

Avaliação da realização de ensaio do voo tecnológico XVT02 do Veículo Lançador de Satélites VLS-1: enfoque BOCR

Maria Cristina Vilela Salgado, Mischel Carmen Neyra Belderrain e Amanda C. Simões da Silva
Instituto de Aeronáutica e Espaço (IAE) e Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA)
Praça Marechal Eduardo Gomes, 50 – Vilas das Acácias – CEP 12228-900 - São José dos Campos - SP, Brasil

Resumo — No lançamento dos primeiros protótipos do Veículo Lançador de Satélites - VLS-1, falhas impediram o cumprimento da missão. Estes fatos geraram reflexão por parte das equipes técnica e de gerenciamento. Em 2004 foi decidida a realização de novos ensaios em voo, denominados vãos tecnológicos – XVT01 e XVT02. O voo XVT02 testará todos os sistemas do veículo, até atingir a órbita desejada. A realização deste ensaio é um problema de decisão complexo que envolve múltiplos critérios quantitativos e qualitativos conflitantes. O objetivo deste trabalho é apresentar a estruturação do problema dentro do processo de tomada de decisão, utilizando uma abordagem multicritério.

Palavras-chave — Decisão, Multicritério, VLS-1, XVT02, estruturação de problemas.

I. INTRODUÇÃO

Agentes tomadores de decisão, geralmente, possuem pontos de vista conflitantes e diferentes juízos de valores. Os métodos multicritério de análise de decisão aparecem como uma opção para que estas diversidades sejam integradas.

A tomada de decisão em um ambiente complexo normalmente envolve múltiplos critérios, dados imprecisos e/ou incompletos, múltiplos agentes de decisão etc. Para servir de apoio aos processos de análise para a tomada de decisão surgiu, há cerca de trinta anos, os métodos de Apoio Multicritério à Decisão (AMD), cujo número de aplicações cresce extensiva e intensivamente em todo o mundo.

Acoplado à moderna tecnologia para tratamento da informação, o AMD consiste, assim, em um conjunto de métodos e técnicas cujo potencial todo profissional interessado no uso da informática na tomada de decisão deve conhecer.

A tomada de decisão (TD) pode ser definida como um processo fundamental que está integrado em tudo que fazemos. Decisões são tomadas o tempo todo, consciente ou inconscientemente. Para fazer escolhas, necessita-se fazer medições. Existem diferentes métodos e escalas de medição. Saaty [1] em 2005 afirma que muitas pessoas pensam que para medir necessita-se de escalas físicas com zero e unidade para aplicar à objetos ou fenômenos, mas isto é um engano.

Maria Cristina Vilela Salgado, cristina@iae.cta.br, Tel +55-12-3947-4868, Fax +55-12-3941-7067; Mischel Carmen Neyra Belderrain, carmen@ita.br, Tel +55-12-3947-5900; Amanda C. Silva, amanda@ita.br, Tel +55-12-39475907

Na realidade, pode-se usar escalas relativas precisas e confiáveis baseando-se na compreensão e julgamento de cada decisor.

O número de fenômenos que não sabe-se como medir é infinitamente maior do que as coisas que pode-se medir com as escalas físicas [1].

Os processos de decisão sempre envolvem comparações que estabelecem as preferências do decisor. As comparações são feitas entre critérios e alternativas para que, após uma avaliação crítica, possa-se fazer escolhas. Os critérios são grandezas distintas, mas as alternativas se diferem através da preferência por uma ou outra, sob o ponto de vista de cada critério. Para estabelecer comparações é preciso obter uma escala relativa para os critérios, que nos dará a importância atribuída ao critério em termos do objetivo e uma escala relativa para as alternativas com respeito a cada critério.

No método *Analytic Hierarchy Process* (AHP), os julgamentos são feitos usando-se números absolutos de uma escala predefinida e as prioridades que são obtidas deles são também números absolutos que representam uma dominância relativa.

O decisor tem apenas que emitir julgamentos a respeito de como duas alternativas lhe parecem sob um dado critério: qual ele prefere e quão uma é melhor que a outra. Ao realizar apenas julgamentos paritários e utilizar uma escala verbal para realizar estes julgamentos, o decisor teve seu trabalho muito facilitado.

II. CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA

No lançamento do primeiro protótipo do Veículo Lançador de Satélites - VLS-1 V01, uma falha ocorrida no início da decolagem não permitiu que o voo evoluísse até o fim. Dois novos protótipos foram construídos, montados na plataforma de lançamento do Centro de Lançamento de Alcântara (CLA) - Maranhão e falhas diversas impediram o cumprimento da missão. Estes fatos geraram reflexão por parte das equipes técnica e de gerenciamento.

Em 2005, a equipe técnica e gerencial do projeto decidiu pela realização de novos ensaios em voo antes do lançamento do VLS-1 V04, denominados vãos tecnológicos – XVT01 e XVT02 - porque diferem do voo normal por não transportarem satélites.

O veículo possui quatro estágios e no ensaio do XVT01 testar-se á apenas os sistemas do 1º e 2º estágios. O XVT02

testará todos os sistemas do veículo, até atingir a órbita desejada.

A importância do XVT02 é qualificar sistemas que não serão ensaiados no XVT01 e proporcionar maior confiança à equipe para a realização do V04. A realização do ensaio XVT02 é um problema de decisão complexo que envolve múltiplos critérios quantitativos e qualitativos conflitantes.

Muitas organizações têm suas atividades executadas em grupos. Hoje em dia, os grupos costumam ser compostos por mais de uma função/departamento/empresa.

Um exemplo é a necessidade de tomada de decisão que envolve diretores, representantes de outras empresas e unidades, consultores, os quais detêm o conhecimento do assunto e podem, inclusive, estar em lugares diferentes.

O AMD, segundo Gomes *et al.* [2] em decisões em grupo, é aplicável na:

- Definição inicial do problema, criação de regras gerais de decisão e normas do grupo;
- Elucidação de preferências individuais e posteriormente agregando estas para gerar as opiniões dos subgrupos e grupos, que refletirão os pontos de vista individuais que os criaram;
- Priorização das alternativas e avaliação dos critérios com pesos (Zhang & Yang, 2001; Zhang, Jason & Chong, 2004, *apud* Gomes [3]) e
- Resolução dos conflitos, seja de importância dos critérios, seja na “função objetivo”.

A tomada de decisão em grupo é especialmente utilizada quando: (a) O retorno esperado pela decisão correta é grande; (b) Os custos pela má decisão são altos; (c) As informações são incertas ou incompletas; (d) A alternativa ótima é de difícil identificação; (e) O retorno esperado vier em longo prazo quando da implementação do projeto.

Os benefícios da decisão tomada em grupo são: (a) diversidade de pontos de vista; (b) experiência para estabelecer objetivos; (c) maior facilidade na identificação de alternativas e (d) maior satisfação, motivação e comprometimento do grupo, por participar na tomada de decisão.

As desvantagens podem ser identificadas como: (a) demandam mais tempo para as reuniões; (b) não é possível mensurar produtividade para este tempo gasto; (c) o grupo pode ser influenciado e/ou induzido a tomar decisões; (d) membros do grupo com posições inferiores podem sentir-se intimidados perante a presença de pessoas de alto nível gerencial.

A técnica de decisão em grupo visa atingir o CONSENSO, que é o apoio incondicional às decisões do grupo. Neste trabalho o consenso do grupo foi empregado para a definição dos critérios através de reuniões do grupo decisor visando definir cuidadosamente todos os critérios necessários para a avaliação das alternativas de solução do problema.

III. ETAPAS DO PROBLEMA DE DECISÃO

O objetivo deste trabalho é apresentar a estruturação do problema dentro do processo de tomada de decisão, utilizando uma abordagem multicritério.

A utilização de método AMD permite organizar problemas complexos de forma estruturada, auxiliando o decisor na análise.

Segundo Gomes *et al.* [2] as etapas do processo de análise de decisão envolvendo múltiplos critérios podem ser sintetizadas na Fig. 1.

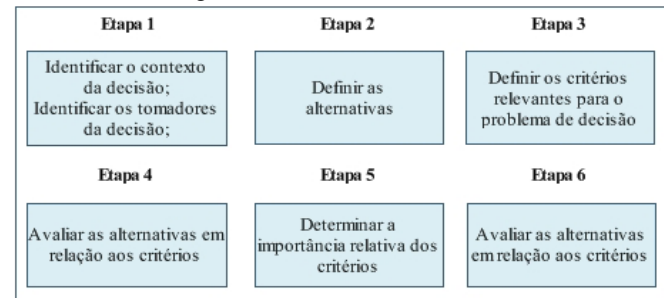


Fig. 1. Etapas na análise de decisão envolvendo múltiplos critérios (adaptado Gomes *et al.* [2]).

A estruturação do problema compreende as três primeiras etapas. As etapas 4, 5 e 6 não são objetos de estudo desse trabalho.

Vale ressaltar, que os critérios adotados na etapa três obedecem aos cinco fatores sugeridos por Keeney e Raiffa (1976) [4]: 1) completude (todos os critérios que interessam ao tomador de decisão estão incluídos) 2) operacionalidade (todos os critérios do nível mais baixo da estrutura deverão ser suficientemente específicos para serem utilizados no processo de resolução do problema), 3) decomponibilidade (a avaliação do desempenho da alternativa em relação a um critério deve ser independente de seu desempenho em relação a outros critérios), 4) ausência de redundância (a redundância pode acarretar dupla contabilização, fazendo com que a recomendação tenda a ser espúria. Se a eliminação de um critério não alterar a escolha da melhor alternativa, então não será necessário incluí-lo na análise) e 5) tamanho mínimo (não se deve decompor os critérios além do nível em que eles podem ser avaliados. Se a estrutura for muito grande, qualquer análise de decisão será impossível do ponto de vista prático).

IV. MODELAGEM BOCR

Saaty [5] afirma que usualmente as alternativas são associadas à relação custo/benefício. Por isto ele sugere ser útil a construção de hierarquias separadas para custos e benefícios, com as mesmas alternativas no seu nível mais baixo. Ele entende, ainda, que uma decisão não deve ser tomada apenas por seus benefícios e custos. As oportunidades e os riscos também devem ser considerados e se isso ocorrer, passa-se a ter quatro hierarquias com as mesmas alternativas no seu nível mais baixo. Saaty [5] denomina os méritos BOCR - Benefícios, Oportunidades, Custos e Riscos que podem ser relacionadas pela razão $B \cdot O / C \cdot R$ (Benefícios x Oportunidades) / (Custos x Riscos).

Os benefícios e os custos medem as contribuições ou importâncias positivas ou negativas se elas existirem.

Os riscos e as oportunidades medem a probabilidade que podem ocorrer nas alternativas com contribuição positiva ou negativa.

As quatro hierarquias estão dispostas internamente em cada mérito (BOCR), juntamente com as alternativas, conforme Fig. 2.

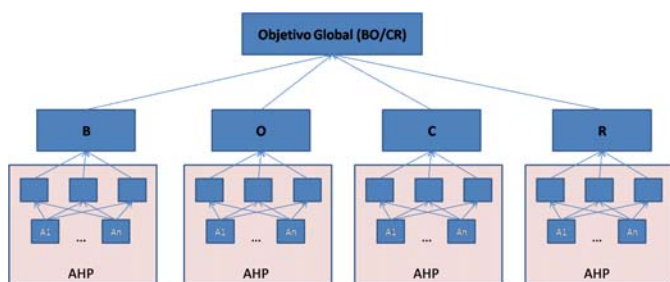


Fig. 2. Estrutura hierárquica BOCR.

V. ESTUDO DE CASO

O estudo de caso será apresentado conforme as etapas:

Etapa 1: a identificação do contexto da decisão foi realizada no Instituto de Aeronáutica e Espaço (IAE) e os tomadores de decisão formam um grupo de 30 especialistas. O objetivo global que será avaliado utilizando-se o enfoque BOCR, é aumentar a probabilidade de sucesso do VLS-1 V04.

Etapa 2: as alternativas consideradas são: 1) Realizar o ensaio o XVT02 e 2) Não realizar o ensaio XVT02.

Etapa 3: os critérios relevantes foram identificados pelo grupo de decisores e agrupados através dos méritos BOCR, devido à complexidade do problema que será descrito a seguir:

Utilizando o esquema da Fig. 2 será detalhada a estrutura hierárquica de cada mérito, mostrados a seguir, através das telas do *software Super Decision* [6].

BENEFÍCIOS são critérios desejáveis com alto grau de certeza. A Fig.3 apresenta a estrutura hierárquica do mérito benefícios.

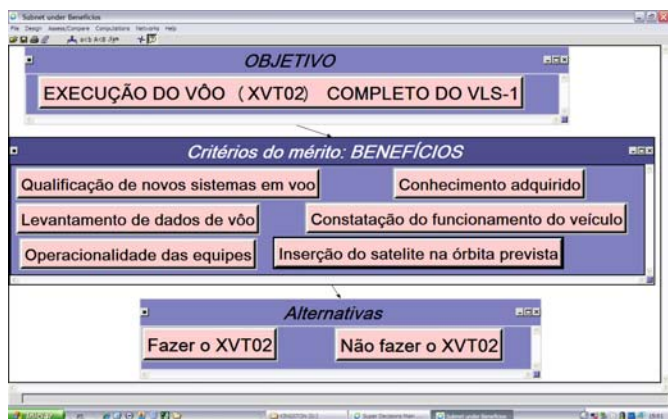


Fig. 3. Estrutura hierárquica do mérito: BENEFÍCIOS.

Critério: Qualificação de novos sistemas em vôo – este benefício está relacionado ao fato de que existem sistemas que deverão ser substituídos após o vôo do XVT01. O fato de esses sistemas voarem no XVT02 trará a confirmação de seus funcionamentos como parte integrante do sistema veículo, submetidos aos rigores do ambiente de vôo, antes de aplicá-los ao V04, além destes sistemas serem qualificados em solo.

Critério: Conhecimento Adquirido – o conhecimento adquirido, com a experiência de uma campanha de lançamento e com os resultados levantados no vôo de um veículo do porte do VLS-1, é um benefício que não se pode mensurar, e que é fundamental para a continuidade do

programa espacial brasileiro. O sucesso deve ser considerado a partir do momento que se tenha um vôo, mesmo que parcial. Por exemplo, os vôos do VLS-1 PT01 e do V02 podem ser considerados sucessos técnicos e de conhecimento adquirido, apesar de os veículos não terem concluído seus vôos.

Critério: Levantamento de dados de vôo – estes dados permitirão:

- obter informações sobre o ambiente de vôo ao qual equipamentos e sistemas estarão submetidos; e
- validar os modelos teóricos e dar maior segurança nos resultados das simulações de vôo.

Critério: Constatação do funcionamento do veículo – inúmeros ensaios são realizados em solo para simular o funcionamento dos equipamentos e subsistemas do veículo. Porém, durante o vôo os mesmos estarão integrados no sistema e submetidos ao ambiente de vôo. Seu bom funcionamento contribuirá para que o vôo do V04 se faça num nível mais alto de confiabilidade.

Critério: Operacionalidade das equipes – o IAE, o Centro de Lançamento de Alcântara (CLA) localizado em Alcântara/MA e o Centro de Lançamento da Barreira do Inferno (CLBI) localizado em Natal/RGN precisam manter suas equipes treinadas em operações de lançamento. A operação do VLS-1 é a mais complexa dentre a dos veículos nacionais, e promove a utilização de todos os recursos disponíveis. As fases preparatórias, de lançamento e pós lançamento contribuem para a manutenção da aptidão dos meios e dos recursos humanos.

Critério: Inserção do satélite na órbita prevista – os vôos tecnológicos (sem satélite cliente) aumentam as chances de sucesso do vôo operacional, pois neles são sanadas deficiências do veículo e de seus meios de solo. No entanto, aumentam o custo total do desenvolvimento e retardam o vôo com o satélite cliente.

OPORTUNIDADES são critérios desejáveis com incerteza associada. A Fig.4 apresenta a estrutura hierárquica do mérito oportunidades.

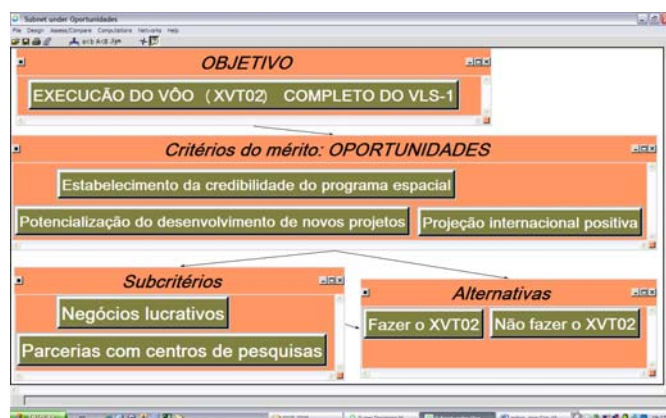


Fig. 4. Estrutura hierárquica do mérito: OPORTUNIDADES.

Critério: Estabelecimento da credibilidade do programa espacial – refere-se aos efeitos do sucesso do ensaio em vôo de um VLS-1 na credibilidade do programa espacial com

respeito ao veículo lançador. O aumento da credibilidade é necessário para a continuidade dos investimentos em RH e em recursos financeiros para projetos desta natureza.

Critério: Potencialização do desenvolvimento de novos projetos – refere-se à oportunidade de potencializar novos projetos que promoverão o desenvolvimento tecnológico do país, e que possam competir no mercado internacional de veículos lançadores.

Critério: Projeção internacional positiva – esta oportunidade pode se revelar importantíssima, devido à necessidade de troca de experiências com centros de pesquisas internacionais e aos ganhos em termos de conhecimento, que esta parceria proporcionará para o país.

Subcritério: Negócios lucrativos – na missão do IAE, como uma instituição de ciência e tecnologia, o ganho não é financeiro, mas sim, relativo ao crescimento econômico do país, ao fomento à indústria aeroespacial e à capacitação de recursos humanos visando também disseminar o conhecimento adquirido no mercado nacional e os *spin-offs* gerados pelos projetos de alta complexidade tecnológica, contribuindo para o desenvolvimento tecnológico do país.

Subcritério: Parcerias com centros de pesquisas – esta parceria é de vital importância para o programa espacial brasileiro, traduzindo-se no benefício da troca de conhecimento com instituições internacionais de pesquisas espaciais. Exemplo: a parceria do IAE com o Centro de Lançamento Alemão no desenvolvimento do foguete de sondagem VSB-30.

CUSTOS são critérios indesejáveis com alto grau de certeza. A Fig.5 apresenta a estrutura hierárquica do mérito custos.

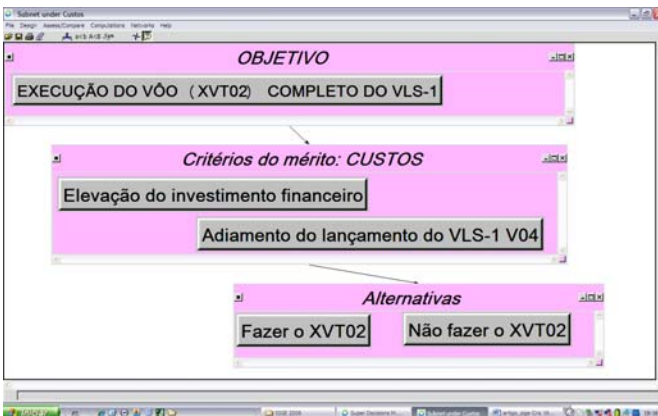


Fig. 5: Estrutura hierárquica do mérito: CUSTOS.

Critério: Elevação do investimento financeiro – este é um preço a ser pago pelos cofres públicos, elevando-se a cada ensaio, principalmente em vôo, que vai gerar um custo sem a inserção em órbita de satélites, com proveito pela sociedade.

Critério: Adiamento do lançamento do VLS-1 V04 – como este é o veículo que portará o satélite cliente, quanto mais testes forem feitos, mais será adiado o lançamento do V04, ou outro desenvolvimento de um novo veículo, pois as equipes de projeto e de lançamento são muito reduzidas, e não há condições de preparar veículos em paralelo. Este tipo

de custo, que é o tempo, pode gerar conflitos e não se conseguir lançar o VLS-1 V04, pois se fica sujeito a mudanças estratégicas.

RISCOS são critérios indesejáveis com incerteza associada. A Fig.6 apresenta a estrutura hierárquica do mérito riscos.

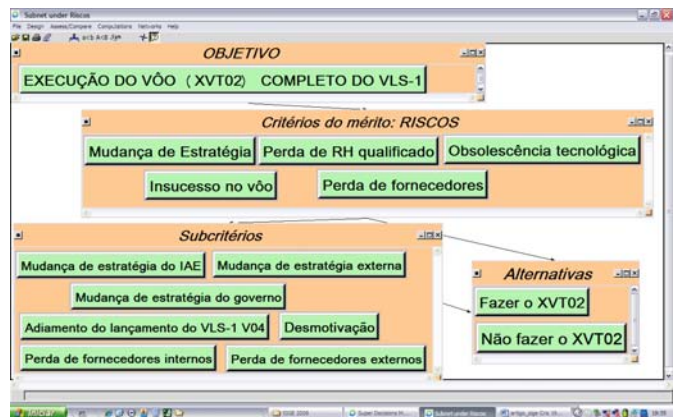


Fig. 6: Estrutura hierárquica do mérito: RISCOS.

Critério: Mudança de Estratégia – refere-se ao risco de que com o passar do tempo, o projeto fique sujeito a mudanças estratégicas que possam comprometer sua continuidade.

Subcritério: Mudança de Estratégia do IAE – refere-se às mudanças de estratégia nas prioridades do IAE, que podem afetar o projeto.

Subcritério: Mudança de Estratégia externa – neste caso refere-se ao Comando-Geral de Tecnologia Aeroespacial (CTA), ao Ministério da Defesa e até mesmo outros países, que nos fornecem sistemas complexos e prestam serviços.

Subcritério: Mudança de Estratégia do Governo – refere-se à AEB, o órgão financiador, que cada vez mais exige resultados e cobra o longo tempo de qualificação.

Critério: Perda de RH qualificado – é um problema que cada vez se agrava, pois os recursos humanos qualificados estão deixando a Instituição, ora por aposentadoria, ora por migrar para a iniciativa privada, o que seria positivo, se houvesse sempre a contratação de novos recursos humanos, o que não acontece no CTA devido à necessidade de concurso público e devido a políticas de governo.

Critério: Obsolescência tecnológica – o risco da obsolescência do veículo lançador face às necessidades do programa espacial brasileiro e do mercado mundial de compra de lançadores, que cresce e evolui rapidamente.

Critério: Insucesso no Vôo – se o XVT02 não cumprir a missão prevista, será necessário decidir entre efetuar novo vôo tecnológico, com o conseqüente atraso do V04, ou manter o vôo operacional na seqüência. Provavelmente, o fator decisivo será a falha ocorrida. Se esta for considerada facilmente mitigável, então o V04 será o próximo vôo.

Subcritério: Adiamento do lançamento do VLS-1 V04 – no caso de um insucesso do XVT02 e de ser decidido fazer

um outro voo tecnológico, poderá mais adiado este lançamento, não concluindo a qualificação e arriscando a continuidade do projeto.

Subcritério: Desmotivação – o insucesso de um XVT02 se não for bem trabalhado psicologicamente, pode ser fatal para a equipe, causando uma desmotivação e um descrédito interno fatal para o projeto.

Critério: Perda de Fornecedores – este critério refere-se à perda de fornecedores de sistemas complexos adquiridos no mercado internacional e demais sistemas e serviços no mercado nacional. Dos produtos adquiridos para o VLS-1, muitos estão fora de linha de produção das empresas fornecedoras devido à evolução dos produtos, não compensando a continuidade do fornecimento, devido a pequena demanda de aquisição. Para qualificar novos fornecedores é preciso investir tempo e recursos financeiros.

Subcritério: Perda de Fornecedores Internos – refere-se ao mercado nacional.

Subcritério: Perda de Fornecedores Externos – refere-se ao mercado internacional.

VI. VANTAGENS DO MODELO

Ao final destas etapas os decisores têm uma boa visão pessoal do problema e os critérios escolhidos representam a avaliação a ser considerada para escolha da melhor alternativa para solução do problema.

Após a etapa 3, os próximos passos são: 1) obter a pontuação de cada mérito através do AHP (cada decisor faz a sua avaliação individual das alternativas em relação aos critérios que julga relevante) e 2) obter a avaliação global das alternativas, resultante da aplicação da razão $(B \cdot O / C \cdot R)$. O julgamento (ou peso) final pode ser calculado pela média geométrica dos pesos de cada decisor ou cada comparação de alternativas sobre o ponto de vista de cada critério pode ser discutido em grupo, até que o consenso do julgamento seja estabelecido.

O modelo utilizado estrutura de forma organizada o problema a ser discutido e auxilia os decisores a tomar uma decisão mais racional.

A estruturação de problemas é uma das etapas fundamentais do processo de tomada de decisão para se atingir um bom resultado final.

VII. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização de uma metodologia de análise de decisão para o problema do VLS-1 XVT02 permite o registro de todo o processo, documentando-se o processo de decisão e as razões pelas quais selecionar-se-á determinada alternativa. Esse registro pode ser arquivado para futuras consultas sempre que necessário.

A aplicação sistemática de processos de análise de decisão é importante passo para uma organização que deseja melhorar a qualidade de suas decisões [3].

Segundo Clemen [7] as três primeiras etapas do processo de decisão descritas neste trabalho representam, na maior parte das vezes, o maior investimento de tempo e análise dos decisores. Porém, destas etapas depende a boa qualidade da

decisão e da escolha da melhor alternativa, pois nelas define-se e fica estabelecida toda a estrutura da decisão. É exatamente no contexto de enfatizar a importância do cumprimento da fase de estruturação que o presente artigo teve como objetivo realizar as três etapas iniciais da estruturação de problema proposta por Gomes *et al.* [2].

REFERÊNCIAS

- [1] Saaty, T. L. Theory and applications of the Analytic Network Process: decision making with Benefits, Opportunities, Costs and Risks, RWS Publications, Pittsburgh, 2005.
- [2] Gomes, L. F. A. M.; Gomes, C. F. S.; Almeida, A. T. Tomada de decisão gerencial: Enfoque Multicritério, 2 ed. São Paulo: Atlas, 2006.
- [3] Gomes, L.F.A.M. Teoria da decisão, ed. São Paulo: Thomson Learning, 2007. – (Coleção debates em administração).
- [4] Keeney, R.L.; Raiffa, H. Decisions with multiple objectives: preferences and value tradeoffs. Nova York: Wiley, 1976.
- [5] Saaty, T. L., Ozdemir, M.S. The encyclicon: A Dictionary of Decisions with Dependence and Feedback Based on the Analytic Network Process, RWS Publications, Pittsburgh, 2004.
- [6] Saaty, R. W. Decision making in complex environments. Super Decision v1.6 – Manual Software for decision making with dependence and feedback. Website: www.superdecisions.com, 2005.
- [7] Clemen, R. T. Making hard decisions – an introduction to decision analysis. Belmont Califórnia: International Thomson Publishing Inc., 1996, 2nd ed, 664p.