



ISSN 2175-6295 Rio de Janeiro- Brasil, 12 e 13 de agosto de 2010

ESTUDO DE CASO: UTILIZAÇÃO DA METODOLOGIA MULTICRITÉRIO EM HIPÓTESES DE INEXIGIBILIDADE DE LICITAÇÃO PÚBLICA

NILSON TREVISAN TORRES

UFRJ / COPPE / Programa de Engenharia de Produção
CASNAV/ Centro de Análises de Sistemas Navais - MB
nilson_trevisan@yahoo.com.br

DILSON GODOI ESPENCHITT

UFRJ / COPPE / Programa de Engenharia Civil
DGMM/ Diretoria Geral de Material da Marinha - MB
espen@uol.com.br

MARCOS P. ESTELLITA LINS

UFRJ / COPPE / Programa de Engenharia de Produção
estellita@poli.ufrj.br

RESUMO

O presente estudo tem como objetivo apresentar uma modelagem para a escolha de uma alternativa com o uso de Apoio Multicritério à Tomada de Decisão (AMD), de forma estruturada, onde os critérios e seus pesos são definidos antes da apresentação das propostas, a fim conferir uma maior legitimidade ao processo licitatório de entidades públicas na hipótese em que ela é dispensada, dispensável ou inexigível. Os critérios (hierarquizados) e pesos atribuídos por meio desta metodologia são valorados com base na opinião dos próprios especialistas. Para o estudo em questão foi utilizado o programa M-MACBETH, bastante citado na literatura em aplicações práticas. Os tomadores de decisão solicitaram ainda uma análise de sensibilidade dos pesos e a sua influência nos *scores* de ordenação final, a qual foi realizada com o uso do Microsoft Office Excel. A modelagem ora apresentada, combinada com a utilização de um método adequado de estruturação de problemas (*Problem Structuring Methods* – PSM) poderia ainda ser utilizada na validação de cenários prospectivos de acordo com a Política Nacional de Defesa (PND) vigente.

PALAVRAS-CHAVES: Processo licitatório de entidades públicas; Apoio Multicritério à Tomada de Decisão (AMD); M-MACBETH, *Problem Structuring Methods* – PSM, Política Nacional de Defesa (PND).

ABSTRACT

This study presents a modelling for the selection of alternatives using a hierarchical structure for the criteria, under a Multicriteria Decision Aid Support (AMD) approach. The valuation of criteria through weights is performed before the submission of proposals, aiming to provide more legitimacy to the bidding procedure of public institutions, where bidding could be dispensed, dispensable or inexigible. The weights attributed with this methodology are valued based on the expert judgments for hierarchical structured criteria. For the study at issue we used the program M-MACBETH, well known in the literature through applications in several areas. After the assessment, decision makers still demanded a sensitivity analysis and its influence on scores of final ordination, which was accomplished in a Microsoft Office Excel spreadsheet. The presented modelling, combined with the utilization of an adequate

method of structuring problems (Problem Structuring Methods – PSM) could still be used to validate prospective scenarios according to the current National Defense's Politics (PND).

KEYWORDS: Bidding procedure of public institutions; Multicriteria Decision Aid Support (AMD); M-MACBETH, *Problem Structuring Methods* – PSM, National Defense's Politics (PND).

1.0 Introdução

Este trabalho tem a sua motivação inicial justificada pelas demandas reais da Marinha do Brasil em decisões reais que envolvem múltiplos critérios, levando-se em consideração uma deficiência muito comum em um nível estratégico: a distribuição de pesos pelos decisores aos critérios em uma matriz de decisão. Um problema comum é que os decisores, como especialistas, não conseguem agregar a sua opinião para a definição de critérios que não sejam redundantes e ainda na distribuição dos pesos a estes critérios sem a ocorrência de qualquer tipo de polarização em função do conhecimento prévio das alternativas (ou opções) disponíveis, em busca da melhor solução para o problema. Esta assertiva é extensivamente referenciada na literatura, como em Matsatsinis e Samaras (2001), e ainda em diversos experimentos reais apresentados por Cohen (2001). Nesta matéria, que foi publicada na Revista Exame, Cohen (2001) enfatiza o perigo do fenômeno da “polarização”, onde “as discussões costumam potencializar a visão predominante dentro do grupo”, e que “torna as decisões coletivas ainda mais suscetíveis às armadilhas de tomada de decisão”. O mesmo autor ainda cita que “O risco é maior nos grupos mais coesos, que tomam decisões secretas, sujeitos a estresse e sob uma liderança forte - justamente o caso da maioria dos grupos de direção das empresas. Neles, as pessoas são mais propensas a ter autocensura (as vozes discordantes têm medo de parecerem ridículas ou atrasar o trabalho), há uma forte pressão para atingir o consenso rapidamente, misturado com uma ilusão de invulnerabilidade (quanto mais sucesso tiver o grupo, maior o risco de achar-se invencível) e uma tendência a estereotipar situações”; Witte (1972) já havia concluído que o processo decisório é composto por inúmeras subdecisões e que elas não mantêm uma relação de seqüência entre si: “Acreditamos que os seres humanos não possuem a capacidade de buscar informações sem, de certa forma, simultaneamente, desenvolver alternativas. Eles não têm a capacidade de impedir a avaliação imediata destas alternativas, e desta forma são forçados à decisão. Este é um pacote de operações e a sucessão destes pacotes ao longo do tempo constitui o processo decisório total.” (apud Mintzberg, 1976). Esta última citação reflete a complexidade do estudo ora proposto. Por questões de sigilo, os dados e critérios aqui apresentados são fictícios.

Considera-se, por exemplo, que o processo licitatório abarcado em uma das hipóteses de inexigibilidade, dispensa, ou em que o mesmo seja dispensável, poderia receber maior legitimidade a partir do momento em que os pesos dos critérios fossem definidos em um momento anterior ao do conhecimento das Alternativas. É o que já acontece na Europa, como pode ser verificado na *Directive 2004/18/EC, of The European Parliament and of the Council, of 31 march 2004, on the coordination of procedures for the award of public works contracts, public supply contracts and public service contracts*, a qual estabelece que os critérios de avaliação e seus respectivos pesos devem ser anunciados já no momento do convite aos possíveis proponentes, obviamente antes de conhecidas as Alternativas. Por este motivo, acredita-se que esta determinação venha, em um momento futuro, constar do ordenamento jurídico brasileiro, dando assim maior transparência e credibilidade aos certames de nosso Poder Público.

Tanto em um caso de uma Licitação Pública quanto em uma avaliação de Cenários Prospectivos, a modelagem aqui proposta visa ainda ratificar o propósito de fundamentar o pensamento estratégico - validando um conjunto de conceitos empregados diante de "ameaças" ou "concorrentes" críveis, onde as estratégias poderão ser estudadas em um quadro objetivo de avaliação e não exclusivamente por mero sentimento pessoal, não raro influenciado por viés profissional, dogmatismos ideológicos, inexperiência ou amadorismo.

Diversos atores devem participar, conforme a sua área de atuação profissional, calcados em modelos matemáticos por meio do emprego de dados reais coletados em exercícios pretéritos, ou ainda através de simulações que levem em consideração a experiência de especialistas. A incerteza (risco) atinente ao cumprimento dos objetivos estratégicos, que sempre deve estar indicada, deve ser quantificada e considerada na escolha das melhores estratégias ou na validação daquelas descritas na mencionada estratégia.

Pretende-se, portanto, apresentar uma modelagem, consubstanciada em uma análise exploratória, para assessorar os decisores de um processo de escolha, de forma a definir os critérios e subcritérios utilizados, atribuindo-se os pesos, onde as alternativas serão conhecidas somente em um momento posterior a definição destes pesos.

A hipótese desta modelagem se aplica aos casos em que a Lei Federal n.º 8.666/93 (mais conhecida como Lei de Licitações e Contratos Administrativos) autoriza explicitamente que este instrumento seja dispensado, dispensável ou a sua inexigibilidade. Nos termos do artigo 3º da citada Lei, Licitação é o procedimento administrativo que visa selecionar a proposta mais vantajosa à Administração, e, nos termos do artigo 2º, licitar é a regra.

Porém, como toda regra possui sua exceção, a presente Lei Federal também estabelece diferenciações e hipóteses em que a licitação será dispensada, dispensável ou inexigível. Como o tema aqui tratado é "inexigibilidade de licitação", cuidaremos de analisar apenas a hipótese do artigo 25, inciso I, da Lei Federal nº 8.666/93.

Inexigibilidade, no sentido literal do termo, é aquilo que deixa de ser exigível; não é obrigatório ou compulsório. Em regra exige-se a licitação, com vistas a obter a proposta mais vantajosa dentro de um universo de competidores.

A aquisição de um navio (objeto desta modelagem) com características que só poderão ser atendidas por uma ou poucas empresas localizadas em países diferentes, pois apenas elas detêm a tecnologia para a sua fabricação, justificam a contratação direta por inexigibilidade de licitação. Há, contudo, que se comprovar a necessidade da utilização daquele bem, sob pena de estar a Administração direcionando a contratação e favorecendo determinada empresa, necessidade esta que normalmente é comprovada por meio de um Estudo Técnico fundamentado em uma modelagem estruturada, razão deste estudo.

2.0 Multicritério

Em um modelo para tomada de decisão estão compreendidos os seguintes componentes: critérios, pesos e as notas (classificação) que são dadas para cada alternativa em cada critério. Pressupondo-se o conhecimento das preferências dos atores da decisão e a qualidade da avaliação, pode-se admitir que uma ação seja tão boa, melhor ou pior que outra, ou seja, hierarquizar as alternativas. A Metodologia de Apoio Multicritério à Decisão (AMD) permite a priorização de alternativas em uma situação de critérios conflitantes, buscando satisfazer as restrições com objetivos conflitantes (BUCHANAN E GARDINER, 2003), ou seja, uma solução de compromisso. Assim sendo, o AMD pode fornecer mecanismos para o apoio à negociação e/ou decisão em grupo. O uso do AMD consiste, segundo Matsatsinis e Samaras (2001), em: estruturar o processo da decisão, identificando regras, critérios e pesos dos critérios; representar as múltiplas visões dos atores da decisão; e agrupar preferências, atribuindo os valores do grupo.

Salienta-se que o AMD, após o conhecimento das alternativas, começa a busca da(s) alternativa(s) de solução do problema pelas alternativas dominantes (MARMOL *et al.*, 2002), ou seja, alternativas que superam outras alternativas em todos os critérios, evidenciando a hierarquia de preferência das alternativas.

Vale a pena citar que Matsatsinis e Samaras (2001) ainda afirmam que os métodos do AMD são uma excelente ferramenta para redução dos conflitos interpessoais quando o objetivo é obter o consenso, uma vez que busca a minimização de conflitos individuais. Em consonância com o propósito da modelagem desta trabalho, os mesmos autores afirmam que um grande obstáculo a qualquer processo de decisão em grupo e mais ainda na negociação é que cada participante tem a sua percepção do problema alterada de acordo com os resultados possíveis

da decisão ou negociação. A percepção das diferenças de visões do problema e/ou preferências individuais aparece quando se pretende criar um modelo que agregue as preferências do grupo, baseado nas preferências individuais.

2.1 A Metodologia MACBETH

Optou-se pela escolha da metodologia MACBETH (*Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique*), considerada como sendo da Escola Americana de multicritério (GOMES *et al.*, 2004), desenvolvida por Bana e Costa, e Vansnick (1994 e 1997), uma abordagem interativa implementada computacionalmente no software de mesmo nome, e que foi apresentada em Bana e Costa, e Chagas (2004). O método atribui notas a cada alternativa como uma escala de valores de cada critério. Como vantagem, o software MACBETH pode ser utilizado em cada etapa do processo de apoio à tomada de decisões: estruturação (PSM – *Problem Structuring Methods* – Rosenhead, 1989), avaliação, e elaboração de recomendações. A opção pela utilização da metodologia MACBETH encontra a fundamentação no fato de, até o presente momento, ser a única capaz de fornecer os pesos sem o conhecimento prévio das alternativas, ou opções, utilização esta ainda ratificada pela sua aplicação ostensiva na Europa, no estrito cumprimento da *Directive 2004/18/EC* (BANA E COSTA *et al.*, 2008).

A Metodologia MACBETH é um método que permite representar numericamente os julgamentos dos decisores sobre a atratividade global das ações, unindo a representação numérica da informação com os critérios, dentro de um modelo de avaliação global. É uma abordagem interativa e de fácil entendimento que auxilia a construção de medidas de julgamento sobre o grau de atratividade para o qual os elementos de um grupo de ações potenciais possuem critérios definidos.

Acrescenta-se que no presente estudo, como acontece em situações reais, a Metodologia MACBETH não foi considerada em todas as suas fases, em razão do curto espaço de tempo para o recebimento das propostas, fato este comum e presente hoje nas organizações militares (que urgem de soluções imediatas), e que inviabiliza a confecção de um Mapa Cognitivo (ou Mapas de relações meios-fins), a qual deveria atender, sob os preceitos da “PO SOFT” (ROSENHEAD, 1989), a estruturação de problemas (PSM) com o método SODA (*Strategic Options Development and Analysis*), uma vez que um mapa feito por meio de análise de documentos pode demorar de 3 a 6 semanas para ser executado, enquanto que um feito tendo como base questionários pode demorar ainda mais, em torno de 5 meses (HWANG; LIN, 1987).

A Metodologia MACBETH, segundo Bana e Costa (2004), busca ainda assegurar que a escolha da melhor proposta seja fundamentada em procedimentos formais transparentes, não arbitrários, equitativos, tecnicamente coerentes e teoricamente consistentes, tendo inclusive já sido amplamente testada em muitos concursos públicos internacionais (licitações) ao longo dos últimos 15 anos, a qual ainda foi validada teoricamente por artigos publicados em diversas revistas científicas internacionais. Tecnicamente consiste na construção de um modelo aditivo simples de avaliação de cuja aplicação resultará na identificação da “proposta economicamente mais vantajosa”; na prática, traduz-se em um procedimento composto por quatro etapas que se desenvolvem em duas fases, a primeira antes e a outra depois de conhecidas as alternativas:

a) Fase I – Estruturação do modelo, que decorre antes da submissão das propostas e integra as etapas de:

1 - Estruturação dos Critérios:

1.1 - Identificação e Descrição dos Critérios de Aceitação/Rejeição de Alternativas, isto é, das condições e requisitos obrigatórios que cada alternativa deve respeitar para poder ser aceita; e

1.2 - Identificação, Descrição e Estruturação do Conjunto de Critérios de Avaliação das Alternativas, isto é, dos aspectos segundo os quais se pretende avaliar o valor intrínseco de cada alternativa, suas vantagens e desvantagens comparativamente com as restantes.

2. Ponderação dos Critérios de Avaliação (que é o alvo da Metodologia proposta neste trabalho).

b) Fase II – Avaliação das propostas, que integra as etapas de:

3 - Apreciação das Alternativas:

3.1 - Identificação das Alternativas Aceitas, por meio da avaliação de cada uma delas em termos de cumprimento de todos os critérios de aceitação;

3.2 - Avaliação Local das Alternativas Aceitas, isto é, separadamente por cada um dos critérios de avaliação, com base em indicadores de performance resultando numa pontuação parcial para cada uma delas segundo cada um desses critérios; e

3.3 - Avaliação Global das Alternativas Aceitas, pelo cálculo de uma pontuação global para cada uma delas por soma ponderada das suas pontuações parciais.

4 - Elaboração de Recomendações para a Adjudicação: exploração do modelo construído pela realização de análises de sensibilidade e de robustez da ordenação final resultante das pontuações globais das alternativas aceitas.

O artifício matemático utilizado pela metodologia MACBETH é a introdução de uma variável auxiliar c , ativada somente se não for possível realizar a representação dos julgamentos dos decisores com limiares constantes. Quando ocorrer uma inconsistência o coeficiente c atua para fazer com que este limiar possa ser "relaxado". Desta forma, é possível identificar inconsistências quando a variável c for diferente de zero. Na realidade a formulação MACBETH é constituída por quatro problemas de programação linear (PPLs) seqüenciais (SOARES DE MELLO *et al.*, 2002) que realizam a análise de consistência semântica e cardinal, a construção da escala de valor cardinal e revelam fontes de inconsistência. A sua formulação compacta está apresentada abaixo.

1º PPL

Min c

sa:

$r1) s_1 = 0$

$r2) v(a_j) = 0$, onde $\forall a \in A$, vale $a P a1$ (I)

$r3) k \{2, 3, \dots, 6\}: s_k - s_{k-1} \geq 1000$

$r4) k \{1, 2, \dots, 6\}, (a,b) \in C_k : v(a) - v(b) \geq s_k + 1 - c$

$r5) k \{1, 2, \dots, 5\}, (a,b) \in C_k : v(a) - v(b) \leq s_{k+1} - 1 + c$

$r0) s_1, \dots, s_6 \geq 0; v(a) \geq 0, \forall a \in A; c \geq 0$

A função-objetivo do problema é a minimização da variável auxiliar c , cuja utilidade é verificar se há inconsistência nos julgamentos do decisor (para $c = 0$, não há inconsistências). A restrição $r0$ garante a condição de não-negatividade para todas as variáveis do problema. As restrições $r1$ e $r2$ fixam uma origem para a escala, garantindo que o limiar inferior da categoria de diferença de atratividade (C_1) e o valor da ação menos atrativa sejam iguais a zero. O conjunto de restrições $r3$ estabelece que o tamanho mínimo de cada categoria seja igual a 1.000 unidades. Este é um valor arbitrário e foi escolhido de maneira a que o erro introduzido nas duas restrições seguintes não tenha um valor significativo. As restrições $r4$ e $r5$ são a aplicação da formulação desenvolvida por Doignon (1984) para o problema de semi-ordens múltiplas, cuja condição é:

$$a P^{(k)} b \quad s_k < v(a) - v(b) < s_{k+1}$$

Ou seja, para cada par de ações, ou para cada posição da matriz de juízos de valor, deve-se garantir que a diferença de valor entre as duas ações esteja entre os limites da categoria de diferença de atratividade que lhes foi atribuída.

Para possibilitar a utilização da programação linear, a equação anterior da formulação de Doignon (1984) foi transformada em duas, representadas pelas restrições $r4$ e $r5$. Como na programação linear não é possível a utilização de desigualdades restritas (do tipo *maior que* ou *menor que*), foi necessário um artifício para transformar estas desigualdades em outras do tipo *maior ou igual a* ou *menor ou igual a*. O artifício utilizado foi a inclusão de uma constante, com o valor de 1 unidade, fazendo com que a condição teórica seja respeitada. A

inclusão desta constante representa um erro na formulação do problema. Entretanto, a restrição $r3$ garante que o tamanho mínimo de cada categoria seja de 1.000 unidades, fazendo com que o erro introduzido seja de apenas 0,1%, o que foi considerado um valor aceitável pelos autores da metodologia.

Quando há inconsistências cardinais o problema de representação numérica de semi-ordens múltiplas não tem solução. Com a introdução da variável c , o PPL (I) possui sempre solução, ou seja, sempre irá produzir uma escala que represente os julgamentos de valor do decisor. Quando o valor da FO (Função Objetivo) for diferente de zero ($c \neq 0$) há inconsistências, ou seja, a escala não representa fielmente os julgamentos do decisor. As formulações seguintes não serão detalhadas, pois fogem ao propósito deste trabalho; para maiores informações recomenda-se consultar Soares de Mello *et al.*, 2002.

2o PPL

Este PPL é responsável pela construção da escala de valor cardinal que representa o conjunto de julgamentos do decisor:

$$\text{Min } \{ \Sigma [\varepsilon(a, b) + \eta(a, b)] + \Sigma [\alpha(a, b) + \delta(a, b)] \}$$

$$r0) s_1, \dots, s_6 \geq 0; v(a) \geq 0, \forall a \in A; c \geq 0$$

$$r1) s_1 = 0$$

$$r2) v(a_l) = 0, \text{ onde } \forall a \in A, \text{ vale } a P a_l$$

$$r3) k = \{2, \dots, 6\}: s_k - s_{k-1} \geq 1000 \text{ (II)}$$

$$r4) k = \{1, \dots, 6\}, (a, b) \in C_k: v(a) - v(b) \geq s_k + 1$$

$$r5) k = \{1, \dots, 5\}, (a, b) \in C_k: v(a) - v(b) \leq s_{k+1} - 1$$

$$r6) k = \{1, \dots, 5\}, (a, b) \in C_k: v(a) - v(b) = 0.5(s_k + s_{k+1}) + \varepsilon(a, b) - \eta(a, b)$$

$$r7) (a, b) \in C_6: v(a) - v(b) = s_6 + 1 - \alpha(a, b) + \delta(a, b)$$

3o e 4o PPL

Quando no PPL c é diferente de zero existem inconsistências nos julgamentos de valor do decisor. Os 3o e 4o PPLs evidenciam as possíveis causas de inconsistência, com a mesma FO, diferindo apenas nas restrições.

3o PPL

$$\text{Min } \{ \Sigma [\alpha(a, b) + \beta(a, b)] \}$$

$$r0) s_1, \dots, s_6 \geq 0; v(a) \geq 0, \forall a \in A; c \geq 0$$

$$r1) s_1 = 0$$

$$r2) v(a_l) = 0, \text{ onde } \forall a \in A, \text{ vale } a P a_l \text{ (III)}$$

$$r3) k = \{2, \dots, 6\}: s_k - s_{k-1} \geq 1000$$

$$r4) k = \{1, \dots, 6\}, (a, b) \in C_k: v(a) - v(b) \geq s_{k+1}$$

$$r5) k = \{1, \dots, 5\}, (a, b) \in C_k: v(a) - v(b) \leq s_{k+1} - 1$$

$$r6) k = \{1, \dots, 6\}, (a, b) \in C_k: v(a) - v(b) = s_{k+1} - \alpha(a, b) + \delta(a, b)$$

$$r7) k = \{1, \dots, 5\}, (a, b) \in C_k: v(a) - v(b) = s_{k+1} - 1 + \beta(a, b) - \gamma(a, b)$$

4o PPL

$$\text{Min } \{ \Sigma [\alpha(a, b) + \beta(a, b)] \}$$

$$r0) s_1, \dots, s_6 \geq 0; v(a) \geq 0, \forall a \in A; c \geq 0$$

$$r1) s_1 = 0$$

$$r2) v(a_l) = 0, \text{ onde } \forall a \in A, \text{ vale } a P a_l \text{ (IV)}$$

$$r3) k = \{2, \dots, 6\}: s_k - s_{k-1} \geq 1000$$

$$r6) k = \{1, \dots, 6\}, (a, b) \in C_k: v(a) - v(b) = s_{k+1} - \alpha(a, b) + \delta(a, b)$$

$$r7) k = \{1, \dots, 5\}, (a, b) \in C_k: v(a) - v(b) = s_{k+1} - 1 + \beta(a, b) - \gamma(a, b)$$

O processo é iniciado com a elaboração de juízos de valor, na forma de uma matriz; os programas lineares que compõem MACBETH são executados, e a partir dos resultados é feita a validação dos resultados. Caso existam inconsistências nos julgamentos, ou o decisor sinta que a escala não é representativa, parte-se para um ajuste dos julgamentos. O processo é repetido tantas vezes quanto necessário até que, ou se alcance a consistência ou se busque através de outra metodologia, que pode ser de subordinação, uma representação dos juízos de valor do decisor.

3.0 Estudo de caso

3.1 Medida e Valoração dos Critérios e Pesos no M-MACBETH

A versão do software utilizado neste estudo foi o M-MACBETH 2.2. Inicialmente para a solução do problema foram estruturados critérios, em dois níveis (critérios e subcritérios), gerando uma matriz de decisão. Neste ponto verificou-se uma limitação do software M-MACBETH, o qual não trabalha com critérios hierarquizados em níveis, sendo necessário o uso do Microsoft Office Excel para a composição dos pesos. Logo após foi realizado um estudo para compreender a formulação do M-MACBETH, e finalmente compor a análise de sensibilidade dos pesos e sua influência nos *scores* de ordenação final.

Na composição dos critérios, após a realização de um *Brainstorming* com os decisores, estabelecendo-se a Árvore de Decisão do problema proposto, a escolha de um estaleiro para a construção de um navio, de acordo com a Figura-1.

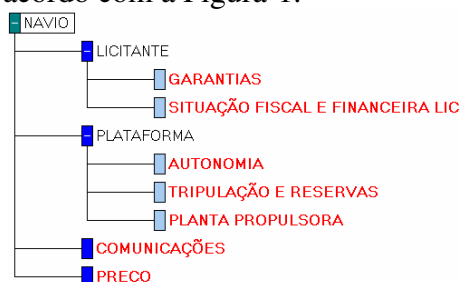


Figura 1 – Árvore de Decisão

Os sete nós à direita são denominados nós critérios (GARANTIAS, SITUAÇÃO FISCAL E FINANCEIRA DO LICITANTE, AUTONOMIA, TRIPULAÇÃO E RESERVAS, PLANTA PROPULSORA e PREÇO), e inicialmente foram estabelecidas Bases de Comparação Direta. Estas Bases de Comparação Direta podem ser descritas como um procedimento para entrada dos critérios no software que utiliza as opções (alternativas) mais duas referências (inferior e superior, respectivamente com valores de 0 e 100 por default), a fim de se poder lançar as ponderações sem as alternativas, as quais, inclusive, ainda são em número desconhecido. Este arquivo é meramente ilustrativo, uma vez que, metodologicamente, é impeditiva a realização de julgamentos entre critérios de 2º nível (subcritérios) com critérios de 1º nível (critérios), ou ainda critérios de 2º nível de nós diferentes.

Neste ponto vale ressaltar que o próprio fabricante do software garantiu que a versão tanto Acadêmica quanto Profissional não possui qualquer limitação em relação ao número de critérios amarrados em cada nó, mas recomenda-se, segundo a Metodologia MACBETH, que não seja ultrapassada a quantidade de 10 nós subcritérios por baixo de cada critério, ou seja, há de se garantir a comparabilidade, que, no caso de um número excessivo de critérios, torne-se inviável. Segundo o fabricante, a existência de um número elevado de critérios normalmente significa que existem algumas dependências entre eles, ou que existam alguns em que as opções não se diferenciam entre si, acarretando redundância. Por fim, o fabricante acrescentou que o M-MACBETH contém algoritmos de Programação Linear pesados que, no caso de matrizes muito grandes, podem levar algum tempo para efetuar os cálculos matemáticos. Foi verificado que existem duas situações em que se poderá notar uma demora de execução do software:

- Quando o software detecta uma inconsistência, caso sejam solicitadas sugestões para resolvê-la, aplica-se um algoritmo cujo tempo de execução pode ser longo (por exemplo, 20 segundos para uma matriz com 20 critérios); e
- No cálculo das pontuações (5-6 segundos, em uma matriz também com 20 critérios).

Importa ainda acrescentar que, em outros estudos realizados pelos autores, com uma matriz de 35 critérios, contendo julgamentos consistentes, o programa M-MACBETH apresentou problemas e travou; o arquivo com denominações alteradas (devido a sua confidencialidade) foi enviado ao fabricante, o qual ainda aguarda solução do bug pelo seu programador na Bélgica.

No presente estudo hipotético, os critérios e subcritérios foram minuciosamente estruturados com base nas exigências do edital, da seguinte forma:

- Licitante – nó não critério que busca refletir as qualificações mínimas necessárias para participar do processo licitatório (nós critério Situação Fiscal e Financeira do Licitante), que envolverá a posterior análise de documentos da empresa proponente, e ainda assegurar as garantias (nó critério Garantias) da execução, conclusão e entrega do projeto; a sua Base de Comparação deverá ser reformulada após o envio do edital, a qual deverá se transformar em Indireta, com a atribuição de uma escala para a avaliação de níveis qualitativos de performance;
- Plataforma - nó não critério que reflete as características mínimas necessárias da plataforma flutuante, subdividido em Autonomia (Milhas Náuticas - MN), Tripulação e Reservas (número de acomodações), e Planta Propulsora (máquinas), os quais possuem Bases de Comparação Indiretas, medidas através de níveis quantitativos de performance, os quais serão complementados com informações em fase posterior ao recebimento das propostas;
- Comunicações – nó critério que caracteriza os requisitos mínimos de comunicações exigidas para o objeto, e será complementado com informações de níveis qualitativos de performance, após o recebimento das propostas;
- Preço – nó critério com Base de Comparação Indireta, medida através de nível quantitativo de performance; aqui deve-se tomar um cuidado especial, visando a minimização deste critério.

Apresenta- a Tabela 1 que é o cabeçalho da matriz inicial do problema; a idéia do problema consiste em se atribuir os pesos iniciais aos nós critérios e não critérios do problema.

CARACTERÍSTICAS DO LICITANTE		PLATAFORMA			COMUNIC.	PREÇO
PESO1		PESO2			PESO3	PESO4
GARANTIAS	SITUAÇÃO FISCAL E FINANCEIRA	AUTONOMIA	TRIPULAÇÃO E RESERVAS	PANTA PROPULSORA		
PESO5	PESO6	PESO7	PESO8	PESO9		

Tabela 1 – Matriz Inicial do Problema

O objetivo inicial será estabelecer os pesos para os critérios da Tabela I, os quais deverão incorporar a opinião dos especialistas, em uma escala semântica, sobre as suas opiniões pessoais para a comparação par a par entre critérios adotados, ou seja, verificar as diferenças de atratividade entre os critérios dados.

Os critérios permitem a avaliação das alternativas de forma a verificar que uma alteração na classificação da alternativa num dado critério, será observada uma redução ou aumento da satisfação da alternativa. A família de critérios deverá verificar os axiomas de exaustividade, coesão e não-redundância:

- a) Possuir todos os pontos de vista julgados importantes, ou seja, a quantidade de critérios deverá ser completa e exaustiva; deverá conter todos os critérios julgados relevantes para a decisão final [exaustividade];
- b) Ser operacional – a classificação das alternativas nestes critérios deve permitir o seu manuseio por algoritmos;
- c) Ter as preferências parciais modeladas em cada critério, e cada preferência deverá estar de acordo com as preferências globais, estar de acordo com o objetivo [coesão];
- d) Ser legítima e consistente – deve representar de forma clara e correta o juízo de valores do(s) decisor(es); e
- f) Excluir redundância, ou seja, um aspecto abordado por um critério não poderá aparecer em outro critério. Os critérios deverão ser mutuamente exclusivos para evitar a contagem dupla [não-redundância].

Para o estudo apresentado foram criados três (03) arquivos diferentes, separados por níveis, com as Árvores de Decisão parciais apresentadas na Figura-2.

ARQUIVO 1º NÍVEL	ARQUIVO 2º NÍVEL LICITANTE	ARQUIVO 2º NÍVEL PLATAFORMA
------------------	----------------------------	-----------------------------

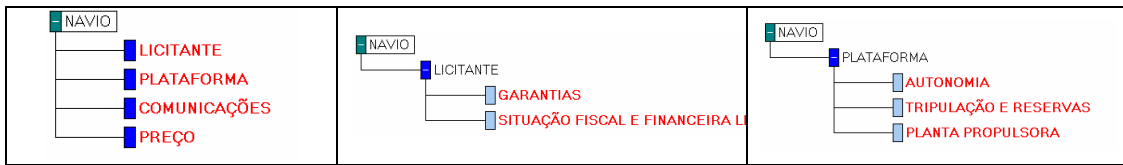


Figura 2 – Árvores de Decisão de 1º e 2º nível

As diferenças de atratividade entre os níveis superior e inferior foram consideradas como sendo positivas; as matrizes de julgamentos entre os critérios de cada arquivo foram preenchidas de acordo com a opinião dos especialistas, e estão apresentadas na Figura-3. É importante acrescentar que é necessária a prévia definição de prioridades entre os critérios, os quais possuem ordem de importância estabelecida da esquerda para a direita (1ª linha da matriz).

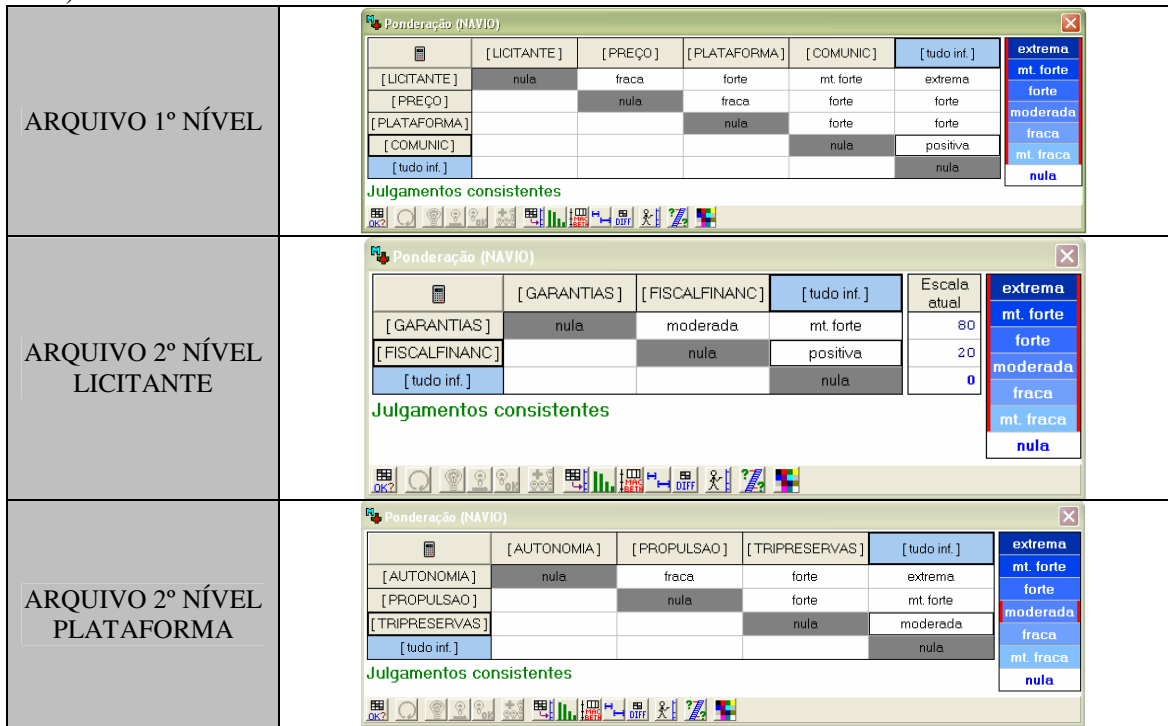


Figura 2 – Matrizes de Julgamentos de 1º e 2º nível

Os pesos são atribuídos automaticamente pelo software M-MACBETH, baseado nos julgamentos semânticos realizados pelos especialistas conforme a Figura-2, e estão apresentados na Figura-3. Nesta etapa utilizou-se o recurso do programa de “arredondamento para valores inteiros”, sem a modificação dos julgamentos efetuados, respeitando os limiares de variação destes julgamentos semânticos.

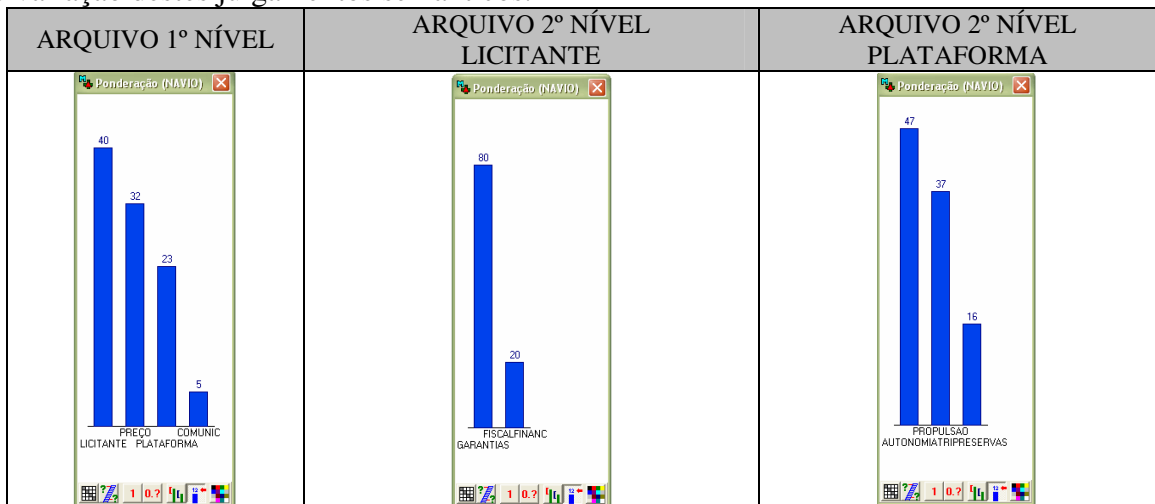


Figura 3 – Pesos atribuídos pelo M-MACBETH

Neste ponto é necessário realizar a composição dos pesos, a fim de se obter os pesos finais para os critérios e subcritérios, com o somatório final de 100% (pesos normalizados). Estes resultados são apresentados na Tabela-2. É importante ressaltar que a metodologia MACBETH procura elucidar a intensidade de preferência que o decisor possui em relação às ações potenciais, por meio de julgamentos absolutos de diferença de valor (atratividade) entre duas ações. Assim, o procedimento não intenciona obter a escala do decisor, mas sim construí-la a partir de seus próprios julgamentos de valor, não impondo nenhuma preferência a ele, mas simplesmente retratando aquelas que ele forneceu. Porém, apesar de fornecer um intervalo para os pesos, o método MACBETH sugere um determinado peso dentro desse intervalo, baseado na otimização de uma função. Este peso, mesmo sendo arbitrário, é uma espécie de “âncora” para os decisores que possuem uma resistência em abandoná-lo, mesmo que ele não expresse corretamente as suas preferências (CHAVES *et al.*, 2007).

CRITÉRIOS	PESOS FINAIS (%) (I)	SUBCRITÉRIOS	PESOS PARCIAIS(%) (II)	PESOS FINAIS(%) (III=I*II/100)
LICITANTE	40	GARANTIAS	80	32
		SIT. FISCAL E FINANCEIRA	20	8
PLATAFORMA	23	AUTONOMIA	47	10,81
		TRIPULAÇÃO E RESERVAS	16	3,68
		PLANTA PROPULSORA	37	8,51
COMUNICAÇÕES	5	-	-	5
PREÇO	32	-	-	32

Tabela 2 – Composição dos pesos normalizados sugeridos pelo M-MACBETH

3.2 Análise de Sensibilidade dos Pesos do M-MACBETH

É importante esclarecer que, como qualquer processo de tomada de decisão, que é necessária a opinião e constante avaliação do processo pelo decisor que determinou a realização da licitação. Os pesos dos critérios de 1º nível são tidos com premissas, e podem ser previamente estabelecidos pelos decisores. Para a análise de sensibilidade será realizada uma alteração hipotética dos pesos inicialmente sugeridos pelo programa, imaginando que houvesse a determinação de um incremento no peso do critério plataforma para 30%, com a conseqüente redução do peso do critério licitante para 33%; a nova composição de pesos será dada pela Tabela-3.

CRITÉRIOS	PESOS FINAIS (%) (I)	SUBCRITÉRIOS	PESOS PARCIAIS(%) (II)	PESOS FINAIS(%) (III=I*II/100)
LICITANTE	33	GARANTIAS	80	26,4
		SIT. FISCAL E FINANCEIRA	20	6,6
PLATAFORMA	30	AUTONOMIA	47	14,1
		TRIPULAÇÃO E RESERVAS	16	4,8
		PLANTA PROPULSORA	37	11,1
COMUNICAÇÕES	5	-	-	5
PREÇO	32	-	-	32

Tabela 3 – Composição dos pesos normalizados com as alterações de 1º nível

A partir dos resultados das Tabelas 2 e 3, verifica-se que uma redução no peso do critério fornecedor de 17,5%, com um conseqüente aumento no peso do critério plataforma de 30,43%, ocasionou um aumento/redução proporcional, em termos percentuais, nos subcritérios de cada critério, ou seja, a variação de pesos nos critérios de 1º nível proporcionou uma variação linear nos subcritérios, ou critérios de 2º nível.

Com base nos resultados da Tabela-3, vamos imaginar agora que o decisor, uma vez observados os limiares de alterações permitidas no software M-MACBETH (sem a

conseqüente alteração dos julgamentos já realizados), agora decida aumentar o peso parcial (II) do subcritério planta propulsora de 37 para 42%, não importando o quê acontecerá com os demais pesos dos subcritérios do critério plataforma; neste caso têm-se as alterações de acordo com a Tabela-4, com os novos pesos parciais obtidos diretamente do programa.

CRITÉRIOS	PESOS FINAIS (%) (I)	SUBCRITÉRIOS	PESOS PARCIAIS(%) (II)	PESOS FINAIS(%) (III=I*II/100)
LICITANTE	33	GARANTIAS	80	26,4
		SIT. FISCAL E FINANCEIRA	20	6,6
PLATAFORMA	30	AUTONOMIA	43	12,9
		TRIPULAÇÃO E RESERVAS	15	4,5
		PLANTA PROPULSORA	42	12,6
COMUNICAÇÕES	5	-	-	5
PREÇO	32	-	-	32

Tabela 4 – Composição dos pesos normalizados com as alterações de 1º nível

Pode-se concluir que o aumento de 13,51% no peso parcial do subcritério planta propulsora gerou um aumento de 13,51% em seu peso final, com uma redução de 8,51% no peso do subcritério autonomia, e 6,25% no subcritério tripulação e reservas, resultado este que já foge do conceito da linearidade obtido com as alterações nos critérios de 1º nível.

Considerou-se que a variação na pontuação final dos *scores* de ordenação é dada pelo acréscimo marginal resultante do peso final de cada subcritério, ou seja, quando ocorre o preenchimento da escala semântica de comparação entre os critérios, par a par, verifica-se que a cada incremento da escala MACBETH (extrema, muito forte, forte, moderada, fraca, muito fraca e nula) existe uma associação no modelo aditivo com o incremento proporcional aos pesos finais, os quais também podem ser associados também quando se utiliza o recurso Tabela de Performances do software M-MACBETH. O resultado final do trabalho real, que foi apresentado aos decisores como sendo a análise de sensibilidade dos pesos em relação aos *scores* finais, foi a representação da variação com acréscimos e decréscimos percentuais nos pesos de 1º e 2º nível estabelecidos, como apresentado neste item, e foi considerado como sendo satisfatório.

4. Conclusão

A partir dos resultados do item 3 verifica-se que:

- Mesmo nas hipóteses em que a licitação é dispensada, dispensável ou inexigível, e com poucos fornecedores/fabricantes disponíveis, a realização de um Estudo de Caso prévio, com o uso da AMD, pode conferir maior legitimidade ao processo, como o que já é feito na Europa;
- O M-MACBETH foi útil ao fornecer os pesos iniciais para os critérios, com base na opinião dos especialistas membros da comissão licitatória, por meio do recurso de “opções mais duas referências” (como Base de Comparação Direta), sem o conhecimento prévio das alternativas;
- O programa M-MACBETH é deficiente ainda em relação às análises com hierarquização de critérios e subcritérios, fato este que não impossibilitou a execução do estudo; e
- Outra deficiência constatada neste Estudo de Caso foi a impossibilidade da utilização do recurso de análise de sensibilidade do programa, a partir do momento do conhecimento das alternativas. Esta análise poderia ocorrer por partes em vários arquivos, e ainda com a necessidade da utilização do Microsoft Office Excel para compilação de seus resultados.

Neste trabalho propõe-se uma modelagem para apoio à decisão em licitações públicas, que pode ser aprimorada através da realização de um Estudo de Caso prévio. A contribuição da modelagem ora apresentada é que os decisores podem visualizar o impacto de suas decisões,

inclusive com uma análise de sensibilidade, antes da escolha dos pesos finais, os quais devem ser obtidos e ratificados mediante um consenso, uma vez que a modelagem apresentada fornece pesos arbitrários, que servem apenas de “âncora”, como já referenciado anteriormente. O software M-MACBETH foi escolhido pela sua facilidade de implementação, interface amigável, por ser bastante utilizado no meio acadêmico, e ainda devido às suas inúmeras aplicações em processos licitatórios na Europa pelos seus autores, e se mostrou muito útil pelos resultados obtidos com a valoração dos pesos a serem atribuídos utilizando a própria opinião dos especialistas sem a necessidade do uso de uma escala Likert, por exemplo.

5.0 Referências

Bana e Costa, C.A., Vansnick, J.C., *MACBETH – An interactive path towards the construction of cardinal value functions*, International Transactions in Operations Research, 1, pp. 489-500, 1994.

Bana e Costa, C.A., Vansnick, J.C., *Applications of the MACBETH approach in the framework of an additive aggregation model*, Journal of Multicriteria Decision Analysis, 6 (2), pp. 107-11, 1997.

Bana e Costa, C.A. & Chagas, M. P., *A career choice problem: Na example of how to use MACBETH to built a quantitative value model based on qualitative value judgments*, European Journal of Operational Research, 153, 323-331, 2004.

Bana e Costa, C.A., Lourenço, J.C., Chagas, M.P., Bana e Costa, J.C., *Development of Reusable Bid Evaluation Models for the Portuguese Electric Transmission Company*, Decision Analysis 5(1), pp. 22–42, INFORMS 2008.

Brasil, *Lei n. 8.666, de 21 de junho de 1993. Regulamenta o art. 37, inc. XXI, da Constituição Federal, institui normas para licitações e contratos da Administração Pública e dá outras providências.* Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 22 jun. 1993.

Buchanan, John, Gardiner, Lorraine, *A comparison of two reference point methods in multiple objective mathematical programming*, European journal of Operational Research (EJOR), 149, pág. 17-34, 2003.

Chaves, M.C.C.; Barros, T.D.; Ramos, T.G. & Soares de Mello, J.C.C.B., *Um estudo preliminar da integração de dois métodos de apoio à decisão multicritério: VIP Analysis e MACBETH.* Anais do XXXIX Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, 2007.

Cohen, David, *Você Sabe Tomar Decisão?* Revista Exame: Abril, 2001, São Paulo.

Doignon, J.P., *Threshold representations of multiple semiorders.* SIAM Journal of Algebraic Discrete Methods, 8, 77-84, 1984.

Gomes, L.F.A.M., Gonzalezaraya, M.C., Carignano, C., *Tomada de decisões em cenários complexos.* São Paulo: Pioneira Thompson Learning, 2004.

Hwang, C. L.; LIN, M. J. *Group Decision Making under Multiple Criteria.* Berlin: Springer-Verlag, 1987.

Marmol, A. M., Puerto, J., Fernández, F. R., *Sequential incorporation of imprecise information in multiple criteria decision processes*, European journal of Operational Research (EJOR), 137, pág. 123-133, 2002.

Matsatsinis, N.F., Samaras, A.P., *MCDA and preferences disaggregation in group decision support systems*, European journal of Operational Research (EJOR), 130, pág. 414 a 429, 2001.

Mintzberg, H. *Planning on the left side and managing on the right.* Harvard Business Review, July/August, 49-58, 1976.

Rosenhead, J., *Rational Analysis for a Problematic World*, Editora Jhon Wiley & Sons Ltda, 1989.

Soares de Mello, J.C.C.B.; Gomes, E.G. & Estellita Lins, M.P., *Análise Multicritério da presença da Universidade Federal Fluminense com o uso do Método Macbeth.* Revista Produção, 11(2), 53-67, 2002.