

AVALIAÇÃO MULTICRITÉRIO DAS INCIDÊNCIAS AMBIENTAIS DE MEDIDAS DE CONTROLO DE CHEIAS: O CASO DA RIBEIRA DO LIVRAMENTO

Paula ANTÃO DA SILVA¹, Carlos BANA E COSTA², Francisco NUNES CORREIA²

RESUMO

Um processo de avaliação de impactes ambientais envolve sistematicamente vários actores com diferentes sistemas de valores, de que emergem pontos de vista habitualmente conflituosos entre si. Um instrumento de apoio à procura de uma solução de compromisso, reflectindo o balanço desses múltiplos pontos de vista é provavelmente o mais adequado à aceitação da decisão final por parte dos actores envolvidos no processo.

Este trabalho é um exercício de apoio multi-critério à decisão, em que se utiliza a abordagem MACBETH - *Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique*. Trata-se de uma abordagem interactiva, de quantificação de julgamentos acerca de um conjunto de pontos de vista, tornando explícito o sistema de valores dos actores envolvidos no processo. Esses pontos de vista foram definidos em colaboração com peritos de diferentes áreas científicas, de modo a poderem identificar e avaliar os impactes ambientais de três alternativas de controlo de cheias para a bacia hidrográfica da ribeira do Livramento, na península de Setúbal.

O objectivo final é apoiar a decisão da escolha da alternativa com menores impactes ambientais, seguindo a metodologia multi-critério referida, passível de aplicação a outras bacias hidrográficas requerendo medidas de controlo de cheias e, mais genericamente, a problemas de cariz ambiental. Isto é particularmente útil na fase preliminar de estruturação do processo de avaliação de impactes ambientais, durante a qual se seleccionam e quantificam os critérios técnicos de avaliação daqueles impactes, com vista a apoiar a fase de decisão da escolha final da melhor alternativa de um ponto de vista ambiental.

PALAVRAS-CHAVE: Medidas de controlo de cheias; Apoio à decisão em problemas ambientais; Análise Multicritério.

¹ Bolseira de Investigação, Laboratório Nacional de Engenharia Civil.

² Professor Associado, Instituto Superior Técnico.

1- INTRODUÇÃO

Um processo de avaliação de impactes ambientais que culmine numa tomada de decisão perante várias alternativas, é claramente um processo de decisão que requer um instrumento de apoio eficaz - suficientemente abrangente e amplamente participado.

Quando a directiva comunitária 85/337/CEE, relativa à avaliação dos efeitos de determinados projectos públicos e privados no ambiente foi transposta para a legislação nacional em 1990, através do decreto-lei nº 186/90, de 6 de Junho, e regulamentada pelo decreto regulamentar nº 38/90, de 27 de Novembro, foi definitivamente realçada a importância da avaliação dos impactes ambientais de grandes obras de engenharia civil, dadas as dimensões e características de que habitualmente se revestem. Infelizmente, a avaliação de impactes ambientais de projectos de menores dimensões, como obras de regularização fluvial, incluindo ou não controle de cheias, não ficou prevista na legislação, apesar dos seus impactes não serem desprezáveis, especialmente no que respeita ao regime fluvial, aos recursos vivos ou à paisagem. E no entanto, a Lei de Bases do Ambiente Portuguesa (lei nº 11/87, de 7 de Abril) prevê que qualquer projecto que pelas suas características possa “[...] afectar o ambiente, o território e a qualidade de vida dos cidadãos [...] deve ser acompanhado de um Estudo de Impacte Ambiental”.

O recente decreto-lei nº 278/97, de 8 de Outubro, introduz algumas alterações ao decreto-lei anterior. A sua adequação, prevista no decreto regulamentar nº 42/97, de 10 de Outubro, já estabelece na rubrica “obras de canalização e de regularização dos cursos de água”, a apresentação de um Estudo de Impacte Ambiental (EIA) pelo dono da obra. No entanto, apenas o torna obrigatório no caso de obras que ocupem uma área superior a 5 ha ou um comprimento superior a 2 km, sem especificar se essas obras podem ou não incluir controle de cheias. Além disso o EIA requerido é mais um estudo de incidências ambientais que um verdadeiro estudo de impacte ambiental.

Assim, julgou-se importante desenvolver um modelo que permitisse apoiar o processo de decisão relativo à adopção de medidas de controlo de cheias - com concretização para a bacia hidrográfica da ribeira do Livramento, na península de Setúbal - dando a devida atenção aos impactes ambientais, senso lato, resultantes da implementação dessas medidas (ANTÃO DA SILVA, 1996).

A metodologia multicritério seguida é suficientemente genérica para ser facilmente aplicável a outros problemas ambientais. Nesta comunicação pretende-se: (1) realçar a importância da estruturação dos problemas ambientais, com vista à avaliação das soluções previstas e/ou à criação de outras soluções possíveis, em termos das suas incidências ambientais, e posteriormente apoiar a decisão da escolha de uma delas; (2) defender a

necessidade de um instrumento multicritério de apoio à decisão, suficientemente abrangente e amplamente participado, aplicável ao processo de avaliação de impactes ambientais, de modo a torná-lo mais eficaz na escolha da melhor alternativa de um ponto de vista ambiental.

2- A ABORDAGEM MULTICRITÉRIO

As implicações de decisões respeitantes a problemas ambientais são de difícil avaliação, uma vez que a realidade ambiental é muito complexa, quer na sua dimensão temporal, quer espacial, quer ainda na multiplicidade dos efeitos que qualquer intervenção sobre ela gera. As suas consequências devem ser avaliadas *a priori*, custos e benefícios identificados e justificados convenientemente, requerendo por isso um processo formal de análise exaustiva.

Além disso, muitas destas situações envolvem vários actores com sistemas de valores diferentes - técnicos, população afectada, grupos de interesse, responsáveis políticos - e, conseqüentemente, múltiplos pontos de vista, habitualmente conflituosos entre si, no sentido em que raramente existirá uma solução que seja a melhor em todos os aspectos. Daí a relevância do desenvolvimento de instrumentos de apoio à procura de uma boa solução de compromisso, reflectindo o balanço desses múltiplos pontos de vista.

A metodologia de avaliação e de comparação de alternativas utilizada neste trabalho insere-se no quadro metodológico do apoio multicritério ao processo de decisão (ROY, 1985, BANA E COSTA, 1990), no seio do qual os métodos multicritério são ferramentas essenciais. Assim, recusa-se o princípio da agregação num único critério, comum às técnicas que, como a análise custos-benefícios, emergem da teoria clássica das escolhas económicas, em que o objectivo principal é a maximização de uma função de utilidade única, impessoal, estática, que “representa uma racionalidade económica que se abstrai dos interesses particulares de cada actor” (JACQUET-LAGRÈZE, 1983).

Por um lado, as consequências das decisões ambientais não são todas traduzíveis numa unidade monetária comum, dada a presença de factores exteriores, ou intangíveis, ou ainda do carácter qualitativo, impreciso ou mal definido de muitos destes factores (cf. HARBERGER, 1972). Por outro lado, os pontos de vista em causa na avaliação ambiental - ecológicos, sociais, económicos, políticos, individuais ou colectivos, e outros - e a sua expressão operacional - a que chamamos critérios - não têm um significado objectivo e neutro, traduzindo uma racionalidade económica alargada mas única, o que pressuporia assim um consenso entre os actores.

Quando este consenso não é possível, o que é provavelmente a regra geral, vários critérios de avaliação devem ser considerados no âmbito de um modelo multicritério de apoio à discussão entre actores que aceitam ou não uma mesma família de pontos de vista

fundamentais para a avaliação de decisões alternativas. Neste contexto, a actividade de apoio (multicritério) à decisão não procura modelizar uma realidade exterior e preexistente. Ela insere-se no processo de decisão e visa a construção duma estrutura partilhada pelos intervenientes nesse processo - fase de estruturação - partindo depois para a elaboração de um modelo de avaliação - fase de avaliação - seguindo uma abordagem interactiva, construtiva e de aprendizagem, sem assumir um posicionamento optimizante e normativo. Por fim, a análise de sensibilidade e robustez dos resultados do modelo são componentes essenciais da elaboração de recomendações sobre a atractividade de diferentes opções (ver figura 1).



Figura 1 - As fases fundamentais da construção de um modelo multicritério de apoio à decisão

A construção do modelo de avaliação apresentado neste trabalho teve por base uma abordagem que se julga particularmente adequada a problemas ambientais, designada MACBETH - *Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique* (ver, por exemplo, BANA E COSTA & VANSNICK, 1995 e 1997). Em termos gerais, trata-se de uma abordagem interactiva de quantificação da atractividade relativa de acções potenciais, cuja característica fundamental é permitir a explicitação pelos actores de juízos de natureza qualitativa, evitando assim a dificuldade inerente aos métodos de pontuação numérica directa. No caso a seguir descrito, os juízos de valor sobre várias alternativas de controlo de cheias em avaliação estiveram a cargo de um painel de peritos seleccionado.

3- O CASO DA RIBEIRA DO LIVRAMENTO

3.1 - Contexto de decisão

A bacia hidrográfica da ribeira do Livramento localiza-se na península de Setúbal, a Sul de Lisboa, a cerca de 40 km de distância. Tem aproximadamente um comprimento de 8 km e uma área de 12,8 km².

A cidade de Setúbal, situada na planície de cheia de várias ribeiras, de que se destaca a ribeira do Livramento, tem sido frequentemente afectada pela ocorrência de grandes cheias, com inundações da parte baixa da cidade, e consequentes elevados prejuízos materiais. Constitui um exemplo deste facto as cheias de Novembro de 1983, provocadas por precipitações intensas de curta duração, se bem que de período de retorno relativamente baixo (15 anos).

As bacias hidrográficas das ribeiras têm declividades muito acentuadas na zona de montante e uma elevada percentagem de solos com fraca capacidade de retenção de água. Drenam uma área em forma de leque, pelo que as cheias geradas por precipitações intensas de curta duração como as que se observam na região, afluem à zona baixa da cidade e concentram-se, originando caudais de magnitude muito elevada.

As condições naturais descritas são agravadas (1) pela progressiva ocupação e impermeabilização dos solos das bacias hidrográficas devido a urbanização e infraestruturas viárias, provocando o aumento do escoamento dos volumes de cheia, (2) pela desflorestação e exploração de pedreiras que agravam a erosão e a produção de sedimentos arrastados para jusante, e (3) pela falta de limpeza das linhas de água com consequente assoreamento e deficiente capacidade de vazão dos colectores de águas pluviais da cidade para onde são conduzidos os caudais das ribeiras (MARN, 1992). Além disso, a avenida marginal, que se desenvolve paralelamente à linha de costa, está construída em aterro, a uma cota superior à baixa da cidade, funcionando assim como dique e dificultando o escoamento superficial para o estuário do rio Sado. Finalmente, as condições de escoamento das ribeiras são agravadas muitas vezes pelas condições adversas das marés.

Após as cheias de 1983 as autoridades locais iniciaram uma série de estudos hidrológicos. O regime de ocorrência de cheias foi caracterizado, com estimação de várias variáveis, tais como os hidrogramas de cheia correspondentes a diferentes períodos de retorno e a máxima cheia provável. Adicionalmente, as condições hidráulicas de escoamento, tais como o transporte sólido e a estimação dos volumes de cheia foram estudadas, levando ao mapeamento das áreas sujeitas a risco de inundações (CORREIA *et al.*, 1996).

Apesar das inundações de 1967 e de 1983 terem sido causadas por cheias extremas quase todos os anos ocorrem cheias de menor amplitude, afectando certas áreas na parte mais baixa da cidade de Setúbal.

A pressão urbanística que se tem feito sentir na cidade de Setúbal por parte de grupos de interesse do sector imobiliário está longe de um verdadeiro planeamento urbanístico - daí que a cidade tenha vindo a crescer ao longo do vale e da planície de cheia de um modo algo desenfreado, desde o início do século. As autoridades locais têm sido mais sensíveis às pressões desses grupos do que de grupos ambientalistas, que têm promovido campanhas

contra a ocupação de solos de elevada produtividade agrícola, por construções, antes defendendo a sua preservação como uma área de parque natural (CORREIA *et al.*, 1996).

Em 1990 um novo instrumento legal sobre planeamento de uso do solo foi criado a nível nacional, obrigando à preparação e aprovação dos Planos Directores Municipais (PDM). Estes PDM devem incluir a definição de vários usos do solo e estabelecer regras de desenvolvimento, incluindo a criação de áreas protegidas de acordo com critérios ambientais como os da Reserva Ecológica Nacional ou da Delimitação das Zonas Adjacentes. Esta obrigação foi interpretada pela municipalidade de Setúbal mais como um veículo para a expansão urbana do que como uma oportunidade para corrigir erros antigos de crescimento urbanístico. Assim, o actual PDM ainda prevê um aumento do perímetro urbano, apesar da contínua quebra de crescimento demográfico ao longo da última década (CORREIA *et al.*, 1996).

A situação que se acaba de descrever apela claramente a um processo relativamente bem estruturado de apoio à decisão, o que pode ser feito, numa fase preliminar, recorrendo a uma equipa de peritos técnicos, de modo a identificar as principais componentes desse processo. A estruturação do problema permite assim identificar os pontos de vista relevantes à tomada de decisão e quais os que terão maior influência em diferentes tendências de desenvolvimento urbanístico.

No caso em estudo foram consideradas apenas três alternativas de controlo de cheias. Uma destas alternativas é a de “não-intervenção” (A0) e as outras duas são alternativas estruturais (A1 e A2). As alternativas A1 e A2 foram elaboradas por consultores da autarquia embora não tenham sido ainda adoptadas. Uma caracterização breve de cada uma apresenta-se a seguir (ANTÃO DA SIVA, 1996):

- alternativa A0: esta alternativa corresponde à alternativa de “não-intervenção”, ou seja, de conservação de uma área de cerca de 20 ha não construída, pertencente à bacia hidrográfica da ribeira do Livramento, envolvendo o último troço não canalizado da ribeira. O crescimento urbano continuará a fazer-se segundo a tendência dos últimos anos e nenhuma medida de controlo de cheias serão adoptadas, excepto impedir a construção no local e proceder a uma manutenção periódica do seu leito e das suas margens. A alternativa A0 serve de referencial de comparação para as outras duas;

- alternativa A1: esta alternativa corresponde à construção na mesma área de (1) uma bacia de retenção, com vista ao amortecimento dos caudais de cheia afluentes da ribeira do Livramento com período de retorno inferior a 100 anos, de (2) regularização do troço da ribeira incluído na bacia de retenção e de (3) uma bacia de sedimentação de modo a reter os sedimentos afluentes de montante, evitando assim o assoreamento do colector a jusante. Este sistema, sujeito a limpezas periódicas, permite o aumento da capacidade de vazão da rede

hidrográfica. Esta alternativa serve apenas objectivos hidráulicos, não apresentando preocupações de integração urbanística ou de valorização da paisagem;

- alternativa A2: esta alternativa é semelhante em termos hidráulicos à alternativa A1, mas prevê a construção de um parque urbano, simultaneamente dissimulando as estruturas hidráulicas e valorizando paisagística e socialmente a área urbana em redor.

Nas figuras 2 e 3 apresentam-se representações esquemáticas das alternativas A1 e A2.

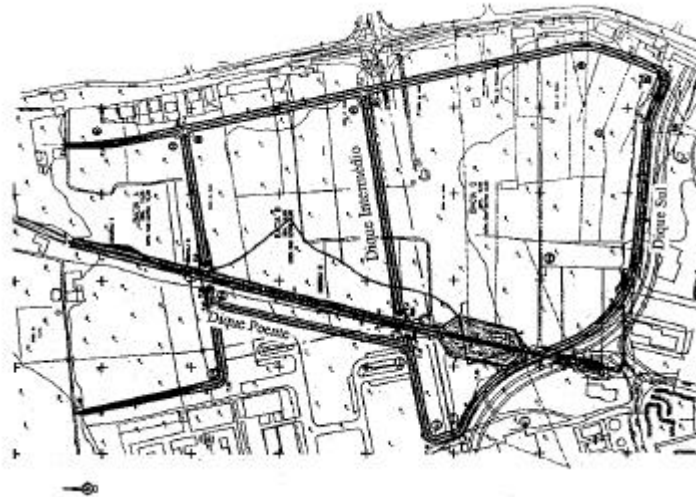


Figura 2 - Representação esquemática da alternativa A1

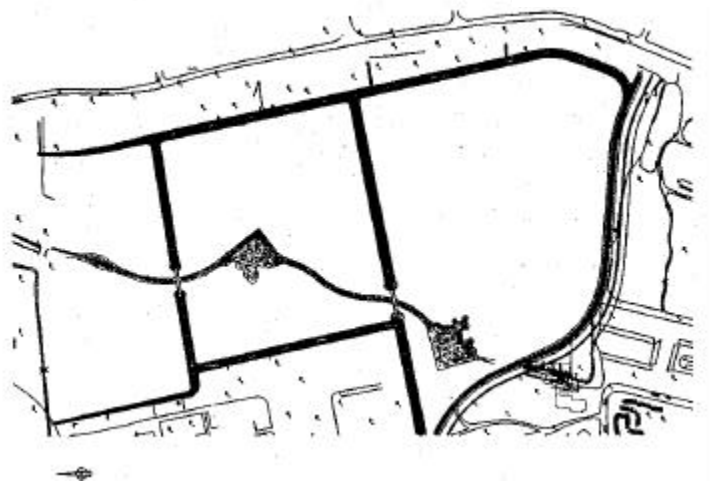


Figura 3 - Representação esquemática da alternativa A2

De acordo com as opiniões periciais recolhidas, estas alternativas devem ser avaliadas tendo em consideração vários aspectos. De entre eles, os impactes ambientais são os mais relevantes, especialmente os que respeitam aos aspectos hidrológicos e de integração na paisagem urbana. Os impactes sociais devem também ser contemplados, com especial destaque

para a vertente da saúde pública. A eficácia técnica das soluções alternativas é também um aspecto a ter em atenção. Finalmente é indispensável confrontar o mérito de cada alternativa face ao correspondente custo.

3.2 - Fase de estruturação

A fase de estruturação do problema começou pela definição e discussão dos pontos de vista fundamentais para a comparação das alternativas de controlo de cheias em termos ambientais, senso lato, com a colaboração de peritos de oito áreas técnicas e científicas: hidrologia superficial, hidrologia subterrânea, estruturas hidráulicas, degradação do solo, biologia, arquitectura paisagística, sociologia do ambiente e economia ambiental. Para além da componente económica, relativa aos custos de investimento e manutenção, identificaram-se três componentes principais de natureza não estritamente económica: ambiental, social e técnica. Conforme mostra a estrutura arborescente da figura 4, cada uma destas componentes integra vários pontos de vista fundamentais (PVs), que no caso da componente ambiental propriamente dita estão agrupados nas áreas de preocupação “água”, “solo”, “fauna e flora” e “paisagem”.

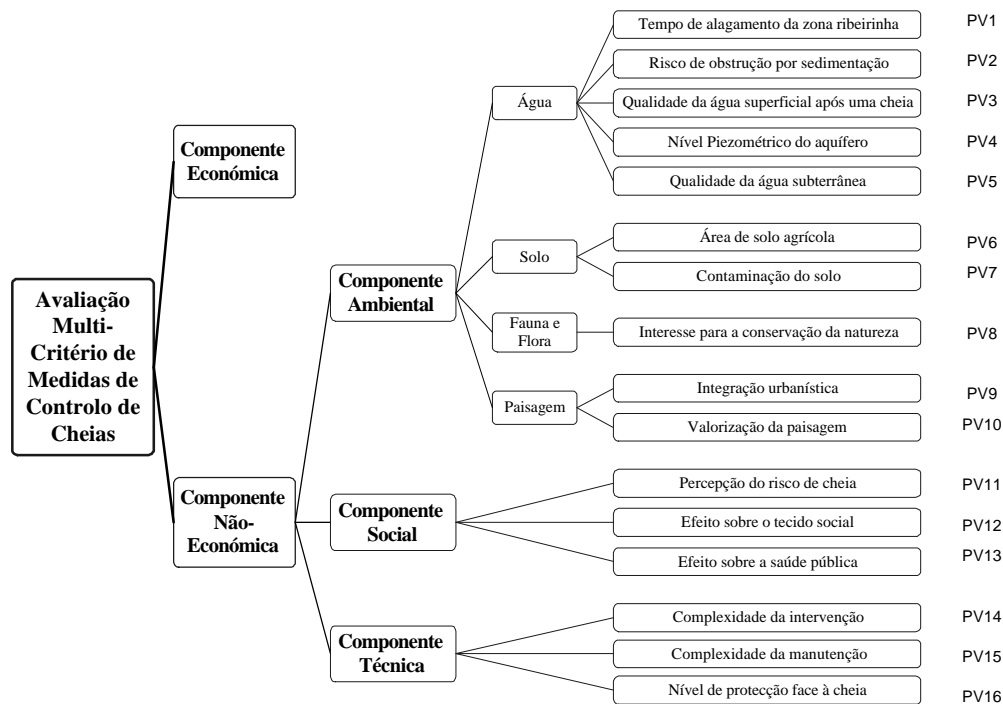


Figura 4 - Estrutura arborescente dos pontos de vista

Uma vez testadas a independência, exaustividade e não-redundância dos pontos de vista fundamentais, procedeu-se, em colaboração estreita com cada um dos peritos, à operacionalização dos pontos de vista fundamentais, através da identificação ou construção, para cada um deles, de um critério ou descritor de impactes. Por definição, um critério é um

conjunto ordenado de níveis de impacte plausíveis segundo o ponto de vista respectivo, podendo ser um indicador quantitativo, um índice combinando vários indicadores ou um conjunto discreto de níveis qualitativos. Um exemplo típico de critério quantitativo é a adopção do indicador “custo actualizado”. No quadro 1 apresenta-se um exemplo de critério qualitativo - o correspondente ao ponto de vista “risco de obstrução ao escoamento devido a sedimentação” (ver ANTÃO DA SILVA, 1996 para uma descrição completa de todos os critérios).

Quadro 1

Critério correspondente ao ponto de vista fundamental “risco de obstrução ao escoamento devido a sedimentação”

Nível de Impacte	Descrição do Nível de Impacte
N7	Não ocorre sedimentação no colector, nem no canal, nem na bacia de retenção. O sistema está em equilíbrio.
N6	Ocorre sedimentação na bacia de retenção, mas não no colector nem no canal.
N5	Ocorre sedimentação no canal, mas não no colector nem na bacia de retenção.
N4	Ocorre sedimentação no colector, mas não no canal nem na bacia de retenção.
N3	Ocorre sedimentação no colector, na bacia de retenção, mas não no canal.
N2	Ocorre sedimentação no colector e no canal, mas não na bacia de retenção.
N1	Ocorre sedimentação no colector, na bacia de retenção e no canal.

3.3 - Fase de avaliação

3.3.1 - Avaliação segundo cada ponto de vista fundamental

Na fase de avaliação começou por construir-se, para cada critério, uma escala numérica de valoração relativa dos seus níveis de impacte, que mede a sua atractividade em termos do ponto de vista respectivo, de acordo com os juízos dos peritos. Estas funções de valor foram construídas com recurso à abordagem MACBETH (ver ANTÃO DA SILVA, 1996), que exemplificaremos para o caso do critério correspondente ao ponto de vista “risco de obstrução ao escoamento devido a sedimentação” (Quadro 1).

O processo de formulação dos juízos de valor pelo perito respectivo, baseou-se no modo de diálogo da abordagem MACBETH: para cada par de níveis de impacto N_x e N_y , com N_x preferível a N_y , o perito foi confrontado com a questão: “a diferença de atractividade entre N_x e N_y é: muito fraca (1), fraca (2), moderada (3), forte (4), muito forte (5), ou extrema (6). A

matriz de juízos mostrada na janela esquerda da figura 5 resume as respostas do perito. Note-se que os juízos formulados são de natureza qualitativa, não tendo por isso os algarismos respectivos qualquer significado cardinal. Por exemplo o “2” no cruzamento da linha de N5 com a coluna de N4 significa que o perito julgou “fraca” a diferença de atractividade entre os níveis N5 e N4. Da aplicação do *software* MACBETH aos juízos formulados, resultou a função de valor para o ponto de vista “risco de obstrução ao escoamento devido a sedimentação” (PV2), que consta da janela direita da figura 5.

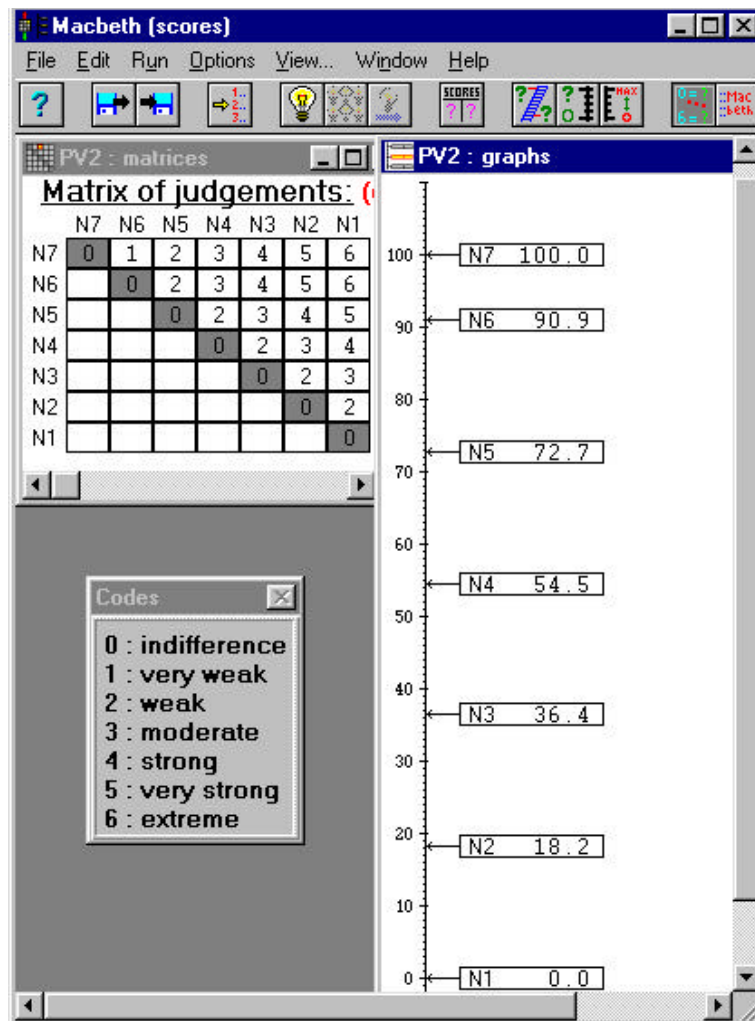


Figura 5 - Aplicação MACBETH ao ponto de vista PV2

3.3.2 - Avaliação em cada componente

Para avaliar a atractividade das alternativas em cada componente, construiu-se um modelo aditivo de agregação parcial dos valores segundo todos os pontos de vista que integram a componente em questão:

$$V_c(a) = \sum_{j=1}^{n_c} p_j \cdot v_j(a), \quad \text{com } \sum_{j=1}^n p_j = 1 \quad \text{e} \quad p_j > 0 \quad (j = 1, \dots, n_c)$$

em que,

$V_c(a)$ é o valor da alternativa a na componente c , sendo n_c o número de pontos de vista que integram c ,

$v_j(a)$ é o valor da alternativa a no ponto de vista j ,

p_j é a constante de escala (“peso”) do ponto de vista j .

Os pesos foram definidos com base em julgamentos dos peritos sobre a diferença de atractividade entre pares de acções fictícias de referência. Exemplificando para a componente água, que integra os pontos de vista 1 a 5, definiram-se cinco acções de referência a_j ($j = 1, \dots, 5$) tais que cada uma delas tem o melhor impacte no ponto de vista j respectivo e os piores impactes nos restantes quatro pontos de vista. Além disso, considerou-se ainda a acção “anti-ideal” a_0 com os piores impactes segundo todos os cinco pontos de vista. Note-se que, pelo modelo aditivo, se tem $V_{\text{água}}(a_0) = 0$ e $V_{\text{água}}(a_j) = 100p_j$ ($j = 1, \dots, 5$). Seguidamente, foi solicitado ao perito que julgasse a diferença de atractividade, em termos da componente “água”, entre cada duas das seis acções de referência, sendo os julgamentos respectivos os indicados na tabela que consta da janela esquerda da figura 6. Por exemplo, o perito julgou indiferentes as acções a_1 e a_2 (“0” na matriz), isto é, que é tão atractivo estar ao melhor nível no ponto de vista 1 e ao pior no ponto de vista 2 como estar ao melhor nível no ponto de vista 2 e ao pior nível no ponto de vista 1. Note-se que este juízo implica directamente que aos dois pontos de vista terá que ser dado o mesmo peso, uma vez que $V_{\text{água}}(a_1) = V_{\text{água}}(a_2) \Leftrightarrow 100p_1 = 100p_2 \Leftrightarrow p_1 = p_2$. Finalmente, aplicando o MACBETH a esta matriz, obteve-se o conjunto de pesos mostrado no histograma da figura 6.

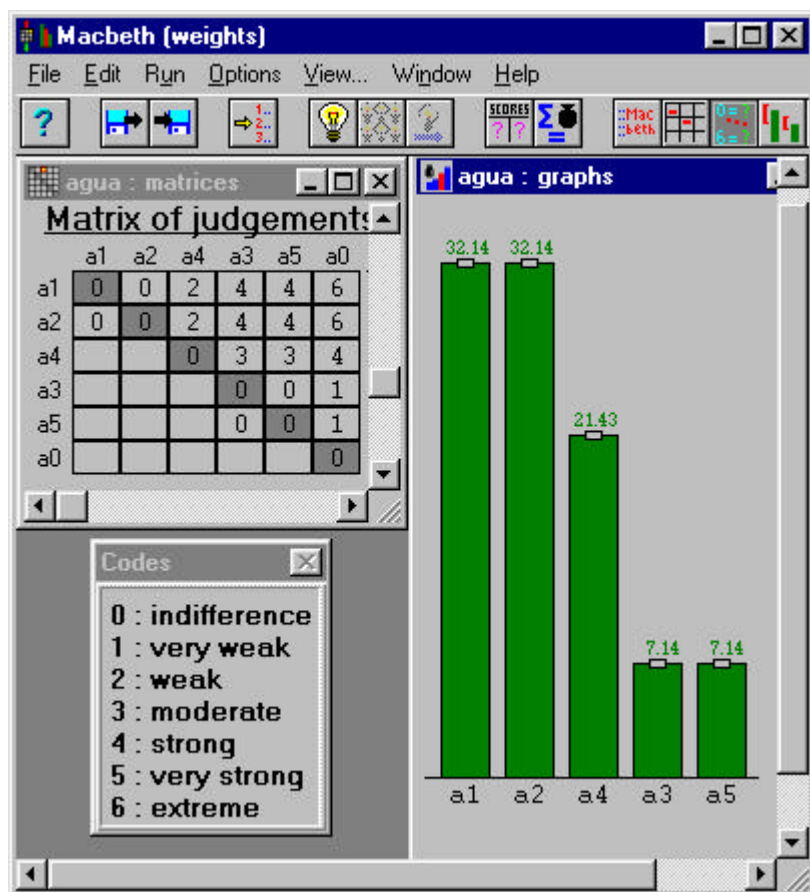


Figura 6 - Aplicação MACBETH aos pesos da componente “água”

De modo idêntico, definiram-se pesos para os níveis superiores da árvore de pontos de vista, e aplicou-se o modelo aditivo para calcular os valores das alternativas em cada componente (Quadro 2).

Quadro 2

Resultados da avaliação das alternativas

Alternativa	Componente Ambiental				Componente Social	Componente Técnica
	Água	Solo	Fauna e Flora	Paisagem		
A0	54,5	28,6	78,0	59,5	56,0	22,0
A1	84,5	0,0	0,0	13,3	52,0	52,2
A2	91,1	35,7	0,0	86,2	77,4	95,5
Pesos	0,569	0,073	0,091	0,266	0,574	0,225

3.3.3 - Análise de sensibilidade e recomendações

A análise de sensibilidade aos resultados do modelo foi efectuada utilizando o *software* V.I.S.A. (Visual Interactive Sensitivity Analysis) - cf. Belton e Vickers, 1990 e Visual

Thinking International, 1995. Na figura seguinte apresenta-se um écran do V.I.S.A. onde constam os valores das três alternativas e também de uma alternativa de referência (ANeutra) com impactes neutros em todos os pontos de vista. Note-se que as alternativa A2 e A1 têm valores globais superiores à alternativa neutra, pelo que são globalmente atractivas em termos não-económicos, embora a alternativa A1 só seja atractiva em termos técnicos. A alternativa A0 é sempre não-atractiva segundo as três componentes de avaliação não-económica.

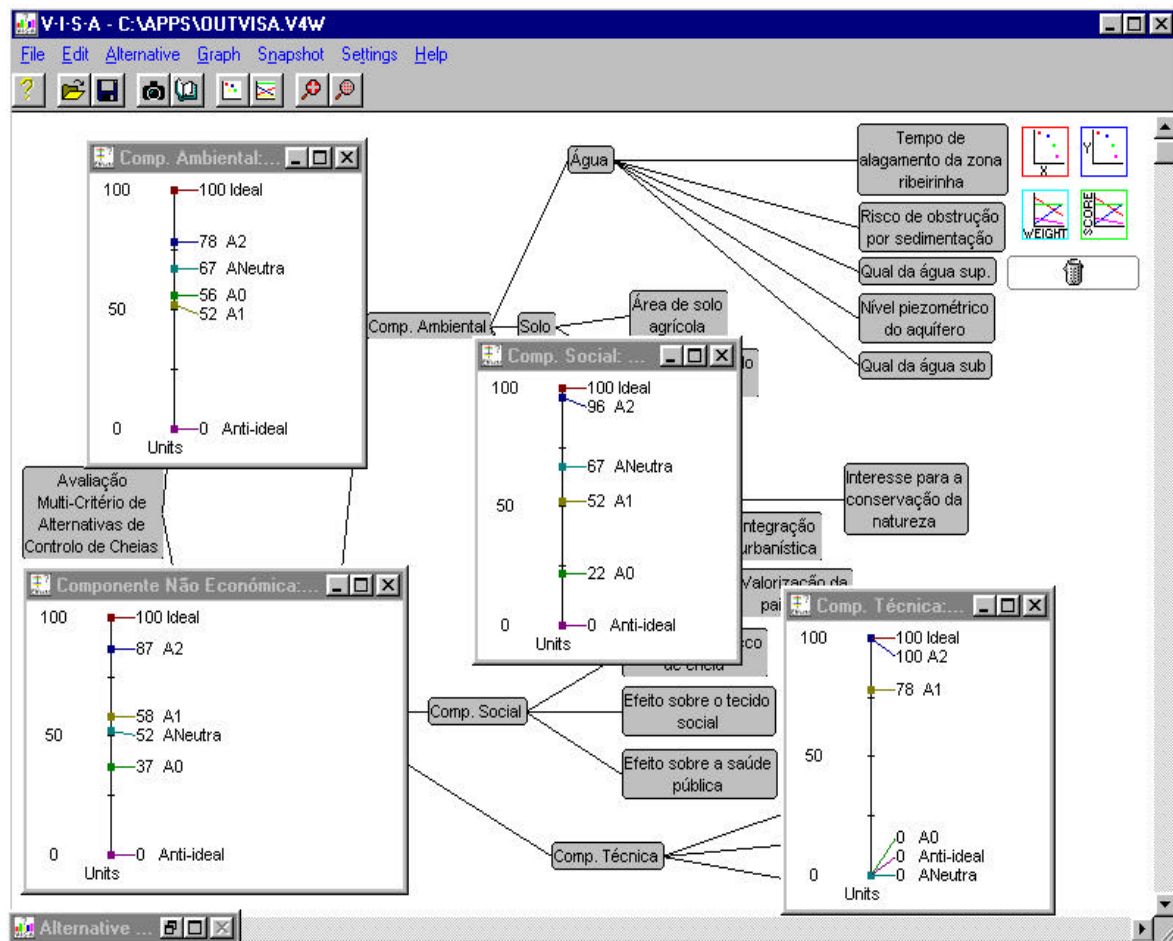


Figura 7 - Modelo multi-critério implementado em VISA

Verifica-se que da aplicação do modelo de avaliação construído resultou a seguinte ordenação das alternativas, por ordem decrescente de atractividade global em termos não-económicos: A2, A1, A0.

A análise de sensibilidade aos resultados anteriores foi feita variando os pesos relativos das componentes ambiental, social e técnica, conforme se apresenta na figura 8.

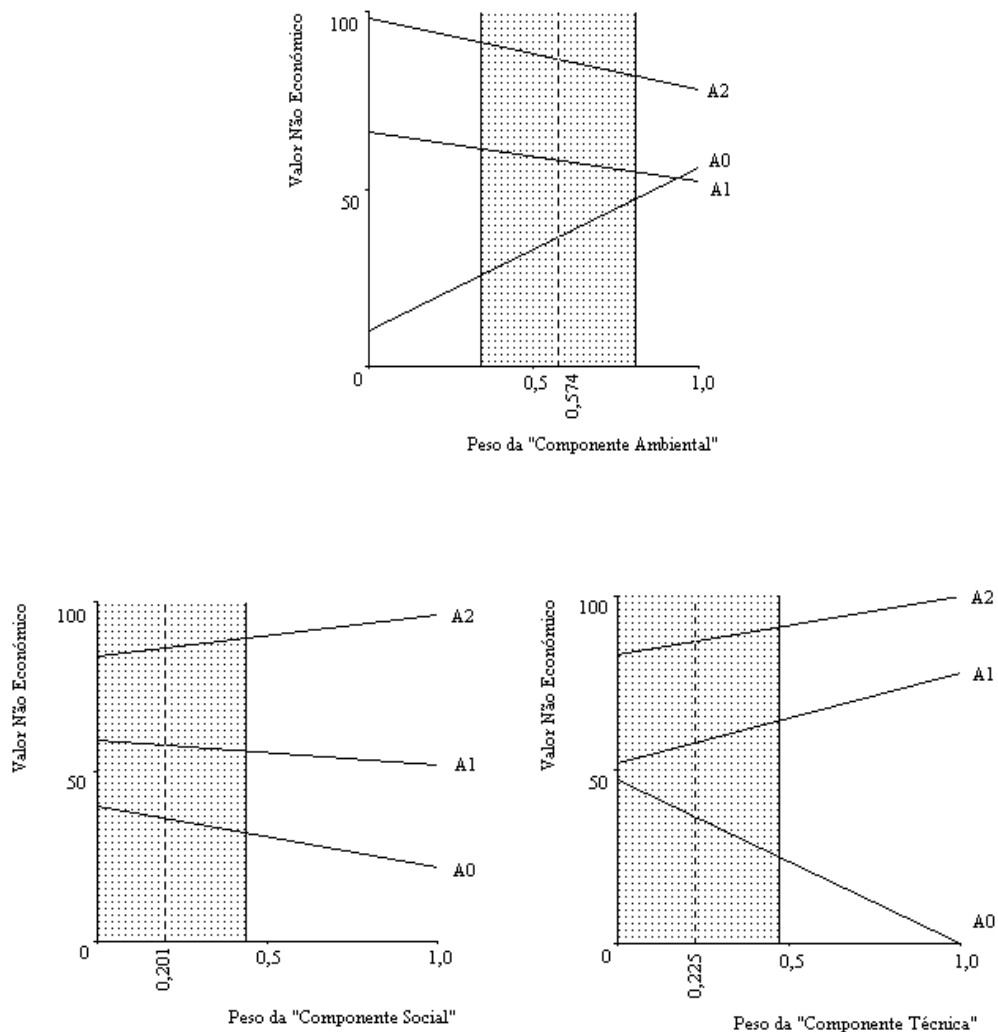


Figura 8 - Sensibilidade do “valor não económico” das alternativas à variação dos valores dos pesos das três principais componentes de avaliação

Pode observar-se que numa gama de valores suficientemente larga de variação dos pesos (+/- 25%): a alternativa A2 é dominante segundo as três componentes da avaliação, sendo pouco sensível à alteração do valor dos pesos respectivos; o valor não-económico das alternativas A0 e A1 não é significativamente alterado segundo a componente social, sendo mais sensível à variação dos pesos da componente ambiental e da componente técnica. A ordenação das alternativas é, no cenário de avaliação em causa, bastante robusta.

3.3.4 - Consideração da componente económica

Os valores finais das alternativas segundo as duas componentes “económica” e “não-económica” apresentam-se no quadro 3. Em relação à “componente económica”, os valores apresentados são custos médios totais.

Quadro 3

Resultados da avaliação final das alternativas

Alternativa	Componente Económica (x1000 escudos)	Componente Não Económica
A0	61 765	37
A1	316 804	58
A2	916 078	87

Na figura 9 confronta-se o mérito das três alternativas em termos não-económicos com o seu custo médio total, o que é um contributo importante para a decisão final da escolha de uma delas.

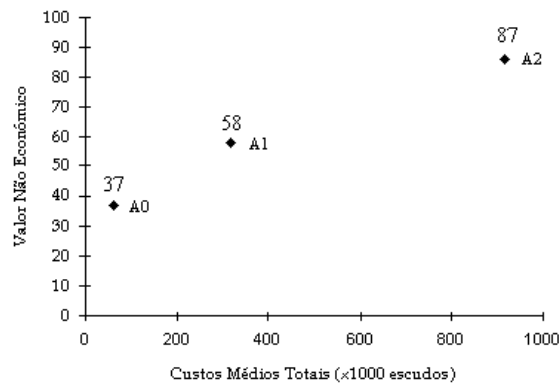


Figura 9 - Confronto do mérito das alternativas com o respectivo custo médio total

Em jeito de apreciação geral, pode afirmar-se que a alternativa A0 é claramente uma alternativa dominada; um acréscimo de cerca de 50% no valor não económico da alternativa A2, relativamente à alternativa A1, é conseguida triplicando o custo da alternativa A1. Se os aspectos económicos forem privilegiados na decisão final, a escolha recairá na alternativa A1, que cumpre o objectivo principal de controlo de cheias a um custo mais baixo que o da alternativa A2. Se se privilegiarem aspectos de longo prazo, como os ambientais e os sociais, então a sociedade deve estar disposta a pagar pela mais-valia socio-ambiental que a alternativa A2 representa. De facto, a alternativa A2 cumpre não só o objectivo principal de controlo de cheias, como o da reabilitação e valorização de uma área urbana degradada em termos ambientais e sociais.

4 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

A abordagem MACBETH seguida neste trabalho provou ser bastante adequada a este tipo de avaliação multicritério.

Embora tenha sido aplicada a um problema de pequenas dimensões, pode facilmente sê-lo a problemas ambientais envolvendo grandes obras de engenharia. De facto, a sua eficácia depende, essencialmente, da qualidade da estruturação de cada problema; e esta, directamente, da informação de base disponível - quanto mais específica e precisa ela for, mais facilmente se encontram os pontos de vista relevantes para a quantificação dos impactes ambientais, senso lato, relativos a cada problema.

Nesta aplicação foi apenas contemplada a consulta a peritos técnicos. Contributos tão importantes como este, como a consulta directa à população envolvida no problema ou indirecta a associações suas representantes, ou ainda a consulta aos autarcas com responsabilidades na área ou a associações não-governamentais (como as associações de defesa do ambiente), seriam mesmo imprescindíveis numa situação real. As preocupações destes grupos sociais, conhecidas por exemplo através de inquéritos ou entrevistas específicos, fariam provavelmente emergir novos pontos de vista e/ou novas alternativas, tornando assim o modelo multicritério de avaliação mais representativo do problema em causa.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho, que resumidamente se apresenta na presente comunicação, foi desenvolvido no âmbito de uma dissertação final de mestrado (ANTÃO DA SILVA, 1996). Essa dissertação foi elaborada no Laboratório Nacional de Engenharia Civil e usufruiu dos estudos desenvolvidos pelo projecto europeu *Euroflood - the Europe-wide Project for Flood Hazard Research and Policy Making*, especialmente pelo sub-projecto português, *The Planning of Flood Measures: Interface with the Public*, coordenado pelo Instituto Superior Técnico, e com as colaborações do Instituto Superior de Agronomia, do Centro Nacional de Informação Geográfica e do Laboratório Nacional de Engenharia Civil.

BIBLIOGRAFIA

ANTÃO DA SILVA, P. A. - *Avaliação Multi-Critério de Medidas de Controlo de Cheias de um Ponto de Vista Ambiental*, Lisboa, IST, 1996.

BANA E COSTA, C. A. - "Une Méthode pour l'Aide à la Décision en Situations Multicritères et Multiacteurs". *Sistemi Urbani*, **3**, 1990, pp. 301-332.

BANA E COSTA, C. A. - “Processo de Apoio à Decisão: Problemáticas, Actores e Acções”, in *Anais do Curso Ambiente: Fundamentalismos e Pragmatismos*, Seminário Pedro Nunes, Convento da Arrábida, 1993, CESUR/UT, Lisboa.

BANA E COSTA, C. A.; VANSNICK, JEAN-CLAUDE - “Uma nova abordagem ao problema da construção de uma função de valor cardinal: MACBETH”. *Investigação Operacional*, **15**, 1, 1995, pp. 15-35.

BANA E COSTA, C. A.; VANSNICK, JEAN-CLAUDE - “Applications of the MACBETH approach in the framework of an additive aggregation model”. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, **6**, 1997, pp. 107-114.

BELTON, V.; VICKERS, S. - “Use of a Simple Multi-Attribute Value Function incorporating Visual Interactive Sensitivity Analysis for Multiple Criteria Decision Making”, in *Readings in Multiple Criteria Decision Aid*, editado por C. A. Bana e Costa, Springer-Verlag, 1990, pp. 319-334.

CORREIA, F. N. *et al.* - “Innovative Approaches to Comprehensive Floodplain Management. A Framework for Participatory Valuation and Decision Making in Urban Developing Areas”. IST Contribution for EUROflood 2 Project”, EUROflood, Lisboa, IST, 1996.

HARBERGER, A.C. - *Project Evaluation*. London, MacMillan, 1972.

JACQUET-LAGRÈZE, E. - “Modélisation et Décision”, in *La Décision: ses Discussions et ses Acteurs*, editado por B. Roy, Lyon, Presses Universitaires de Lyon, 1983, pp. 73-94.

MARN (Ministério do Ambiente e dos Recursos Naturais) - “*Bacia de Retenção de Cheias da Ribeira do Livramento. Projecto de Execução. Vol.1 - Memória Descritiva e Justificativa*”. Lisboa, Hidroquatro, 1992.

ROY, B. - *Méthodologie Multicritère d’Aide à la Décision*. Paris, Economica, 1985.