

BLEVE

Edson Haddad, químico, Gerente da Divisão de Gerenciamento de Riscos da CETESB

Durante um atendimento a uma emergência química, as equipes de resposta enfrentam muitas situações perigosas como o vazamento de substâncias tóxicas, corrosivas, oxidantes ou inflamáveis. Além da capacitação dos profissionais e da disponibilidade de recursos, a eficiência das ações de resposta dependerá também das condições meteorológicas e do estado físico do produto, pois produtos no estado gasoso possuem altíssima mobilidade no ambiente, o que dificulta, e até mesmo inviabiliza, ações que garantam a segurança do homem e do meio ambiente.

Dentre os diversos fenômenos que podem ocorrer numa emergência química, destacam-se: formação de poça e de nuvem de gases ou vapores tóxicos, formação de poça e de nuvem de gases ou vapores inflamáveis, incêndio em poça, incêndio em sistema pressurizado, incêndio em nuvem de gás ou vapor, explosão de nuvem de gás ou vapor, explosão de fase vapor de um tanque e BLEVE.

BLEVE são as iniciais de "Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion" ou explosão do vapor expandido pelo líquido em ebulição. Trata-se de um fenômeno físico, pouco comum atualmente, resultante da liberação repentina de um líquido mantido a uma temperatura acima do seu ponto de ebulição a pressão atmosférica (líquido superaquecido). O súbito decréscimo da pressão resulta na violenta vaporização de uma fração do líquido e na formação de uma nuvem de vapor e gotículas que podem ultrapassar 200 vezes o volume inicial, o que é suficiente para gerar ondas de pressão (deslocamento do ar a alta velocidade) e fragmentos. Em outras palavras, o BLEVE é o fenômeno de explosão de um tanque com projeção de fragmentos e de expansão adiabática.

A definição acima de BLEVE permite concluir que tal evento pode ocorrer com qualquer substância, seja ela inflamável ou não. Se a substância envolvida for inflamável, poderá ocorrer a sua queima (se uma fonte de ignição estiver presente), com a conseqüente formação de uma bola de fogo ("fireball"). A presença do fogo gera dois efeitos:

- a temperatura do produto (gás/vapor) aumenta, acarretando na redução da sua densidade, facilitando, portanto, a sua ascensão;
- ocorre a expansão da massa de gás/vapor, aumentando seu diâmetro e temperatura.

Obviamente durante a sua formação, o "fireball" estará emitindo radiação térmica e pessoas e estruturas próximas poderão ser afetadas. As bolas de fogo geradas por um BLEVE podem alcançar 300 - 400 metros de diâmetro e apresentar duração de até 60 segundos. A figura 1 ilustra a ocorrência de um BLEVE seguido de um "fireball".

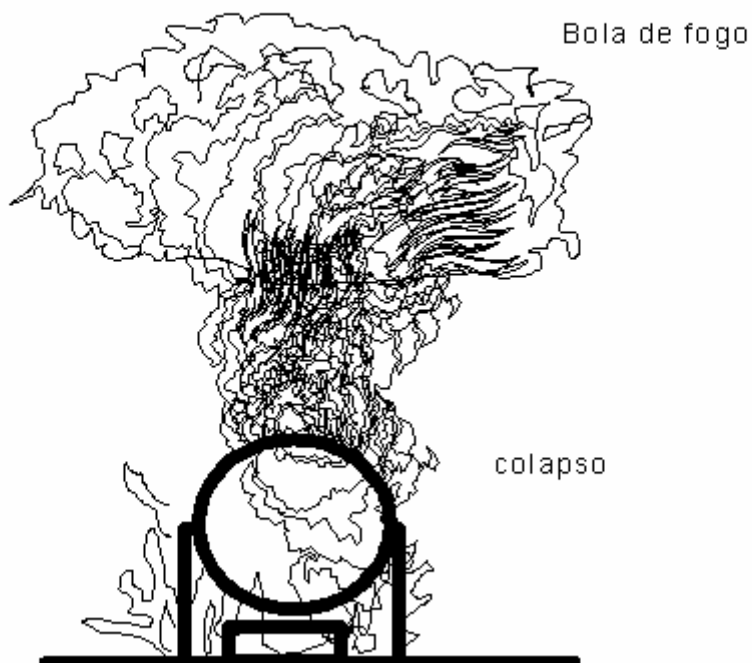


Figura 1 - Ocorrência de BLEVE seguido de /"Fireball" em esfera de armazenamento de produto inflamável

A ocorrência de um BLEVE pressupõe a existência de alguns fatores que conduzam a este evento. De um modo geral, um BLEVE ocorre quando as seguintes condições estão presentes:

- o produto envolvido é um líquido ou um gás liquefeito (inflamável ou não);
- o recipiente utilizado para armazenamento é confinado (tambor, tanque, esfera, cilindro);
- a temperatura do líquido é maior que a sua temperatura de ebulição à pressão atmosférica e, portanto, a pressão no recipiente é muito maior que a pressão atmosférica;
- ocorre a falha do recipiente que pode ser ocasionada pela presença de fogo nas imediações, fraqueza estrutural, falha da válvula de segurança, impacto e outras.

Muitas são as causas que podem conduzir a um BLEVE dentre as quais destacam-se:

- indução térmica;
- danos mecânicos;
- superenchimento;
- reações descontroladas;
- superaquecimento;
- falha estrutural.

Historicamente, a maioria dos "BLEVEs" envolvem produtos inflamáveis e são causados por incêndios próximos resultando numa bola de fogo. Geralmente o acidente ocorre da seguinte forma:

- um tanque contendo um produto inflamável (normalmente um gás liquefeito pressurizado) é atingido por um grande fluxo de calor proveniente de um incêndio;
- a temperatura do líquido e a pressão do tanque aumentam gerando a abertura da válvula de alívio com a conseqüente liberação de produto para a atmosfera, podendo ou não ignizar dando origem a um jato de fogo;
- durante algum tempo, o calor das chamas aquece o costado do tanque que, por sua vez, transfere esta energia para o líquido em seu interior evaporar, reduzindo o nível do líquido no tanque;
- em dado momento a chama externa atinge a parede do tanque que está agora, em contato com o vapor e, portanto, não consegue transferir o calor recebido;
- o calor enfraquece a parte do tanque em contato com o vapor enquanto ocorre o aumento da pressão interna;
- o tanque enfraquecido pelo calor e a alta pressão interna provocam uma repentina e violenta ruptura do tanque;
- fragmentos do tanque são lançados a grandes distâncias;
- quase todo o líquido passa instantaneamente à fase de vapor devido a despressurização, dando origem a uma imensa "bola de vapores",
- sendo o produto inflamável, o contato deste com as chamas acarretará na formação de uma "bola de fogo".

Este tipo de BLEVE apresenta um tempo de latência, ou seja, o tempo decorrente entre a primeira exposição ao fogo e a ruptura do recipiente, bastante variável. A análise dos BLEVEs ocorridos mostra que em média o evento ocorre num intervalo de cinco a trinta minutos após o início do contato da chama com o reservatório.

A figura 2 apresenta um bleve em vagão-tanque de 60 toneladas de GLP.

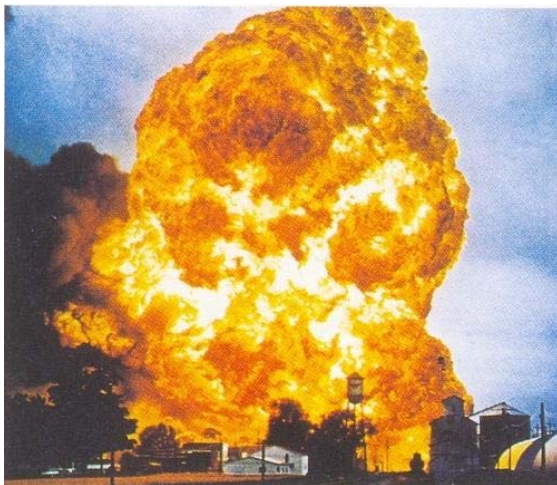


Figura 2 – Bleve em vagão-tanque contendo GLP.

O estudo dos acidentes ocorridos permitiu que algumas normas e procedimentos fossem adotados com a finalidade de prevenir o fenômeno BLEVE em tanques fixos, dentre as quais destacam-se:

- construção de piso inclinado (não menos que 1% - 1 cm/m) sob tanques/esferas de modo a não permitir o acúmulo de produto nas imediações e drenar qualquer produto derramado para uma área segura;
- redundância de válvula de alívio de pressão de modo a garantir que a pressão interna não atinja níveis críticos;
- direcionamento das válvulas de alívio para cima (90°) diminuindo o fluxo térmico do jato de fogo sobre o próprio tanque/esfera;
- dispor de um sistema de despressurização para reduzir a pressão interna a 7 bar ou a metade da pressão de projeto dentro de quinze minutos;
- dispor de sistema de resfriamento dos recipientes expostos ao fogo a uma taxa de 10L/min/m² ou mais;
- dispor de sistema de transferência do produto contido no tanque/esfera;
- dispor de sistema de injeção de água no interior do tanque/esfera;
- minimizar o número de conexões;
- realizar operações de carga e descarga por cima.

Outra causa de BLEVE é aquele gerado por danos mecânicos ao recipiente. Em alguns casos, o BLEVE ocorreu devido à corrosão do recipiente enquanto que em outros, o impacto causado por uma colisão, no transporte rodoviário ou ferroviário, acarretou na sua ocorrência. É importante salientar que neste último caso, o BLEVE pode ocorrer muitas horas após o acidente e poderá ou não ser seguido de um "fireball". Tais "BLEVEs" retardados são comuns quando a parte danificada mecanicamente inclui uma linha de solda circunferencial (cinta) que foi "estressada" durante o acidente. Esta situação produz tensões que podem causar deformações que continuam até que a falha ocorra, mesmo sem o aumento da pressão interna.

A ocorrência do BLEVE acarretará na projeção de estilhaços e fragmentos de metal que poderão ser arremessados a longas distâncias podendo, portanto, atingir o público. Além disso, poderão ocorrer sérios danos às estruturas localizadas próximas ao acidente, ou seja, outros reservatórios ou linhas poderão ser afetados pelos fragmentos ou mesmo pelo calor irradiado e gerar novos vazamentos/incêndio/explosões, portanto o fenômeno BLEVE é um grande iniciador do chamado efeito "cascata" ou "dominó".

Estudos realizados mostram que 80% dos fragmentos atingem distâncias inferiores a 300 metros, sendo que alguns já foram encontrados a mais de 1000 metros do local do BLEVE.

A tabela 1 apresenta alguns acidentes relevantes onde ocorreu o fenômeno BLEVE bem como sua causa e consequência.

Tabela 1 - Acidentes notáveis com ocorrência de BLEVE

Data	Local	Causa	Produto	Quant. (ton)	Nº de vítimas fatais
24.12.39	Zarneste, Romênia	Superenchimento	cloro	10	60
28.07.48	Ludwegghafen, Alemanha	Superenchimento	éter etílico	33	209
21.08.68	Lieven, França	Mecânica	amônia	20	5
19.10.71	Houston, Texas	Fogo (descarrilhamento)	cloreto de vinila	50	1
30.03.72	Rio de Janeiro, Brasil	Fogo	propano	1000	37
27.11.72	Santo Antonio, Texas	Corrosão	dióxido de carbono	0.01	0
11.07.78	San Carlos de la Rapita, Espanha	Superenchimento	propileno	25	211
10.01.82	Spencer, Oklahoma	Superenchimento	água	0.3	7
12.07.83	Reserve, Los Angeles	Reação descontrolada	clorobutadieno	1	3
19.11.84	Mexico City, México	Fogo	propano	3000	500
28.01.86	Kennedy Space Center, Flórida	Fogo	hidrogênio	115	7

Considerações finais

O fenômeno BLEVE é, sem dúvida, o pior evento que pode ocorrer na atividade industrial, pois associa uma explosão vigorosa e um enorme incêndio dinâmico, gerando efeitos catastróficos.

Como quase toda explosão, o BLEVE não avisa quando ocorrerá, simplesmente ocorre, não havendo assim tempo de reação tanto para as equipes de resposta quanto para a comunidade.

Deve-se, portanto, conhecer bem os fatores que podem levar à ocorrência de um BLEVE e atuar de forma cautelosa, muitas vezes somente de maneira defensiva, principalmente se houver um incêndio atingindo um reservatório contendo um gás liquefeito pressurizado. Combater um incêndio com mangueiras de água, cuja chama atinge um tanque, requer profunda avaliação quanto a pertinência, devido a possibilidade de sua ruptura e consequente dano às equipes de resposta.

Em muitas situações, a ação mais apropriada será a de não combater o incêndio, promovendo o isolamento de área e evacuação de pessoas num raio considerável, sugerindo-se 1 km ou mais para acidentes em vasos de pressão de 20 toneladas contendo gás inflamável liquefeito pressurizado, como aqueles utilizados no transporte rodoviário de GLP, butadieno, propano e butano, entre outros, até que as equipes possam ter a certeza de que a aproximação para o combate ao incêndio pode ser realizada.