



Análise do Fenômeno BLEVE e a Gestão Ambiental Portuária: Um Estudo de Caso para o Terminal Petroquímico de Miramar (PA)

Gilmar Wanzeller Siqueira¹, Fabio Marques Aprile², Maria Ivete Rissino Prestes³, João Batista Cardoso da Silva³, Maria da Conceição Gonçalves Fereira³
¹ Universidade Federal do Pará/CIABA/UFPA/ICEN/PPGCMA. E-mail: gilmar@ufpa.br
² Universidade Federal Oeste do Estado do Pará/UFOPA. E-mail: aprilefm@hotmail.com
³ Universidade Federal do Pará/UFPA/ICEN/PPGCMA.

Resumo

Um dos fenômenos que o transporte marítimo do Gás Liquefeito do Petróleo (GLP) está submetido é o BLEVE (*Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion*). Com o intuito de estudar esse fenômeno, softwares foram desenvolvidos para simular sua abrangência e prováveis impactos ambientais. Um desses softwares é o ALOHA®, desenvolvido pela *Environmental Protection Agency of USA* (EPA) e a *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA). Nessa pesquisa utilizando o ALOHA®, foi obtido um panorama geral de como seria uma explosão do tipo BLEVE para o Terminal Petroquímico de Miramar (PA). Os resultados demonstraram que o diâmetro da bola de fogo (*fireball*) seria estimado em 667 m, com duração de 32 segundos. A zona vermelha ou potencialmente letal, com radiação térmica de no mínimo 10 kW vai até uma distância de 1,4 km. A zona laranja que vai até um mínimo de 5,0 kW de radiação atingiria uma distância de 1,9 km, enquanto que a zona amarela (que potencialmente causa dor em pessoas) atingiria uma distância de 3 km. Este trabalho demonstrou que o Porto de Miramar sofreria grandes impactos físicos e provavelmente ambientais em caso de uma explosão. O software demonstrou ser uma excelente ferramenta matemática.

Palavras-chave: Bleve, GLP, ALOHA® e Meio Ambiente.

Área Temática: Impactos Ambientais

Analysis of BLEVE Phenomenon and Environmental Port Management: A Case Study for the Miramar Petrochemical Terminal (PA)

Abstract

One of the phenomena to which the Liquefied Petroleum Gas (LPG) maritime transport is subjected is the BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion). In order to study this phenomenon, softwares have been developed to simulate its comprehensiveness and probable environmental impacts. One such software is ALOHA®, developed by the Environmental Protection Agency of USA (EPA) and the National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). In this research using ALOHA®, an overview was obtained of what a BLEVE type explosion would look like for the Miramar Petrochemical Terminal (PA). The results showed that the diameter of the fireball would be estimated at 667 m with duration of 32 seconds. The red or potentially lethal zone with thermal radiation of at least 10 kW goes up to a distance of 1.4 km. The orange zone up to a minimum of 5.0 kW of radiation would reach a distance of 1.9 km, while the yellow zone (which potentially causes pain in people) goes at a distance of 3 km. This work showed that the Port of Miramar would suffer great physical and probably environmental impacts. The software has proven to be an excellent mathematical.

Key words: Bleve, GLP, ALOHA, Environmental.

Theme Area: Environmental impacts



1 Introdução

Muitos portos estão localizados no litoral brasileiro e zonas estuarinas com grande movimentação de carga de longo curso e de cabotagem, entre os quais se destacam os de Vitória, Rio de Janeiro, São Sebastião, Santos, Rio Grande, Paranaguá, Tubarão, Suape, Fortaleza, Itaqui, Belém, Santana, entre outros. De acordo com os critérios de classificação da ONU, publicados pela portaria nº. 204/97, do Ministério dos Transportes, produto perigoso é todo e qualquer substância que, dadas as suas características físicas e químicas, possa oferecer risco à segurança pública, saúde de pessoas e meio ambiente portuário; que dependendo das características do produto, e combinado com a atividade de transporte, o risco aumenta.

A gestão ambiental é um conjunto de programas e práticas administrativas e operacionais voltadas à proteção do ambiente, à saúde e segurança de trabalhadores, usuários e comunidade. Apesar dessa importante abrangência e de ser um diferencial competitivo em vários setores da economia, a gestão ambiental ainda é pouco aplicada no sistema portuário brasileiro (porto e retroporto). Segundo Porto & Teixeira (2002) *apud* Almeida (2011, p. 61) ainda "há muito por fazer para incorporar a visão ambiental no dia-a-dia do porto". O processo de reformas do setor portuário, deflagrado pela Lei de Modernização dos Portos (Lei nº 8.630/93), que constituiu o chamado "novo modelo portuário brasileiro", não contemplou de forma decisiva a questão ambiental. Por não ser considerado um fator estratégico na grande complexidade das reformas pretendidas, a dimensão ambiental entrou no sistema pela via judicial, geralmente resultante de demandas do Ministério Público.

BLEVE (*Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion*) ou explosão do vapor expandido pelo líquido em ebulação, é um fenômeno físico, pouco comum atualmente (ROBERTS, 2000). A explosão de um tanque ou cilindro é ocasionada pelo aumento da pressão interna provocada por superaquecimento e danos estruturais. E quando ocorre um BLEVE, os fragmentos do tanque podem chegar até 1000 metros de distância ou mais, e depende da capacidade de armazenagem do tanque, pois quanto maior ele for maior é a energia desprendida, que, por conseguinte maior será a distância de projeção dos fragmentos do tanque. O BLEVE representa um desses riscos ao transporte seguro do GLP nos portos e navios brasileiros e mundiais. Com uma área de abrangência enorme, esse tipo de explosão tende a trazer consequências imensuráveis às pessoas e a bens materiais próximos à ocorrência do fenômeno (AICHE, 1994).

Dentre as possíveis ocorrências com transporte do Gás Liquefeito do Petróleo (GLP) por Navio Mercante (NM), podem ocasionar uma explosão e, é indubitavelmente o fenômeno mais catastrófico e destruidor nesse tipo de acidente ambiental. Esse evento é sempre precedido da elevação da temperatura do líquido e a consequente alta na pressão interna, que em determinadas condições, o recipiente não suporta a diferença de pressão e se rompe subitamente, provocando a ocorrência do BLEVE, que é a explosão do vapor expandido pelo líquido em ebulação. A explosão proporciona indesejáveis efeitos físicos, físico-químicos e ambientais, como a radiação térmica e a onda de choque gerada, que agem destrutivamente sobre as pessoas e estruturas que circundam o epicentro do evento explosivo e transporte de poluentes atmosféricos, tais como fuligem, cinzas e fumaças, que podem ser depositadas em regiões longínquas do sinistro, provocando de um modo geral, acúmulo de poluentes nos vários ecossistemas.

Para a dispersão atmosférica, o software ALOHA® emprega o modelo Gaussiano ou o de gases pesados (modelo DEGADIS – Dense Gas Dispersion), fazendo de uma forma automática a escolha entre estes dois modelos, porém, baseando-se principalmente no peso molecular da substância em consideração, tamanho da fuga e temperatura da nuvem de gás.

Diante do exposto, o presente estudo se propõe a analisar os efeitos de uma explosão em um NM gaseiro que transporta GLP, buscando fundamentação teórica para nortear as



6º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 10 a 12 de Abril de 2018

operações no que diz respeito a áreas de isolamento e o provável impacto ambiental, no que tange a gestão ambiental portuária. Portanto, analisaremos e explicaremos esse fenômeno de forma geral, e posteriormente especificaremos para o Porto de Miramar localizado no Estado do Pará.

2 Metodologia

Uma boa pesquisa para ser desenvolvida e alcançar os seus objetivos necessita de métodos, de como proceder e obter respostas às questões por ela suscitadas. O presente estudo partiu inicialmente de uma fundamentação teórica buscando referências bibliográficas sobre os fenômenos BLEVE, explosões e onda de choque, logística do transporte marítimo do GLP e impacto ambiental no ecossistema. No que se refere às técnicas de pesquisas, utilizou-se a pesquisa documental, incluída a pesquisa bibliográfica de livros, periódicos, jornais, revistas especializadas, comunicação pessoal, relatórios técnicos que versam sobre esse assunto.

Segundo Siqueira, *et al.* (2012), o Terminal Petroquímico de Miramar está localizado na margem direita da baía de Guajará, a uma distância de 5 km do Porto de Belém. O terminal possui dois píeres: o n° 1, que foi inaugurado em 1947 e o n° 2 em 1980, em frente à Ilha das Onças no município de Belém – PA, próximo à Base Naval de Val-de-Cans (figura 1).

Figura 1: Terminal Petroquímico de Miramar. Fonte: Companhia Docas do Pará (2012).



Seu objetivo é facilitar o desenvolvimento das atividades de abastecimento de granéis líquidos inflamáveis na região norte do país, por navios e barcaças. As operações envolvendo embarcações são efetuadas pelas operadoras através de mangotes flexíveis que se conectam aos dutos para o transporte de produtos para as companhias localizadas na área do retroporto. As maiores vazões de operação são de 700m³/h para granéis líquidos (exceção do GLP) e 280 m³/h para GLP.



3 Resultados e Discussão

Utilizando o simulador ALOHA®, (2006), aplicado neste trabalho, foi obtido um panorama geral de como seria uma explosão do tipo BLEVE no Terminal Petroquímico de Miramar. O diâmetro da *fireball* (bola de fogo) foi estimado em 667 m, com duração de 32 segundos. A zona vermelha ou potencialmente letal, com radiação térmica de no mínimo 10 kW vai até uma distância de 1,4 km; A zona laranja que projeta até um mínimo de 5,0 kW de radiação, atinge 1,9 km, enquanto que a zona amarela (que potencialmente causa dor em pessoas) atinge a uma distância de 3 km.

Esses danos estão sendo mostrado de forma clara na figura 2, que respectivamente atingem zonas de risco de áreas urbanas, via de transportes importantes e áreas de recursos naturais (ar, água e solo), o que indica que a criação e manutenção de distâncias de segurança não foram acauteladas pelas entidades responsáveis pelo licenciamento ambiental de infraestruturas, mesmo estando o píer a uma distância aparentemente segura da terra firme. A *priori*, tanto o Terminal Marítimo de Miramar e o aeroporto internacional de Val-de-Cães sofreriam consequências em suas estruturas físicas, submetendo ao risco um grande número de pessoas, que utilizam diariamente o meio de transporte marítimo e aéreo, na locomoção de Belém a outros lugares e vice-versa.

Figura 2: Fenômeno BLEVE para o Terminal da Miramar (Belém do Para). O círculo da maior área afetada tem raio de 3 km. Fonte: Crédito dos autores.



No entanto, ressalva-se que os resultados desse *software* podem ser duvidosos em algumas condições, tais como, velocidades de ventos muito baixas; mudanças da direção do vento, efeitos resultantes das irregularidades do solo e outros, que podem mascarar os resultados. A literatura internacional preconiza que o *software* ALOHA® apresenta as seguintes limitações: a) considera o solo uniforme e livre de obstáculos; b) não faz previsões para mais de uma hora, após a fuga; c) ou para, distâncias superiores a 10 km do ponto de fuga (truncando as zonas de perigo que sejam maiores que 10 km).

As conquistas ambientais na área portuária dependem, em grande parte, do estabelecimento e implantação de políticas específicas, como a Agenda Ambiental Portuária (CIRM, 1998 *apud* ALMEIDA, 2011, 77. p). Se nos últimos anos houve melhorias na gestão ambiental nos portos brasileiros, muito se deve ao esforço individual de cada porto. A grande



diversidade de agências reguladoras da atividade portuária, ao atuarem desarticuladamente, gera conflitos de gestão, como se observa no licenciamento ambiental, na dragagem e na capacitação ambiental na segurança dos trabalhadores, controle e poluição ambiental, entre tantas outras questões. Com o atual quadro, não é prudente esperar, em curto prazo, que as conquistas ambientais abranjam de forma significativa o conjunto dos portos brasileiros, pois ainda está muito aquém do padrão internacional. Este trabalho pode nortear como base de dados sobre boas práticas e estudos de caso exemplares às redes de universidades e consultores, podendo prestar serviços multidisciplinares de pesquisa e desenvolvimento de soluções ambientais para essas regiões portuárias no Brasil.

4 Conclusões

O BLEVE é um fenômeno que acontece em situações específicas e apresenta um alto poder destrutivo, podendo surpreender catastroficamente até mesmo as equipes de socorro de um terminal marítimo, e com certeza deve liberar uma quantidade significativa de poluentes para as regiões circunvizinhas das áreas portuárias. O presente estudo possibilitou uma análise do fenômeno BLEVE e modelagem de um estudo de caso no Terminal Petroquímico de Miramar (PA), assim como os efeitos desencadeados após uma explosão resultante da diferença de pressão e o colapso do recipiente. Os efeitos do BLEVE tais como bola de fogo, onda de choque e efeito-míssil, agem destrutivamente sobre estruturas e pessoas que circundam o evento explosivo.

A utilização de resultados de uma “análise de consequências” traz uma maior confiabilidade para o planejamento de emergências, ou seja, maximiza a eficiência do combate e minimiza a exposição de pessoas no possível acidente, incluindo, defesa civil (bombeiros, polícia, agentes portuários), bem como dos moradores, trabalhadores das áreas vulneráveis. Além disso, podem servir como ferramenta de auto-avaliação e monitoramento ambiental, identificação de prioridades e do nível de resposta gerencial na área portuária e na cadeia logística.

O software ALOHA® demonstrou ser uma ferramenta muito fácil de usar, com uma interface amigável, em que a introdução dos dados e a realização dos cálculos são realizadas em um curto espaço de tempo, que em situação de emergência pode ser bastante útil. Decerto que esse modelo tem que ser usado e testado outras vezes para melhor otimização dessa ferramenta, visto que existem muitas variáveis naturais que influenciam bastante nos dados gerados nesse modelo.

A análise dessa ferramenta matemática de previsão para o Terminal Petroquímico de Miramar nos permitiu tecer reflexões, que podem indicar alguns avanços no debate da área de prevenção ambiental e de segurança do trabalhador e comunidades urbanas, contribuindo para uma relação entre as universidades e o setor portuário.

O sistema portuário é altamente complexo, que está inserido em sistemas socioambientais e econômicos difíceis de compreender. Para se alcançar a sustentabilidade ambiental portuária é preciso abordagens gerenciais em diferentes escalas, capazes de abranger todos os sistemas envolvidos, que estão profundamente integrados. É necessário ir da microescala (à gestão ambiental do porto), até a macroescala (à gestão da zona costeira). Isso significa que o gerenciamento dos portos deve preocupar-se com problemas rotineiros, como resíduos sólidos e líquidos, emissões aéreas, cargas perigosas (tema abordado nessa pesquisa), devendo planejar o desenvolvimento portuário no âmbito costeiro e integrando os seus interesses de expansão aos contextos socioambientais regionais e às políticas públicas que os norteiam.



6º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 10 a 12 de Abril de 2018

Referências

ALMEIDA, B, Z, S de. **Principais Características e Problemas dos Portos do Brasil**, Trabalho de Conclusão de Curso, Curso de Tecnologia em Construção Naval da Universidade Estadual da Zona Oeste (UEZO), 2011.86pp.

RELATÓRIO DE GESTÃO DA (CDP), 2012, Comissão Instituída pela Resolução DIRPRE No. 345/2012, de 29.11.2012, conforme disposto nas instruções da IN TCU nº. 63/2010, DN-TCU nº. 119/2012 e Portaria TCU nº 150/2012.

SIQUEIRA, G. W; GRANA, R. J de A; CORDEIRO, A; SILVA, J. D. A. da; MENDES, F. C. P; APRILE, F. M; LACERDA, A. M. de F & SOUSA, T. O. de. **Avaliação do risco ambiental da introdução de água de lastro no Porto Petroquímico de Miramar (Belém do Pará): Um estudo de caso**. Congresso Brasileiro de Oceanografia – Rio de Janeiro – RJ, CBO’2012 13 a 16 de novembro de 2012, 2047-2052.

AICHE – Guidelines for Evaluating the Characteristics of Vapor Cloud Explosions, Flash Fires and BLEVES – Institute of Chemical Engineers – New York – 1994.

ALOHA (2006). *ALOHA – User’s Manual*. U.S. Environment Protection Agency, Chemical Emergency Preparedness and Prevention Office; National Oceanic and Atmospheric Administration, Hazardous Materials Response Division, Office of Response and Restoration. Disponível em: <http://www.epa.gov/ceppo/cameo/aloha.htm>

ROBERTS, M. W., 2000. “**Analysis of Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion (BLEVE) Events at DOE Sites**”, EQE International Inc., Knoxville.