

RISCOS TECNOLÓGICOS: MODELAÇÃO E AVALIAÇÃO DAS CONSEQUÊNCIAS DE UM ACIDENTE NO TRANSPORTE RODOVIÁRIO DE CLORO

Henrique Costa

Faculdade de Ciências da Universidade do Porto
hvcosta@hotmail.com

Manuel Trelles

Faculdade de Ciências da Universidade do Porto
manuel77trelles@gmail.com

António Gomes

CEGOT - Faculdade de Letras da Universidade do Porto
atgomes@letras.up.pt

RESUMO

O presente trabalho analisa um acidente tecnológico ocorrido durante o transporte rodoviário de uma cisterna com 21 toneladas de cloro (Cl_2). Apesar de não ter ocorrido fuga da substância transportada, são avaliadas as potenciais consequências para a população e ambiente, caso a fuga de cloro tivesse ocorrido. Explana-se os softwares utilizados para a modelação da possível área atingida pela fuga, e ainda para determinar o número e as possíveis consequências fisiológicas na população presente das áreas afetadas.

Palavras-chave: Riscos Tecnológicos; SIG; Cloro; Matérias Perigosas; Proteção Civil;

Introdução

A 30 de Julho de 2009 ocorreu um fatídico acidente na freguesia de Gondarém, concelho de Vila Nova de Cerveira. Um camião que transportava 21 toneladas de cloro (n.º ONU 1017), despistou-se no viaduto de acesso à A28, precipitando-se para a EN13 que se encontra a uma cota inferior. Deste acidente não ocorreu a fuga do produto transportado, contudo importa aferir quais seriam as áreas e a população potencialmente afetada caso esta tivesse ocorrido. Esta análise assume-se como um contributo para melhorar a prevenção, resposta e mitigação de futuros acidentes deste tipo.

Propriedades do Cloro

O cloro é um gás corrosivo, tóxico e comburente (ANPC, 2011), mais denso que o ar (tabela I), tendo sido inclusivamente utilizado como arma de guerra química durante primeira guerra mundial (Winder, 2001) dadas as suas propriedades toxicológicas (tabela II).

Tabela I - Propriedades do Cloro

Propriedade	Valores
Peso atómico	35.43
Peso molecular	70.91
Ponto de ebulição	-34.6 °C
Ponto de fusão a 760 mg Hg	-101 °C
Pressão de vapor a 0 °C e a 760 mg Hg	3.61 a 760 mg Hg
Densidade a 0 °C e a 760 mg Hg	3.21 g/L
Solubilidade em água a 0 °C e a 760 mg Hg	14.6 g/L (diminui com o aumento da temperatura)

Fonte: Winder, 2001

Tabela II - Efeitos no ser humano da exposição ao cloro

Concentração	Efeitos no ser humano
1-3 ppm	Ligeira irritação das membranas mucosas que pode ser tolerado durante curtos períodos de tempo. Referência para o limite de exposição de curta duração 3 ppm.
> 5 ppm	Irritação dos olhos
> 15 ppm	Irritação da garganta
15 a 30 ppm	Tosse, asfixia, queimaduras
> 50 ppm	Pneumonite química
430 ppm	Morte após 30 minutos de exposição
>1000 ppm	Morte em poucos minutos

Fonte: Adaptado de Winder (2001) e Evans (2005)

Metodologia

A modelação das áreas potencialmente afetadas pela fuga de Cloro foi realizada com o *software* ALOHA - Areal Locations of Hazardous Atmospheres - (EPA & NOAA, 2007), tendo em conta os *Inputs* especificados na figura 1. As condições meteorológicas utilizadas na modelação foram as observadas no dia e hora do acidente, registadas pelo SNIRH (Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos), concretamente na estação meteorológica de Vila Nova de Cerveira.

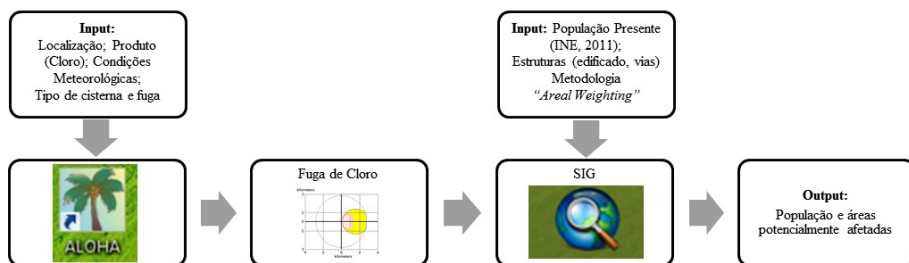


Figura 1- Metodologia da modelação do acidente tecnológico

Para se estimar no *ArcMap* a população e as áreas potencialmente afetadas face à exposição da fuga de cloro, foi utilizado o método de ponderação espacial “Areal Weighting”, de acordo com o descrito por Chakraborty & Amstrong (1995) e Margai (2001), em que:

$$População\ potencialmente\ afetada = \sum_{i=0}^n Pi + \sum_{j=0}^m \left(Pj * \frac{aj'}{aj} \right)$$

n = n.º de subsecções que se encontram totalmente contidas na área do sinistro (cujos limites não coincidem com os limites da área afetada);

Pi = população das subsecções totalmente contidas na área do sinistro e em que i = 0,1,2,...,n;

m = n.º de subsecções parcialmente contidas na área do sinistro (cujos limites intersectam ou coincidem com o limite da área afetada);

Pj = população das subsecções parcialmente contidas na área do sinistro em que j = 0,1,2,..., m;

aj = Área total das subsecções contidas parcialmente na área do sinistro;

aj' = Área das subsecções parcialmente contidas na área do sinistro;

Pela hora e dia da ocorrência do acidente (cerca das 14h00 de sexta-feira), foram realizados os cálculos da população potencialmente afetada tendo em conta a População Presente, por subsecção, à data dos censos 2011 do INE.

Resultados e Discussão

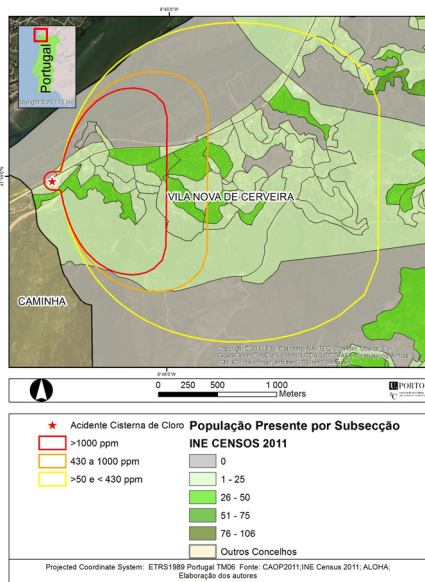


Figura 2 - Dispersão da fuga de cloro e População Presente por subsecção

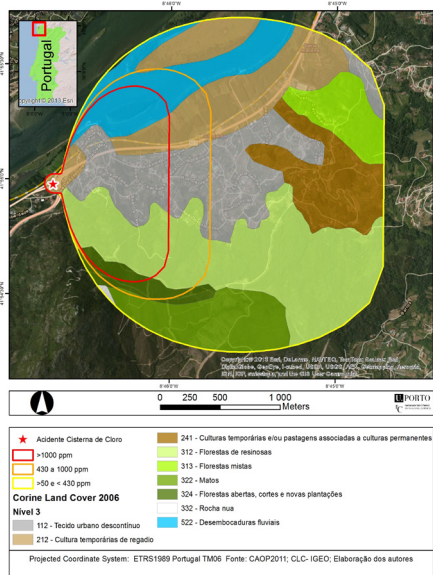


Figura 3 - Dispersão da fuga de cloro e uso do solo (Corine Land Cover 2006)

Tabela IV - População potencialmente afetada

Concentração	Consequência	Área km ²	Total de População Presente potencialmente afetada
>1000ppm	Morte em poucos minutos	1,18	237
430ppm	Morte em 30 min. de exposição	0,74	133
>50ppm	Pneumonite química, tosse, irritação de garganta e olhos, etc.	4,09	525
	Total	6,01	896

Os resultados obtidos na modelação patente na figura 2 e tabela IV evidenciam que a área mortal em poucos minutos (>1000ppm), atingiria uma superfície de 1,18 km², onde 237 indivíduos seriam potencialmente afetados. Também 133 indivíduos poderiam vir a falecer caso estivessem expostos durante 30 minutos a 430ppm, e 525 iriam sofrer consequências severas para a saúde como pneumonite química.

Tabela V - Área potencialmente afetada por tipo de uso do solo

Código CLC	Tipo de uso do solo (Corine Land Cover Nível 3)	Área Km ²
112	Tecido urbano descontínuo	1,12
212	Cultura temporária de regadio	1
241	Culturas temporárias e/ou pastagens associadas a culturas permanentes	0,56
312	Florestas de resinosas	1,63
313	Florestas mistas	0,32
322	Matos	0,53
324	Florestas abertas, cortes e novas plantações	0,18
332	Vegetação esparsa	0,01
522	Desembocaduras fluviais	0,65
Total		6,01

Analisando as modelações realizadas com a Corine Land Cover 2006 (figura 3 e tabela V), o impacto no ambiente ocorreria, para os níveis >50 ppm, numa área de 1,63 km² de florestas resinosas, 0,53 km² de matos, 0,32 km² de florestas mistas, 0,18 km² de florestas abertas, 0,01 km² de vegetação esparsa e 0,65 km² de desembocaduras fluviais do Rio Minho. É importante referir que o Rio Minho e as suas margens se encontram integradas na Rede Natura 2000 pelo que qualquer dano no seu ecossistema representa uma agravante séria a nível ambiental. A exposição da vegetação a uma fuga accidental de cloro dar-se-á sobretudo através da dispersão do gás na atmosfera. A vegetação exposta poderá sofrer danos e diminuição da área foliar, diminuição nos níveis de clorofila e morte. (EPA, 2003)

Conclusão

A relação entre riscos e o território é complexa e apenas a análise detalhada dos locais e contextos específicos nos poderá ajudar a compreender a suas dinâmicas. O território não deve ser estudado sem se considerarem os perigos, vulnerabilidades e riscos que enfrenta e, por outro lado, nenhum risco pode ser avaliado sem ter em consideração a dimensão espacial (Queirós, 2009). No caso concreto do trabalho realizado, a integração entre o ALOHA e o ArcMap, complementados pela metodologia “*Areal Weighting*”, permite estimar as potências consequências da fuga de cloro para a população e ambiente. Assim, poder-se-á concluir, através da análise dos resultados, que um acidente envolvendo o transporte de cloro poderá acarretar um elevado dano nas populações e no ambiente. Além da metodologia proposta, este estudo constitui-se também como instrumento de apoio à prevenção, resposta e mitigação de futuros acidentes, contribuindo para a sensibilização, formação e resposta de todos os agentes de proteção civil.

Bibliografia

- Autoridade Nacional de Proteção Civil (2011) - *Manual de intervenção em emergências com matérias perigosas - químicas, biológicas e radiológicas*. Carnaxide, ANPC, p.313;
- 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]
- Evans, R.B. (2005) - Chlorine: State of the art. *Lung*, 183(3), 151-167
- 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#.U9phzVldVCg> [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/artretnac_2009_%20riscos_ot_prometeus.pdf [Acedido em 14 de Janeiro de 2013]
- Winder, C. (2001) - The toxicology of chlorine. *Environmental Research*, 85(2), 105-114.
- 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]
- U.S. Environmental Protection Agency (2003) - National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants: Chlorine and Hydrochloric Acid Emissions from Chlorine Production, *Federal Register*, vol.(68). [70947-70957]