações devem dispor de dreno. Deve ser mantido um caimento na linha, sempre que possível, em direção ao dique.

São também obrigatórios sistemas de espuma para proteção de todas as áreas onde seja possível o derrame ou vazamento de líquidos combustíveis ou inflamáveis, como a própria bacia de contenção de cada tanque, ou onde esses líquidos já estejam normalmente expostos à atmosfera.

- **Conexões de rua de tubulações de alimentação de câmaras de espuma**

Conforme o sistema dosador de LGE adotado devem ser observados os critérios a seguir, para as conexões de rua de tubulações de alimentação de câmaras de espuma.

a. Quando usadas viaturas de combate a incêndio devem ser utilizadas conexões de rua, de diâmetro de 63,5 mm (2 ½”), com engate rápido para mangueira, que devem ficar de 0,80 m a 1,00 m de altura, em relação ao piso.

Deve ainda ser prevista uma distância útil de modo que uma viatura não interfira na operação de outra. A distância das conexões de rua ao hidrante supridor de água deve ser de 15 m a 20 m.

O número de conexões de diâmetro de 63,5 mm (2 ½”) para cada tubulação de alimentação deve ser estimado tomando-se o valor de 1 000 l/min para cada uma.

Estas conexões devem ser compatíveis com as condições da rede de combate a incêndio, tais como pressão interna, vazão e material.

A tubulação de alimentação da solução de espuma mecânica, para as câmaras de espuma, deve ser prevista com o mesmo nº de saídas do hidrante, que é utilizado, com conexões de engate rápido, específicas para canhões de água e espuma de combate a incêndio de alta vazão, motobombas e viaturas ou caminhões de combate a incêndio.

A quantidade de conexões de rua deve ser conforme tabela a seguir.

<p>Tubulação para interligar com hidrantes com 6 saídas</p>	
<p>Tubulação para interligar com hidrantes com 4 saídas</p>	
<p>Tubulação para interligar com hidrantes com 2 saídas</p>	

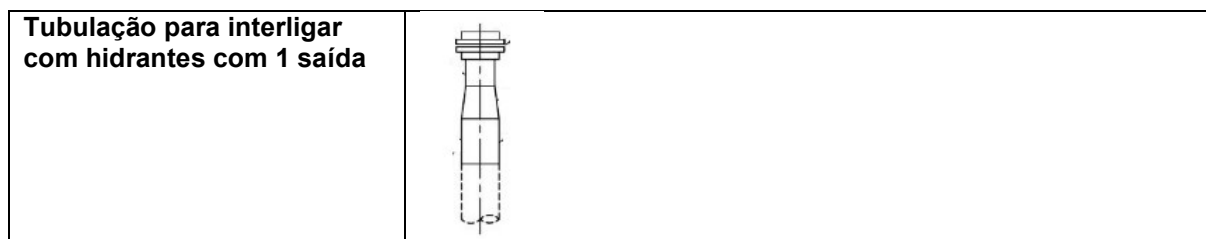


Figura: Conexões de rua com engate rápido para tubulações de injeção da solução de espuma

b. Para os sistemas fixos centralizados de dosagem devem ser utilizadas tubulações de alimentação com válvula de bloqueio individual, junto ao dique.

Nota:

A operação destes sistemas começa com o acionamento automático ou manual de um sistema de detecção, que abre válvulas permitindo que a mistura água+LGE, gerada na central de dosagem, flua através de um sistema de tubulações e seja descarregada na área servida pelos dispositivos de descarga (câmara ou bico de espuma) ou mangueiras.

c. O traçado das linhas desde a câmara ou bico injetor de espuma do tanque até a conexão de rua ou a respectiva válvula bloqueio, deve seguir o menor trajeto, não havendo necessidade de traçados paralelos aos diques ou às tubulações de transferência do produto armazenado.

• **Sistema de dosagem em viatura de combate a incêndio**

Para fins de cálculo das tubulações de alimentação no sistema de dosagem por viaturas de combate a incêndio, devem ser adotadas as seguintes premissas:

a) a pressão na descarga da bomba das viaturas de combate a incêndio é de 1 034 kPa (10,5 kgf/cm²);

b) a ligação das viaturas de combate a incêndio às conexões de rua é composta por linhas de, no máximo, 45 m de mangueiras de 63,5 mm (2 1/2") de diâmetro, revestidas internamente de borracha;

c) a vazão máxima por mangueira é de 1 000 l/min; a Tabela a seguir contém as perdas por atrito estimadas em mangueiras;

Vazão L/min	Diâmetro da Mangueira				Vazão L/min	Diâmetro da Mangueira	
	38,1 mm (1 1/2")		63,5 mm (2 1/2")			63,5 mm (2 1/2")	
	kPa	kgf/cm ²	kPa	kgf/cm ²		kPa	kgf/cm ²
37,8	1,70	0,02	-	-	719,2	31,22	0,32
56,8	3,39	0,03	-	-	757,0	34,28	0,35
75,7	5,78	0,05	-	-	794,0	37,67	0,38
94,6	8,82	0,09	-	-	832,7	40,73	0,42
113,5	12,21	0,12	-	-	870,6	44,12	0,45
132,5	16,29	0,17	-	-	908,4	47,85	0,49
151,4	20,36	0,21	-	-	946,3	51,92	0,53
170,3	25,79	0,26	-	-	984,1	55,65	0,57
195,3	31,56	0,32	-	-	1 022,0	59,39	0,61
227,1	44,79	0,46	-	-	1 059,9	63,45	0,65
265,0	57,69	0,59	-	-	1 097,7	67,53	0,69
302,8	78,72	0,80	-	-	1 135,5	71,94	0,73
340,7	93,99	0,96	-	-	1 173,4	76,35	0,78
378,5	111,96	1,14	8,49	0,09	1 211,2	80,76	0,82
416,4	135,74	1,38	10,86	0,11	1 249,1	85,85	0,88
454,2	159,48	1,63	13,23	0,14	1 286,9	91,28	0,93
492,1	186,63	1,90	15,27	0,16	1 324,8	96,36	0,98
529,9	-	-	17,64	0,18	1 362,6	101,79	1,04
567,8	-	-	19,68	0,20	1 400,5	106,89	1,09
605,6	-	-	22,40	0,23	1 438,3	111,98	1,14
643,5	-	-	25,11	0,26	1 476,2	117,41	1,20
681,3	-	-	28,17	0,29	1 514,0	122,84	1,25

Tabela: Perda de carga em mangueira de incêndio com revestimento interno de borracha, em kPa e em kgf/cm² man para cada 15 m

d) a pressão à montante da placa de orifício da Câmara de Espuma deve ser, no mínimo, de 207 kPa (2,1 kgf/cm²man) e, no máximo, de 690 kPa (7 kgf/cm² man);

e) no cálculo de perda por atrito na tubulação, deve ser utilizada a fórmula de “Hazen-Williams” e os valores de C a serem adotados são: C = 100 para tubulação sem revestimento interno e C = 120 para tubulação com revestimento interno;

f) o diâmetro mínimo da tubulação deve ser de 63,5 mm (2 ½”).

- **Sistema fixo e centralizado de dosagem da mistura água e LGE**

Para o cálculo das tubulações no sistema fixo de dosagem, devem ser adotadas as seguintes premissas:

a) a pressão à montante da placa de orifício da Câmara de Espuma deve ser, no mínimo, de 207 kPa (2,1 kgf/cm² m) e, no máximo, 690 kPa (7 kgf/cm² m);

b) no cálculo de perda por atrito na tubulação deve ser utilizada a fórmula de “Hazen-Williams” e os valores de C a serem adotados são: C = 100 para tubulação sem revestimento interno e C = 120 para tubulação com revestimento interno;

c) o diâmetro mínimo da tubulação deve ser de 63,5 mm (2 ½”).

7.1.8. Sistemas para proteção por espuma de Tanques de Teto Flutuante

Líquidos inflamáveis como petróleo bruto ou condensado, gasolina, nafta, querosene, em grandes quantidades, geralmente são armazenados em tanques de armazenamento com teto flutuante.

Na, realidade, o teto flutuante ajuda a minimizar as perdas por evaporação, do produto armazenado, pois flutua diretamente sobre o líquido, e isso, por sua vez, ajuda a prevenir incêndios.

Os raios de descargas atmosféricas são os culpados pela maioria dos incêndios em tanques de armazenamento com teto flutuante, e a maioria dos incêndios ocorre no selo de vedação, na periferia do teto junto ao costado do tanque, quando o raio ignita os vapores que pegam fogo.

O método mais eficaz para controlar um incêndio é aplicando espuma mecânica através de injetores fixados em chapas de extensão do costado do tanque, diretamente na área de vedação do anel periférico.

Para isso é necessário instalar chapas de extensão do costado e anteparos na borda do teto flutuante, para manter a espuma circunscrita ao selo de vedação.



Foto da extensão do costado, do teto flutuante, para instalação do bocal injetor de espuma

A localização dos injetores de espuma deve ser direcionado por cima do selo de vedação, com a precaução de minimizar o efeito de vento, formando uma cobertura de espuma na área do anel, independentemente de o teto estar no nível mais alto ou mais baixo.

A maioria dos sistemas de espuma de tanque de teto flutuante são operados manualmente e, como os tanques costumam estar localizados nos fundos da área da industrial, é difícil detectar visualmente um incêndio na vedação de selo de vedação, especialmente quando o teto está baixo. Nesse caso, a detecção precoce é vital para minimizar as perdas.

Monitores fixos são frequentemente instalados em pontos estratégicos em torno dos tanques para complementar o sistema de injeção de espuma na borda do teto flutuante. Além disso, o resfriamento com água sobre o costado do tanque em chamas e nos tanques adjacentes ao incêndio é vital para minimizar o efeito do calor radiante e a possibilidade de propagação do fogo para outros tanques.

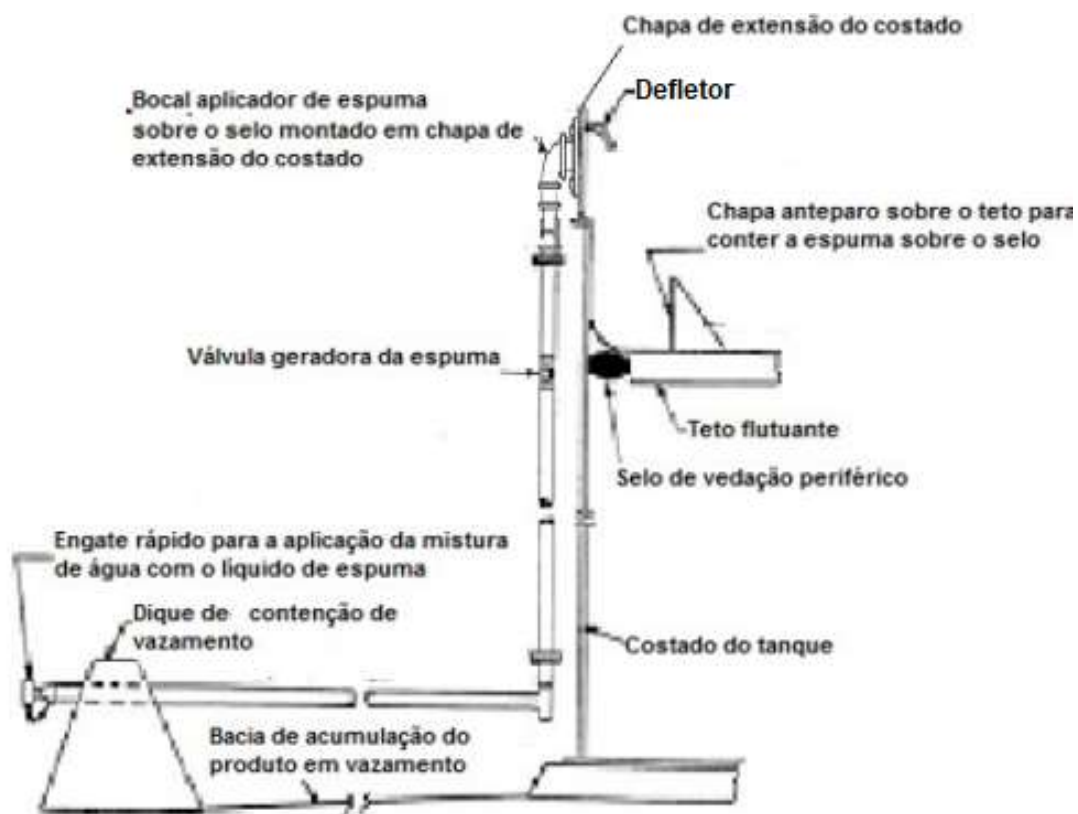


Ilustração do sistema de injeção de espuma para combate a fogo em tanque de teto flutuante

- Detalhes da injeção de espuma sobre o teto flutuante conforme Norma NFPA 11 Standard for Low-, Medium-, and High-Expansion Foam



Figura ilustrativa do injetor de espuma em teto flutuante para permitir o combate eficiente do fogo, lançando a espuma, diretamente sobre o selo periférico do teto flutuante

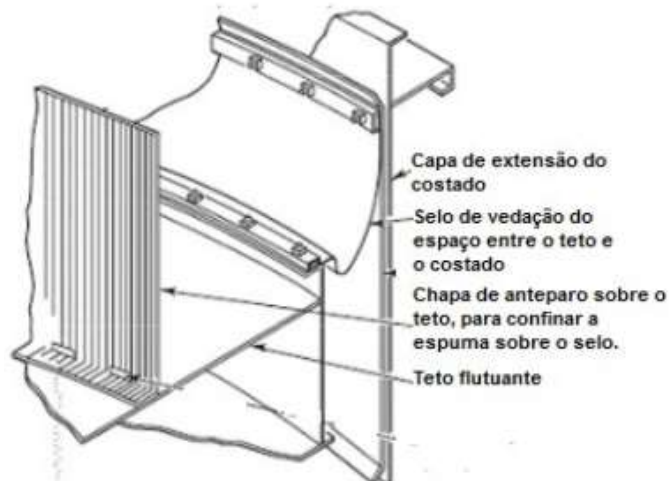
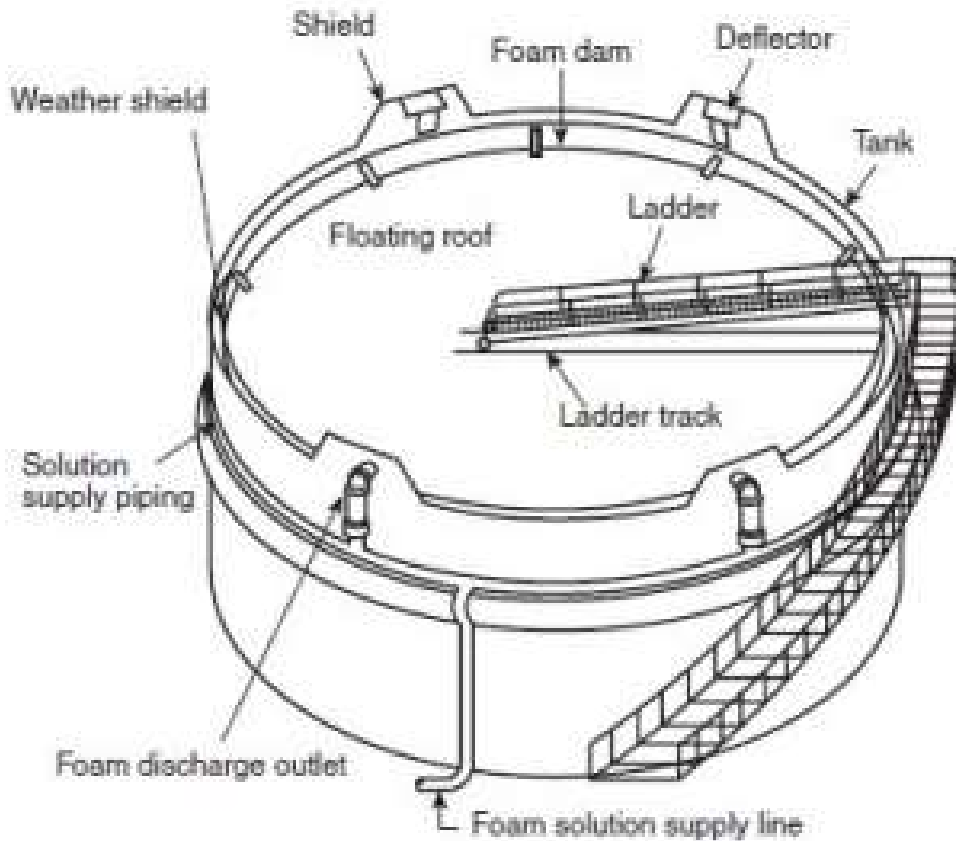
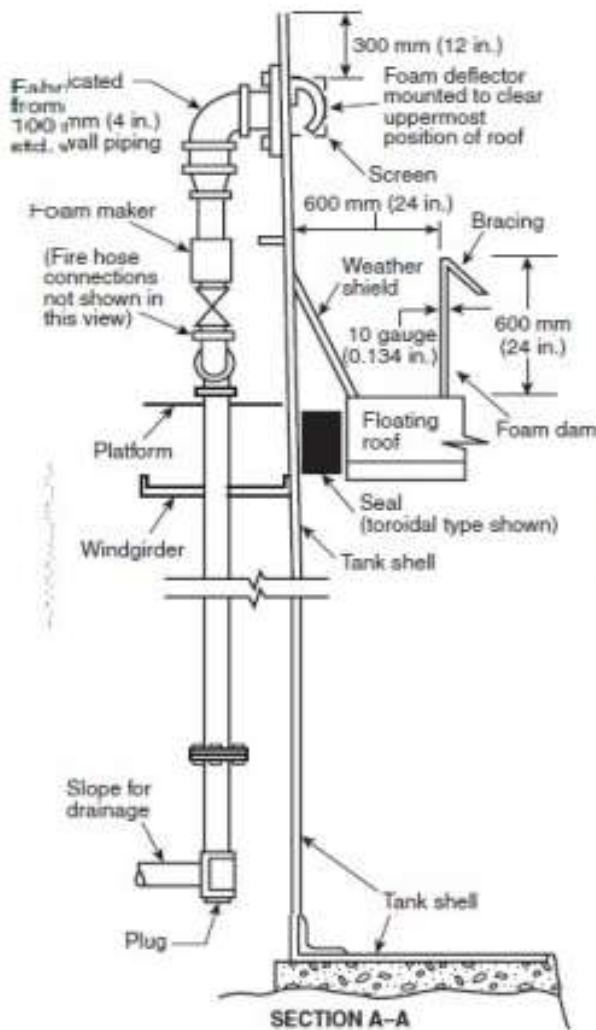


Figura ilustrativa do anteparo em toda a volta do teto flutuante, com aberturas que permitam sair a água, mantendo a espuma de combate ao fogo sobre o selo, na ocasião de fogo

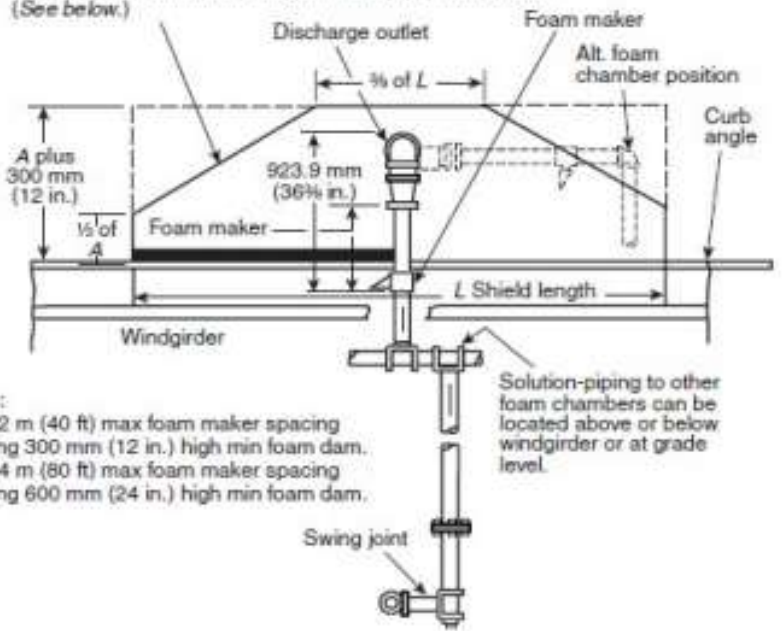
- Esquemas alternativos da instalação do injetor de espuma em tanque de teto flutuante

Referência Norma NFPA 11





Sheet steel shield can be rectangular or cut as shown mounted on top of shell reinforced with acceptable supports. Minimum dimensions depend on minimum clearance needed between foam chamber deflector and top position of roof. (See below.)



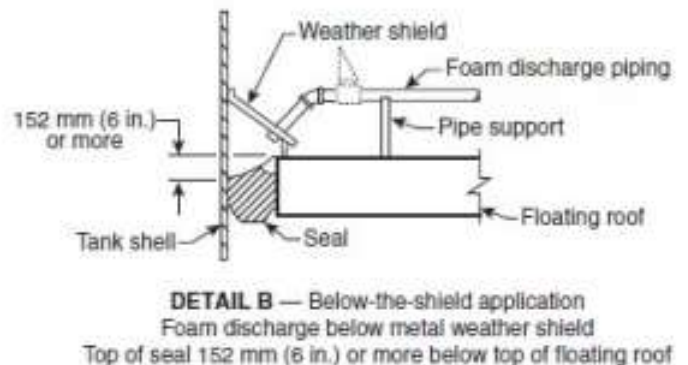
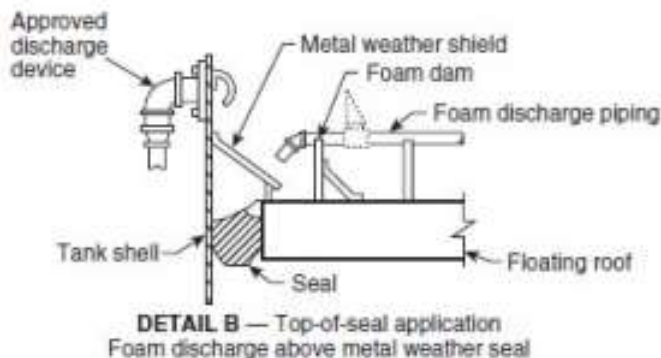
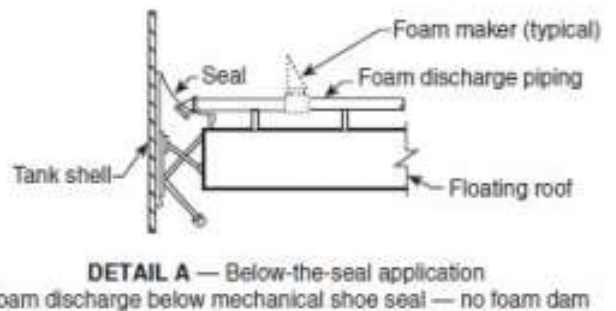
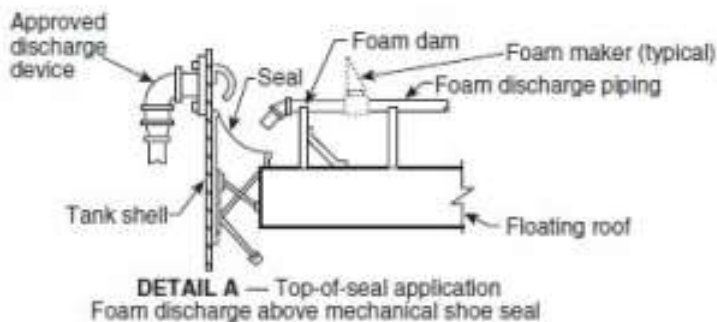
Notes:

1. 12.2 m (40 ft) max foam maker spacing using 300 mm (12 in.) high min foam dam.
2. 24.4 m (80 ft) max foam maker spacing using 600 mm (24 in.) high min foam dam.

Dimension (A) is the height of the chamber opening above the top edge of tank shell. The minimum height must clear the top position of the floating roof.

A Dimension (m)	L Dimension (m)
0.6 m (2 ft)	3 m (10 ft)
0.9 m (3 ft)	3.7 m (12 ft)
1.2 m (4 ft)	4.3 m (14 ft)

FIGURE A.5.3.5.2(a) Typical Foam Splash Board for Discharge Devices Mounted Above the Top of the Shell.



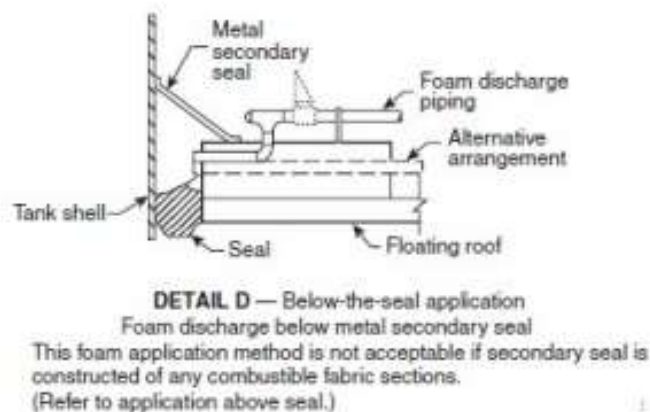
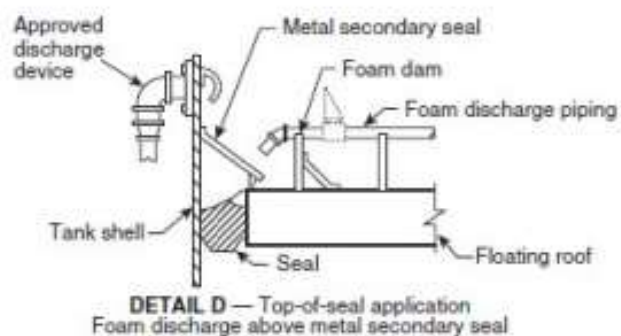
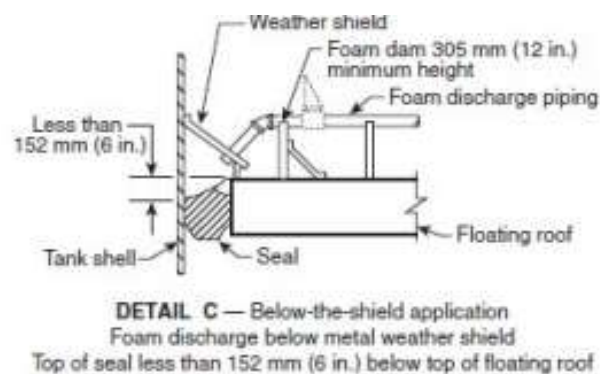
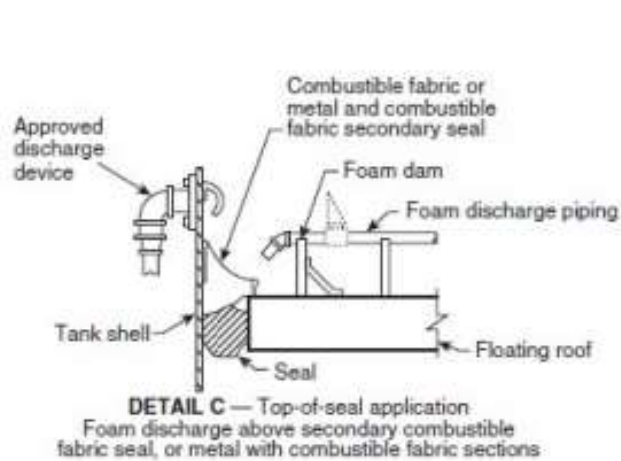


FIGURE 5.3.5.3.1 Typical Foam System Illustrations for Top-of-Seal Fire Protection. Both fixed foam (wall-mounted) and roof-mounted discharge outlets are shown for illustrative purposes. Although both methods are shown, only one is needed.

FIGURE 5.3.5.3.5.1 Typical Foam System Arrangement Illustrations for Below-the-Seal (or Shield) Application.

7.2. Condições da Norma brasileira ABNT NBR 17505-7:2013 Armazenamento de líquidos inflamáveis e combustíveis Parte 7: Proteção contra incêndio para parques de armazenamento com tanques estacionários

Nota: A itemização é a da própria norma.

1 Escopo

1.1 Esta Parte da ABNT NBR 17505 estabelece os requisitos mínimos para os projetos de sistemas de combate a incêndios com água e com espuma, destinados a instalações de armazenamento de líquidos inflamáveis e combustíveis, contidos em tanques estacionários com capacidade superior a 450 l, à pressão igual ou inferior a 103,9 kPa, medida no topo dos tanques.

8.3 Tanques de teto fixo

8.3.1 Tanques verticais

8.3.1.1 Os tanques com produtos armazenados à temperatura igual ou superior a 100°C não podem possuir sistema fixo de aplicação de espuma.

8.3.1.2 Todos os tanques atmosféricos de teto fixo que contenham produtos de classe I ou de classe II e que possuam diâmetro superior a 9 m ou altura superior a 6 m devem possuir um “sistema fixo de aplicação de espuma” (câmara de espuma ou injeção subsuperficial ou semi-superficial) para proteção e combate a incêndio.

NOTA Os critérios para utilização de injeção subsuperficial ou semi-superficial encontram-se em Norma Brasileira ou, na inexistência desta, na NFPA 11.

8.3.1.3 Os tanques destinados aos produtos que possam ser armazenados a temperaturas iguais ou superiores a seus pontos de fulgor devem obedecer aos requisitos previstos para líquidos de classe I.

8.3.1.4 Em tanques de teto fixo, não é necessária a instalação de “sistemas fixos de aplicação de espuma” nos seguintes casos:

- a) quando o produto armazenado for de classe IIIB;
 b) quando possuir “sistema de inertização”, prevalecendo sobre os parâmetros citados em 8.3.1.2.

Tabela 1 — Classificação de líquidos inflamáveis e combustíveis

Líquidos	Ponto de fulgor (PF)	Ponto de ebulição (PE)
Inflamáveis		
Classe I	PF < 37,8°C e PV < 2 068,6 mmHg	
Classe IA	PF < 22,8°C	PE < 37,8°C
Classe IB	PF < 22,8°C	PE ≥ 37,8°C
Classe IC	22,8°C ≤ PF < 37,8°C	-
Combustíveis		
Classe II	37,8°C ≤ PF < 60°C	-
Classe IIIA	60°C ≤ PF < 93°C	-
Classe IIIB	PF ≥ 93°C	-
NOTA	PV é a pressão de vapor.	

8.4 Tanques de teto fixo com teto interno flutuante ou selo flutuante

8.4.1 Os tanques com produtos armazenados à temperatura igual ou superior a 100 °C não podem possuir sistema fixo de aplicação de espuma.

8.4.2 Todos os tanques atmosféricos que contenham produtos de classe I ou de classe II e que possuam diâmetro superior a 9 m ou altura superior a 6 m devem possuir um “sistema fixo de aplicação de espuma” (câmara de espuma ou injeção subsuperficial ou semi-superficial) para proteção e combate a incêndio.

NOTA Os critérios para utilização de injeção subsuperficial ou semi-superficial encontram-se em Norma Brasileira ou, na inexistência desta, na NFPA 11.

8.4.3 Os tanques destinados aos produtos que possam ser armazenados a temperaturas iguais ou superiores aos seus pontos de fulgor devem obedecer aos requisitos previstos para líquidos de classe I.

8.4.4 Não é necessária a instalação de “sistemas fixos de aplicação de espuma” nos seguintes casos:

- a) quando o produto armazenado for de classe III A ou de classe III B;
 b) quando possuir sistema de inertização, prevalecendo sobre os parâmetros citados em 8.4.2.

8.4.5 A proteção por espuma destes tanques deve atender aos seguintes critérios:

Os tanques cujo teto flutuante interno seja do tipo *double deck*, *pontoon* ou *metallic sandwich-panel roofs* devem ser protegidos por sistema fixo de aplicação de espuma, com o aplicador instalado no costado, dimensionado no mínimo para proteger a coroa formada pela área da vedação teto/costado, considerando a taxa de aplicação de 12,2 l/min/m², durante 20 min. No caso de utilização de aplicadores sobre o teto, consultar a Norma Brasileira aplicável ou na inexistência desta, a NFPA 11. Quando utilizados tanques com selo flutuante do tipo bulk headed, com anteparo para proteger a coroa, deve ser utilizado o mesmo critério de aplicação de espuma.

Para os demais tipos de teto flutuante ou selo/membrana flutuante, deve ser considerada a área total da superfície líquida, utilizando-se os mesmos critérios para os tanques de teto fixo de mesmo diâmetro.

8.5 Tanques de teto flutuante (externo)

8.5.1 Tanques construídos conforme ABNT NBR 7821, com teto do tipo *double deck* ou *pontoon*, não necessitam de sistema fixo de aplicação de espuma, devendo ser protegidos apenas por aplicadores manuais de espuma, dimensionados, no mínimo, para proteger a coroa formada pela área de vedação teto/costado, considerando a taxa de aplicação de 12,2 l/min/m², durante 20 min.

8.5.2 Para os demais tipos de teto flutuante, deve ser considerada a área total da superfície líquida, utilizando os mesmos critérios para os tanques de teto fixo de mesmo diâmetro.

7.3. Condições da Norma brasileira NBR 12615/1992 Sistema de combate a incêndio por Espuma

Nota: A itemização é a da própria norma.

1 Objetivo

1.1 Esta Norma fornece diretrizes para a elaboração de projetos de sistemas fixos, semifixos e portáteis de extinção de incêndios por meio de espuma mecânica, assim como para a instalação, inspeção, teste de aprovação, operação e manutenção dos referidos sistemas.

1.2 Aplica-se a instalações de produção, armazenamento e de manipulação de líquidos inflamáveis e/ou líquidos combustíveis, em áreas ou locais no interior de edificações ou a céu aberto.

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 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.

6.3.2.1 Tanques com teto fixo

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, pelo menos, 4,1 l/min/m² da área de superfície de líquido do tanque a ser protegido, observadas as recomendações do fabricante do EFE- Extrato Formador de Espuma empregado;
- se houver modificação do EFE utilizado, o sistema deverá ser reavaliado e corrigido para as características do novo EFE;
- salvo manifestação expressa dos fabricantes, não devem ser misturados EFEs de fabricantes ou tipos diferentes;

Notas:

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

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 consequente extravasamento do líquido estocado; Cuidado especial deve ser dispensado na aplicação de espumas em tanques contendo óleos quentes, asfaltos em chamas ou líquidos que se encontram à temperatura acima 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.

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 incêndio 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, petroblog-Santini

há locais onde a proteção fixa pode ser recomendável devido a calor dos produtos estocados, distância da instalação ou falta de pessoal para o combate a incêndios.

6.3.6.3 Duas técnicas são conhecidas para a 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 anos do selo. Os sistemas fixos de espuma 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 300 mm da borda deste, um anteparo circular feito de chapa de aço de espessura de pelo menos 3,4 mm (chapa 10). A finalidade do anteparo é reter a espuma na área do selo e garantir uma altura suficiente (no mínimo 600 mm) 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 ranhuradas devem ser de 280 mm²/m² 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;

c) o número de pontos de aplicação da espuma deve ser determinado pela circunferência do tanque. O espaçamento máximo entre os aplicadores deve ser de até 24 m quando o tanque tiver um anteparo de 600 mm de altura. A espuma deve ser do tipo de baixa expansão, com bastante fluidez, normalmente do tipo com os tempos de drenagem perto do “limite inferior aceitável” (ver Figura 3);

d) a taxa de aplicação e o suprimento do EFE-Extrato Fornecedor de Espuma devem ser calculados considerando-se a área da coroa circular entre o anteparo e o costado do tanque. A taxa mínima da solução deve ser de 6,5 l/min/m².

O suprimento do EFE 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 160 mm abaixo da borda superior do teto flutuante. O espaçamento máximo entre os aplicadores não deve ser maior que 18 m, 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 1);

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

e) a taxa de aplicação e o suprimento 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/m² 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 Norma, tanques com teto flutuante, cobertos por um teto fixo, são tanques de 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 construído 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 do 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 0,06 m² por metro do 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 m².

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 uma torre, ou canhão monitor portátil, seja providenciada como proteção complementar para o caso de uma câmara ser danificada pela explosão do tanque (ver 6.4 e 6.5).

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 de teto flutuante.

7.4. Condições da Norma NFPA 11 Standard for Low-, Medium-, and High-Expansion Foam

Esta norma se destina ao uso e orientação dos responsáveis por projetar, instalar, testar, inspecionar, operar ou manter sistemas de extinção de incêndio com espuma de ar comprimido para fogo interno ou externo.

Nota:

Espuma de ar comprimido é uma espuma homogênea produzida pela combinação de água, concentrado gerador de espuma e ar ou Nitrogênio sob pressão, em taxas definidas pelo fabricante do gerador de espuma. Pode também ser chamada de espuma mecânica.

A espuma de ar comprimido é gerada usando uma câmara de mistura para combinar ar ou Nitrogênio sob pressão, água e concentrado de espuma nas proporções corretas.

A espuma de ar comprimido resultante é conduzida por tubos ou mangueiras e é descarregada através de um dispositivo, denominado câmara ou bico de espuma, próprio para descarregar espuma de ar comprimido sobre o fogo a ser apagado.

A operação do CAFS-*Compressed Air Foam System* “Sistema de espuma de ar comprimido” começa com o acionamento automático ou acionamento manual de um sistema de detecção, que abre válvulas permitindo que a mistura do extrato da espuma com água gerada na câmara de mistura e dosagem, flua através de um sistema de tubulações e seja descarregada na área servida pelos dispositivos de descarga (câmara ou bico de espuma) ou mangueiras.

Os riscos que os sistemas de espuma de ar comprimido podem proteger incluem o seguinte:

- Líquidos inflamáveis [pontos de fulgor abaixo de 38°C (100°F)] com pressão de vapor não superior a 276 kPa (40 psia).
- Líquidos combustíveis [ponto de fulgor de 38°C (100°F) e acima].

Os sistemas de espuma de ar comprimido não podem ser usados nos seguintes riscos de incêndio:

1. Solventes polares;
2. Produtos químicos, como nitrato de celulose, que liberam Oxigênio suficiente ou outros agentes oxidantes para manter a combustão;
3. Equipamento elétrico energizado.
4. Metais reativos à água, como Sódio, Potássio e ligas de Sódio ou Potássio;
5. Materiais perigosos reativos à água, como trietil-alumínio e pentóxido de fósforo;
6. Gás inflamável liquefeito.

Nota:

A NFPA 11 alerta para não utilizar espuma com produtos armazenados em temperaturas que possam exceder a 93°C, pois, pode haver uma rápida formação de vapor de água com ebulição turbilhonar, que causa a pressurização rápida do tanque.

Definições da Norma NFPA 11

Líquido Combustível	Um líquido que tem um ponto de fulgor igual ou superior a 37,8°C (100°F).
Classificação de Líquido Combustível.	3.3.1.1.1 Classe II. Um líquido que tem um ponto de fulgor igual ou superior a 37,8°C (100 ° F) e abaixo de 60°C (140 ° F).
	3.3.1.1.2 Classe IIIA. Um líquido que tem um ponto de fulgor igual ou superior a 60°C (140°F), mas abaixo de 93°C (200 ° F).
	3.3.1.1.3 Classe IIIB. Um líquido que tem um ponto de fulgor igual ou superior a 93°C (200°F).
Líquido inflamável	.Um líquido que tem um ponto de fulgor abaixo de 37,8°C (100°F) e uma pressão de vapor máxima de 2068,6 mm Hg (40 psia) a 37,8°C (100°F).
Classificação de líquido inflamável.	3.3.9.1.1 Classe I. Um líquido que tem um ponto de fulgor abaixo de 37,8°C (100°F) e uma pressão de vapor não superior a 2.068,6 mm Hg (40 psia) a 37,8°C (100°F).
	3.3.9.1.2 Classe IA. Um líquido que tem um ponto de fulgor abaixo de 22,8°C (73°F) e um ponto de ebulição abaixo de 37,8°C (100°F).

	3.3.9.1.3 Classe IB. Um líquido que tem um ponto de fulgor abaixo de 22,8°C (73°F) e um ponto de ebulição igual ou superior a 37,8°C (100°F).
	3.3.9.1.4 Classe IC. Um líquido que tem um ponto de fulgor igual ou superior a 22,8°C (73°F), mas abaixo de 37,8°C (100°F).

Table 5.2.4.2.2 Foam Handline and Monitor Protection for Fixed-Roof Storage Tanks Containing Hydrocarbons

Hydrocarbon Type	Minimum Application Rate		Minimum Discharge Time (minutes)
	L/min · m ²	gpm/ft ²	
Flash point between 37.8°C and 60°C (100°F and 140°F)	6.5	0.16	50
Flash point below 37.8°C (100°F) or liquids heated above their flash points	6.5	0.16	65
Crude petroleum	6.5	0.16	65

Notes:

(1) Included in this table are gasohols and unleaded gasolines containing no more than 10 percent oxygenated additives by volume. Where oxygenated additives content exceeds 10 percent by volume, protection is normally in accordance with 5.2.4.3. Certain nonalcohol-resistant foams might be suitable for use with fuels containing oxygenated additives of more than 10 percent by volume. The manufacturer should be consulted for specific listings or approvals.

(2) Flammable liquids having a boiling point of less than 37.8°C (100°F) might require higher rates of application. Suitable rates of application should be determined by test. Flammable liquids with a wide range of boiling points might develop a heat layer after prolonged burning and then can require application rates of 8.1 L/min · m² (0.2 gpm/ft²) or more.

(3) Care should be taken in applying portable foam streams to high-viscosity materials heated above 93.3°C (200°F). Good judgment should be used in applying foam to tanks containing hot oils, burning asphalts, or burning liquids that have a boiling point above the boiling point of water. Although the comparatively low water content of foams can beneficially cool such fuels at a slow rate, it can also cause violent frothing and "slop-over" of the tank's contents.

Table B.1 Storage Tank Protection Summary

Foam Application Method	Fixed-Roof (Cone) Tanks and Pan-Type Floating Roof Tanks	No. of Chambers		Applicable Floating Roof Tanks (Open-Top or Covered) Annular Seal Area
Top Side Foam Application				
Number of foam outlets required	Up to 24.4 m (80 ft) dia.	1 foam chamber		1—For each 12.2 m (40 ft) of circumference with a 304.8 mm (12 in.) high foam dam
	24.7 to 36.6 m (81 to 120 ft) dia.	2 foam chambers		1—For each 24.4 m (80 ft) of circumference with a 609.6 mm (24 in.) high foam dam
	36.9 to 42.7 m (121 to 140 ft) dia.	3 foam chambers		
	43 to 48.8 m (141 to 160 ft) dia.	4 foam chambers		
	49.1 to 54.9 m (161 to 180 ft) dia.	5 foam chambers		<i>(See 5.3.3.1 and Section 5.4.)</i>
	55.2 to 61 m (181 to 200 ft) dia.	6 foam chambers		
	Over 61.3 m (201 ft) dia.	1 additional for each 465 m ² (5000 ft ²)		
	<i>(See Table 5.2.5.2.1.)</i>			
Hydrocarbon application rates	4.1 L/min · m ² (0.10 gpm/ft ²) of liquid surface		12.2 L/min · m ² (0.30 gpm/ft ²) of annular ring area, above seal, between tank wall and foam dam	
	<i>(See Table 5.2.5.2.2.)</i>		<i>(See Section 5.3.)</i>	
Polar solvent rates	See Manufacturer's Approval Report.		Not covered by NFPA 11	
Hydrocarbon discharge times		Type I	Type II	20 min
	Flash point 37.8°C to 60°C (100°F to 140°F)	20 min	30 min	
	Flash point below 37.8°C (100°F)	30 min	55 min	<i>(See Section 5.3.)</i>
	Crude petroleum	30 min	55 min	
Polar solvents	Type I	30 min		Not covered by NFPA 11
	Type II	55 min		
Foam Outlets Under Floating Roof Tank Seals or Metal Secondary Seal				
Number required	Not applicable		Mechanical shoe seal 1 — For each 39.6 m (130 ft) of tank circumference (no foam dam required) Tube seal — Over 152 mm (6 in.) from top of seal to top of pontoon with foam outlets under metal weather shield or secondary seal 1 — For each 18.3 m (60 ft) of tank circumference (no foam dam required)	

Table B.1 *Continued*

Foam Application Method	Fixed-Roof (Cone) Tanks and Pan-Type Floating Roof Tanks	No. of Chambers	Applicable Floating Roof Tanks (Open-Top or Covered) Annular Seal Area
Hydrocarbon application rates	Not applicable		<p>Tube seal — Less than 152 mm (6 in.) from top of seal to top of pontoon with foam outlets under metal weather shield or secondary seal</p> <p>1 — For each 18.3 m (60 ft) of tank circumference [foam dam at least 305 mm (12 in.) high required] (See 5.3.5.4.)</p> <p>Top-of-seal protection with foam dam at 12.2 L/min·m² (0.30 gpm/ft²) of annular ring area. All below-the-seal with or without foam dam at 20.4 L/min·m² (0.50 gpm/ft²)</p>
Discharge times	Not applicable		20 min — with foam dam or under metal weather shield or secondary seal
Polar solvents	Not applicable		Not covered by NFPA 11
Foam Handlines and Monitors for Tank Protection			
Size of tank	Monitors for tanks up to 18.3 m (60 ft) in diameter Hand hoselines for tanks less than 9.2 m (30 ft) in diameter and less than 6.1 m (20 ft) high (See 5.2.4.2.2.)		Monitors not recommended Handlines are suitable for extinguishment of rim fires in open-top floating roof tanks (See 5.3.4.)
Hydrocarbon application rates	6.5 L/min·m ² (0.16 gpm/ft ²) (See 5.2.4.2.2.)		6.5 L/min·m ² (0.16 gpm/ft ²) For rim fires in open-top floating roof tanks (See 5.2.4.2.2.)
Discharge times	Flash point below 37.8°C (100°F)	65 min	Use same times as for open-top floating roof tank rim fires
	Flash point 37.8°C to 60°C (100°F to 140°F)	50 min	
	Crude oil (See 5.2.4.2.2.)	65 min	
Subsurface Application Outlets			
Number required	Same as table for foam chambers. See above. (See 5.2.6.2.8.)		Not recommended
Hydrocarbon application rates	Minimum 4.1 L/min·m ² (0.1 gpm/ft ²) of liquid surface Maximum 8.2 L/min·m ² (0.2 gpm/ft ²) Foam velocity from outlet shall not exceed 3.05 m/sec (10 ft/sec) for Class IB liquids or 6.1 m/sec (20 ft/sec) for all other liquids (See 5.2.6.5.1.)		Not recommended
Discharge times	Flash point 37.8°C (100°F) to 60°C (140°F)	30 min	Not recommended
	Flash point below 37.8°C (100°F)	55 min	
	Crude petroleum (See 5.2.6.5.1.)	55 min	
Polar solvents	Not recommended		Not recommended