

ESTUDO DO RISCO SÍSMICO E TSUNAMIS NO ALGARVE (ERSTA). ASPECTOS METODOLÓGICOS DA DETERMINAÇÃO DAS VULNERABILIDADES HUMANAS

Rodriguez, J. · Queirós, M. · Henriques, E. B. · Palma, P. · Vaz, T.

Centro de Estudos Geográficos. Faculdade de Letras da Universidade de Lisboa.
Alameda da Universidade. 1600-214 Lisboa. Tel.+ 351 217940218.

Resumo

Pela sua proximidade às placas euro-asiática e africana, o Algarve apresenta uma perigosidade sísmica elevada. Perante esta ameaça, torna-se indispensável conhecer e quantificar as vulnerabilidades humanas na comunidade regional, de forma a se poderem estimar os danos directos a ela associados.

Reconhecendo a importância deste risco natural, a Autoridade Nacional de Protecção Civil (ANPC) em parceria com diversas instituições universitárias está a desenvolver o *Estudo do Risco Sísmico e de Tsunamis do Algarve (ERSTA, 2007-08)*¹. No âmbito deste estudo, o CEG/FLUL é a entidade responsável pelo *estudo das vulnerabilidades humanas*².

Esta comunicação tem por objectivo apresentar os principais aspectos metodológicos da determinação das *vulnerabilidades humanas*, que se organiza em duas etapas. Numa primeira, é realizado o diagnóstico dos elementos vulneráveis, baseado na caracterização demográfica e socio-económica; no estudo das localizações de maior atractividade e concentração; a caracterização das deslocações diurnas, semanais e sazonais da população residente e presente. Na segunda etapa estabelece-se a dimensão das vulnerabilidades humanas, por intervalo de tempo, período do ano e unidade espacial, através do cálculo da população presente, considerando os padrões de mobilidade da população residente e não residente.

Os resultados obtidos ao nível das vulnerabilidades humanas serão integrados num simulador em SIG, que permitirá através do estabelecimento de cenários sísmicos e a

¹ Protocolo celebrado entre a Faculdade de Letras da Universidade de Lisboa/Centro de Estudos Geográficos e a Autoridade Nacional de Protecção Civil (ex-SNBPC), em 2006.

² Este estudo aprofunda a metodologia já aplicada, em 1999-2001, no estudo de *Risco Sísmico* efectuado para Área Metropolitana de Lisboa (CEG, 2001).

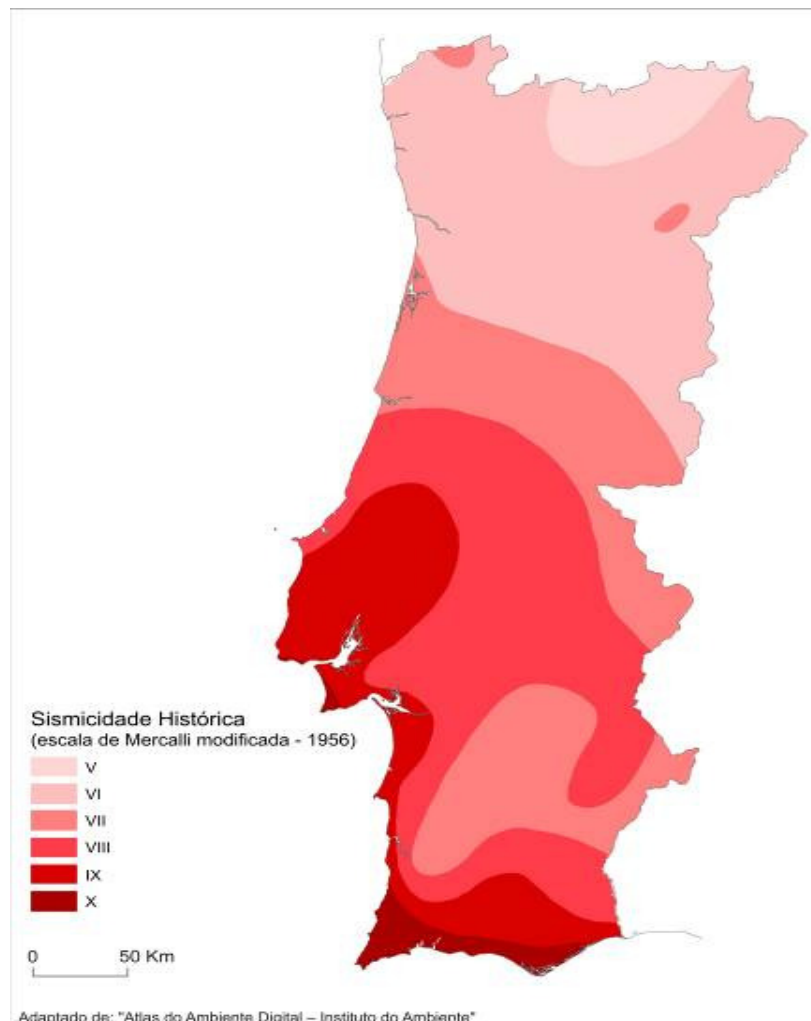
previsão dos danos associados, apoiar os serviços de protecção civil na elaboração e gestão dos referidos planos especiais de emergência.

Palavras-chave: Algarve; risco sísmico; vulnerabilidades humanas, população presente, mobilidade espacial quotidiana.

1. Introdução: a ameaça, as vulnerabilidades humanas e o risco

O território continental Português apresenta diferentes níveis de intensidade sísmica que, regra geral, aumenta de Nordeste para Sudoeste (Figura 1), aproximando-se da fronteira entre as placas tectónicas *euro-asiática e africana*, principal fonte de tensão sísmica que influencia o território nacional (Senos e Carrilho, 2003).

Figura 1 – Sismicidade Histórica



Fonte: CEG / FLUL, 2007

Destacam-se duas áreas, a Região de Lisboa e o Algarve, que abrangem, em termos históricos, áreas de intensidade de VIII a X, da escala de Mercalli modificada.

Segundo os registos, a Região do Algarve aparece como sendo aquela onde ocorre um maior número de sismos sendo estes de maior intensidade. Dos episódios conhecidos com maior impacte destacam-se:

- em 6 de Março de 1719, um sismo com consequências consideráveis na zona de Portimão;
- em 27 de Dezembro de 1722, apenas 3 anos depois do anterior, ocorreu um outro sismo na região do Algarve com consequências catastróficas, que registou elevados danos materiais;
- em 1 de Novembro de 1755, sobreveio aquele que foi o sismo mais destruidor para o território nacional e que produziu o maior tsunami que atingiu a costa portuguesa;
- em 28 de Fevereiro de 1969 foi registado o último grande sismo que, voltou a causar danos materiais na região de Lisboa e do Algarve.

Perante estas ameaças naturais, o Algarve é uma região muito particular do território português, facto agravado pela forte variação sazonal ao nível da presença humana. Com uma População Residente superior a 400 mil habitantes, pode, em determinados períodos do ano, apresentar valores de População Presente na ordem de 1500000 indivíduos (Plano de Bacia Hidrográfica das Ribeiras do Algarve, 2000; Plano Nacional de Saúde, 2004-2010).

Para além da forte variação anual verifica-se um acentuado contraste espacial da população, existindo freguesias com uma densidade próxima de 2 habitantes por km² no interior do Algarve e no litoral Sudoeste e outras, com mais de 875 habitantes por km² (Figura 2).

No Verão, associados ao turismo sol e praia, nos fins de ano, e ainda nos períodos da Páscoa e do Carnaval, a região recebe importantes fluxos demográficos, quer nacionais que internacionais, directamente relacionados com o turismo.

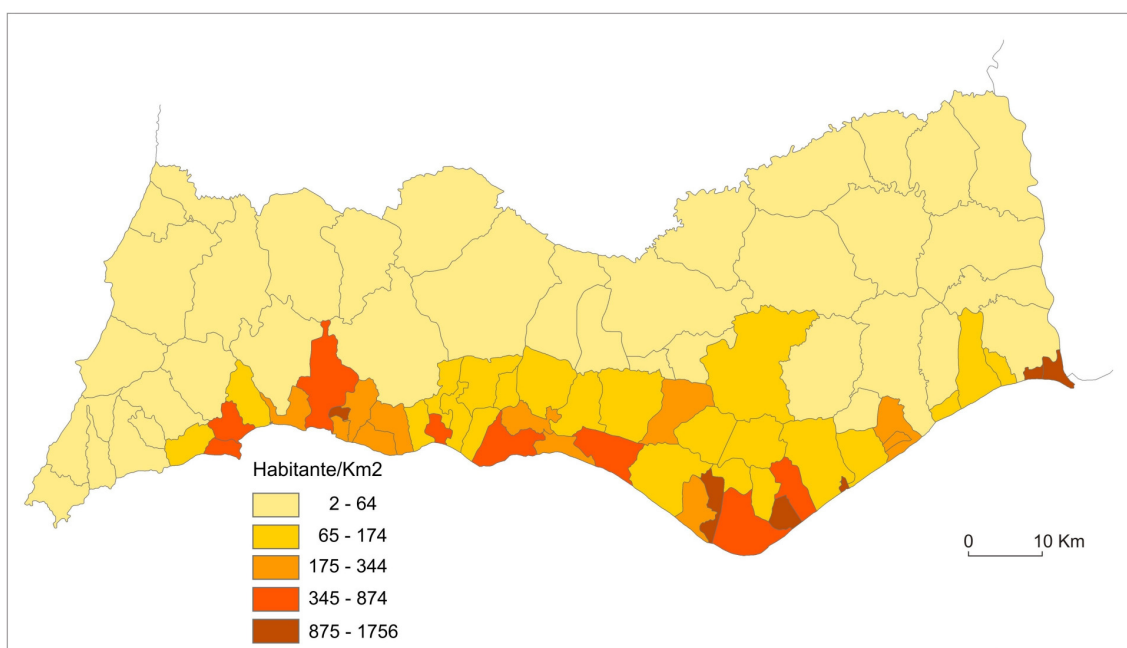
Perante a elevada dimensão dos fluxos turísticos, a identificação das áreas de maior concentração da oferta de alojamento turístico na região é uma tarefa essencial para a determinação das vulnerabilidades humanas. Como se pode observar na Figura 3, a distribuição da capacidade de alojamento é fortemente contrastada, com a faixa costeira

entre Faro e Lagos a apresentar 90% da capacidade total de alojamento em estabelecimentos turísticos do Algarve.

O Algarve, pela ameaça sísmica e de tsunamis, a concentração da da população residente no seu litoral e os fortes afluxos turísticos que apresenta é um território em risco.

Reconhecendo a importância deste risco, a Autoridade Nacional de Protecção Civil (ANPC) promoveu a realização do *Estudo do Risco Sísmico e de Tsunamis no Algarve* (ERSTA), no período 2006-08.

Figura 2 – Densidade populacional, 2001



Fonte: INE, Censos 2001 in CEG / FLUL, 2007

2. O Projecto ERSTA e o CEG

O Projecto ERSTA, coordenado pela ANPC, integra 9 (nove) entidades³, que abrangem as áreas de investigação consideradas necessárias para a concretização dos objectivos propostos:

- Estudar aprofundadamente o risco sísmico da região e as vulnerabilidades associadas.

³ Para além do Centro de Estudos Geográficos/Faculdade de Letras de Lisboa, o Instituto de Meteorologia, o Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação, a Universidade do Algarve, o Instituto de Ciências da Terra e do Espaço, a Faculdade de Letras do Porto, a Escola Superior de Tecnologia, o Laboratório Nacional de Engenharia Civil e o Instituto Superior Técnico.

- Implementar, com base num Sistema de Informação Geográfica (SIG), um simulador de ocorrência de sismos e dos prováveis danos associados à sua ocorrência, suportando o planeamento das necessárias acções de emergência em situação de catástrofe; a realização de exercícios de preparação e de acções de formação para os agentes do sistema de protecção civil.
- Adquirir maior conhecimento sobre as vulnerabilidades existentes na região, no sentido de sensibilizar as entidades competentes para desenvolverem acções que conduzam à sua redução.

No conjunto dos componentes do Projecto, o estudo dos elementos vulneráveis é central. Neste âmbito, consideraram-se os seguintes elementos: o parque edificado, os pontos vitais de apoio às situações de emergência, as redes técnicas, as barragens e ainda, de forma central, a população residente e presente (os elementos humanos vulneráveis).

O estudo das vulnerabilidades humanas é essencial para a concretização dos referidos objectivos, pois permitirá estimar, via simulador, a dimensão dos danos resultantes de diferentes cenários sísmicos e de tsunami. O CEG é a entidade responsável por este estudo e pela produção da informação que suportará o simulador e os objectivos da investigação são:

- Caracterização dos elementos humanos vulneráveis:
 - Características demográficas e socio-económicas da região;
 - Identificação das localizações de maior atractividade e de mais elevada concentração populacional;
 - Identificação das deslocações diurnas, semanais e sazonais da população residente e presente;
- Estabelecimento de vulnerabilidades Humanas:
 - Estimativa da população presente por intervalo de tempo, período e unidade espacial.

3. Principais Aspectos Metodológicos

De acordo com os objectivos explicitados, a determinação das vulnerabilidades humanas pela equipa do CEG estrutura-se em duas etapas. Na primeira, procede-se ao diagnóstico e caracterização dos elementos vulneráveis, nomeadamente a população, nos seus aspectos quantitativos e qualitativos. Na segunda, estabelece-se a dimensão da população presente na região e o seu provável comportamento ao longo do dia, por intervalo de tempo, período do ano e unidade espacial.

3.1 Caracterização dos elementos humanos vulneráveis

Em Portugal é conhecida a significativa dispersão da informação por muitas e diferentes entidades e organismos responsáveis pela recolha de dados estatísticos. Acresce a dificuldade de, por vezes, ser necessário recolher e compatibilizar dados de diferentes entidades para se atingirem os objectivos pretendidos.

A selecção das variáveis teve por base os objectivos do projecto, incidindo naquelas com maior pertinência para a determinação dos quantitativos populacionais, que em diferentes momentos se encontram nas unidades geográficas de análise, ou, para a avaliação de certas características susceptíveis de conferirem vulnerabilidade à população em caso de sismo e tsunami.

Trata-se de informação de base para o conhecimento da distribuição geográfica da população e das principais tendências de ocupação do território. No Quadro 1 apresenta-se a lista das variáveis analisadas, o seu nível de desagregação, o ano e a entidade que disponibilizou a informação. Relativamente às variáveis de caracterização demográfica, foi dada especial atenção ao volume total de população residente por freguesia, bem como as suas variações intercensitárias (1981-2001), uma vez que se trata de informação de base para o conhecimento da distribuição geográfica da população e das suas dinâmicas. Considerando a evolução que poderá ter ocorrido desde o último Recenseamento Geral (2001) procedeu-se igualmente à recolha das *Estimativas Anuais da População Residente de 2006* - a mais recente estimativa oficial do INE.

A informação estatística relativa à população activa e ao emprego é obtida a partir de duas fontes de informação. O INE, que disponibilizou os dados referentes à população residente economicamente activa empregada, para 1981, 1991 e 2001, e o Gabinete de

Estratégia e Planeamento (GEP, ex-DETEFP) que forneceu os dados dos Quadros de Pessoal para 1982, 1989, 1999 (em ambos os casos por concelho) e 2005 (por freguesia). Acresce, porém, que os dados do GEP não contemplam todo o emprego. Os Quadros de Pessoal não incluem, por exemplo, o emprego na Administração Pública nem os trabalhadores independentes e empresários em nome individual.

Quadro 1 - Lista das variáveis em análise para a Caracterização Demográfica e Socioeconómica

Variáveis	Fonte de informação	Nível de desagregação	Ano de referência
População residente	INE	Freguesia	1981, 1991, 2001 e 2006
População residente por grupos etários	INE	Freguesia	1981, 1991 e 2001
Alojamentos Familiares	INE	Freguesia	1981, 1991 e 2001
Forma de ocupação dos alojamentos: residência habitual e uso sazonal	INE	Freguesia	1991 e 2001
População economicamente activa empregada, por sector de actividade	INE	Concelho	1981, 1991 e 2001
Emprego, por sector de actividade	GEP	Concelho Freguesia	1982, 1989, 1999 e 2005
Funcionários em organismos da administração pública (central e local)	DGAP	Freguesia	2005

A utilização da Base de Dados da Administração Pública (BDAP)⁴, da Direcção-Geral da Administração e do Emprego Público (DGAEP), relativos ao emprego na função pública, permite reduzir as limitações da base de dados da GEP.

A Região do Algarve, destino de “sol e praia” preferencial para muitos turistas portugueses e estrangeiros, constitui um território onde o volume de emprego varia muito ao longo do ano. Existe mesmo um conjunto de actividades económicas, nomeadamente ao nível da restauração, que funcionam apenas em determinados períodos do ano. A isso acresce ainda o facto do emprego informal (não declarado) assumir maior relevância em locais e sectores onde a procura é muito irregular ao longo do ano. Este facto constitui uma dificuldade adicional quando se realizam estudos onde a variável emprego é parte integrante.

4 Os dados da BDAP relativa a 2005, não apresentam valores de pessoas ao serviço para muitos organismos (Juntas de freguesia, Escolas, etc.), no entanto optou-se por incluir os valores que eram disponibilizados para diminuir o erro nos dados do GEP. Pretende-se posteriormente completar estes dados quando esta informação estiver disponível.

Na determinação das vulnerabilidades humanas importa, ainda, analisar as áreas de concentração populacional. Considerando os dados disponibilizados pelo Instituto Nacional de Estatística (INE), é possível definir um padrão de ocupação do território, tendo por base duas unidades territoriais: o Concelho e a Freguesia. Importa, ainda, identificar e caracterizar a forma de distribuição da população em cada uma destas unidades geográficas de análise, uma vez que as dificuldades de salvamento são diferenciadas consoante se trata de população dispersa em pequenos aglomerados – onde o isolamento poderá ser o principal problema – ou de população concentrada em núcleos urbanos de elevada densidade.

A identificação das áreas de atracção quotidiana da população, para além do emprego e da residência, teve por base o conjunto de equipamentos geradores das deslocações. Entre estes, destacam-se os vocacionados para a prestação de serviços, como hospitais e estabelecimentos de ensino/educação e ainda os relacionados com o turismo e lazer, como centros comerciais, cinemas e parques temáticos. À semelhança do que ocorre com algumas das variáveis analisadas na caracterização demográfica e socio-económica, também no que diz respeito à informação estatística sobre os equipamentos relevantes, o nível de desagregação disponibilizado pelas entidades competentes nem sempre é o desejado.

A falta de informação sobre as deslocações diárias da população residente e presente é, sem dúvida, um dos principais problemas para uma correcta determinação da sua localização. A informação disponibilizada pelo INE no âmbito dos Censos 2001, nomeadamente os resultados do “Quadro 16” do *Questionário Individual* que inclui a informação sobre o “local de trabalho ou de estudo”, “tempo gasto em média nas deslocações para o local de trabalho ou estudo” e “principal meio de transporte utilizado pela população residente”, limita o desenvolvimento de uma adequada análise dos actuais padrões de interacção espacial existentes na área de estudo.

Deve, ainda, salientar-se que a importância do sector turístico na Região do Algarve implica a existência de um elevado quantitativo de população presente não residente, nacional e estrangeira, que visita sazonalmente a região, nomeadamente os concelhos com mais equipamentos e serviços turísticos. A apreciável diferença entre os valores da população residente e a presente, nomeadamente nos períodos de férias, constitui uma das principais características da realidade regional em análise e é um facto essencial na caracterização da população presente. A necessidade de conhecer os padrões de

mobilidade espacial desta parcela da população (previsivelmente com uma elevada mobilidade espacial), explica o lançamento de inquéritos estatisticamente representativos aos estabelecimentos e à população turística.

Em suma, de acordo com a necessidade de informação sobre os padrões de deslocações diurnas, semanais e sazonais da população presente no Algarve, estão a realizar-se os seguintes inquéritos à população presente na região e ainda aos estabelecimentos hoteleiros, em diversos períodos:

- Inquérito dirigido aos gerentes dos estabelecimentos hoteleiros classificados.
- Inquérito, por amostragem, à População Presente no Algarve num dia útil e no fim-de-semana, no período de Verão (época alta).
- Inquérito, por amostragem, à População Presente no Algarve, num dia útil e no fim-de-semana, no período de Inverno (época baixa).
- Inquérito, por amostragem, à População Residente no Algarve.

3.2 O estabelecimento de vulnerabilidades humanas

Na determinação da dimensão das vulnerabilidades humanas no Algarve é necessário quantificar a população presente total, bem como integrar o respectivo comportamento crono-espacial ao longo do dia, semana e do ano. No caso do Algarve, devido às suas particulares características, relacionadas com a sazonalidade turística, é fundamental considerar ainda vários períodos temporais.

A estimativa da população presente total na região, potencialmente afectada em caso de sismo e tsunami, permitirá ainda fundamentar a definição da dimensão das amostras a utilizar na realização dos inquéritos.

3.2.1 Estimativa da População Presente na Região

A estimativa da população presente no Algarve tem por suporte metodológico a identificação de vários subtipos demográficos, de acordo com tipo de alojamento utilizado. O somatório destes subconjuntos permitirá estabelecer por aproximação a

população presente total. Analiticamente, podemos representar a referida aproximação através da seguinte formalização:

$$PP = PR + PT_C + PT_{NC} + PT_{2H} + PT_{AF}$$

Onde,

PP – População Presente;

PR – População Residente;

PT_C – População Não Residente (Turistas) em estabelecimentos hoteleiros classificados;

PT_{NC} – População Não Residente (Turistas) em estabelecimentos não classificados;

PT_{2H} – População Não Residente (Turistas) em segunda habitação ou sazonal;

PT_{AF} – População Não Residente (Turistas) em habitações de amigos e familiares;

Naturalmente que as taxas de ocupação variam ao longo do ano. No desenvolvimento da estimativa serão considerados vários cenários: cenário em alta, com taxas de ocupação de 100%; cenário de base, com a taxa de ocupação média anual e o cenário de baixa, com a taxa média de ocupação dos meses de menor procura turística.

As estimativas conhecidas para a população presente total permitem identificar a dimensão da variação demográfica existente entre a época baixa e alta. Por exemplo, a Administração Regional de Saúde (ARS) do Algarve, no contexto do *Plano Nacional de Saúde* (2004-2010), estima na época alta um valor de 1.567.610 indivíduos e de 825.518 indivíduos para a época baixa e em relação à época alta; já o *Plano de Bacia Hidrográfica das Ribeiras do Algarve* (2000) avança com um total de 1.570.557.

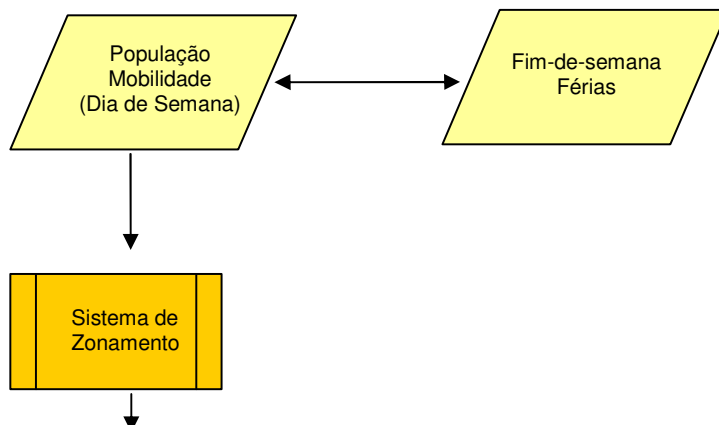
Para além desses quantitativos, deve-se considerar a população visitante, cuja estimativa apresentará sempre uma elevada margem de erro e apenas poderá ser considerada numa parte do dia.

3.2.2. O comportamento *crono-espacial* quotidiano da População Presente

A estimativa da população presente, por intervalo de tempo, período do ano e unidade espacial é o resultado de um processo sequencial, dividido em 3 etapas: estruturação do sistema de informação espacial, modelação empírica da mobilidade intra-concelhia e estimativa da população presente por zona e intervalo de tempo. (Figuras 4, 5 e 6).

Na primeira etapa (Figura 4), os dados estatísticos resultantes da caracterização demográfica e socio-económica da população efectuada na primeira etapa e os dados recolhidos através dos inquéritos serão estruturados e estimados à freguesia, constituindo o sistema de informação espacial.

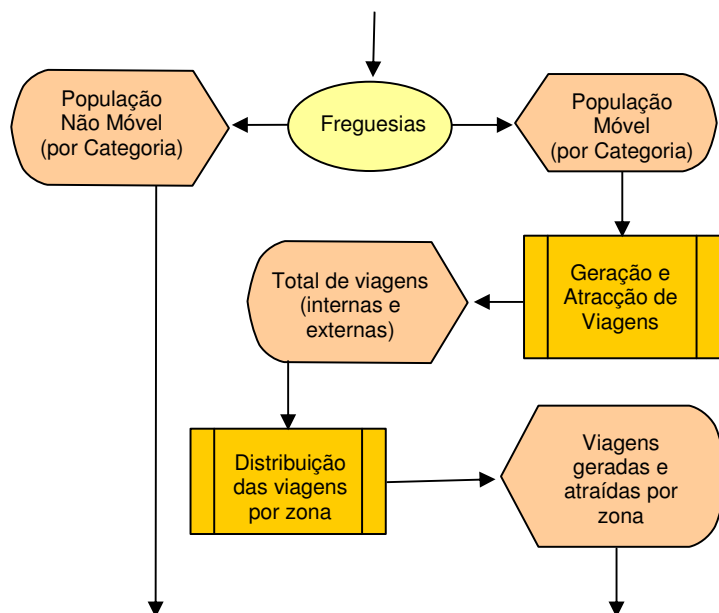
Figura 4 – Etapa 1: Estruturação do sistema de informação espacial



Fonte: CEG / FLUL, 2007

Numa segunda etapa (Figura 5), tendo por base a informação empírica da mobilidade intra-concelhia, será necessário determinar qual a dimensão da população considerada móvel e não móvel. A população não móvel (para fora da unidade espacial de análise), não será contabilizada nos modelos de atracção e geração de viagens, correspondendo a uma população muito jovem e a parte da população idosa.

Figura 5 – Etapa 2: Modelação empírica da mobilidade intra-concelhia

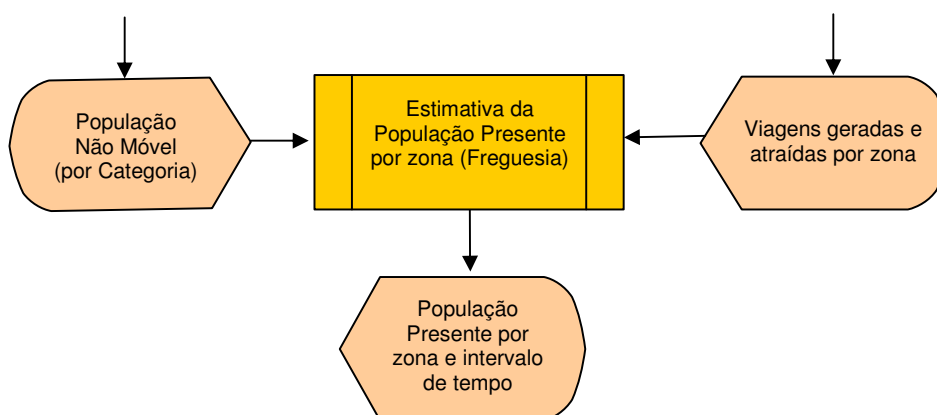


Fonte: CEG / FLUL, 2007

Depois de definida qual é a população com propensão para se deslocar no território é necessário, de acordo com os diferentes motivos de viagem, quantificar o número de viagens internas e externas que se efectuam. Conhecendo este número de viagens, procede-se à sua distribuição recorrendo a modelos de distribuição das deslocações, entre todos os pares origem-destino intra-concelho e inter-freguesias.

Na etapa 3 (Figura 6) é efectuada uma estimativa da população presente por zona e intervalo de tempo. Considerando os dados resultantes da etapa 2, população não móvel e a População Presente numa determinada zona por intervalo de tempo, é estimado o valor de População Presente para cada zona (Freguesia).

Figura 6 – Etapa 3: Estimativa da população presente por zona (freguesia) e intervalo de tempo



Fonte: CEG / FLUL, 2007

O resultado final do trabalho desenvolvido será apresentado em fichas-síntese por concelho e freguesia, onde constam os dados mais relevantes relativos a cada período estudado. Quer no período de época alta, quer no de época baixa, serão distinguidos os dias úteis e os dias de fim-de-semana, já que existe clara distinção no comportamento da população entre estes.

Os resultados obtidos ao nível das vulnerabilidades humanas serão integrados num simulador em SIG que permitirá, através do estabelecimento de cenários sísmicos e a previsão dos danos associados, apoiar os serviços de protecção civil na elaboração e gestão de planos especiais de emergência.

3.2.3 Alguns aspectos críticos

Da apresentação dos aspectos metodológicos que estruturam o ERSTA resultam alguns aspectos críticos que limitam a estimativa da população presente em qualquer região do país.

Em primeiro lugar, a inexistência de um inquérito à mobilidade da população constitui uma importante limitação para o desenvolvimento do presente estudo. A ausência de qualquer programa de lançamento de inquéritos à mobilidade, que de forma sistemática e periódica (por exemplo, de 5 em 5 anos nas áreas urbanas e de 10 em 10 nas áreas rurais) permitisse a cobertura nacional, ao nível das freguesias, continuará a ser um dos principais entraves à quantificação da população presente por unidade de tempo e de espaço.

Em segundo, no Algarve, o alojamento hoteleiro não classificado é essencial para um adequado cálculo da População Presente. O facto de existirem poucos estudos e dados neste âmbito, constitui um ponto crítico do estudo.

Em terceiro lugar, algumas das variáveis não se encontram disponíveis com o nível de desagregação geográfica adequado aos objectivos do estudo, o que implica que a análise dos elementos humanos vulneráveis tenha de ser ajustada à natureza da informação existente e/ou disponibilizada e que se recorra a modelos para proceder à respectiva ventilação para nível de maior desagregação espacial.

4. Remate

A metodologia desenvolvida para determinação das vulnerabilidades humanas, foi estabelecida de forma a poder realizar-se um diagnóstico dos elementos vulneráveis, baseado na caracterização demográfica e socio-económica; no estudo das localizações de maior atractividade e concentração, na estrutura das redes de transportes e na caracterização das deslocações (diurnas, semanais e sazonais da população) residente e presente. Ao ser estabelecida a dimensão das vulnerabilidades humanas (por intervalo de tempo, período do ano e unidade espacial), chega-se ao cálculo da população presente, considerando os padrões de mobilidade da população residente, turistas e visitantes.

Por fim, os resultados obtidos ao nível das vulnerabilidades humanas serão incorporados num simulador, que permitirá através do estabelecimento de cenários sísmicos e a previsão dos danos associados, apoiar os serviços de protecção civil na elaboração e gestão dos referidos planos especiais de emergência.

Associado a este projecto deverão desenvolver-se sugestões de política de ordenamento para a mitigação dos riscos de sismos e tsunamis na Região do Algarve. O processo de redução dos riscos envolve a correcta gestão da orla costeira, obrigando a um importante esforço de planeamento e de reordenamento territorial com o objectivo de minimizar as vulnerabilidades e possibilitar uma resposta rápida e adequada através dos planos de mitigação.

A avaliação das vulnerabilidades humanas e a identificação dos adequados instrumentos de planeamento e gestão territorial é essencial para apoiar os serviços de protecção civil e bombeiros na elaboração estratégica dos planos de emergência, que orientarão a assistência às áreas atingidas, identificando, em colaboração com as restantes equipas, as principais vias de socorro e de evacuação e as localizações que melhor garantam o funcionamento dos serviços e equipamentos de apoio.

BIBLIOGRAFIA

- ARS (2004), *Plano Nacional de Saúde (2004-2010)*, Ministério da Saúde.
- CCDR ALG (2007), *Plano Regional de Ordenamento do Território do Algarve (PROTAL)*, Comissão de Coordenação e Desenvolvimento da Região do Algarve, Faro.
- CEG/UL (1999), *Identificação e Caracterização de Elementos em Risco: Caracterização Sócio-Económica*, Centro de Estudos Geográficos (Documento de Trabalho).
- CEG/UL (2000), *Identificação e Caracterização de Elementos em Risco: Acessibilidades e Mobilidade Espacial*, Centro de Estudos Geográficos (Documento de Trabalho).
- CEG/UL (2000), *Identificação e Caracterização de Elementos em Risco: Caracterização dos Equipamentos*, Centro de Estudos Geográficos (Documento de Trabalho).
- CEG/UL (2001), *Estimativa da População Presente por Concelho e Intervalo-Tempo*, Centro de Estudos Geográficos (Documento de Trabalho).

CEG/UL (2007), *Caracterização dos Elementos Humanos Vulneráveis e Estimativa da População Presente Regional*, Centro de Estudos Geográficos (Documento de Trabalho).

MAOT (2000) *Plano de Bacia Hidrográfica das Ribeiras do Algarve*. Ministério do Ambiente e Ordenamento do Território.

Senos, M. ; Carrilho, F. (2003), Sismicidade de Portugal Continental, *Física de la Tierra*, 15, pp. 93-110.