

BLEVEs – modelação e avaliação das consequências da explosão de um camião-cisterna de propano em Vila Nova de Cerveira

Henrique Costa^(a), Carlos Bateira^(b), António Gomes^(c)

^(a) Mestrado em CTA / Faculdade de Ciências, Universidade do Porto, hvcosta@hotmail.com

^(b) Departamento de Geografia / Faculdade de Letras, Universidade do Porto, cbateira@letras.up.pt

^(c) CEGOT / Faculdade de Letras, Universidade do Porto, atgomes@letras.up.pt

Resumo

O presente trabalho descreve a integração entre *softwares* para a modelação de BLEVEs (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion), tendo como cenário um acidente com um camião-cisterna de transporte de propano (23m³). A integração do *ALOHA* (*Areal Locations of Hazardous Atmospheres*) com o *ArcMap*, permitiu modelar os vários cenários precedentes e conducentes a ocorrência do BLEVE, analisando-se posteriormente as consequências para a população e estruturas. Este processo constitui-se como uma ferramenta importante, sendo um contributo para identificar elementos expostos, e ainda sugerir medidas de prevenção, ordenamento do território, planeamento e resposta a emergências.

Palavras-chave: Riscos Tecnológicos; SIG; BLEVE; Matérias Perigosas; Proteção civil

1. Introdução

A industrialização e os avanços tecnológicos, em prol do progresso e do desenvolvimento, modificaram a natureza dos riscos e o contexto em que estes surgem, bem como a capacidade da sociedade em compreendê-los. Muitos perigos e riscos com que nos defrontamos estão “invisíveis” no território quotidiano (Queirós, 2009). O transporte ferro-rodoviário de matérias perigosas é um exemplo deste facto, por ser um perigo móvel. A fuga/derrame ou perda da matéria transportada poderá implicar severas consequências em termos de fatalidades, feridos, evacuações, perdas económicas e ambientais. Neste contexto, foi realizada a modelação de um BLEVE (*Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion*), resultante de um hipotético acidente com um camião cisterna de 23m³ de propano (C₃H₈), na EN13 em Vila Nova de Cerveira (coordenadas: 41°56'30.50"N 8°44'28.70" O).

Segundo a TNO (2006) existem dois tipos de BLEVE, os “Cold BLEVE” e os “Hot BLEVE”. O “Hot BLEVE” ocorre quando um incêndio afeta a cisterna de transporte de propano, o que, segundo Casal *et al.* (2001), representa o principal fator da ocorrência de BLEVE's (26%). Assim, a análise e compreensão antecipada das potenciais consequências para a população e estruturas, permite propor medidas de prevenção, agir no ordenamento do território, identificar elementos expostos, e contribuir para um melhor planeamento e resposta a situações de emergência motivadas por este tipo de acidente.

2. Metodologia

Os resultados foram obtidos com recurso a diferentes materiais e métodos (figura 1). As modelações da fuga de propano, desde a propagação da nuvem tóxica (níveis de exposição AEGL), dos limites de inflamabilidade (LEL -

Lower Explosive Limit), até à ocorrência do BLEVE (kW/m²), foram realizadas com o *software* ALOHA - Areal Locations of Hazardous Atmospheres – (EPA / NOAA, 2007).

Os valores da sobrepressão (kPa) e as distâncias para os mesmos representam os cálculos de Schmitt (2009), estimados para a ocorrência de um BLEVE num camião cisterna de propano com uma massa de 8678,66kg (num volume de 23m³). As consequências da exposição para as estruturas face à sobrepressão encontram-se de acordo com o exposto por Cameron & Raman (2005).

Para se determinar no *ArcMap* a população potencialmente afetada face à radiação térmica foi utilizado o método de ponderação espacial “Areal Weighting”, de acordo com o descrito por Chakraborty & Amstrong (1995) e Margai (2001), em que:

$$\text{População potencialmente afetada} = \sum_{i=0}^n P_i + \sum_{j=0}^m \left(P_j * \frac{a_j'}{a_j} \right)$$

n = n.º de subsecções que se encontra totalmente contida na zona de sinistro (cujos limites não coincidem com os limites da área afectada);

P_i = população das subsecções totalmente contidas na zona de sinistro e em que i = 0,1,2,...,n;

m = n.º de subsecções parcialmente contidas na zona de sinistro (cujos limites intersectam ou coincidem com o limite da area afectada);

P_j = população das subsecções parcialmente contidas na zona de sinistro em que j = 0,1,2,...,m;

a_j = Área total das subsecções contidas parcialmente na zona de sinistro;

a_j' = Área das subsecções parcialmente contidas na zona de sinistro;

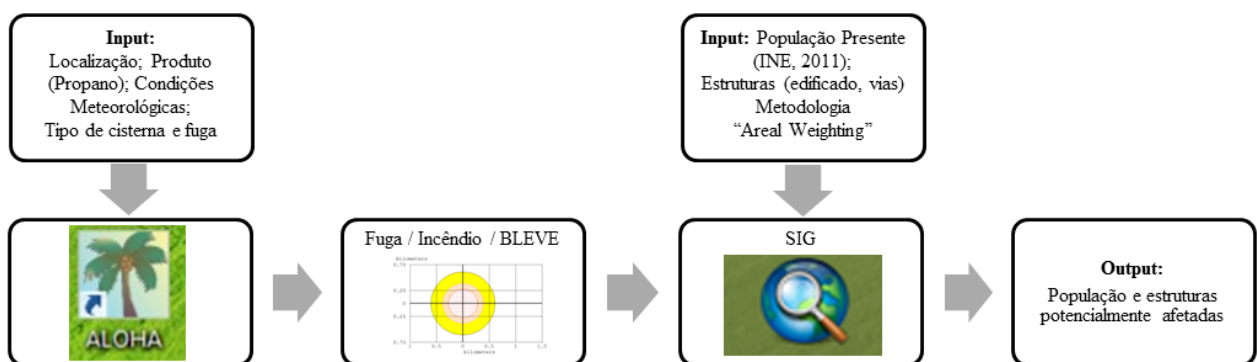


Figura 1 – Modelo conceptual da metodologia

3. Resultados e Discussão

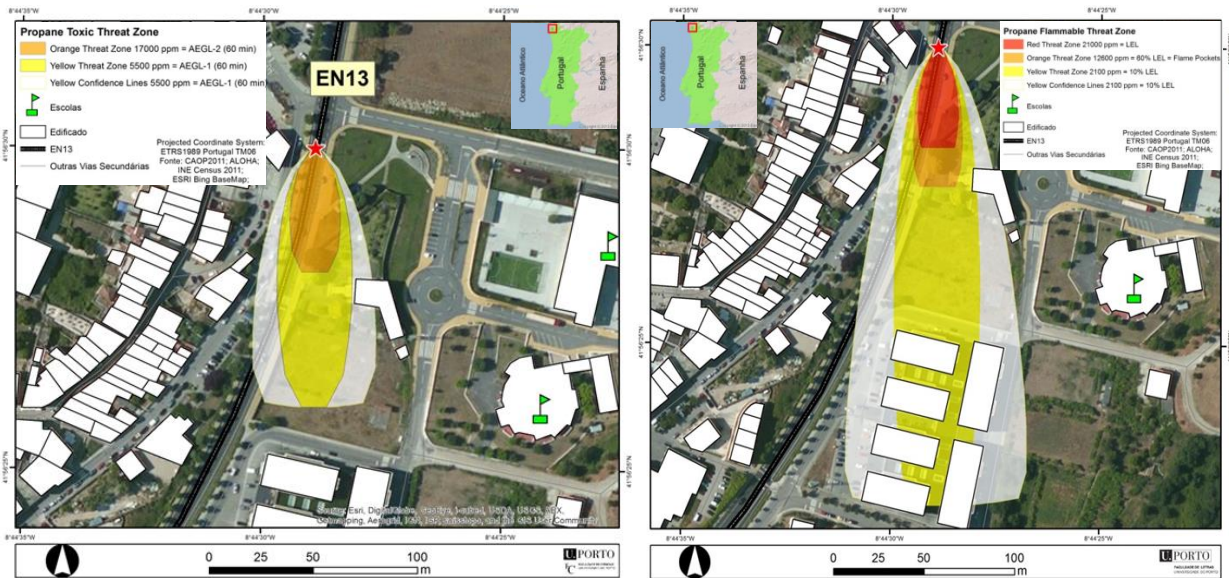


Figura 2 - Nuvem tóxica e limites de inflamabilidade a partir do local do acidente

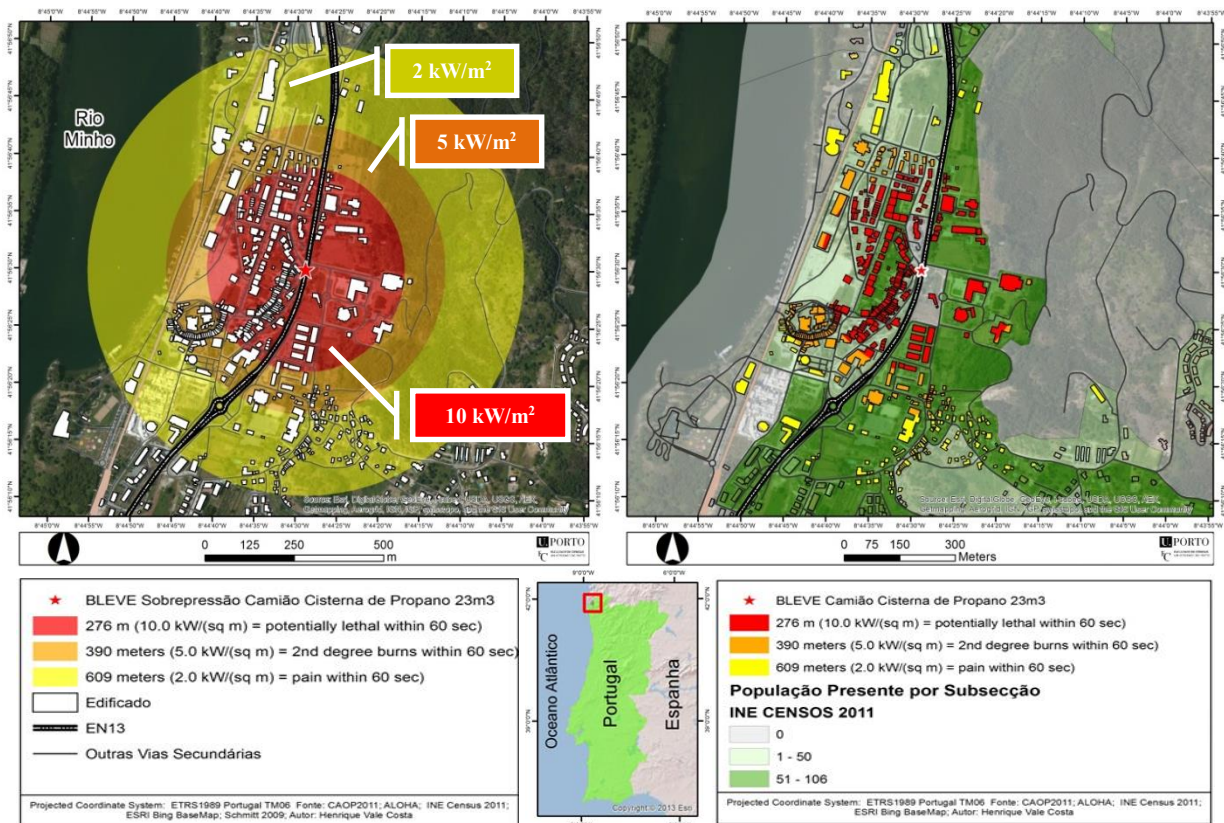


Figura 3 - Radiação térmica do BLEVE e População Presente por subsecção

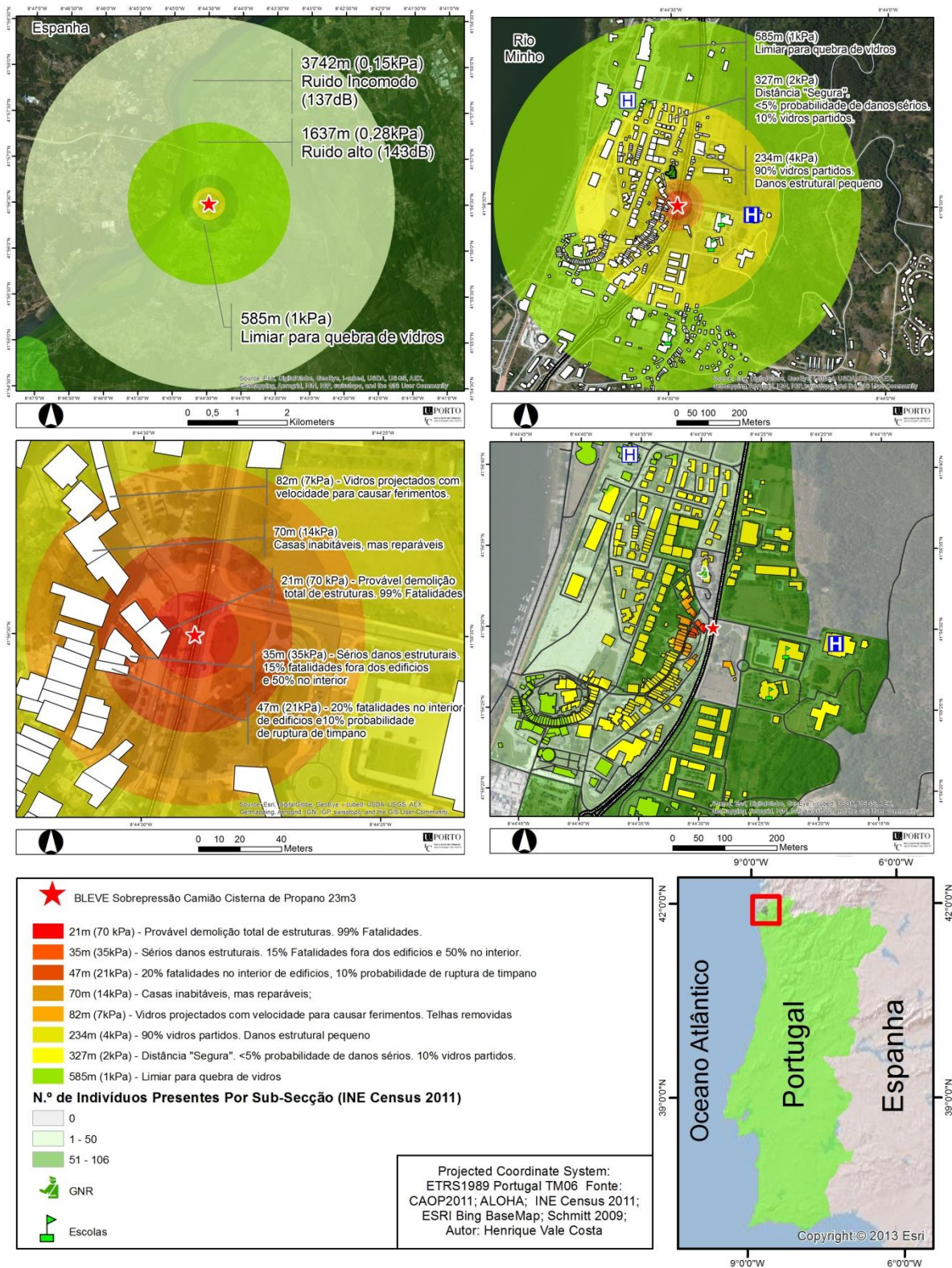


Figura 4 - Sobrepressão do BLEVE a várias escalas e População Presente por subsecção

Tabela I - População potencialmente afetada face à radiação térmica

Cintura	Área km ²	População Presente	População Presente potencialmente afetada	Consequência
276m	0,24	837	531	(10.0 kW/(sq m) = potentially lethal within 60 sec)
390m	0,24	590	257	(5.0 kW/(sq m) = 2nd degree burns within 60 sec)
609m	0,68	595	187	(2.0 kW/(sq m) = pain within 60 sec)
Total	1,16	2022 habitantes	974 habitantes	

Tabela II - Danos potenciais em estruturas

Área km ²	População Presente	População Presente potencialmente afetada	Edifícios Afetados	Edifícios com Danos Estruturais Graves	Edifícios com Pequenos Danos estruturais
1,07	2997	953	694	27	667

A modelação realizada mostra que a fuga de propano provocada pelo acidente origina a dispersão de uma nuvem de gás na direção do vento, formando uma atmosfera tóxica (figura 2). A nuvem tóxica dispersa-se até aos 124m de comprimento (limite da "yellow threat zone"), atingindo uma concentração AEGL-1 e AEGL-2.

Simultaneamente, o perigo de inflamabilidade (figura 2) ocorre em três níveis de concentração, sendo que o LEL (Lower Explosive Limit) de 100% corresponde às áreas a vermelho, a 60% a laranja, e ainda 10% de LEL às áreas a amarelo. Nas áreas onde o LEL é superior a 60%, caso a nuvem atinja um ponto de ignição, poderá ocorrer a explosão da nuvem ("VCE - Vapor Cloud Explosion") ou um rápido incêndio da nuvem ("flash fire") EPA / NOAA, 2007.

Em consequência da ignição durante a fuga de propano e consequente incêndio, irá ocorrer o BLEVE da cisterna. Os resultados obtidos apontam que 531 indivíduos poderiam falecer e 257 indivíduos poderiam sofrer queimaduras de 2.º grau, ambos os casos para uma exposição de 60 segundos à radiação térmica libertada na explosão (figura 3 e tabela I). A onda de sobrepressão causaria danos estruturais graves em 27 edifícios, e pequenos danos estruturais em 667, numa área superior a 1km² (figura 4 e tabela II). É também possível verificar que se encontram elementos vitais, estratégicos e/ou sensíveis (escolas, hospitais, entre outros) nas áreas potencialmente afetadas. Inclusivamente, várias destas infraestruturas possuem reservatórios fixos de armazenamento de propano, onde poderá ocorrer também um BLEVE. Este fato permite propor medidas de prevenção, como construir ou substituir cisternas fixas áreas por enterradas, medidas de prevenção de riscos através do ordenamento do território, salvaguardando estruturas vitais, estratégicas e / ou sensíveis, e um melhor planeamento e resposta a emergências pelo conhecimento antecipado das potenciais consequências e áreas afetadas. Este conhecimento antecipado é possível pela integração do *ALOHA* com *ArcMap* proporcionando um importante contributo para a análise de fenómenos perigosos em riscos tecnológicos. Assim, o caso de estudo e a metodologia proposta são e transversais a outras cisternas, de vários tamanhos e formas, ou mesmo outros

tipos de cenários como a dispersão accidental de gases tóxicos de uma indústria ou durante o transporte ferroviário. A análise apresentada poderá ser reproduzida por Serviços Municipais de Proteção Civil, entre outros agentes e instituições de proteção e socorro, na preparação de instrumentos específicos georreferenciados extremamente úteis ao Sistema Integrado de Operações de Proteção e Socorro (SIOPS). É ao nível local que se criam as condições de conhecimento concreto, de proximidade e de participação dos cidadãos e das suas organizações nos processos de planeamento e de ordenamento capazes de prevenir e mitigar os efeitos adversos dos perigos existentes (Julião et al, 2009).

Bibliografia

- Cameron, I. T. & Raman, R., (2005). Process Systems Risk Management. *Elsevier*. [Online] Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/bookseries/18745970/6> [Acedido em 14 de Janeiro de 2013]
- Casal, J.; Arnaldos, J.; Montiel, H.; Planas-Cuchi, E.; Vilchez, J.A..(2001). Modelling and Understanding BLEVE, *The Handbook of Hazardous Materials Spills Technology*. (pp.22.1-22.27). McGraw-Hill
- Chakraborty, J., Armstrong, M.P., (1996). Using Geographic plume analysis to assess community vulnerability to hazardous accidents, *Computers, Environment and Urban Systems*. [Online] 19, 341-356. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0198971595000186> [Acedido em 14 de Janeiro de 2013]
- Julião, R., Nery, F., Ribeiro, J.L., Branco, M.C., Zêzere, J.L. (2009). *Guia Metodológico para a Produção de Cartografia Municipal de Risco e para a Criação de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) de Base Municipal*. Ed. Autoridade Nacional de Proteção Civil. CoEd. Direcção-Geral do Ordenamento do Território e Desenvolvimento Urbano & Instituto Geográfico Português
- Margia, F. L. 2001. Health Risks and Environmental Inequity: A Geographical Analysis of Accidental Releases of Hazardous Materials. *The Professional Geographer*. [Online] 53(3):422-34. Disponível em: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00330124.2001.9628473#.U9phzvdVCg> [Acedido em 14 de Janeiro de 2013]
- Queirós, M. (2009). Riscos e Ordenamento do Território: *Prometeus* ou conhecimento e partilha. *Planeamento Civil de Emergência*, [Online] 21, 20-28. Disponível em: http://riskam.ul.pt/images/pdf/artrevnac_2009_%20riscos_ot_prometeus.pdf [Acedido em 14 de Janeiro de 2013]
- Schmitt, E. M. (2009). *Análise de consequências de uma explosão tipo BLEVE de um caminhão autotanque de GPL tipo "Bobtail"*. Dissertação de especialização em engenharia de segurança no trabalho. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- TNO Report- Netherlands Organization for Applied Scientific Research (2006). Reduction of risk of a BLEVE. *United Nations Economic Commission for Europe*. [Online] 19. Disponível em: <http://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/doc/2006/wp15ac1/ECE-TRANS-WP15-AC1-06-BE-inf03e.pdf> [Acedido em 14 de Janeiro de 2013]
- U.S. Environmental Protection Agency (EPA) & National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) (2007) *ALOHA user manual*, [Online] 195. Disponível em: <http://www2.epa.gov/cameo/cameo-downloading-installing-and-running-aloha> [Acedido em 14 de Janeiro de 2013]