

METODOLOGIA MULTICRITÉRIO DE APOIO À DECISÃO NA GESTÃO PATRIMONIAL DE INFRAESTRUTURAS URBANAS DE ÁGUA

MULTIPLE CRITERIA DECISION ANALYSIS IN URBAN WATER INFRASTRUCTURE ASSET MANAGEMENT

Nelson CARRIÇO^{a,}, Dídia COVAS^b, Maria do Céu ALMEIDA^c, Helena ALEGRE^c*

^a *Escola Superior de Tecnologia do Barreiro, Politécnico de Setúbal (ESTBarreiro/IPS), Rua Américo da Silva Marinho, 2839-001 Lavradio*

^b *CERIS, Instituto Superior Técnico, Avenida Rovisco Pais, 1, 1049-001 Lisboa*

^c *Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), Avenida do Brasil, 101, 1700-066 Lisboa*

RESUMO

Neste artigo é apresentada uma metodologia multicritério de apoio à decisão para a seleção ou priorização de ações de intervenção em infraestruturas urbanas de água tendo em conta três níveis de decisão (estratégico, tático e operacional, incidindo essencialmente no nível tático), as dimensões de análise desempenho, risco e custo e uma perspetiva de longo prazo. Esta metodologia encontra-se estruturada em três fases – identificação, estruturação e avaliação do problema. A fase da estruturação é determinante para o resultado final e inclui a identificação dos objetivos, o estabelecimento de cenários para o futuro, a definição das ações de intervenção e o estabelecimento do tipo de problemática. A fase da avaliação compreende o estabelecimento de critérios e métricas, a escolha e aplicação do método de agregação e a realização de análises de sensibilidade e de robustez. A fase de avaliação corresponde à aplicação, discussão e escolha da solução final.

Palavras Chave – Análise multicritério, Custo, Desempenho, Risco, Gestão Patrimonial de Infraestruturas, Metodologia multicritério de apoio à decisão

ABSTRACT

This paper presents a multi-criteria decision aid methodology for selection and prioritization of rehabilitation interventions in urban water infrastructures taking into account three levels of decision (strategic, tactic and operational), the dimensions of analysis of performance, risk and cost and a long-term perspective. This methodology is divided in three main stages – identifying, structuring and evaluation of the problem. Problem structuring is a crucial stage for final result and includes identifying objectives, establishment of scenarios for the future, definition of intervention actions and definition of the problematic type. Problem evaluation includes the establishment of criteria and metrics, choice and application of the aggregation method and sensitivity and robustness.

Keywords – Multicriteria analysis, Cost, Performance, Risk, Infrastructure asset management, Multi-criteria decision aid methodology.

* *Autor para correspondência. Corresponding author.*

E-mail: nelson.carrico@estbarreiro.ips.pt (Prof. N. Carriço)

1 INTRODUÇÃO

A gestão patrimonial de infraestruturas (GPI) é uma abordagem integrada e multidisciplinar pela qual a organização gere de modo racional as suas infraestruturas, assegurando um equilíbrio entre o desempenho, o custo e o risco que lhes estão associados, durante o ciclo de vida dos seus componentes (Alegre, 2008). A GPI é um tema de grande importância, interesse e atualidade tanto em termos nacionais como internacionais.

A GPI encontra-se organizada em três níveis de decisão – estratégico, tático e operacional. O nível estratégico tem em vista definir a direção para onde a organização pretende ir a longo prazo nos aspetos relevantes para GPI. O nível tático define o caminho a seguir a médio prazo, estabelecendo as prioridades de intervenção e as soluções a adotar. O nível operacional corresponde a percorrer esse caminho, ou seja, à programação de curto prazo e à execução das ações previstas.

O resultado da GPI deverá promover (Brown e Humphrey, 2005), um equilíbrio entre desempenho, custo e risco, no longo prazo. A adoção de uma abordagem estruturada de GPI implica a consideração de critérios e métricas de diferentes dimensões de análise para a decisão de intervenção nas infraestruturas urbanas, o que aumenta a complexidade do problema de decisão e que pode ser resolvido recorrendo à área do conhecimento da análise multicritério (Carrigo, 2014).

No presente artigo apresenta-se uma metodologia multicritério de apoio à decisão (MMAD) que permite agregar as três dimensões da GPI (desempenho, custo e risco), numa perspetiva de longo prazo (i.e., incorporando uma quarta dimensão, o tempo), contribuindo, assim, para o processo da tomada de decisão. Para facilitar o entendimento da referida MMAD, optou-se por recorrer à exemplificação da sua aplicação através de um caso de estudo real.

2 METODOLOGIA MULTICRITÉRIO DE APOIO À DECISÃO NA GPI

Apesar da MMAD apresentada neste artigo poder ser aplicada a qualquer um dos níveis de decisão da GPI, esta é mais adequada para o nível tático, uma vez que é neste nível que são tomadas as decisões de engenharia.

A elaboração de um plano (tático) de GPI pode ser sistematizada em cinco fases: (i) definição dos objetivos; (ii) elaboração do diagnóstico; (iii) elaboração do plano; (iv) implementação do plano; (v) controlo (monitorização e revisão) do plano (Alegre *et al.*, 2010).

Na fase de "elaboração do plano", mais concretamente aquando da "definição e avaliação das ações de intervenção", procede-se ao estabelecimento, avaliação, comparação e seleção de ações de intervenção tendo em conta critérios de avaliação muitas vezes contraditórios e expressos através de diferentes métricas, sendo nesta instância que se recomenda o recurso à MMAD (Carrigo, 2014). A MMAD assenta em três fases principais, enquadrando-se no processo geral de planeamento em GPI na fase de "elaboração do plano" conforme apresentado na Figura 1.

Tipicamente, podem ser colocados dois tipos de problemas de decisão:

- **a seleção da melhor ação de intervenção** infraestrutural, de operação e manutenção ou outras não-infraestruturais (e.g. de organização ou de gestão da informação);
- **o estabelecimento de prioridades de intervenção** (e.g., prioridades de reabilitação de diferentes condutas que compõem uma dada rede de distribuição de água) face a um conjunto de métricas.

A MMAD apresentada vem suportar a análise destes problemas de decisão. O seu principal objetivo é que as decisões sejam bem fundamentadas, claras e não ambíguas para que estas

possam servir como base de diálogo entre os técnicos e os decisores do nível estratégico para os quais os técnicos reportam (i.e., administradores ou autarcas).

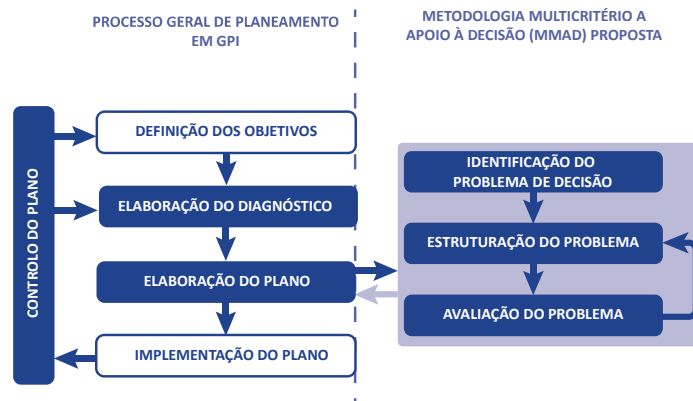


Figura 1. Integração da MMAD proposta no processo geral de planeamento em GPI

As três fases da MMAD são compostas, cada uma, por diferentes etapas (Figura 2). Esta MMAD segue uma abordagem construtiva em que se considera que o papel do analista é assumido, sobretudo, por um indivíduo ou conjunto de indivíduos da EG. O planeamento em GPI deve ser um processo interno da EG e que não pode ser adquirido “chave-na-mão” a terceiros. No entanto, a EG pode recorrer a aconselhamento ou consultoria externa.

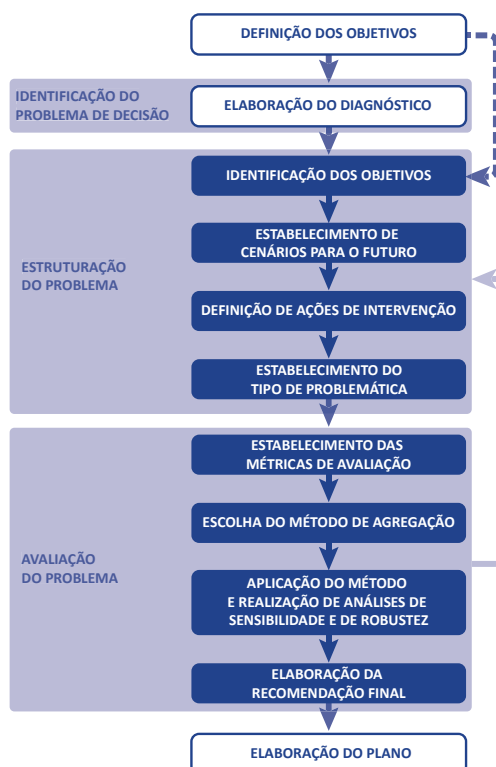


Figura 2. Metodologia multicritério de apoio à decisão em GPI

3 APLICAÇÃO A UM CASO DE ESTUDO

3.1 Identificação do problema de decisão

O primeiro passo em qualquer processo de decisão é a identificação do(s) problema(s) (de decisão) e da(s) oportunidade(s) que conduz(em) a uma decisão. No âmbito da GPI, esta identificação é efetuada com base no diagnóstico, realizado durante o processo de elaboração do plano tático de GPI. O diagnóstico compreende, normalmente, a identificação, recolha e avaliação de informação e a avaliação do comportamento dos sistemas face aos objetivos estabelecidos com base em métricas de desempenho, custo e risco. É na fase de diagnóstico que se procede à compilação de toda a informação necessária sobre o objeto da análise (e.g., infraestrutura, componentes, contexto externo) e à respetiva avaliação.

Considere-se o caso de uma Zona de Medição e Controlo (ZMC), de uma dada rede de distribuição, para ilustrar a aplicação da metodologia passo-a-passo. Esta ZMC apresenta um histórico ligado a mudanças importantes de configuração, tendo sido abastecida a partir de diferentes reservatórios e com diferentes pressões médias de serviço, ao longo das últimas décadas. A ZMC apresenta uma elevada frequência de roturas em condutas, maioritariamente nas de fibrocimento, decorrentes de fragilidades provocadas por intervenções em infraestruturas adjacentes e por ocorrências e reparações de roturas na própria rede. Nesta ZMC, as pressões de serviço são passíveis de alguma redução.

Num dado ano, os indicadores de desempenho de avarias em condutas e ramais mostram que a rede registou 103 avarias por cada 100 km de rede de condutas por ano e 34 avarias por cada 1000 ramais por ano. Comparando os valores destes indicadores com os valores de referência do sistema de avaliação de desempenho da ERSAR (até 30 avarias/(100 km.ano) para uma boa qualidade de serviço), verifica-se afirmar que, neste campo, a ZMC ainda apresenta um desempenho insatisfatório.

3.2 Identificação dos objetivos

Os objetivos constituem uma hierarquia em que os do nível de decisão inferior alinham com os do nível imediatamente acima. Na fase de diagnóstico são identificados os objetivos em incumprimento e que irão conduzir a ações de intervenção sobre uma dada infraestrutura. Assim, pretende-se, neste passo, identificar de entre os objetivos definidos aqueles que são relevantes para o problema de decisão em análise.

Com base no diagnóstico realizado à ZMC e nos objetivos estratégicos estabelecidos, a EG definiu quatro objetivos de médio prazo: "aumentar a fiabilidade infraestrutural em condições normais de emergência", "assegurar a sustentabilidade económico-financeira da EG", "assegurar a sustentabilidade infraestrutural" e "reduzir as perdas de água".

3.3 Estabelecimento dos cenários para o futuro

A atividade dos serviços de água é influenciada por fatores externos de natureza política, normativo-legal, económico-social, demográfica, tecnológica e ambiental. Um processo de decisão, em GPI, para ser bem-sucedido deve ter em conta os fatores externos mais relevantes. O estabelecimento de cenários para o futuro é, assim, de grande importância para o processo de decisão nos serviços de água. Por *cenário* entende-se como uma possível trajetória (desejável ou indesejável) resultante de um conjunto de fatores condicionantes não controláveis pelo decisor (e.g., evolução demográfica, evolução de consumos, aumento das afluências). Os cenários são utilizados para lidar com a incerteza acerca do futuro. Os cenários em GPI são, sobretudo, prospetivos e exploratórios, uma vez que partem do presente e exploram tendências futuras.

A ZMC em estudo localiza-se numa zona urbana estabilizada, e que do ponto de vista de ocupação urbanística tem um reduzido potencial de crescimento. Uma análise da evolução sociodemográfica da zona, no longo prazo, permitiu identificar apenas quatro novos focos de

potencial aumento de consumo. Neste contexto, foram estabelecidos três cenários de consumo: Cenário 1 – cenário de crescimento nulo – manutenção do atual cenário de consumo acrescido de um espaço comercial e de um edifício de escritórios do município; Cenário 2 – cenário de crescimento médio – baseado no atual cenário acrescido de um espaço comercial e de um edifício de escritórios do município e construção e ocupação de 50% de duas urbanizações; Cenário 3 – cenário de crescimento máximo – num período de 10 a 15 anos, baseado no atual cenário acrescido da construção e ocupação de um espaço comercial, de um edifício de escritórios do Município e ocupação plena das duas urbanizações previstas.

A análise dos referidos cenários recorrendo a um modelo de simulação hidráulica permitiu concluir que os mesmos têm pouca influência no comportamento hidráulico da rede uma vez que o Cenário 2 representa apenas um aumento do consumo total de 5% e o Cenário 3 de 10%. Assim, para efeitos da análise foi considerado apenas o Cenário 3, uma vez que é o mais crítico correspondendo à situação de máximo consumo.

3.4 Definição das ações de intervenção

Tipicamente, as ações de intervenção podem ser de carácter infraestrutural (e.g., reabilitação de condutas ou coletores), de operação (e.g., alteração de esquemas de operação de uma estação elevatória, setorização em zonas de gestão de pressão) e de manutenção (e.g., substituição de uma bomba numa estação elevatória). Assim, por *ação de intervenção* entende-se qualquer procedimento de carácter estrutural, de operação ou de manutenção realizado sobre a infraestrutura urbana de água. Na definição de intervenções infraestruturais, estas devem ser pré-dimensionadas e devem ter em conta a possibilidade de adoção de tecnologias diferentes.

De entre as ações de intervenção, podem-se distinguir dois casos específicos: as *alternativas* de intervenção e os *candidatos* a intervenção. As alternativas de intervenção referem-se a ações que são mutuamente exclusivas, em que se escolhe apenas uma de entre o conjunto de ações definido. Um exemplo é o caso de um problema em que se considere a substituição de uma conduta adutora considerando diferentes hipóteses de traçado e de diâmetro. Os candidatos a intervenção designam intervenções em componentes (e.g., condutas, coletores, subsistemas), em que é selecionado um conjunto de componentes com diferentes prioridades. Um exemplo é a substituição designada por *like-for-like* de condutas ou de coletores em que as tubagens existentes são substituídas por outras com características idênticas.

Na fase de elaboração diagnóstico do planeamento em GPI deve ser avaliada a situação de *statu quo*. Em grande parte dos problemas, esta situação poderá ser analisada como alternativa de intervenção. Apesar da situação de *statu quo* poder ser, em algumas situações, uma solução totalmente insatisfatória e, portanto, uma “não-alternativa” a adotar, esta deverá ser sempre considerada como alternativa de referência, avaliada e comparada com as restantes alternativas.

As alternativas que permitem solucionar ou mitigar os problemas identificados na fase de diagnóstico foram as seguintes: *Alternativa 0* – Situação de *statu quo*, que corresponde a não serem realizadas quaisquer intervenções de reabilitação na rede de distribuição, mantendo-se as atuais práticas reativas de O&M. Para esta situação são consideradas apenas duas intervenções para regularizar as pressões: (i) a instalação de uma válvula redutora de pressão, e (ii) a reconfiguração dos limites da ZMC; *Alternativa 1* – Alternativa *like-for-like* que consiste na substituição de condutas por outras de características idênticas, mas de material mais recente. Esta alternativa é comumente utilizada pelas EG na reabilitação de redes de distribuição de água; *Alternativa 2* – Configuração ideal da rede em termos energéticos e económicos, que corresponde ao dimensionamento ótimo dos diâmetros das condutas tendo em conta o princípio de energia mínima; *Alternativa 3* – Configuração ideal da rede com melhorias em termos de resiliência. Esta alternativa é semelhante à anterior (i.e., dimensionamento ótimo) mas considera algumas medidas que melhoram o desempenho da

rede face à variabilidade dos consumos; *Alternativa 4* – Configuração ideal da rede com melhorias em termos de resiliência exceto em zonas reabilitadas nos últimos 5 anos. Esta alternativa resulta da combinação entre as alternativas *Alternativa 1* e *Alternativa 3*. Uma vez que a ZMC já possui condutas reabilitadas, não se justifica a intervenção nas mesmas.

Na Alternativa 1 as condutas só podem ser substituídas a uma taxa constante de 1 km/ano e, por isso, é necessário estabelecer prioridades de reabilitação.

3.5 Estabelecimento do tipo de problemática

O estabelecimento do tipo de problemática é uma etapa de extrema importância na estruturação do problema, uma vez que identifica de forma clara o tipo de problema em análise. O tipo de problemática está associado ao resultado esperado pelo decisor no final do processo de apoio à decisão. No caso da GPI, identificam-se os seguintes tipos de problemática: (i) estabelecimento de prioridades de ações de intervenção através da avaliação comparativa – problemática de *ordenação*; (ii) escolha da melhor alternativa de intervenção através da respetiva avaliação comparativa – problemática de *seleção*; (iii) alocação a categorias ou classes de ações de intervenção em componentes do sistema com características idênticas ou diferentes, para o estabelecimento de prioridades de intervenção – problemática de *categorização* ou de *classificação* ou *afetação*. Para cada tipo de problemática podem ser aplicados diferentes métodos de agregação.

O presente caso de estudo divide-se em duas partes. A primeira consiste na construção da Alternativa 1 (*like-for-like*) estabelecendo prioridades de reabilitação. O estabelecimento de prioridades de reabilitação pode ser efetuado por afetação das condutas candidatas a intervenção a categorias de prioridades pré-definidas. O tipo de problemática inerente à primeira parte do problema de decisão é a *categorização*.

A segunda parte do problema consiste na escolha da melhor alternativa de intervenção do conjunto das cinco alternativas definidas (Alternativa 0 a 4). O tipo de problemática, neste caso, tanto pode ser a *seleção* da melhor alternativa de um conjunto de alternativas como a *ordenação* das diferentes alternativas.

3.6 Estabelecimento das métricas de avaliação

No âmbito da GPI, a operacionalização dos critérios de avaliação é efetuada através de métricas, sendo estas medidas quantitativas ou qualitativas das dimensões de desempenho, custo e risco. Dependendo do tipo de problema podem estabelecer-se métricas de apenas uma, duas ou das três dimensões.

O estabelecimento de métricas deverá seguir determinadas regras formais. As métricas permitirão avaliar as consequências da decisão. Para além disso, as métricas devem ser bem fundamentadas tornando o processo de decisão mais transparente e promovendo o diálogo entre os diferentes intervenientes.

Uma métrica de avaliação, para que possa ser utilizada, tem de ter associado um modelo de preferências que permita distinguir as ações de intervenção. Significa isto que a métrica deve ter associada, pelo menos, uma escala e um sentido de preferência. O sentido da preferência de cada métrica tende, normalmente, para o valor de referência. Algumas métricas podem ter que ser desdobradas em duas, uma vez que têm dois sentidos de melhoria, como por exemplo, o Índice de Valor da Infraestrutura (IVI) cuja meta é situar-se no intervalo entre 45 e 55%, ou seja, há um sentido de maximização de 0 até 45% e um de minimização de 100 até 55%.

Quando são considerados cenários na análise do problema, as métricas devem ser avaliadas para o período de análise estabelecido. Estes cenários vão-se refletir nas variáveis utilizadas para o cálculo das métricas e, por isso, estas métricas deverão ser determinadas para os vários cenários e para os vários instantes temporais estabelecidos.

Como exemplo de métricas de avaliação para o estabelecimento de prioridade de intervenção na rede de condutas referem-se: *Métrica 1* – percentagem de vida útil residual; *Métrica 2* – risco de interrupção do serviço associado a cada conduta; *Métrica 3* – Custos anuais de reparação estimado em caso de rotura; *Métrica 4* – custos de substituição; *Métrica 5* – reposição de stock.

No caso da seleção da melhor alternativa de reabilitação de uma rede de distribuição de água, as métricas de avaliação são diferentes das considerados na construção da alternativa *like-for-like*, consideraram-se, no entanto, métricas que se aplicam ao nível do sistema e não apenas ao nível da conduta, como por exemplo, “perdas reais de água”.

3.7 Escolha do método de agregação

As múltiplas métricas construídas deverão ser agregadas na análise. São inúmeros os métodos de agregação existentes. No entanto, nenhum dos métodos é o mais apropriado para todas as situações de decisão. Não se pode afirmar que “um dado método é mais vantajoso do que outro”, mas sim que “um dado método se adequa melhor a um tipo de problema do que a outro”. A aplicação de diferentes métodos de agregação ao mesmo problema de decisão e com os mesmos dados pode ser conducente a resultados diferentes. Por estas razões, a escolha de um método de agregação não é uma tarefa trivial.

Os métodos de agregação são, sobretudo, algoritmos matemáticos e considerando-se, na opinião dos autores, os mais adequados para aplicação em problemas de GPI os seguintes: soma ponderada, método lexicográfico, MAVT, MAUT, AHP, UTA, MACBETH, SMART, TOPSIS e alguns dos métodos das famílias ELECTRE E PROMETHEE (Carriço, 2014; Figueira, 2005).

Frequentemente, as consequências de uma decisão não ocorrem todas em simultâneo, sendo por vezes, necessário considerar a dimensão temporal. Apesar do grande número de métodos existentes, nenhum lida com a dimensão temporal. Uma forma de considerar a dimensão temporal é aplicar o método de agregação multicritério a diferentes instantes do período de análise e observar como é que os resultados variam ao longo do tempo. Esta solução é pertinente uma vez que, na maioria das vezes, as métricas consideradas na análise pressupõem previsões de evolução (e.g., da degradação da infraestrutura) que se irão refletir de modo diferente nas várias opções consideradas. Caberá, finalmente, ao decisor proceder a uma avaliação global e decidir qual o período mais importante para a tomada de decisão.

A escolha de um método de agregação deve ter em conta o resultado esperado, o tipo de escala das métricas, o modo de elucidação de preferências, o tratamento da incerteza, a importância relativa das métricas e a interação entre métricas. No caso de estudo analisado utilizou-se o método ELECTRE TRI-B para a categorização das condutas da rede em três classes de prioridade e para a seleção da melhor alternativa de reabilitação da rede de distribuição utilizou-se o método de agregação ELECTRE III.

3.8 Aplicação do método e análises de sensibilidade e de robustez

Os métodos de agregação têm parâmetros técnicos (e.g., pesos, limiares de discriminação) e, por isso, deve ser efetuada uma análise de sensibilidade a esses parâmetros, de modo a validar a decisão obtida. Por isso, após a escolha do método de agregação multicritério, procede-se à sua aplicação e à realização de análises de sensibilidade e de robustez. O objetivo da realização da análise de sensibilidade é avaliar a variação dos resultados obtidos pela aplicação do método de agregação multicritério face a variações em parâmetros específicos (e.g., pesos) do método utilizado. A análise de robustez é um caso particular da análise de sensibilidade que consiste em fazer variar vários pesos em simultâneo, mas respeitando sempre a ordenação dos pesos definida pelos decisores. O objetivo é verificar se os resultados obtidos se mantêm ou a partir de que valores os resultados se alteram.

3.9 Elaboração da recomendação final

A recomendação final consiste no conjunto de orientações fornecidas ao decisor, tendo em conta os resultados obtidos pelo método de agregação multicritério. A recomendação serve para elucidar sobre os resultados obtidos da aplicação da metodologia e resultados das análises de sensibilidade e robustez, bem como os cuidados a ter com a sua interpretação. As conclusões finais obtidas com a aplicação da MMAD devem ser inseridas no plano de GPI.

4 CONCLUSÕES

A tomada de decisão em GPI deverá ter por base as avaliações do custo, do risco e do desempenho numa perspetiva de longo prazo. A agregação das diferentes métricas é um problema que pode ser resolvido recorrendo à área do conhecimento da análise multicritério.

A MMAD apresentada neste artigo encontra-se estruturada em três fases principais. A identificação do problema é efetuada aquando da fase de realização do diagnóstico no processo geral de planeamento em GPI, devendo o problema ser claramente identificado no início de aplicação da MMAD. A fase da estruturação do problema é uma fase crucial de todo o processo uma vez que é sobre esta que é efetuada a fase da avaliação. Esta fase tem como objetivos recolher toda a informação sobre o problema de decisão e conhecer as preferências do decisor, sem ter a preocupação de uma linguagem formal. O resultado final da metodologia depende fortemente da fase de estruturação. A fase da avaliação traduz a linguagem informal estabelecida na fase da estruturação para uma linguagem formal. Nesta fase são construídos os critérios e as métricas de avaliação do problema e é selecionado e aplicado o método de agregação multicritério. Na maioria das vezes o método de agregação multicritério é escolhido pelo analista pelo seu conhecimento de determinado método e não de acordo as orientações apresentadas. Considera-se que esta situação deve ser evitada uma vez que pode limitar o problema de decisão. A MMAD deve ser encarada com um processo recursivo e não-linear em que se pode voltar atrás sempre que seja necessário.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio financeiro, para a realização deste trabalho, ao Mecanismo Financeiro do Espaço Europeu (EEA Grants) e ao 7º Programa-Quadro de Investigação e Desenvolvimento Tecnológico da União Europeia através dos projetos Advanced Water Asset REhabilitation in Portugal (AWARE-P) e TRansitions to the Urban Water Services of Tomorrow (TRUST), respetivamente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alegre, H. (2008). Gestão patrimonial de infraestruturas de abastecimento de água e de drenagem e tratamento de águas residuais, Coleção "Teses e Programas de Investigação LNEC", LNEC, Lisboa, ISBN 9789724921341 (385 p.).
- Alegre, H.; Almeida, M.C.; Covas, D.; Cardoso, M.A.; Coelho, S.T. (2010). Gestão patrimonial de infraestruturas em sistemas urbanos de água. Uma metodologia estruturada, in *Águas & Resíduos*, série III, n.º 14, Setembro/Dezembro 2010 (40-52 p.).
- Brown, R. E.; Humphrey, B. G. (2005). "Asset management for transmission and distribution". *Power and Energy Magazine, IEEE*, 3(3), 39-45.
- Carrico, N. (2014). "Metodologia multicritério de apoio à decisão na gestão patrimonial de infraestruturas urbanas de água". Dissertação de Doutoramento em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico (IST), Universidade de Lisboa.
- Figueira, J., Greco, S., Ehrgott, M. (2005). *Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys*, Springer, Inc., New York