SIRIUS - INDICADOR DE RISCO SÍSMICO NO ESPAÇO URBANO

SIRIUS- SEISMIC RISK INDICATOR IN URBAN SPACES

FRANCISCO MOTA DE SÁ
Estudante Doutoramento
ICIST/IST
Lisboa-Portugal

CARLOS SOUSA OLIVEIRA
Prof. Catedrático
ICIST/IST
Lisboa-Portugal

MÓNICA AMARAL FERREIRA
Estudante Doutoramento
ICIST/IST
Lisboa-Portugal

SUMÁRIO

Os Planos Directores Municipais vigentes pouca relevância dão às questões relacionadas com os desastres naturais e suas consequências nas populações e infraestruturas. Verificamos que as cidades cresceram rapidamente e muitas vezes de uma forma pouco controlada, sem considerarem muitos dos riscos a que podem estar sujeitas, como os sismos e seus efeitos colaterais: deslizamentos de terras, liquefacção ou tsunamis. Torna-se premente uma análise detalhada do risco sísmico (e outros desastres naturais) para ser incluída nos Planos Directores Municipais em Portugal, aproveitando os processos de revisão em que se encontram, pois só daqui a 10 anos serão feitas novas revisões/alterações.
Para tratar esta questão de uma forma simples foram então desenvolvidas duas metodologias distintas:
i) medição do risco através do deficit de vulnerabilidade das tipologias construtivas face à regulamentação vigente;
ii) construção de um indicador de risco sísmico urbano (SIRIUS – *Seismic Risk Indicator in Urban Spaces*) que sumariza vários tipos de informação relacionados com a perigosidade, vulnerabilidade e exposição.
Assim o SIRIUS e sua cartografia associada são capazes de ilustrar como se apresenta o risco para determinado território concelhio, sendo que nalgumas zonas é extremo, devido à maior vulnerabilidade do edificado e concentração da população. Note-se que este índice foi pensado para permitir uma resposta robusta a partir de elementos de fácil acesso (Censos e regulamentação).
Fez-se uma aplicação destas metodologias ao concelho de Portimão no Algarve.

1. INTRODUÇÃO

A existência de uma Carta de Risco Sísmico em Portimão é determinante para a localização de novas infraestruturas e equipamentos em local seguro, bem como para estruturar os princípios orientadores referentes à conservação e preservação do património edificado existente, defendendo o Centro Histórico e as áreas de maior vulnerabilidade sísmica. Este artigo visa apresentar os objectivos, a metodologia desenvolvida e os princípios orientadores que servem de base à elaboração da Carta de Risco Sísmico de Portimão.

2. SISMICIDADE HISTÓRICA

2.1. Contexto sismo-tectónico

Podemos apontar quatro tipos principais de fontes sísmicas que afectam o Algarve, três delas ligadas à fronteira de Placas e a quarta com origem nas falhas ou estruturas geológicas recentes que atravessam o território:
(i) Zona a Oeste do Cabo de São Vicente, localizada a sul do Banco de Gorringe, onde teve epicentro o sismo de 1969, e onde a actividade sísmica é muito elevada;
(ii) Zona paralela à costa Ocidental do Algarve onde poderá ter tido origem o Terramoto de 1755, localizada entre 100 e 150 km da costa;
(iii) Uma grande faixa a sul do Algarve, paralela à costa a mais de 100 km desta, por onde passará a fronteira das Placas e com sismicidade bastante acentuada, e por onde poderá ter passado a rotura de 1755;

(iv) As Falhas em terra, que atravessam o território do Algarve e se prolongam para sul no Oceano, responsáveis por actividade sísmica mais moderada. De entre estas é de salientar, pela sua expressão as de Portimão, Quarteira-São Marcos da Serra, Loulé e Carcavai.
Pela análise da carta da sismicidade histórica (Figura 1) é bem visível a concentração de epicentros principalmente na região sul de Portugal (tanto em terra como no mar) que como se sabe já foi atingida por vários sismos, ao longo dos séculos, que causaram grande destruição, nomeadamente em 1755 e 1969.

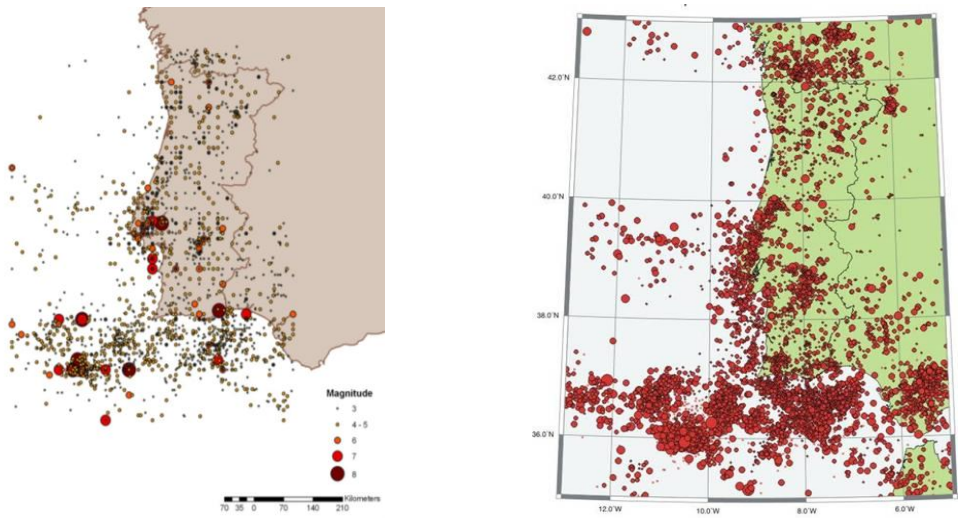

Figura 1: Epicentros de sismos históricos (63AC-2007) e instrumentais desde 1961 a 2007 (IM, 2007)

3. CARTA DE SOLOS DO CONCELHO DE PORTIMÃO

3.1. Caracterização geológico-geotécnica

Foram fornecidos pela Câmara Municipal de Portimão um conjunto de estudos geológico-geotécnicos que foram usados para efectuar o reconhecimento das formações geológicas aí encontradas. Como a área para a futura expansão do concelho se encontra mais na região centro e sul do concelho, foram usados os relatórios que se localizavam na área em estudo. Por os dados disponíveis não serem suficientes para efectuar a caracterização geotécnica detalhada de toda a região, escolheram-se logs de sondagens que se consideraram representativos das diversas formações geológicas e das diferentes situações geológicas presentes na área em estudo. Para esses logs de sondagem foram utilizados os dados geológicos e os resultados dos ensaios SPT (Standard Penetration Test) para calcular, recorrendo a fórmulas empíricas, a velocidade da onda de corte V_S (m/s). Os valores de V_S (m/s) obtidos pela metodologia acima descrita, foram usados para estimar os valores de $V_{S,30}$ (Figura 2) recorrendo à fórmula apresentada no Eurocódigo 8 [1, 2]:

$$V_{S,30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{v_i}} \quad (1)$$

em que h_i e v_i correspondem respectivamente à espessura e à velocidade da onda de corte da camada i, num total de N camadas existentes nos 30 m superficiais.

Sondagem	Espessura (m)	Litologia	Unidade Geológica	V_S(m/s)	$V_{S,30}$
	0,5	areia	Aterro	150	
	1	calcário	MLP	350	
	7,1	areia	MLP	335	
	1	calcário	MLP	950	
	4,5	argila	MLP	240	
	1,5	calcário	MLP	390	
	1	argila	MLP	370	
R5	13,4		*	400	345
	4,3	calcário	Aterro	300	
	11,9	lodo	Aluvião	90	
	5,9	argila	MLP	440	
	1,6	Rocha eruptiva		500	
	2,55	calcário	MLP	420	
R6	3,75		*	450	170
	1,5	areia	Aterro	150	
	7,9	areia	Areia praia - Q	335	
	4,1	argila	MLP	250	
R8	16,5	arenito	MLP	330	300
	1,9	areia	Aterro	190	
	11,5	argila	MLP	220	
	3,6	calcário	MLP	430	
R15 - S5	13		*	450	300
	2,75	areia	Aterro	200	
	13,25	argila	MLP	250	
	1	calcário	MLP	500	
R15 - S17	13			450	310
	1,3	areia	Aterro	150	
	14,2	calcário	MLP	700	
R19- S3	14,5		*	700	605
	2	silte	Aterro	140	
	6,75	lodo	Aluvião	130	
	2,25	areia	MLP	250	
	2,38	argila	MLP	400	
R20-S1	16,62		*	450	255

Figura 2: Exemplo de valores de $V_{S,30}$

* sem informação geológica; velocidade extrapolada com base no conhecimento das velocidades dos materiais regionalmente.

Com base no mapa geológico da região e nas estimativas $V_{S,30}$ foi possível desenhar um mapa que qualifica os tipos de solo consoante a classificação proposta no Eurocódigo 8 (EC8) (Figura 3). É necessário ter em atenção que nos materiais geológicos presentes no concelho, as variações laterais de fácies (i.e. de propriedades mecânicas e sísmicas) são comuns, não permitindo saber exactamente qual a situação geológica local e consequentemente, o tipo de solo do EC8; recomenda-se por isso sempre a execução de sondagens que permitam avaliar correctamente o que se passa em cada local.

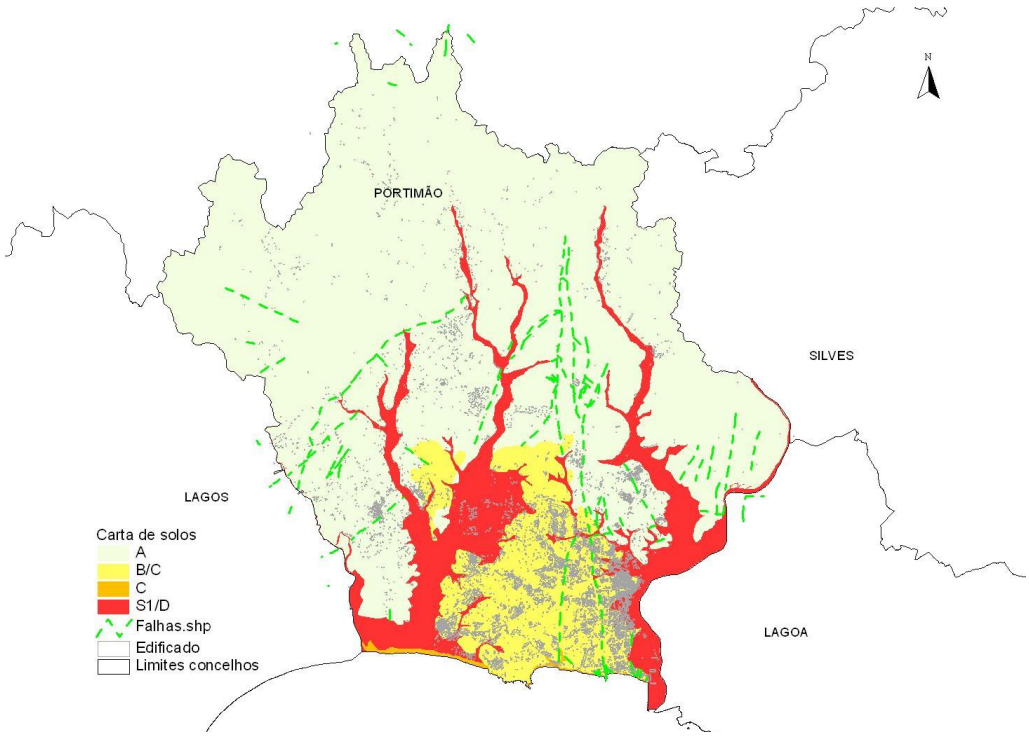

Figura 3: Carta de solos do concelho de Portimão

4. APTIDÃO DAS CONSTRUÇÕES SEGUNDO FUNÇÃO E ZONA DE RISCO SÍSMICO

A programação da urbanização e da edificação deve ser criteriosa e prever a existência de riscos naturais e tecnológicos que são condicionantes para a localização de equipamentos, estruturas, infra-estruturas e sistemas indispensáveis à defesa nacional, segurança e protecção civil.
Sendo objecto deste estudo prever quais as zonas do município de Portimão que merecem maior atenção no que respeita ao risco sísmico, e tendo em conta o tipo de construção, uso e classe de importância, desenvolveu-se uma metodologia cujo fim fosse de construir uma matriz, que de forma simples, apresentasse a Aptidão dos Edifícios segundo as suas Funções (Tabelas 1 e 2), cuja leitura permitisse definir para cada tipo de solo identificado na Carta de Solos (Figura 3), e tipologia construtiva o que pode ou não ser construído em determinada zona, segundo a sua classe de importância, tendo presente o objectivo de evitar danos estruturais severos e/ou colapso das estruturas bem como, limitar os danos em elementos não estruturais.

4.1. Risco induzido pelo deficit de vulnerabilidade (ΔVu)

A aptidão dos edifícios segundo as suas funções e solos onde estão implantados pode ser explicada utilizando um indicador que avalia o deficit de resistência estrutural de cada tipologia construtiva à luz da regulamentação em vigor. Para tal, realizou-se uma análise ao parque edificado existente em Portimão de acordo com as tipologias apresentadas nos Censos 2001 [3], estabelecendo-se assim uma classificação tipológica de 27 classes (T1 a T27, ver Figura 4) distintas.
Com base na EMS-98 encontrou-se a vulnerabilidade de cada tipologia, e conhecido o tipo de solos (A a S1 de acordo com o EC-8), calculou-se para cada tipologia (e para cada classe de importância: II a IV) a diferença de vulnerabilidades (ΔVu) entre a *actual* (da tipologia em análise) e a *requerida*. Assim, ΔVu mede o risco associado a cada classe de vulnerabilidade, ou seja, um edifício é considerado em risco se a sua vulnerabilidade está afastada do que é desejável/requerido, tendo em conta acção sísmica expectável para cada sítio.

$$\Delta Vu = Vu_{Actual} - Vu_{requerido} \quad (2)$$

Tipologia	Vu	Vu-	Vu--	Descrição
T1	0,880			Edifícios construídos até 1945, com paredes de alvenaria de pedra abobe ou taipa, com 1 ou 2 pavimentos
T3	1,020			Edifícios construídos até 1945, com paredes de alvenaria de pedra abobe ou taipa, com 5 ou mais pavimentos
T4	0,840			Edifícios construídos até 1945, com paredes de alvenaria argamassada, com 1 ou 2 pavimentos
T5	0,840			Edifícios construídos até 1945, com paredes de alvenaria argamassada, com 3 ou 4 pavimentos
T6	1,020			Edifícios construídos até 1945, com paredes de alvenaria argamassada, com 5 ou mais pavimentos
T7	0,644			Edifícios construídos até 1945, com elementos resistentes de betão, com 1 ou 2 pavimentos
T8	0,644			Edifícios construídos até 1945, com elementos resistentes de betão, com 3 ou 4 pavimentos
T9	1,020			Edifícios construídos até 1945, com elementos resistentes de betão, com 5 ou mais pavimentos
T10	0,740			Edifícios construídos entre 1946 e 1960 (placa), com paredes de alvenaria argamassada, com 1 ou 2 pavimentos
T11	0,740			Edifícios construídos entre 1946 e 1960 (placa), com paredes de alvenaria argamassada, com 3 ou 4 pavimentos
T12	0,740			Edifícios construídos entre 1946 e 1960 (placa), com paredes de alvenaria argamassada, com 5 ou mais pavimentos
T13	0,644			Edifícios construídos entre 1946 e 1960 (placa), com elementos resistentes de betão, com 1 ou 2 pavimentos
T14	0,644			Edifícios construídos entre 1946 e 1960 (placa), com elementos resistentes de betão, com 3 ou 4 pavimentos
T15	0,644			Edifícios construídos entre 1946 e 1960 (placa), com elementos resistentes de betão, com 5 ou mais pavimentos
T16	0,616			Edifícios construídos entre 1960 e 1985, RSEP, com paredes de alvenaria argamassada, com 1 ou 2 pavimentos
T17	0,616			Edifícios construídos entre 1960 e 1985, RSEP, com paredes de alvenaria argamassada, com 3 ou 4 pavimentos
T18	0,616			Edifícios construídos entre 1960 e 1985, RSEP, com paredes de alvenaria argamassada, com 5 ou mais pavimentos
T19	0,447			Edifícios construídos entre 1960 e 1985, RSEP, com elementos resistentes de betão, com 1 ou 2 pavimentos
T2	0,880			Edifícios construídos até 1945, com paredes de alvenaria de pedra abobe ou taipa, com 3 ou 4 pavimentos
T20	0,447			Edifícios construídos entre 1960 e 1985, RSEP, com elementos resistentes de betão, com 3 ou 4 pavimentos
T21	0,447			Edifícios construídos entre 1960 e 1985, RSEP, com elementos resistentes de betão, com 5 ou mais pavimentos
T22	0,500	0,260	0,020	Edifícios construídos a partir de 1986 (RSA), com paredes de alvenaria argamassada, com 1 ou 2 pavimentos
T23	0,500	0,260	0,020	Edifícios construídos a partir de 1986 (RSA), com paredes de alvenaria argamassada, com 3 ou 4 pavimentos
T24	0,500	0,260	0,020	Edifícios construídos a partir de 1986 (RSA), com paredes de alvenaria argamassada, com 5 ou mais pavimentos
T25	0,384	0,207	0,140	Edifícios construídos a partir de 1986 (RSA), com elementos resistentes de betão, com 1 ou 2 pavimentos
T26	0,384	0,207	0,140	Edifícios construídos a partir de 1986 (RSA), com elementos resistentes de betão, com 3 ou 4 pavimentos
T27	0,384	0,207	0,140	Edifícios construídos a partir de 1986 (RSA), com elementos resistentes de betão, com 5 ou mais pavimentos

Figura 4: Classificação tipológica – Censos 2001

Usando este indicador podemos hierarquizar a prioridade das intervenções nas construções (Figura 5), em que esta é organizada por classes de I a III, sendo que as tipologias que pertencem à Classe I devem ter uma prioridade máxima de intervenção e a Classe III uma pequena prioridade.

	Class	Class importance II				Class importance III				Class importance IV			
Typology	Soil	A	B/C	C	S1/D	A	B/C	C	S1/D	A	B/C	C	S1/D
	Intensity	7,9	8,3	8,3	8,4	8,5	8,8	8,9	9,0	8,9	9,2	9,3	9,4
	Vu	0,429	0,371	0,360	0,341	0,331	0,273	0,262	0,243	0,253	0,195	0,184	0,165
T3	*1,020*	137,6%	175,3%	183,2%	199,4%	207,8%	274,2%	288,9%	320,2%	302,6%	424,3%	453,8%	519,4%
T6	*1,020*	137,6%	175,3%	183,2%	199,4%	207,8%	274,2%	288,9%	320,2%	302,6%	424,3%	453,8%	519,4%
T9	*1,020*	137,6%	175,3%	183,2%	199,4%	207,8%	274,2%	288,9%	320,2%	302,6%	424,3%	453,8%	519,4%
T1	*0,880*	105,0%	137,5%	144,3%	158,3%	165,5%	222,8%	235,5%	262,5%	247,4%	352,4%	377,7%	434,4%
T2	*0,880*	105,0%	137,5%	144,3%	158,3%	165,5%	222,8%	235,5%	262,5%	247,4%	352,4%	377,7%	434,4%
T4	*0,840*	95,6%	126,7%	133,2%	146,6%	153,5%	208,1%	220,3%	246,0%	231,6%	331,8%	356,0%	410,1%
T5	*0,840*	95,6%	126,7%	133,2%	146,6%	153,5%	208,1%	220,3%	246,0%	231,6%	331,8%	356,0%	410,1%
T10	*0,740*	72,4%	99,7%	105,4%	117,2%	123,3%	171,4%	182,1%	204,8%	192,1%	280,4%	301,7%	349,4%
T11	*0,740*	72,4%	99,7%	105,4%	117,2%	123,3%	171,4%	182,1%	204,8%	192,1%	280,4%	301,7%	349,4%
T12	*0,740*	72,4%	99,7%	105,4%	117,2%	123,3%	171,4%	182,1%	204,8%	192,1%	280,4%	301,7%	349,4%
T7	*0,644*	50,0%	73,8%	78,8%	89,0%	94,3%	136,2%	145,5%	165,3%	154,2%	231,0%	249,6%	291,1%
T8	*0,644*	50,0%	73,8%	78,8%	89,0%	94,3%	136,2%	145,5%	165,3%	154,2%	231,0%	249,6%	291,1%
T13	*0,644*	50,0%	73,8%	78,8%	89,0%	94,3%	136,2%	145,5%	165,3%	154,2%	231,0%	249,6%	291,1%
T14	*0,644*	50,0%	73,8%	78,8%	89,0%	94,3%	136,2%	145,5%	165,3%	154,2%	231,0%	249,6%	291,1%
T15	*0,644*	50,0%	73,8%	78,8%	89,0%	94,3%	136,2%	145,5%	165,3%	154,2%	231,0%	249,6%	291,1%
T16	*0,616*	43,5%	66,2%	71,0%	80,8%	85,9%	126,0%	134,9%	153,8%	143,1%	216,7%	234,4%	274,1%
T17	*0,616*	43,5%	66,2%	71,0%	80,8%	85,9%	126,0%	134,9%	153,8%	143,1%	216,7%	234,4%	274,1%
T18	*0,616*	43,5%	66,2%	71,0%	80,8%	85,9%	126,0%	134,9%	153,8%	143,1%	216,7%	234,4%	274,1%
T22	*0,500*	16,5%	34,9%	38,8%	46,8%	50,9%	83,4%	90,6%	106,0%	97,4%	157,0%	171,4%	203,6%
T23	*0,500*	16,5%	34,9%	38,8%	46,8%	50,9%	83,4%	90,6%	106,0%	97,4%	157,0%	171,4%	203,6%
T24	*0,500*	16,5%	34,9%	38,8%	46,8%	50,9%	83,4%	90,6%	106,0%	97,4%	157,0%	171,4%	203,6%
T19	*0,447*	4,1%	20,6%	24,1%	31,2%	34,9%	64,0%	70,4%	84,1%	76,4%	129,8%	142,7%	171,5%
T20	*0,447*	4,1%	20,6%	24,1%	31,2%	34,9%	64,0%	70,4%	84,1%	76,4%	129,8%	142,7%	171,5%
T21	*0,447*	4,1%	20,6%	24,1%	31,2%	34,9%	64,0%	70,4%	84,1%	76,4%	129,8%	142,7%	171,5%
T25	*0,384*	-10,6%	3,6%	6,6%	12,7%	15,9%	40,9%	46,4%	58,2%	51,6%	97,4%	108,5%	133,2%
T26	*0,384*	-10,6%	3,6%	6,6%	12,7%	15,9%	40,9%	46,4%	58,2%	51,6%	97,4%	108,5%	133,2%
T27	*0,384*	-10,6%	3,6%	6,6%	12,7%	15,9%	40,9%	46,4%	58,2%	51,6%	97,4%	108,5%	133,2%

Figura 5: Matriz de prioridade de intervenções (reabilitação): Classe I – elevada prioridade nas intervenções, edifícios muito vulneráveis (não é aceitável ter construções daquela tipologia naquele tipo de solo, o que implica

risco sísmico); Classe II – Necessita de intervenções; edifícios com vulnerabilidade não recomendável; Classe III- intervenções desejáveis; Células a Azul – em conformidade com o requerido - não há deficit.

5. SIRIUS

Outro indicador desenvolvido neste estudo e que pode ser utilizado em qualquer município chama-se SIRIUS (*seismic risk in urban spaces*) e está relacionado com as três funções que definem o risco: perigosidade (*hazard*), vulnerabilidade e exposição. Como se sabe, uma região ou um local ausente de perigosidade sísmica, mesmo que tenha edifícios muito vulneráveis e uma elevada densidade populacional, apresentará um risco nulo. Da mesma ordem de ideias, um local que apresente alguma perigosidade, reúna edifícios vulneráveis e alguma densidade populacional deve ser considerado como potencial para sofrer danos.
Esta ideia é que está por trás do SIRIUS e assim, podemos dizer que o risco (Ri) é função do "deficit de resiliência do edificado", RRD e da "presença humana", RHP.

$$Ri = f(RRD, RHP) \tag{3}$$

em que:
RRD é o indicador da propensão dos edifícios a sofrer danos (*risk due to buildings resilience deficit*) e RHP é o indicador relacionado com a concentração de população (*induced risk by human presence).*

e

$$Ri = RRD \times RHP \tag{4}$$

No presente estudo considerou-se para a definição da Perigosidade Sísmica as zonas sísmicas definidas na regulamentação actual (Eurocódigo 8 e DNA) bem como os tipos de solos que caracterizam o município.
Relativamente à Vulnerabilidade considera-se como índice a variação entre a vulnerabilidade requerida para um edifício, à luz da regulamentação actual, e a vulnerabilidade existente que esse mesmo edifício apresenta em consequência da época em que foi construído.
Para a definição da Exposição considera-se a densidade populacional (hab/ha) de cada quarteirão. Como se sabe quanto mais densa e populosa for uma área maior a exposição dessa população ao risco sísmico.

Os parâmetros do SIRIUS são dados pela seguinte equação:

$$RRD = \frac{\sum_{t=1}^{nt} n_t \times \Delta Vu \ \ (\times 0 \ if \ \Delta Vu < 0)}{n_B} \tag{5}$$

onde:

$$\Delta Vu = Vu_t - Vu$$

Vu_t é a vulnerabilidade do edifício da tipologia *t* (Vu=0 se tipologia *t* é "imune" ou tem um bom comportamento à acção sísmica; Vu=1 se a tipologia *t* é extremamente sensível à acção sísmica);
Vu é a vulnerabilidade requerida ou desejada para uma determinada intensidade;
n_B é o número total de edifícios em determinada área (análise ao quarteirão neste caso);
n_t é o número total de edifícios da tipologia *t*;

O risco associado com a densidade populacional é definido como:

$$RHP = \frac{Pop_d}{Pop_{d\,\max}} \tag{6}$$

em que:

Pop_d é a população/hectare e $Pop_{d\ max}$ é a máxima população/hectare, aqui definida como 300 hab/ha[1].

Uma vez encontrado o valor numérico que nos dá o risco sísmico de determinada área de estudo (neste caso o quarteirão), surge a necessidade de o tornar perceptível ao cidadão; ou seja, transformar os valores numéricos numa escala semântica. Para tal recorreu-se à Lei de Weber-Fechner [5]que tenta descrever a relação existente entre a magnitude física de um estímulo e a intensidade do estímulo que é percebida por nós humanos (Figura 6).

Null	**if**	**0**	≤	**Ri**	<	**0,027**
Weak	**if**	**0,027**	≤	**Ri**	<	**0,055**
Neutral (Moderate)	**if**	**0,055**	≤	**Ri**	<	**0,114**
Strong	**if**	**0,114**	≤	**Ri**	<	**0,135**
Very Strong	**if**	**0,135**	≤	**Ri**	<	**0,485**
Extreme	**if**	**0,485**	≤	**Ri**	≤	**1**

Figura 6: Escala SIRIUS

A Figura 7 ilustra um exemplo do uso do SIRIUS no verão, em Portimão, quando a população aumenta e consequentemente o risco também aumenta. Como se vê quase todos os quarteirões apresentam risco "Muito Forte" devido à elevada densidade populacional e à vulnerabilidade do edificado.

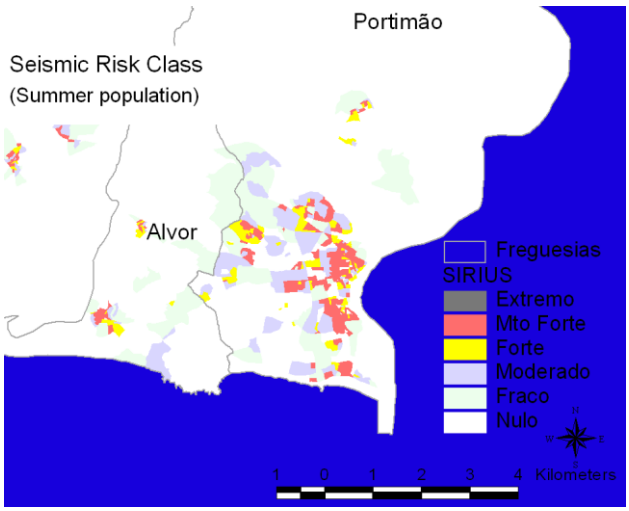

Figura 7: Escala SIRIUS. Exemplo de aplicação no concelho de Portimão, num cenário de Verão

6. PROPOSTAS PARA ACÇÕES FUTURAS E CONSIDERAÇÕES FINAIS

6.1. Desenvolvimento urbano inteligente (*Smart growth*)

Na gestão urbanística das cidades existem várias preocupações a ter em conta, desde consolidar o espaço, defender melhores planos que promovam a rentabilidade entre o público e o privado, resolver conflitos associados ao carácter desigual na utilização do solo, desenvolver desenhos urbanos adequados, a questões sociais, políticas e culturais que devem ser entendidas e solucionadas. O desenvolvimento urbano é pois uma operação complexa e cabe-nos identificar quais os espaços a intervir e as implicações que um modelo de desenvolvimento poderá envolver. Assim, devemos fornecer conhecimento para um eficaz sistema de regulação/enquadramento legal e influenciar o Estado, central ou local, no processo de urbanização e na

[1] Nota: As densidades em áreas urbanas variam desde 10 ha/ha em áreas de baixa densidade como algumas localidades nos Açores, a 300 hab/ha nalgumas cidades asiáticas.

promoção do urbanismo e da arquitectura, por forma a que os investimentos públicos em infra-estruturas e equipamentos e a localização de actividades económicas, centros de decisão e administrativos e de equipamentos seja realizada de forma segura e apropriada. Isto levanta diversos desafios, nomeadamente na definição da abordagem e do entendimento, da política e das políticas, sistemas e práticas, definição de critérios (de avaliação, de responsabilização).

Neste sentido, a programação de equipamentos (como escolas, hospitais ou bombeiros) ou infra-estruturas críticas deverá ser bem planeada e implementada em locais de fácil acesso, em zonas cuja envolvente não apresente risco – por concentração humana e vulnerabilidade das construções, pois uma estrutura recente; uma escola ou um hospital, numa zona cujo edificado em redor esteja em risco devido ao elevado estado de deterioração, ou por ameaçar não apresentar boas técnicas construtivas, de nada irá servir a população caso ocorra um sismo.

O desenvolvimento destas metodologias, simples e não muito morosas são essenciais para os municípios portugueses que se encontram quase todos com os seus Planos Directores Municipais em fase de revisão, e desconhecendo as autarquias o que fazer e como abordar esta temática. Limitando-se a apresentar a carta de isossistas de intensidades máximas.

Este artigo comunica o risco de forma muito mais eficiente através do uso de dois indicadores: um baseado no deficit de vulnerabilidades e o outro está relacionado com as três funções que definem o risco: perigosidade, vulnerabilidade e exposição, dando origem ao indicador SIRIUS que de forma simples consegue indicar quais os quarteirões que apresentam maior ameaça, tendo em conta o conhecimento da perigosidade, da vulnerabilidade do edificado e da densidade populacional de cada quarteirão.

7. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Câmara Municipal de Portimão pelo apoio prestado na realização deste trabalho e aos colegas João Estêvão da Universidade do Algarve e Isabel Lopes do Instituto Superior Técnico pela colaboração prestada.
À Fundação para a Ciência e a Tecnologia pelo apoio financeiro através da concessão da bolsa de doutoramento SFRH/BD/29980/2006.

8. REFERÊNCIAS

[1] EN 1998-1. Eurocode 8, Design of structures for earthquake resistance - Part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings, CEN, 2004.
[2] NP EN 1998-1. Anexo Nacional NA. Versão provisória de 17 de Junho de 2009.
[3] INE, 2001. Censos 2001. XIV Recenseamento Geral da População. IV Recenseamento Geral da Habitação.
[4] Mota de Sá, F., Ferreira, M.A.; Oliveira,C.S. (2010). SIRIUS, Seismic Risk Indicator in Urban Space. (in progress).
[5] Weber, Ernst Heinrich and Gustav Theodor Fechner. (1834). May 2010, from http://www.cis.rit.edu/people/faculty/montag/vandplite/pages/chap_3/ch3p1html http://en.wikipedia.org/wiki/Weber%E2%80%93Fechner_law.