



21

*Territórios de risco: processos,  
vulnerabilidades e segurança*

## SISTEMA DE APOIO À DECISÃO NA COMUNICAÇÃO DE ACIDENTES GRAVES\*

27

António A. Pinho Leite

Técnico Superior de Higiene e Segurança do Trabalho

[apleite@net.sapo.pt](mailto:apleite@net.sapo.pt)

### RESUMO

Devido à actividade de produção, manuseamento, armazenagem e transporte de substâncias químicas perigosas numa área industrial, pode ocorrer um grave acidente químico, que pode afectar as empresas vizinhas e a população envolvente. Perante os vários cenários de danos físicos e humanos, o objectivo deste projecto centrou-se no desenvolvimento de uma aplicação de apoio à decisão na comunicação de acidentes graves às autoridades de protecção civil. A aplicação de metodologias, com recurso a software específico, resultaram no desenvolvimento de uma aplicação que visa permitir e facilitar esta tomada de decisões, apoiando a direcção de emergência das empresas a gerir este tipo de comunicações em situações de crise.

**Palavras-chave:** Risco químico, cenários de acidentes graves, sistema de apoio à decisão, SIG.

### RESUMEN

*Sistema de apoyo a las decisiones en la comunicación de accidentes graves* - Como consecuencia de la actividad de producción, manipulación, almacenaje y transporte de sustancias químicas peligrosas en un área industrial, puede ocurrir un accidente químico grave, que puede afectar a las empresas vecinas y a la población adyacente. Teniendo en cuenta los diversos escenarios de daños físicos y humanos, el objetivo de este proyecto se centró en el desarrollo de una aplicación de apoyo a la decisión en la comunicación de accidentes graves a las autoridades de protección civil. La aplicación de metodologías, utilizando software específico, da como resultado el desarrollo de una aplicación que tiene por objeto permitir y facilitar esta toma de decisiones, apoyando a la dirección de emergencia de las empresas para gestionar este tipo de comunicación en situaciones de crisis.

**Palabras clave:** Riesgo químico, escenarios de accidentes graves, sistemas de apoyo a las decisiones, SIG.

### RÉSUMÉ

*Système d'aide à la décision pour la communication d'accidents graves* - Dû à l'activité de la production, du manèment, de stockage et du transport de substances chimiques dangereuses dans un secteur industriel, il peut se produire un grave accident chimique, qui peut affecter les sociétés voisines bien que la population enveloppante. Prenant en compte les divers scénarios de dommages physiques et humains, l'objectif de ce projet s'est centré dans le développement d'une application vers l'aide à la décision à prendre sur la communication d'accidents graves aux autorités de la protection civile. L'application de méthodologies, avec ressource à un logiciel spécifique, a résulté dans le développement d'une application laquelle a le bût de permettre et faciliter cette prise de décisions, en aidant la direction d'urgence des sociétés, à gérer ce type de communications en situations de crise.

**Mots-clé:** Risque chimique, scénarios d'accidents graves, système d'aide à la décision, SIG.

### ABSTRACT

*Decision support system for communication in serious accident* - A serious chemical accident can occur at industrial site due its production activity and handling, storage and transportation of hazardous chemicals. Such accidents may affect surrounding business companies and population. Given the various physical and human scenarios, this project focuses on developing a decision support application for reporting serious accidents to the civil protection authorities. The application of methodologies, using specific software, resulted in the development of an application that aims to enable and facilitate this decision making, supporting the emergency steering of the companies to manage this type of communication in crisis situations.

**Keywords:** Chemical risk, serious accident acenarios, decision support systems, GIS.

\* O texto deste artigo corresponde à comunicação apresentada ao VII Encontro Nacional de Riscos e I Forum ISCIA, tendo sido submetido em 28-10-2013, sujeito a revisão por pares a 16-02-2014 e aceite para publicação em 21-04-2014.

Este artigo é parte integrante da Revista *Territorium*, n.º 21, 2014, © Riscos, ISBN: 0872- 8941.

## Introdução

A actividade de produção e armazenagem de quantidades significativas de produtos químicos perigosos constitui um risco tecnológico de importância considerável.

28

O citado risco decorre da eventualidade de uma emissão significativa e acidental de substâncias perigosas para o ar, água e solo, bem como por incêndios ou explosões susceptíveis de desenvolvimento encadeado (efeito dominó).

Por outro lado, o intenso tráfego rodoviário e ferroviário de transporte de mercadorias perigosas nas áreas próximas das empresas que desenvolvem este tipo de actividades, obriga a uma atenção específica inerente ao risco, meios envolvidos e às zonas de circulação, algumas delas em locais de elevada densidade populacional.

Decorrente de vários acidentes que ocorreram em todo o mundo envolvendo substâncias químicas perigosas, a Comunidade Europeia estabeleceu um conjunto de requisitos aos seus estados membros, com objectivo de prevenir a ocorrência de acidentes graves, através da publicação em 1982 de uma directiva, conhecida como de SEVESO I (Directiva 82/501/CEE do Conselho, de 24 de Junho de 1982).

A referida directiva, transposta para o direito português pela primeira vez em 1987 e actualizada pelo Decreto-lei 254/2007, de 12 de Julho, atribui aos operadores dos estabelecimentos abrangidos, entre outras obrigações, a responsabilidade de comunicar às Autoridades Competentes e aos Serviços de Protecção Civil da área, um conjunto de informações relativas aos acidentes graves que possam ocorrer, nomeadamente:

Informação sobre as circunstâncias do acidente;

- O tipo de substâncias envolvidas;
- Os efeitos potenciais para o homem e para o ambiente;
- As medidas de emergência adoptadas;
- As medidas mitigadoras e de prevenção.

Neste âmbito, as empresas abrangidas pela classificação de alta perigosidade no âmbito da Directiva Seveso, tem assim a responsabilidade de implementar um sistema de gestão de acidentes graves, que deverá incluir, entre outros requisitos e obrigações, a comunicação às autoridades de protecção civil local de qualquer evento que possa constituir uma ameaça para as empresas vizinhas, população envolvente e ecossistemas próximos.

Tendo presente este conjunto de solicitações, a função de comunicação no sistema de gestão de crise é de crucial importância para as empresas abrangidas, não só para o desempenho de todos os seus principais intervenientes, mas principalmente para a direcção de emergência.

Estando as empresas dotadas de diversas ferramentas para o apoio neste acto de gestão de crises, é reconhecido que a sua acessibilidade poderá não ser a mais adequada tendo em conta os meios e tempo disponíveis para o tratamento de informação, já que a consulta a manuais de emergência, poderão tornar esta tarefa de avaliação de efeitos e consequências demasiadamente morosa.

Neste contexto, foram traçados os seguintes objectivos específicos para o desenvolvimento do projecto na empresa alvo, designado como o “SIGAE - Sistema de Apoio à Decisão na Comunicação de Acidentes Graves” (fig. 1):

- Operacionalizar as metodologias existentes para a avaliação de efeitos decorrentes de acidentes graves envolvendo substâncias perigosas.
- Integrar sistemas relevantes para o apoio e avaliação dos efeitos decorrentes dos acidentes, tais como estações meteorológicas, sistemas fixos de detecção e monitorização de gases na atmosfera.
- Elaborar, implementar e operacionalizar o sistema de avaliação de efeitos físicos e de consequências envolvendo substâncias perigosas, baseado em plataforma SIG (Sistema de Informação Geográfica).



Fig. 1 - Fluxograma da comunicação de acidentes graves.

## Sistemas de Apoio à Decisão

Os Sistemas de Apoio a Decisão ou DSS (Decision Support Systems) são soluções baseadas em tecnologia da computação que podem ser usadas para auxiliar as actividades de tomada de decisões e de resolução de problemas. Nasceram nos anos 60 com o desenvolvimento dos minicomputadores.

Já existem numerosas ferramentas de apoio à gestão de desastres, algumas delas específicas para acidentes industriais graves envolvendo substâncias perigosas. Estas ferramentas podem dar apoio a tomada de decisões relativas à logística do evento, nas decisões económicas, no apoio à intervenção, na definição de perímetros de segurança, no estabelecimento de corredores de evacuação ou noutro tipo de acções.

Uma das tecnologias mais usadas é o SIG - Sistema de Informação Geográfica. Esta tecnologia fornece a capacidade de mapear e analisar os perigos,

permitindo dimensionar a sua severidade e visualizar geograficamente a sua área de impacto.

A análise integrada do risco obriga à consideração da presença de infra-estruturas críticas e da população exposta, ou seja, da vulnerabilidade efectiva da área. Com base no impacto potencial de quaisquer perigos, as prioridades para a mitigação podem ser assim melhor estabelecidas.

Deste modo os SIG fornecem uma plataforma para o armazenamento e gestão de toda a informação considerada pertinente, bem como de ferramentas de análise e consulta, que permitem um acesso expedito para o apoio à decisão em situações de emergência.

O Sistema de Apoio à Decisão Espacial aplicável à gestão de desastres está a revelar-se na actualidade como um instrumento fundamental para quem tem a responsabilidade pela tomada de decisões.

### Gestão de Emergências

A gestão de situações de emergência contempla um vasto e variado leque de situações, que exige conhecimentos técnico-científicos muito diversificados.

Numa situação de emergência, o tempo disponível nunca é suficiente e o volume de informação que é necessário considerar, é em geral vasto, e pressupõe uma elevada e atenta dinâmica no seu processamento.

Por outro lado, um dos principais factores que influencia a capacidade de decisão dos responsáveis pela segurança, e que está intimamente ligada à capacidade de gerir situações de emergência, é a capacidade de gerir informação rápida e eficazmente, nomeadamente, durante o desenvolvimento das acções de emergência.

Os meios que normalmente as empresas dispõem para a determinação das consequências para o exterior de acidentes graves, embora bem sustentados tecnicamente, não são de fácil acesso ao nível do seu processamento, já que a informação é vasta e não está suportada por qualquer apoio informático relevante.

Sabendo-se que as ferramentas informáticas orientadas para a gestão de situações de emergência, tem-se revelado uma mais-valia, na medida em que permitem melhorar o conhecimento da situação, aumentar a rapidez de acesso à informação e melhorar a qualidade das decisões, tornou-se óbvio o interesse das empresas em desenvolver uma aplicação com estas características.

A aplicação aqui apresentada enquadra-se nesta temática, uma vez que, mediante os resultados obtidos e tendo em conta as obrigações das empresas, permite que a Direcção de Emergência das empresas possa comunicar o acidente, identificar as áreas potencialmente afectadas e as possíveis consequências ou danos, contribuindo,

assim, para a definição, de modo mais adequado e rápido, das estratégias de gestão dos meios e recursos necessários à intervenção externa.

### Software utilizado

Para o desenvolvimento da aplicação SIGAE - SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA DE APOIO A EMERGÊNCIAS, recorreu-se a software de reconhecida credibilidade.

### Cálculo de Efeitos Físicos

O modelo ALOHA (Areal Locations of Hazardous Atmospheres) utilizado nesta aplicação é um programa informático desenvolvido para calcular e modelar as emissões químicas acidentais para a atmosfera, assim como determinar os níveis de afectação por radiação térmica e sobrepressão geradas por incêndios e/ou explosões (fig. 2).

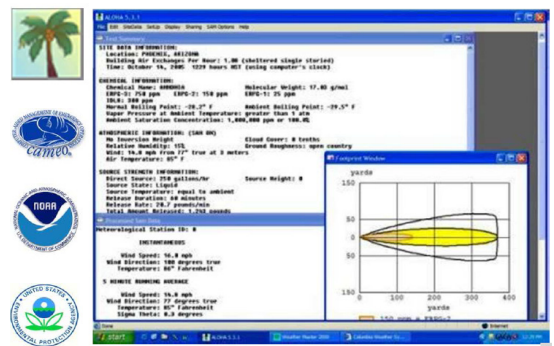


Fig. 2 - Aplicação informática ALOHA.

ALOHA foi desenvolvido como parte do software CAMEO - Computer-Aided Management of Emergency Operations pela National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) e pela Environmental Protection Agency (EPA), ambas instituições de grande relevo nos Estados Unidos da América, onde este modelo é usado pela maioria das entidades de prevenção e socorro.

A finalidade da aplicação do modelo ALOHA é fornecer estimativas com carácter de previsão de impactos potenciais à saúde humana e à segurança para o público em geral, decorrentes de acidentes com substâncias químicas perigosas.

Sendo um modelo que exige a introdução de dados, de modo a determinar as áreas de afectação, é necessário introduzir as condições climáticas tais como a temperatura do ar, a velocidade do vento, assim como a estabilidade atmosférica. Outras entradas de dados incluem o produto químico em causa, o tipo de fonte, as propriedades físicas da libertação tais como a temperatura e a pressão do produto químico e o volume de produto químico libertado.

Este modelo produz saídas gráficas, que incluem estimativas das áreas afectadas em diferentes níveis

de concentração, o caudal e duração da libertação de um químico para a atmosfera; os níveis de radiação térmica e/ou sobrepressão resultantes de incêndios ou explosões, respectivamente.

As zonas de afectação são aquelas onde existe risco de toxicidade, inflamabilidade, radiação térmica ou danos por sobrepressão, em 3 níveis de concentração, de acordo com o estabelecido no “*Guia metodológico para a produção de cartografia municipal de risco e para a criação de sistemas de informação geográfica (sig) de base municipal*”:

- Zona de Efeitos Letais - Efeitos na saúde com perigo de morte.
- Zona de Efeitos Irreversíveis - Efeitos na saúde irreversíveis, prolongados ou de outra forma graves que possam diminuir a capacidade de um indivíduo para tomar medidas de autoprotecção.
- Zona de Efeitos Transientes - Efeitos na saúde ligeiros e transientes ou experiência de irritação ou desconforto notórios.

No entanto, tal como em outros modelos semelhantes, o ALOHA, ao não ser muito exigente no detalhe de dados, tem limitações nas seguintes condições ambientais:

- Velocidades de vento muito baixas;
- Condições atmosféricas muito estáveis;
- Em situações onde ocorra variações de vento;
- Em emissões de partículas ínfimas ou misturas químicas.

Para além do referido, o modelo não fornece grandes detalhes ao nível da concentração, particularmente perto da fonte da libertação, para além de não ter em conta os efeitos decorrentes da morfologia do terreno.

Uma grande vantagem desta aplicação é a possibilidade da sua associação à tecnologia SIG permitindo assim visualizar e manipular os dados decorrentes dos cenários, e representar através de mapas e tabelas, as perdas e consequências dos acidentes.

Como é natural, e esta é uma condição geral aplicável a todos os modelos, a qualidade dos resultados está directamente relacionada com a quantidade e qualidade da informação introduzida neste tipo de aplicações.

#### *Sistema de Informação Geográfica*

Os SIG podem ser definidos segundo BURROUGH (1986) como “*um poderoso conjunto de ferramentas para recolher, armazenar, recuperar, transformar e visualizar dados sobre o mundo real*”.

Tal como os Sistemas de Informação (SI) tradicionais, os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) integram hardware, software, informação georreferenciada e

meios humanos. A grande vantagem dos SIG face aos SI reside na sua componente geográfica.

A tecnologia SIG pode ser integrada em múltiplos sistemas de informação, em qualquer tipo de organização.

No presente projecto foi utilizado o software ArcGIS da ESRI (Environmental Systems Research Institute), que permite a elaboração e manipulação de informações para o uso e gestão da informação relativa ao impacto dos acidentes graves na área envolvente.

O ArcGIS disponibiliza uma vasta gama de ferramentas de forma integrada e de fácil utilização. É um software de interface gráfica e amigável, que permite a sobreposição de planos de informação vectoriais e matriciais, além de objectos gráficos, fontes (letras) e figuras, com a finalidade de mapeamento temático. Também permite pesquisas e análises espaciais, criação e edição de dados, padronização e impressão de mapas.

A escolha desta ferramenta computacional prendeu-se com o facto de ser utilizada por um grande número de organizações, nomeadamente ao nível do poder local e das entidades de gestão do ordenamento do território, o que permitira, à partida, uma maior compatibilidade dos dados disponíveis.

Este software tem ainda a vantagem de interagir com o modelo ALOHA, utilizado no cálculo dos efeitos físicos provocados por acidentes graves, permitindo deste modo a análise de risco sobre a cartografia local, fornecendo aos seus utilizadores a possível escala e extensão dos danos.

#### **Desenvolvimento**

##### *Recolha de informação*

Nesta fase foi recolhida toda a informação disponível sobre a temática relevante para o projecto. Apuradas as obrigações de processamento de informação, foi necessário consultar e recolher toda a informação contida na bibliografia que suporta os instrumentos utilizados na avaliação de efeitos e consequências decorrentes de acidentes graves envolvendo substâncias perigosas.

Neste contexto, foi ainda construída uma base de dados geográfica com os elementos expostos da área envolvente à empresa alvo, ou seja, foram georreferenciadas as instalações nevrálgicas potencialmente afectadas por um acidente grave, tais como as empresas vizinhas, espaços comerciais, de restauração, escolas, meios de assistência e socorro, etc.

##### *Base de dados*

Todos os elementos expostos foram, como referido anteriormente, georreferenciados e caracterizados,

entre outros, quanto à função e ao número médio de ocupantes. Esta base de dados geográfica foi produzida para poder ser sobreposta aos ortofotomapas.

*Cenários de Acidentes Graves*

Todos os cenários predefinidos presentes no Plano de Emergência Interno da empresa alvo deste projecto, assim como os diversos caudais obtidos através da metodologia expedita de cálculo foram reprocessados através da aplicação informática ALOHA.

Para cada uma das situações, os cenários foram desdobrados tendo em conta 2 situações climáticas de condições de dispersão (normais e desfavoráveis).

O desenvolvimento do SIGAE com base nos cenários pré-determinados seguiu de modo sucinto o seguinte encadeamento (fig. 3):

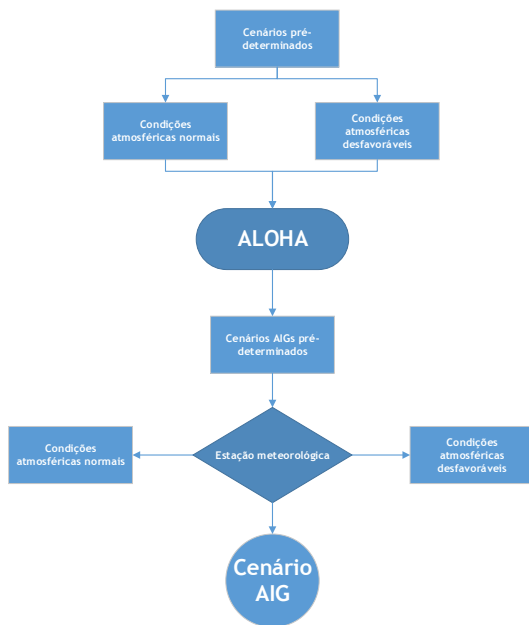


Fig. 3 - Fluxograma de desenvolvimento da aplicação SIGAE.

**Resultados**

*Concepção do modelo de aplicação*

Com base na informação disponível recolhida na fase anterior e após o seu processamento no software já referido, foi estruturada a base para a concepção do modelo da aplicação SIGAE - Sistema de Informação Geográfica de Apoio a Emergências, que decorre em dois níveis:

- Avaliação dos efeitos físicos resultantes do acidente.
- Identificação dos potenciais elementos expostos mais significativos.

*Avaliação dos efeitos físicos resultantes do acidente*

Este módulo da aplicação, que corre no mesmo ambiente computacional que monitoriza e controlo o processo produtivo, o operador obtém os resultados dos efeitos resultantes do acidente, no modo de apresentação gráfica dos já referidos perímetros de severidade (fig. 4):

- Zona de Efeitos Letais.
- Zona de Efeitos Irreversíveis.
- Zona de Efeitos Transientes.

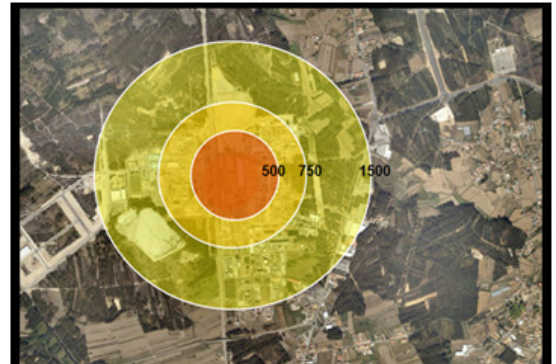


Fig. 4 - Demarcação das 3 áreas de afectação (LOC - Level of Concern) - Perímetros de Severidade.

*Identificação dos potenciais elementos expostos mais significativos*

A informação gráfica resultante do processamento dos acidentes graves no ALOHA é transformada em círculos de afectação, atendendo às respectivas dimensões para cada LOC (Level of Concern).

Resultante da intersecção destas áreas com os elementos expostos, é possível determinar quem é afectado, isto é, os elementos expostos (fig. 5).

ZONA DE AFECTAÇÃO	DISTÂNCIA MÁXIMA metros	ELEMENTOS EXPOSTOS N.º de Pessoas
VERMELHA	500	50
LARANJA	750	150
AMARELA	1000	500

Fig. 5 - Quadro de Resultados/Consequências.

Esta aplicação, para além de possibilitar a visualização das áreas de afectação, permitirá aos responsáveis pela produção e direcção de emergência avaliar o potencial impacto do acidente, ou seja, identificar rapidamente os elementos expostos, após ter procedido à selecção do respectivo cenário de AIG.

## Conclusão

O projecto SIGAE partiu da necessidade de saber, em plena situação de emergência, qual o impacto sobre empresas vizinhas, população envolvente e ecossistemas nevrálgicos próximos, dos efeitos resultantes de um acidente industrial grave na empresa alvo.

Esta necessidade permitiu assim desenhar e conceber uma aplicação que, embora não processando a informação de uma forma automática, constituirá uma ferramenta importante de apoio à decisão na comunicação dos acidentes às Autoridades de Protecção Civil (fig. 6).

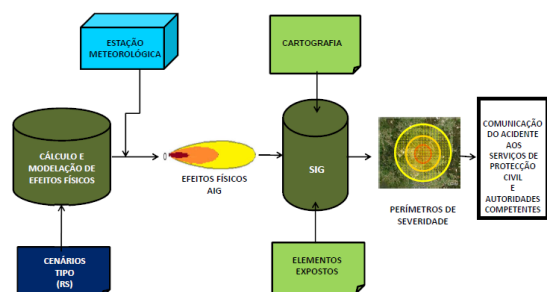


Fig. 6 - Esquema geral da aplicação SIGAE.

No entanto, é de sublinhar que a aplicação não substituirá a intervenção nem os conhecimentos técnicos de quem gere as acções de emergência.

O que a aplicação permitirá é o acesso, mais rápido e simplificado, a um conjunto de informação relevante nesta matéria, facilitando deste modo a tarefa do responsável pela direcção de emergência na avaliação da situação no exterior do estabelecimento e na respectiva celeridade na comunicação e diálogo com as autoridades de protecção civil durante o período de crise resultante de um acidente grave envolvendo substâncias químicas perigosas.

## Referências Bibliográficas

AUTORIDADE NACIONAL DE PROTECÇÃO CIVIL (2009) - *Caderno Técnico PROCIV 7 - Manual de Apoio à Elaboração de Planos de Emergência Externos* (Directiva “Seveso II”).

BURROUGH, P., MCDONNELL, R., A. (1988) - *Principles of Geographical Information Systems (Spatial Information Systems)* - Oxford Univ. Press, 2.ª edição.

DECRETO-LEI n.º 254/2007, de 12 de Julho - Estabelece o regime de prevenção de acidentes graves que envolvam substâncias perigosas e de limitação das suas consequências para o homem e o ambiente, transpondo para a ordem jurídica interna a Directiva n.º 2003/105/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 16 de Dezembro, que altera a Directiva n.º 96/82/CE, do Conselho, de 9 de Dezembro, relativa ao controlo dos perigos associados a acidentes graves que envolvam substâncias perigosas - 2007.

ESRI (2008) - *Geographic Information Systems Providing the Platform for Comprehensive Emergency Management*, ESRI® White Paper.

JULIÃO, Rui Pedro - *Sistemas de Informação Geográfica & Análise Espacial 2008-2009* - [www.fcsh.unl.pt/docentes/rpj/docs/sig3ae\\_b1.pps](http://www.fcsh.unl.pt/docentes/rpj/docs/sig3ae_b1.pps) - página visionada em 21.05.2010.

JULIÃO, Rui Pedro (Coordenador); NERY, Fernanda; RIBEIRO, José Luís; BRANCO, Margarida Castelo; ZÉZERE, José Luís (2009) - *Guia metodológico para a produção de cartografia municipal de risco e para a criação de sistemas de informação geográfica (sig) de base municipal* - Edição: Autoridade Nacional de Protecção Civil c/ co-edição da Direcção-Geral do Ordenamento do Território e Desenvolvimento Urbano e do Instituto Geográfico Português.

PARLAMENTO EUROPEU E DO CONSELHO - Controlo dos Perigos Associados a Acidentes Graves que Envolvem Substâncias Perigosas - Directiva 2012/18/EU, de 4 de Julho, e que altera e subsequentemente revoga a Directiva 96/82/CE do Conselho.

ROBINSON, B.W. (1986) - *General guidance on emergency planning within the CIMAH Regulations for chlorine installations*. UK CHLORINE PRODUCERS.