

APLICAÇÃO DE UMA CLASSIFICAÇÃO DE VULNERABILIDADES ÀS ZONAS COSTEIRAS DO NOROESTE PORTUGUÊS

Carlos COELHO

Professor Auxiliar, Secção Autónoma de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro, +351234370098, ccoelho@civil.ua.pt

Márcia CABARRÃO D'ALBUQUERQUE

Urbanista/Ambiente, Gabinete Técnico Local, Vieira de Leiria, marciacab@hotmail.com

Fernando VELOSO-GOMES

Professor Catedrático, Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, +351225081757, vgomes@fe.up.pt

RESUMO

A vulnerabilidade das zonas costeiras às acções energéticas do mar (ondas, marés, ventos e correntes) pode ser entendida como a sensibilidade desses sistemas biofísicos, manifestada por alterações hidromorfológicas. A ocorrência de acontecimentos extremos, o enfraquecimento de fontes aluvionares, a progressão da edificabilidade, a subida generalizada do nível médio das águas do mar e eventuais alterações meteorológicas podem intensificar consequências como inundações e perdas irreversíveis de território. A análise das vulnerabilidades de uma zona costeira, em relação às acções energéticas do mar é por isso essencial em termos de ordenamento. Os custos de defesa nas regiões costeiras têm vindo a aumentar, pelo que, principalmente em zonas sujeitas à ocupação humana, auxiliar os órgãos de decisão e planear eventuais intervenções constitui um desafio nas sociedades modernas. A classificação de vulnerabilidades poderá facilitar o alcançar de objectivos como a redução de perdas de vidas humanas, de estragos em estruturas e edifícios costeiros, a preservação de ambientes naturais, o aumento das capacidades de evacuação, a localização de novas estruturas e edifícios fora das zonas de perigo e a realocação de estruturas e edifícios existentes. O processo de análise conjunta de todos os parâmetros de vulnerabilidades é complexo. Numa primeira abordagem, propõe-se uma aplicação a zonas costeiras dos distritos do Porto, de Aveiro, de Coimbra e de Leiria, classificando cada parâmetro considerado isoladamente e conjugando a classificação num resultado global, com diferentes formas de ponderação. Se possível, esta abordagem deve ser complementada com a projecção de previsões da evolução da linha de costa, com recurso à modelação.

Palavras-chave: Vulnerabilidades, planeamento e gestão costeira, costa Noroeste portuguesa

1 INTRODUÇÃO

A análise da vulnerabilidade de uma zona costeira em relação às acções energéticas do mar é essencial em termos de ordenamento. É sobre esta temática que se apresenta uma quantificação do indicador e não sobre outras análises de vulnerabilidade, também importantes nas zonas costeiras, como por exemplo a vulnerabilidade em relação aos derrames e descargas poluentes associadas à navegação, à poluição difusa, às acções sísmicas (incluindo tsunamis), à exploração de recursos vivos e à exploração de recursos turísticos.

As frentes urbanas e as infra-estruturas localizadas em zonas costeiras muito vulneráveis às acções energéticas do mar ficam submetidas a situações de risco que dependem da existência ou não de intervenção de defesa costeira. No entanto, é possível identificar orlas costeiras com um elevado índice de vulnerabilidade às acções energéticas do mar, mas sem grandes riscos de exposição por inexistência de ocupação humana ou valores económicos, ambientais ou de património edificado.

Uma correcta classificação de vulnerabilidades para efeitos de zonamento e ordenamento do território deverá ser feita com ponderação de numerosos factores. Para tal, é necessário avaliar os processos e fenómenos envolvidos. Para além de fenómenos extremos e de curta duração, nas zonas costeiras existe uma dinâmica natural, frequentemente intensificada ou antecipada através de acções antrópicas, que entra em conflito com as actividades e ocupações humanas. Em resultado dessa dinâmica existe actualmente, em muitas zonas costeiras, uma situação generalizada de erosão ou de recuo da linha de costa, a qual assume frequentemente níveis preocupantes a médio e longo termo. Compreender e prever tendências de evolução do litoral, principalmente em zonas sujeitas à ocupação humana e que poderão vir a ser afectadas, auxiliar os órgãos de decisão e planear eventuais intervenções constitui um desafio nas sociedades modernas. Os custos de defesa nas regiões costeiras de todo o mundo têm vindo a aumentar e é necessário conhecer e perceber os fenómenos envolvidos, de forma a avaliar essas intervenções em horizontes mais alargados (COELHO, 2005).

O estudo de vulnerabilidades requer uma grande quantidade de informação e uma abordagem multidisciplinar. Uma carta de vulnerabilidades tenta qualificar e quantificar a “sensibilidade” das orlas costeiras às acções energéticas do mar. Uma carta de vulnerabilidades com base em dados históricos e actuais representa uma primeira abordagem para um correcto planeamento das zonas costeiras. A generalidade dos parâmetros de vulnerabilidades que se apresentam neste trabalho, pretendem representar diversos factores ambientais e antrópicos. No entanto, o estudo das zonas costeiras requer a compreensão dos processos costeiros, na perspectiva de delimitar as áreas mais susceptíveis e evitar potenciais perigos. A erosão, os galgamentos e as inundações durante tempestades são perigos presentes e visíveis para todos, mas a dinâmica costeira é muito complexa.

2 QUESTÕES CHAVE NA AVALIAÇÃO DE VULNERABILIDADES

2.1 Parâmetros de Vulnerabilidade

O processo de análise conjunta de todos os parâmetros de vulnerabilidades é complexo. Por isso, propõe-se a divisão em critérios e a manipulação de cada um deles, após a classificação de cinco classes, sendo o valor de 1 associado a menores vulnerabilidades e o valor de 5 atribuído a maiores vulnerabilidades.

No quadro 1 apresenta-se uma proposta com cinco parâmetros de classificação, a que se associam intervalos de valores que caracterizem a região costeira. A topografia constitui um dos parâmetros relevantes, distinguindo-se as costas de baixa altitude e planas das costas muito declivosas. A distância à linha de costa do local em análise e em particular de uma zona edificada ou de uma infra-estrutura também é de fundamental importância. Muitos estudos adoptam uma

abordagem muito simplista em relação à orla costeira, admitindo um valor único do índice de vulnerabilidade para todo o interior terrestre que corresponde a uma dada frente marítima. Naturalmente, a mancha de vulnerabilidades vai-se atenuando para o interior, à medida que a distância à fronteira marítima (definida como a linha a que corresponde o nível médio das águas do mar) vai aumentando. Este aspecto está necessariamente dependente de uma questão relacionada com o horizonte temporal da análise, pois a linha de costa vai evoluir ao longo do tempo.

O critério de divisão de graus de vulnerabilidades em função das máximas amplitudes de maré registadas na costa segue a proposta de GORNITZ *et al.* (1997). A gama de alturas de ondas significativas que incidem sobre uma região costeira serve como indicador da energia das ondas e relaciona-se directamente com o potencial de transporte de sedimentos. Os valores de alturas de onda são extremamente variáveis no espaço e no tempo, tendo-se optado pela máxima altura de onda significativa registada na rebentação para representar essa capacidade energética. Desta forma, zonas mais abrigadas serão menos vulneráveis.

A utilização de taxas anuais de movimentação da linha de costa é uma das medidas mais utilizadas para indicar a dinâmica da costa. Na maior parte dos casos, a taxa de erosão/acreção pretende “resumir” o acumular do processo de dinâmica da costa ao longo do tempo. As taxas de erosão/acreção registadas no passado, relacionadas com eventuais intervenções, são um auxiliar precioso para as tentativas de projecção do comportamento futuro. No entanto, o sistema pode no futuro evoluir de uma forma muito diferente da registada no passado (COELHO e VELOSO-GOMES, 2005).

Quadro 1: Classificação de vulnerabilidades (I).

Vulnerabilidade	Muito baixa	Baixa	Moderada	Alta	Muito alta
	1	2	3	4	5
CT - Cota topográfica referida ao ZH (m)	> 30	> 20 ≤ 30	> 10 ≤ 20	> 5 ≤ 10	≤ 5
DC - Distância à linha de costa (m)	> 1000	> 200 ≤ 1000	> 50 ≤ 200	> 20 ≤ 50	≤ 20
AM - Máxima amplitude de maré (m)	< 1.0	≥ 1.0 < 2.0	≥ 2.0 ≤ 4.0	> 4.0 ≤ 6.0	> 6.0
AO - Máxima altura de onda significativa (m)	< 3.0	≥ 3.0 < 5.0	≥ 5.0 < 6.0	≥ 6.0 < 6.9	≥ 6.9
EA - Taxa média de erosão / acreção (m/ano)	> 0 acreção	> -1 ≤ 0	> -3 ≤ -1	> -5 ≤ -3	≤ -5 erosão

No quadro 2 apresentam-se mais quatro parâmetros de vulnerabilidade, relacionados com características naturais e antropogénicas representativas da zona costeira. As cartas geológicas permitem avaliar a natureza de rochas e sedimentos, e criar uma classificação baseada no comportamento e escala de dureza dos minerais que as compõem. As rochas magmáticas ou eruptivas são rochas de elevada dureza e por isso a sua vulnerabilidade a qualquer acção do mar é baixa. No outro extremo da classificação das vulnerabilidades estão todos os sedimentos não consolidados de

pequenas dimensões. A geomorfologia das zonas costeiras é outro aspecto considerado, distinguindo a menor vulnerabilidade de zonas costeiras montanhosas, quando comparadas com praias ou dunas.

O revestimento do solo não é utilizado nas classificações de vulnerabilidade mais frequentes. No entanto, são previsíveis diferentes comportamentos morfológicos de uma orla costeira em função do tipo de revestimento do solo: vegetação, materiais em pavimentos, solos sem vegetação e não revestidos. Por exemplo, o aumento da impermeabilização de zonas costeiras reduz a alimentação dos níveis freáticos alterando o seu interface com os níveis de água do mar e aumenta e concentra o escoamento superficial. Esta alteração pode favorecer as erosões por ravinamentos das falésias. Considera-se que quanto maior for o nível de alteração do estado natural de revestimento de um solo, maior poderá ser a sua vulnerabilidade. No seu estado natural e permeável, um solo mais revestido poderá ser menos vulnerável. A vegetação das dunas confere uma defesa natural às próprias dunas (COELHO e VELOSO-GOMES, 2005).

Quadro 2: Classificação de vulnerabilidades (II).

Vulnerabilidade	GL - Geologia		GM - Geomorfologia	RS - Revestimento do solo	AA - Acções antropogénicas
1	Rochas magmáticas		Montanhas	Floresta	Intervenções de manutenção da posição
2	Rochas metamórficas		Arribas rochosas	Vegetação rasteira, solo cultivado	Intervenções sem redução nas fontes sedimentares
3	Rochas sedimentares		Arribas erodíveis, praias abrigadas	Solo não revestido	Intervenções com redução nas fontes sedimentares
4	Grandes sedimentos consolidados	não	Praias expostas, planícies	Urbanizado rural	Sem intervenções e sem redução nas fontes sedimentares
5	Pequenos sedimentos consolidados	não	Dunas, restingas, estuários, etc.	Urbanizado industrial ou	Sem intervenções com redução nas fontes sedimentares

As intervenções humanas influenciam o comportamento natural da dinâmica costeira, com impacto nos volumes de sedimentos em circulação na costa litoral. Os aproveitamentos hidroeléctricos, as dragagens, os quebramares e esporões, as extracções de areias, a urbanização em zonas dinâmicas e a destruição de cordões dunares, podem potenciar os valores de erosão da costa e aumentar as suas vulnerabilidades. Há necessidade de mitigar estas consequências (VELOSO-GOMES e TAVEIRA-PINTO, 1997). A classificação do efeito das acções antropogénicas deve relacionar o potencial de transporte de sedimentos (função das características de agitação) e o volume de sedimentos disponível, por efeito da acção humana na redução das fontes sedimentares. A quantificação da probabilidade de erosão também é função do grau de intervenções de defesa já efectuadas no local e da sua eficácia, sendo previsivelmente menor a erosão em zonas onde estas existam. Nas intervenções de defesa classificadas como “de manutenção da posição” da linha de costa incluem-se as obras paralelas e perpendiculares à costa, tais como quebramares destacados, obras

longitudinais aderentes, esporões e campos de esporões, bem como os quebra-mares portuários. Outras intervenções são as alimentações artificiais de areias, as dunas artificiais e as paliçadas para retenção de areias. Note-se que a classificação da existência de um tipo de defesa pressupõe que ela se mantenha efectiva durante o período horizonte de análise, ou seja, obrigando a operações de monitorização e manutenção periódicas. Caso essa situação não esteja assegurada, a classificação de vulnerabilidades neste aspecto deve ser reanalisada (COELHO, 2005).

2.2 Ponderação dos Parâmetros de Vulnerabilidade

Os diversos parâmetros considerados relevantes na avaliação de vulnerabilidades das zonas costeiras às acções energéticas do mar têm naturalmente diferente importância e devem representar pesos variáveis na classificação final de vulnerabilidade. No entanto, o peso que deve ser atribuído a cada parâmetro não é necessariamente igual em todos os locais das zonas costeiras, pelo que a análise da melhor forma de ponderação é difícil de efectuar.

Neste trabalho indicam-se três critérios de ponderação distintos. Um dos critérios equivale à média aritmética de todos os parâmetros, correspondendo assim o mesmo peso a todos eles (designado de “Peso 1”). Um segundo critério (designado de “Peso 2”) considera a redução dos coeficientes de ponderação relativos à classificação do revestimento do solo e das amplitudes de maré na vulnerabilidade global. Esta opção deriva do facto do revestimento do solo ser um parâmetro que normalmente não é considerado neste tipo de análise e da amplitude de maré, além de não gerar consenso quanto à forma mais desfavorável de a considerar, é praticamente uniforme em todos os locais de uma mesma zona costeira (COELHO, 2005). Neste critério são valorizados os pesos da geologia e da distância à linha de costa, aspectos que condicionam fortemente a vulnerabilidade final, já que pontos localizados sobre zonas rochosas ou distantes da costa têm necessariamente que ser pouco vulneráveis. O terceiro critério proposto corresponde a um escalonamento dos parâmetros com pesos distintos para todos eles (designado de “Peso 3”). Os respectivos coeficientes de ponderação variam desde 1 até 9. A ordenação adoptada para os parâmetros foi, de forma crescente de importância, a seguinte: revestimento do solo; amplitudes de maré; taxas de erosão/acção; geomorfologia; alturas de onda significativa; acções antropogénicas; cotas topográficas; distâncias à linha de costa; geologia. A representação dos critérios de ponderação é efectuada no quadro 3.

Quadro 3: Coeficientes de ponderação dos parâmetros de vulnerabilidade.

Parâmetros de Vulnerabilidade	Peso 1	Peso 2	Peso 3
CT - Cota topográfica referida ao ZH	1	1	7
DC - Distância à linha de costa	1	2	8
AM - Máxima amplitude de maré	1	0.5	2
AO - Máxima altura de onda significativa	1	1	5
EA - Taxa média de erosão / acreção	1	1	3
GL - Geologia	1	2	9
GM - Geomorfologia	1	1	4
RS - Revestimento do solo	1	0.5	1
AA - Acções antropogénicas	1	1	6
Total	9	10	45

A geologia é o parâmetro mais valorizado nos critérios propostos pois o facto de se analisar uma zona costeira rochosa permite reduzir significativamente a sua vulnerabilidade. Locais afastados da zona de interface entre a terra e o mar também ficam naturalmente protegidos das acções deste e consequentemente diminuem a vulnerabilidade. Pontos altos ou artificialmente protegidos por obras de protecção costeira são também aspectos com importância relevante. A capacidade energética das ondas é o parâmetro intermédio em termos de coeficiente de ponderação, enquanto a geomorfologia dos locais e as tendências de evolução da linha de costa no passado representam aspectos considerados com um peso menor. Em consonância com o critério “Peso 2”, as amplitudes de maré e o revestimento do solo são os parâmetros considerados de menor importância.

3 APLICAÇÕES À COSTA NOROESTE PORTUGUESA

A metodologia apresentada está a ser aplicada a diversos trechos da costa Oeste portuguesa. Proceda-se de seguida à exposição das aplicações desenvolvidas. Entende-se que a calibração da metodologia só é conseguida com a aplicação a um grande número de casos de estudo. A avaliação apresentada corresponde à análise de 50 locais, conforme se visualiza na figura 1. administrativo

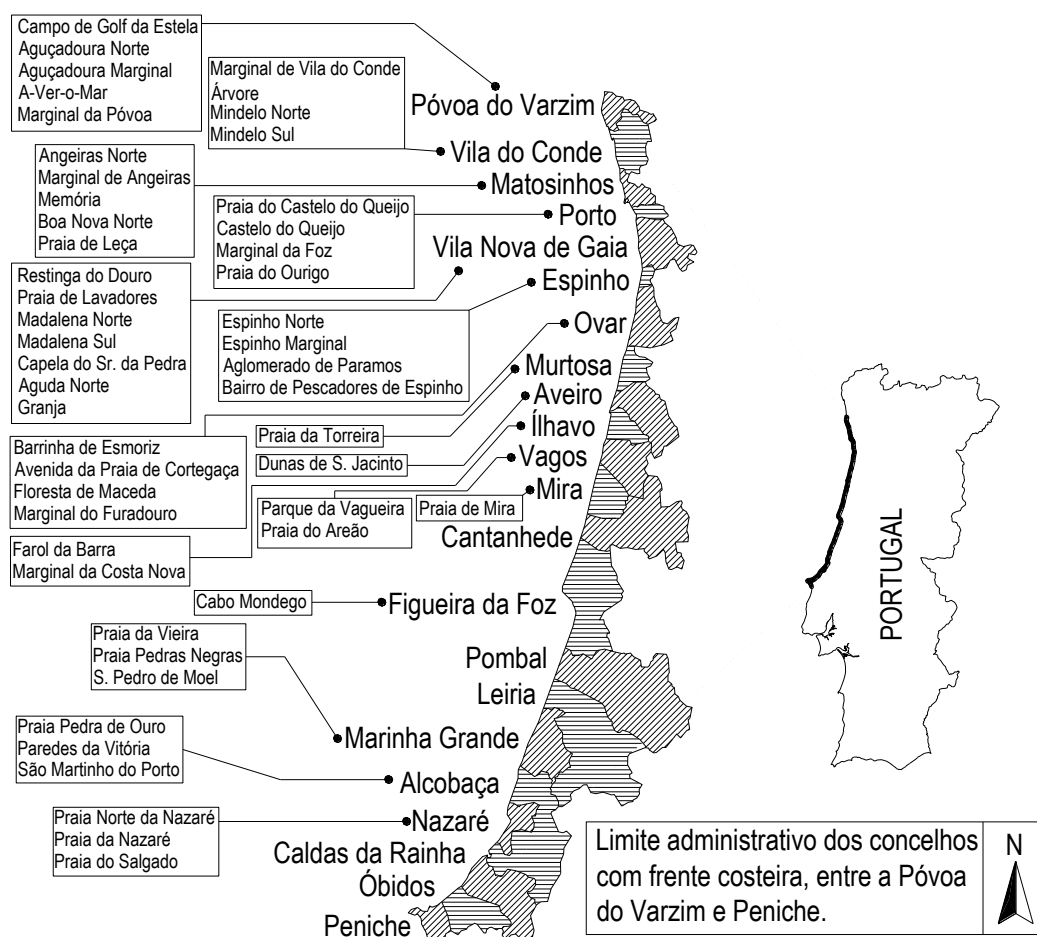


Figura 1: Costa Noroeste portuguesa. Identificação dos locais analisados.

3.1 Matriz de Vulnerabilidades

É de realçar que o exercício de classificação que se apresenta envolve um grau de subjectividade apreciável. A avaliação destes mesmos parâmetros por entidades diversas resulta

certamente em diferenças de resultado (mesmo que ligeiras) pelo que a análise ponderada de uma equipa de vários elementos pode diminuir o grau de subjectividade da avaliação (COELHO, 2005). A recolha e registo de informação e o acumular de conhecimento relativo à dinâmica costeira permite alargar a base de dados e limitar a subjectividade da classificação. Parâmetros relacionados com as taxas de erosão ou acreção, com a agitação marítima, a cartografia representativa do revestimento do solo, o arquivo do comportamento da dinâmica costeira subsequente à construção de obras costeiras realizadas poderão ser no futuro avaliados de forma mais correcta. A atribuição dos diferentes critérios de ponderação permite uma análise de sensibilidade dos pesos a atribuir aos diversos parâmetros envolvidos.

O quadro 4 mostra uma possível classificação atribuída aos diversos parâmetros de vulnerabilidade, relativamente a cada um dos locais escolhidos. O julgamento dos diversos parâmetros é efectuado em função das características actuais pelo que a alteração de determinadas condições no tempo (revestimento do solo, taxas de erosão e acreção, acções antropogénicas) podem limitar o horizonte da avaliação. A classificação foi obtida por estimativa, com base no conhecimento intuitivo das características dos locais. No quadro, VME significa vulnerabilidade muito elevada ($VME \geq 4.5$), VE representa vulnerabilidade elevada ($3.5 \leq VE < 4.5$) e VM vulnerabilidade média ($2.5 \leq VM < 3.5$).

Numa perspectiva global de análise do quadro 4, a classificação atribuída aos diversos parâmetros conduz em geral a valores elevados, essencialmente relacionados com a zona sensível em que se inserem os locais escolhidos. As zonas estudadas situam-se maioritariamente a pequenas distâncias da linha de costa e em pontos de cotas topográficas baixas, o que revela de forma directa, classificações altas para os respectivos parâmetros.

Correspondendo ao que acontece em toda a costa ocidental portuguesa, o parâmetro que avalia a influência das marés é classificado com o valor de 3. Apesar disso, dois dos locais diferem dessa classificação. A restinga do Douro, porque está sujeita a variações relacionadas com os níveis de água doce provenientes do rio Douro em situação de cheia, e que por isso se entendeu agravar para a classificação 4, e São Martinho do Porto, porque está numa baía protegida por uma barra natural com apenas 250 metros de abertura, onde a propagação da maré apresenta menores amplitudes e que por isso é classificada com 2.

O clima de agitação marítima na costa Noroeste portuguesa é intenso e isso é ilustrado por uma classificação da maioria dos locais com o índice 5. As excepções representam locais onde a propagação da onda até à costa é dificultada por obstáculos (naturais, como zonas rochosas ou baías, ou artificiais, como os quebramares portuários) que protegem a costa. Dos locais avaliados, estão na referida situação de vulnerabilidade mais baixa a praia do Castelo do Queijo, o farol da Barra, a praia de Pedras Negras e São Martinho do Porto.

As taxas de erosão ou de acreção ao longo da costa são variáveis, existindo uma grande diversidade de situações. A variedade de casos relaciona-se predominantemente com a localização de fontes aluvionares importantes a barlar dos locais de estudo, com maior ou menor variabilidade de fornecimento de sedimentos, com a orientação da linha de costa e o seu equilíbrio com o clima de agitação e respectiva capacidade de transporte sedimentar. Apesar do défice generalizado de sedimentos em circulação na deriva litoral da costa ocidental portuguesa, existem pontos de acumulação a barlar de obras costeiras ou promontórios naturais que originam estabilidade ou mesmo avanço da posição da linha de costa. O efeito das obras de defesa reflecte-se também nas taxas de erosão registadas nos últimos anos, significativamente menores onde as obras estão a cumprir a sua função. Desta forma, os registos existentes por vezes não são claros e alguma da dinâmica litoral pode resultar de factos pontuais num período de análise curto. Assim, este parâmetro é dos que apresenta maior dificuldade de avaliação, sendo importante o sentido crítico e o correcto conhecimento do local avaliado, por quem classifica.

Quadro 4: Classificação de vulnerabilidades em locais da costa Noroeste portuguesa.

Local	Parâmetros de Vulnerabilidade									Classificação de vulnerabilidade					
	CT	DC	AM	AO	EA	GL	GM	RS	AA	Peso 1		Peso 2		Peso 3	
Campo de Golf da Estela	4	5	3	5	4	5	4	2	3	3.9	VE	4.3	VE	4.3	VE
Aguçadoura Norte	5	5	3	5	4	5	4	2	3	4.0	VE	4.4	VE	4.4	VE
Aguçadoura Marginal	4	5	3	5	4	5	4	5	1	4.0	VE	4.2	VE	4.1	VE
A-Ver-o-Mar	4	4	3	5	2	5	4	5	2	3.8	VE	3.9	VE	3.9	VE
Marginal da Póvoa	4	4	3	5	1	5	4	5	1	3.6	VE	3.7	VE	3.7	VE
Marginal de Vila do Conde	4	5	3	5	4	4	4	5	3	4.1	VE	4.2	VE	4.1	VE
Árvore	4	4	3	5	2	5	4	5	2	3.8	VE	3.9	VE	3.9	VE
Mindelo Norte	4	5	3	5	4	5	4	2	1	3.7	VE	4.1	VE	4.0	VE
Mindelo Sul	5	5	3	5	3	5	4	5	3	4.2	VE	4.4	VE	4.4	VE
Angeiras Norte	4	4	3	5	2	5	4	2	2	3.4	VM	3.8	VE	3.8	VE
Marginal de Angeiras	5	4	3	5	3	5	3	5	2	3.9	VE	4.0	VE	4.0	VE
Memória	4	4	3	5	2	4	3	3	2	3.3	VM	3.5	VE	3.6	VE
Boa Nova Norte	4	4	3	5	2	5	4	4	2	3.7	VE	3.9	VE	3.9	VE
Praia de Leça	4	4	3	5	2	4	4	5	1	3.6	VE	3.6	VE	3.6	VE
Praia do Castelo do Queijo	5	4	3	4	3	5	4	5	3	4.0	VE	4.1	VE	4.1	VE
Castelo do Queijo	4	4	3	5	1	1	2	3	3	2.9	VM	2.8	VM	2.9	VM
Marginal da Foz	4	4	3	5	2	2	2	5	3	3.3	VM	3.2	VM	3.2	VM
Praia do Ourigo	5	4	3	5	3	4	3	5	1	3.7	VE	3.7	VE	3.7	VE
Restinga do Douro	5	5	4	5	5	5	5	3	5	4.7	VME	4.9	VME	4.9	VME
Praia de Lavadores	4	3	3	5	1	1	2	4	4	3.0	VM	2.8	VM	2.9	VM
Madalena Norte	4	3	3	5	1	4	4	4	1	3.2	VM	3.3	VM	3.3	VM
Madalena Sul	4	3	3	5	3	4	4	4	4	3.8	VE	3.8	VE	3.8	VE
Capela do Sr. da Pedra	4	5	3	5	1	1	3	4	4	3.3	VM	3.3	VM	3.4	VM
Aguda Norte	4	3	3	5	1	5	4	2	1	3.1	VM	3.4	VM	3.4	VM
Granja	4	4	3	5	4	5	4	4	3	4.0	VE	4.2	VE	4.1	VE
Espinho Norte	4	3	3	5	2	5	4	2	1	3.2	VM	3.5	VM	3.5	VE
Espinho Marginal	5	4	3	5	2	5	4	5	2	3.9	VE	4.0	VE	4.0	VE
Aglomerado de Paramos	5	4	3	5	4	5	4	4	2	4.0	VE	4.2	VE	4.2	VE
Bairro de Pescadores de Espinho	5	4	3	5	4	5	4	5	2	4.1	VE	4.2	VE	4.2	VE
Barrinha de Esmoriz	5	3	3	5	4	5	4	3	2	3.8	VE	3.9	VE	4.0	VE
Avenida da Praia de Cortegaça	5	5	3	5	5	5	4	5	2	4.3	VE	4.5	VME	4.4	VE
Floresta de Maceda	5	5	3	5	5	5	4	1	5	4.2	VE	4.6	VME	4.7	VME
Marginal do Furadouro	5	5	3	5	4	5	4	5	2	4.2	VE	4.4	VE	4.4	VE
Praia da Torreira	5	5	3	5	3	5	4	5	2	4.1	VE	4.3	VE	4.3	VE
Dunas de S. Jacinto	5	5	3	5	1	5	5	3	4	4.0	VE	4.3	VE	4.5	VE
Farol da Barra	5	5	3	3	2	5	5	5	2	3.9	VE	4.1	VE	4.1	VE
Marginal da Costa Nova	5	5	3	5	4	5	4	5	2	4.2	VE	4.4	VE	4.4	VE
Parque da Vagueira	5	4	3	5	5	5	5	4	5	4.6	VME	4.7	VME	4.7	VME
Praia do Areão	5	5	3	5	4	5	4	3	2	4.0	VE	4.3	VE	4.3	VE
Praia de Mira	5	5	3	5	4	5	4	5	2	4.2	VE	4.4	VE	4.4	VE
Cabo Mondego	1	4	3	5	1	3	1	4	3	2.8	VM	2.9	VM	2.8	VM
Praia da Vieira	5	5	3	5	5	5	4	5	5	4.7	VME	4.8	VME	4.8	VME
Praia Pedras Negras	5	5	3	4	4	5	4	2	2	3.8	VE	4.2	VE	4.2	VE
S. Pedro de Moel	2	3	3	5	2	3	2	5	3	3.1	VM	3.0	VM	3.0	VM
Praia Pedra de Ouro	3	5	3	5	3	3	3	3	3	3.4	VM	3.6	VE	3.6	VE
Paredes da Vitória	3	4	3	5	4	5	4	3	3	3.8	VE	4.0	VE	4.0	VE
Praia Norte da Nazaré	3	5	3	5	3	5	4	2	2	3.6	VE	4.0	VE	3.9	VE
Praia da Nazaré	4	5	3	5	4	5	4	5	5	4.4	VE	4.6	VME	4.6	VME
Praia do Salgado	4	4	3	5	3	5	4	2	3	3.7	VE	4.0	VE	4.0	VE
São Martinho do Porto	2	2	2	3	2	4	3	4	4	2.9	VM	2.9	VM	2.9	VM

Ainda no quadro 4, os locais analisados correspondem, na grande maioria, a zonas costeiras caracterizadas pelas típicas praias arenosas do Noroeste português, representando em termos geológicos vulnerabilidades muito elevadas e em termos de geomorfologia valores de índice 4.

Para os locais em estudo, o revestimento do solo e as acções antropogénicas percorrem toda a gama de vulnerabilidades, apresentando este último parâmetro algum grau de dificuldade de avaliação, onde volta a ser importante um bom conhecimento do local por parte de quem classifica. Em diversas situações, apesar de existirem obras de defesa para manutenção da posição da linha de costa, verificam-se também défices sedimentares originados por quebra-mares e eventuais dragagens a barlar (no Douro e em Leixões, na Barra e na Figueira da Foz), justificando o agravamento na classificação. No sentido inverso, a estabilidade e a não previsibilidade de défices sedimentares originados pelo Homem, por exemplo na região do Cabo Mondego, permite baixar para 3 a classificação de locais sem intervenções e sem evidência de redução nas fontes sedimentares.

3.2 Análise dos Resultados

Como se verifica no quadro 4, adoptando o critério de peso equivalente para todos os parâmetros, a vulnerabilidade global varia entre 2.8 e 4.7, apesar da dificuldade de atribuição de algumas pontuações. Considerando os critérios “Peso 2” ou “Peso 3”, o valor mínimo mantém-se em 2.8, mas a classificação máxima sobe para 4.9. O valor médio das classificações obtidas são respectivamente 3.8, 3.9 e 3.9 para os critérios de ponderação “Peso 1”, “Peso 2” e “Peso 3”.

Em termos globais, os critérios de ponderação “Peso 2” e “Peso 3” traduzem um acréscimo na classificação de vulnerabilidades, quando comparadas com o critério “Peso 1”, permitindo deduzir que nestes critérios foi agravado o peso dos parâmetros com valores mais elevados de classificação. O critério correspondente ao “Peso 2” aumenta em 3.8% as vulnerabilidades obtidas em relação à média aritmética correspondente ao “Peso 1”. O “Peso 3” conduz a resultados 4.3 % superiores ao “Peso 1”. No entanto, a alteração dos coeficientes de ponderação não representa variações importantes nos resultados, principalmente por comparação com a avaliação dos parâmetros, atendendo à dificuldade de análise objectiva de alguns deles. Assim, convém realçar a importância da alteração da classificação de algum dos parâmetros.

Para o critério de ponderação “Peso 1”, cada valor alterado num dos parâmetros representa variações de 11.1% (1/9). Esta importância é acrescida no caso do critério “Peso 2”, para os parâmetros de geologia e de distância à linha de costa (passa a corresponder uma variação de 20.0%, equivalente a 2/10), que no entanto são dos mais fáceis de caracterizar objectivamente e por isso induzem uma menor probabilidade de erro. Para o critério “Peso 3”, diferentes classificações nos parâmetros mais significativos podem conduzir a resultados diferentes, sendo a variação máxima correspondente ao parâmetro da geologia ($9/45 = 20.0\%$). Desta análise se verifica que a necessidade de uma correcta classificação dos parâmetros é tanto ou mais importante que a ponderação dos mesmos parâmetros.

O critério “Peso 1” permite classificar 3 locais com vulnerabilidade muito elevada, 34 locais com vulnerabilidade elevada e 13 locais com vulnerabilidade média. Segundo esta classificação, a restinga do Douro, o parque aquático da Vagueira e a praia de Vieira de Leiria são os locais mais vulneráveis, fundamentalmente devido à elevada vulnerabilidade às acções antropogénicas e ao revestimento do solo, quando comparados com os restantes.

Utilizando o critério de ponderação “Peso 2”, seis locais têm alteração no resultado da classificação. Três locais passam de vulnerabilidade média a vulnerabilidade elevada (Angeiras Norte, Memória e praia da Pedra de Ouro) e outros três passam de vulnerabilidade elevada a vulnerabilidade muito elevada (avenida da praia de Cortegaça, floresta de Maceda e praia da Nazaré). Angeiras Norte, Memória, Maceda e a praia da Pedra de Ouro registam a alteração de classificação, maioritariamente

porque neste critério é reduzido o peso do parâmetro relativo ao revestimento do solo, onde apresentam vulnerabilidades baixas. Maceda apresenta também valores elevados nos parâmetros que segundo este critério são mais pesados, pelo que a sua classificação sofre uma das maiores variações, subindo 8.9%. Cortegaça e a praia da Nazaré sobem na classificação de vulnerabilidade porque são de vulnerabilidade máxima em termos geológicos e de distância à linha de costa. As maiores subidas percentuais na classificação obtida correspondem a Mindelo Norte e à praia Norte da Nazaré, com subidas de 10.5% e de 11.1% respectivamente. Segundo este critério, são seis os locais que diminuem de vulnerabilidade, sem no entanto mudar de classe de classificação. A maior descida é da praia de Lavadores (8.3%), porque é classificada com um valor elevado no parâmetro de revestimento do solo e valores relativamente baixos nos parâmetros de geologia e distância à linha de costa.

O critério de ponderação “Peso 3” regista duas alterações na classe de classificação obtidas relativamente ao critério “Peso 2”. Espinho Norte passa a ser classificado com vulnerabilidade elevada e a avenida da praia de Cortegaça desce de vulnerabilidade muito elevada para vulnerabilidade elevada. Assim, relativamente ao critério “Peso 1”, são seis as alterações de classe, representando quatro subidas de vulnerabilidade média para vulnerabilidade elevada e duas de vulnerabilidade elevada para vulnerabilidade muito elevada. Relativamente ao critério “Peso 1”, registam-se seis subidas superiores a 10%, sendo a mais elevada a que corresponde à floresta de Maceda, com 12.1%. Apenas três locais tiveram uma classificação inferior neste critério, à obtida com o critério “Peso 1”. S. Pedro de Moel apresenta uma descida de 5.0%, a praia de Lavadores de 3.0% e a marginal da Foz de 2.7%.

3.3 Representação de Cartas de Vulnerabilidade

Pretende-se que o desenvolvimento do trabalho permita uma visualização rápida e intuitiva das vulnerabilidades das zonas costeiras. Está a ser elaborada a representação cartográfica de cada parâmetro de vulnerabilidade para o distrito de Aveiro.

Na figura 2 representam-se os parâmetros relacionados com a distância à linha de costa e com a cota topográfica, para os seis concelhos costeiros do distrito. Para o primeiro parâmetro referido, é imediata a constatação de que as maiores vulnerabilidades ocorrem naturalmente na faixa mais próxima do mar. O segundo parâmetro evidencia a grande extensão de cotas baixas relacionadas com a ria de Aveiro, classificando-a com vulnerabilidades elevadas ou muito elevadas. Ambas as cartas foram elaboradas com base nas cartas militares do Instituto Geográfico do Exército.

Ainda em desenvolvimento, as cartas correspondentes aos parâmetros relacionados com as marés e com as ondas são unicamente avaliadas em termos lineares, ao longo da costa. Para estes casos, opta-se por considerar que as regiões interiores tomam o mesmo valor da classificação obtida na costa. As taxas de erosão e de acreção e as acções antropogénicas são avaliadas com pressupostos semelhantes, já que a sua representação é linear, em função do que acontece ao longo da linha de costa.

A representação da vulnerabilidade relativa aos parâmetros geológicos e geomorfológicos está a ser realizada com base nas cartas geológicas de Portugal. O revestimento do solo é baseado na divisão apresentada nas cartas de ocupação de solo do Instituto Geográfico Português, referida a informação de Agosto de 1990.

A conjugação de todos os parâmetros numa única carta deve obedecer a critérios cuidados, pelo que a análise pontual desenvolvida para os diferentes locais, descrita no quadro 4, permite a calibração da metodologia. O cruzamento de toda a informação numa única carta de vulnerabilidades tem por objectivo criar uma ferramenta eficaz para delimitação de zonas vulneráveis, auxiliando os órgãos de ordenamento e planeamento.

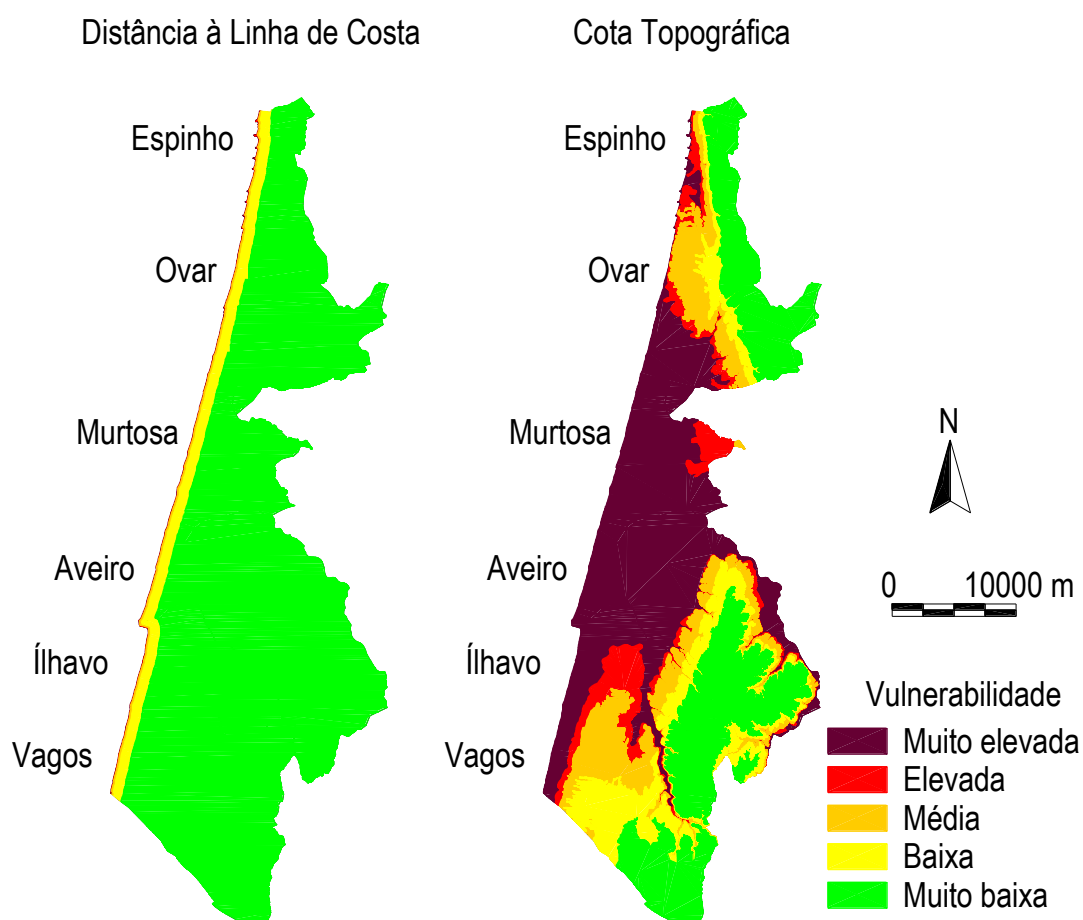


Figura 2: Representação cartográfica de dois parâmetros de vulnerabilidade, no distrito de Aveiro.

4 ESTRATÉGIAS DE ORDENAMENTO

Com a aplicação cuidadosa de critérios de classificação de vulnerabilidades e com o aumento da capacidade de previsão da evolução da linha de costa, será possível auxiliar os órgãos de decisão e planeamento e ordenamento das zonas costeiras, contribuindo para uma melhoria das qualidades de vida nestas regiões (COELHO e VELOSO-GOMES, 2005).

A representação em planta das diferentes vulnerabilidades permitirá adoptar estratégias de planeamento adequadas. Entre estas, uma estratégia de “protecção” deverá incorporar a delimitação de zonas vulneráveis a acontecimentos extremos e à evolução da dinâmica costeira, o zonamento de áreas com restrições à edificabilidade, a consideração de zonas naturais “tampão”, a localização “recuada” de infra-estruturas vitais em caso de catástrofes (hospitais, escolas, polícia, etc.), a implementação de medidas de protecção e de reabilitação de sistemas dunares e de outros ecossistemas, a elaboração e concretização de planos de intervenções estruturais de defesa costeira e de controlo de inundações quando os mesmos se justificam de uma forma inequívoca, a imposição (no licenciamento, projecto e construção de edifícios e de infra-estruturas) de códigos de salvaguarda da estabilidade, a consagração da possibilidade de realocação ao longo do tempo de edifícios e infra-estruturas, o estabelecimento de uma rede eficaz de pré-alertas, a preparação de planos de evacuação e de contingência. Deverá haver uma clara, hierarquizada e eficaz organização institucional para gerir o sistema de previsão e de intervenção durante e após catástrofe (COELHO e VELOSO-GOMES, 2005).

Uma decisão de “contenção” da ocupação e da edificabilidade em zonas costeiras poderá ser uma decisão definitiva ou uma medida de precaução até ser possível melhorar a capacidade de previsão de acontecimentos extremos e consequências. Em relação a uma estratégia de “retirada” de zonas edificadas em locais vulneráveis, deve discutir-se a sua viabilidade e aceitabilidade social, particularmente em zonas com elevada densidade de ocupação ou em países ou regiões com evidentes dificuldades sociais e económicas. A solidez da fundamentação técnico-científica na previsão da exposição a situações calamitosas e das suas consequências é fundamental no apoio à decisão (COELHO e VELOSO-GOMES, 2005).

A prevenção e o planeamento elaborado com horizontes de projecto de algumas dezenas de anos, deverão constituir preocupações técnicas, sociais e políticas em zonas potencialmente expostas a catástrofes naturais e a grandes alterações da morfologia costeira.

AGRADECIMENTOS

Agradece-se às finalistas da licenciatura em Engenharia Civil da Universidade de Aveiro, Cristina Segurado Silva e Maria José Granjo, o trabalho desenvolvido na elaboração dos mapas apresentados neste texto.

BIBLIOGRAFIA

COELHO, C. (2005). “Riscos de Exposição de Frentes Urbanas Para Diferentes Intervenções de Defesa Costeira”, Tese de Doutoramento, Universidade de Aveiro, 404 pp.

COELHO, C.; VELOSO-GOMES, F. (2005). “Classificação de Vulnerabilidades e Riscos como Contributos no Planeamento das Zonas Costeiras”, III Congresso sobre Planeamento e Gestão das Zonas Costeiras dos Países de Expressão Portuguesa, Maputo, Moçambique, 15 p.

GORNITZ, V. M.; BEATY, T. W.; DANIELS, R. C. (1997). “A Coastal Hazards Data Base for the U.S. West Coast”. Environmental Sciences Division Publication n.º 4590, ORNL/CDIAC-81, NDP-043C, 78 p.

VELOSO-GOMES, F.; TAVEIRA-PINTO, F. (1997). A Opção “Protecção” para a Costa Oeste Portuguesa, *in Colectânea de Ideias Sobre a Zona Costeira de Portugal*, Associação Eurocoast-Portugal, pp. 163-190.