



SPOLM 2008

ISSN 2175-6295

Rio de Janeiro- Brasil, 05 e 06 de agosto de 2008.

## MODELO DE AVALIAÇÃO DE NAVIOS DE ESCOLTA: UMA ABORDAGEM MCDM

**Armando Gonçalves Madeira Junior**  
Centro de Apoio a Sistemas Operativos (CASOP)  
[madeira.mil@gmail.com](mailto:madeira.mil@gmail.com)

### RESUMO

Este artigo apresenta o resultado obtido na aplicação das ferramentas de abordagem MCDM (*Multiple Criteria Decision Making*), utilizando a metodologia AHP (*Analytic Hierarchy Process*), com o intuito de avaliar os navios de escolta da Marinha do Brasil. Para a análise foram utilizados dados de cinco navios de escolta, dentre eles duas Fragatas da classe Niterói modernizada, uma Fragata classe Niterói antes da modernização e duas Corvetas classe Inhaúma.

A informação prestada pela modelagem serve de importante subsídio para o Estado Maior da Esquadra no monitoramento do desempenho das unidades subordinadas em diversos ambientes da guerra naval como também possibilita a avaliação da manutenção dos equipamentos quanto à situação do SMP e EXOP. Secundariamente é um eficiente índice de desempenho que, se bem acompanhado, poderá indicar o momento de modernizar ou desativar navios, ou até mesmo orientar na aquisição de novos meios.

**Palavras-Chaves:** MCDM; navios de escolta; AHP.

### ABSTRACT

This paper presents the result of the application of MCDM methodology (Multiple Criteria Decision Making), the AHP (Analytic Hierarchy Process), in order to evaluate the escorts ships from the Brazilian Navy. Five escort ships were used for the analysis, two Frigate Niterói class after modernization, one Frigate Niterói class before modernization and two Corvettes Inhaúma class.

The information specified by the model will serve as an important subsidy for the General Staff to keep up the units subordinated in its performance in various naval warfare environments as also to make possible the verification of the equipment restore and about the situation of the SMP and EXOP. Secondary it is an efficient performance index that, if well attended, will be able to indicate the modernization moment or to disable ships, or even though in its purchase new units.

**Keywords:** MCDM; escorts ships; AHP.

## 1. INTRODUÇÃO

Diariamente o homem tem que fazer escolhas. Os processos mentais que o leva a tomar decisões, são responsáveis pela qualidade do resultado obtido na escolha decisória. Tomar uma decisão pode ser uma atividade complexa, que nos leva a escolher alternativas, dentro de um universo com múltiplos fatores, direta ou indiretamente relacionado.

A Teoria da Decisão, que é fundamentada na racionalidade humana, utiliza um método científico que consiste genericamente nas seguintes fases (CLEMEN, 1996):

- Identificar o cenário decisório e entender seus objetivos;
- Identificar alternativas; decompor e modelar o problema;
- Escolher a melhor alternativa;
- Análise de Sensibilidade; e
- Implementar a alternativa escolhida;

A esmagadora maioria dos problemas de decisão é composta por mais de um objetivo aliado ao fato que, normalmente, não existe uma alternativa que “domine” as demais em todos estes objetivos. Nesse contexto, para resolver tais problemas racionalmente surgem os Métodos Multicriteriais.

O AHP (*Analytic Hierarchy Process*) é um método de análise de decisão e planejamento de múltiplos critérios desenvolvido por Thomas L. Saaty em 1977. Meados da década de 70, em resposta ao planejamento de contingência militar e empresarial, tomada de decisão, alocação de recursos escassos, resolução de conflitos e a necessária participação política nos acordos negociados. Desde então, tem mostrado ser uma metodologia variada e útil, fornecendo a cientistas de diferentes áreas um novo meio de olhar os seus velhos problemas (WASIL & GOLDEN, 2003). A teoria reflete a maneira pela qual a mente humana conceitualiza e estrutura um problema complexo. O método natural de funcionamento da mente humana, quando se defronta com um grande número de elementos, controláveis ou não, que abrangem uma situação complexa, é agregá-los a grupos, segundo propriedades comuns, isto é, quando o ser humano identifica alguma coisa, decompõe a complexidade encontrada; quando descobre relações, sintetiza; este é o processo fundamental da percepção: decomposição e síntese.

Este artigo se propõe a apresentar a aplicação da metodologia multicritério, o AHP, em um problema militar, utilizando o programa “Expert Choice 2000 2<sup>nd</sup> edition – trial version (Expert Choice, Inc)”. Será analisado o problema de seleção das melhores unidades para fazerem parte de um determinado grupo tarefa (GT) sob múltiplas ameaças. Através dos resultados obtidos, é possível reunir elementos objetivos para avaliar se o processo de modernização das Fragatas Classe Niterói foi uma decisão acertada.

As classes de navios analisadas, as alternativas do problema, foram: uma Fragata Classe Niterói antes da modernização (F Niterói), duas Fragatas Classe Niterói modernizadas (F Niterói MOD 1 e 2) e duas Corvetas Classe Inhaúma (CV Inhaúma 1 e 2). Foram sintetizadas na Tabela 1 as principais características dessas classes que foram obtidas pelo Jane’s Fighting Ships – on line libraries.

Tabela 1: Características principais das classes envolvidas

<b>Características</b>	<b>Fragata Classe Niterói</b>	<b>Fragata Modernizada</b>	<b>Corveta Classe Inhaúma</b>
Radares de Busca	AWS-2	RAN-20S	AWS-4
Radar DT	RTN-10X	RTN-30X	RTN-10X-FA
MAGE	RDL2/5	Cutlass B-1BW	Cutlass B-1
MAE	-	ET-SQL1A e chaff	ET-SQL1 e chaff
Alça Optrônica	-	EOS-400	EOS-400
Sonar	EDO610E	EDO610E Mod1	Atlas SQS21C
Sistema de Dados Táticos	CAAIS 400	SICONTA MKII	CAAIS 450
SAM	Sea Cat	Albatroz-Aspide	-
Canhão AA	40mm L/70	CIWS 40mm L/70	40mm L/70

Fonte: Madeira (2007)

## 2. METODOLOGIA

O AHP é um método que se caracteriza pela capacidade de analisar um problema de tomada de decisão, através da construção de níveis hierárquicos, ou seja, para se ter uma visão global da relação complexa inerente à situação, o problema é decomposto em fatores. Os fatores são decompostos em um novo nível de fatores, e assim por diante até determinado nível. Esses elementos, previamente selecionados, são organizados numa hierarquia descendente onde os objetivos finais devem estar no topo, seguidos de seus sub-objetivos, imediatamente abaixo, as forças limitadoras dos decisores, os objetivos dos decisores e por fim, os vários resultados possíveis, os cenários. Os cenários determinam as probabilidades de se atingir os objetivos, os objetivos influenciam os decisores, os decisores guiam as forças que, finalmente, causarão impacto nos objetivos finais. O AHP utiliza o pensamento dedutivo, partindo do geral para o mais particular e concreto.

Deste modo, a hierarquia pode ser construída em inúmeros níveis desejados, sendo fixado o objetivo principal no primeiro nível, a definição dos critérios no segundo nível e assim por diante. A ordenação serve para dois propósitos: fornecer uma visão global da relação complexa inerente à situação e, ajudar o tomador de decisão a avaliar se os critérios de cada nível são da mesma ordem de magnitude, assim ele pode comparar cada elemento homogêneo apuradamente.

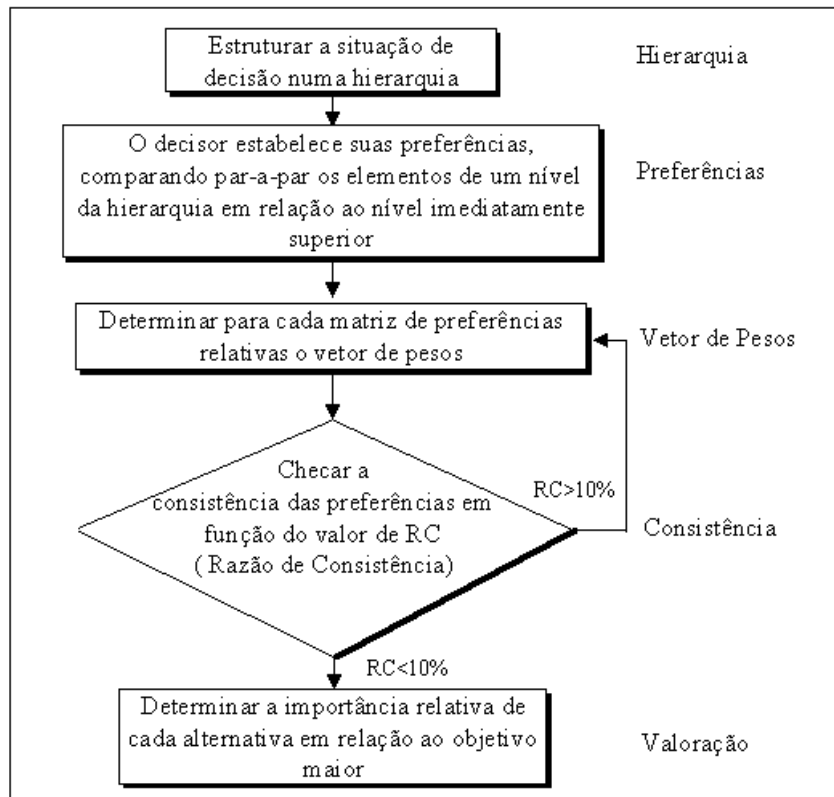
O processo permite estruturar hierarquicamente qualquer problema complexo, com múltiplos critérios; com múltiplos decisores; com múltiplos períodos. É um processo flexível que apela para a lógica e, ao mesmo tempo, utiliza a intuição. O ingrediente principal que tem levado as aplicações com o AHP a terem sucesso, é o poder de incluir e medir fatores importantes, qualitativos e / ou quantitativos, sejam eles, tangíveis ou intangíveis, e a facilidade de uso. Na aplicação são considerados as diferenças e os conflitos de opiniões.

A metodologia deve ser útil para formular problemas, incorporando conhecimento e julgamentos de forma que as questões envolvidas sejam claramente articuladas, avaliadas, debatidas e priorizadas. O AHP é utilizado para obter julgamentos através do consenso. Seja qual for a forma que o julgamento final for lançado, sempre haverá pessoas cujos julgamentos diferem de qualquer resultado particular, mas quando um grupo esteve envolvido na formulação de julgamentos, terá sido criada uma síntese de interesse, decorrente de uma homogeneização de conhecimentos do problema que a metodologia propõe.

O problema da decisão está em escolher a alternativa que melhor satisfaça ao conjunto

total de objetivos. Além disso, torna-se necessário determinar a força com a qual os vários elementos de um certo nível, influenciam os elementos do nível mais alto seguinte, para que se possam computar as forças relativas dos impactos dos elementos sobre o nível mais baixo e sobre os objetivos gerais. A Figura 1 contém o fluxograma que apresenta a aplicação da metodologia do AHP.

Figura 1 - Fluxograma da aplicação do AHP



Fonte: SCHMIDT (1995)

O AHP consiste de duas etapas para a solução do problema:

- Estruturação (Decomposição);
- Avaliação (julgamentos comparativos e síntese das prioridades);

## 2.1. ESTRUTURAÇÃO DO PROBLEMA

Nesta fase os atores do processo decisório poderão utilizar os conceitos apresentados por MADEIRA (2007), através do mapa cognitivo transformado em árvore de ponto de vista, o facilitador terá dados suficientes para estruturação da hierarquia.

Muitos pesquisadores, simpatizantes com a escola europeia, defendem a dicotomia MCDA (MACBETH - aid) x MCDM (AHP - making) e afirmam que a fase de estruturação do AHP é um ato unilateral do ator dominante, inexistindo qualquer construção ou aprendizagem pelos demais atores nesta estruturação, portanto a estruturação seria mais um ponto de diferenciação ao invés de convergência. MADEIRA (2004) defende que as ferramentas de *brainstorming* e mapa cognitivo são comuns a estes dois métodos (AHP e MACBETH), apesar dos pesquisadores da escola europeia terem aperfeiçoado as ferramentas de estruturação a um nível mais detalhado em relação ao AHP, em nenhum momento SAATY ou os pesquisadores defensores da escola americana estabeleceram procedimentos contrários ou contraditórios aos da escola europeia. Pelo contrário, eles afirmaram de forma genérica a estruturação, proporcionando ao facilitador maior liberdade para a arte de modelar: “A estruturação está dependente da habilidade e intuição individual do facilitador”. GOMES et al (2002), em sua obra, considera MCDA e MCDM como sinônimos, o que fundamenta o

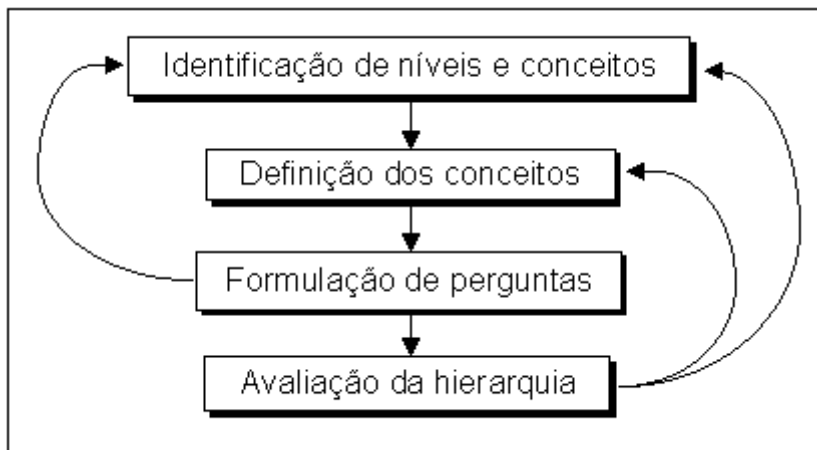
pensamento supramencionado.

### 2.1.1. Construção da Hierarquia

Uma hierarquia é uma estrutura simples, usada para representar simplesmente o tipo de dependência de um nível ou componente de um sistema com outro de maneira seqüencial. É também uma maneira conveniente de decompor um problema complexo numa pesquisa de explicações de causa-efeito, em passos os quais formam uma cadeia linear.

A fase de implementação do AHP envolve quatro processos (Figura 2) inter-relacionados não seqüenciais, segundo VARGAS (1990):

Figura 2 - Relação entre componentes na construção da hierarquia

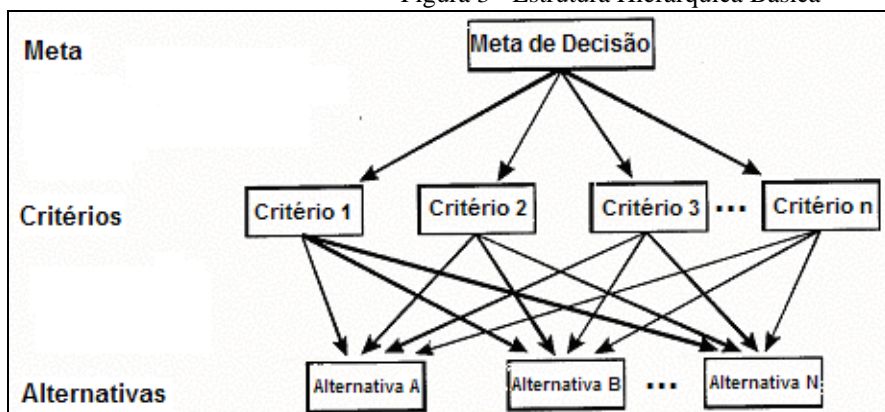


Fonte: VARGAS (1990)

Num primeiro passo, os níveis e os elementos (conceitos) dentro dos níveis são identificados. São, então, definidos e utilizados na fase de formulação das perguntas. Caso os decisores tenham problemas em responder essas questões, então os níveis e conceitos devem ser revisados e modificados. A construção hierárquica é um processo iterativo, estando presentes o construtivismo e a aprendizagem, onde os conceitos, as perguntas a serem respondidas e as respostas associadas com as perguntas, determinam os elementos e os níveis da hierarquia. A ambigüidade no processo de questionamento pode levar o decisor a selecionar o critério ou alternativa errada, todas as perguntas devem ser correspondentes e consistentes com a informação existente. Vale ressaltar que o mapa cognitivo congregado auxiliará ao facilitador nas etapas acima descritas.

No método AHP os fatores são selecionados e arranjados, em uma estrutura hierárquica descendente do objetivo geral para o critério, subcritério e alternativas em níveis sucessivos (Figura 3).

Figura 3 - Estrutura Hierárquica Básica



Fonte: DE MELLO (2001)

Uma hierarquia não precisa necessariamente ser completa, isto é, um elemento num dado nível não tem a função de um atributo (ou critério) para todos os elementos num nível abaixo. Uma hierarquia não é uma árvore de decisão tradicional. Cada nível pode representar uma diferente observação do problema. Um nível pode representar fatores sociais e outro político para serem avaliados em termos de fatores sociais e vice-versa. Além disso, o decisor pode inserir ou eliminar níveis e elementos necessários para clarear a tarefa de fixar prioridades ou para apurar a visão de uma ou mais partes do sistema.

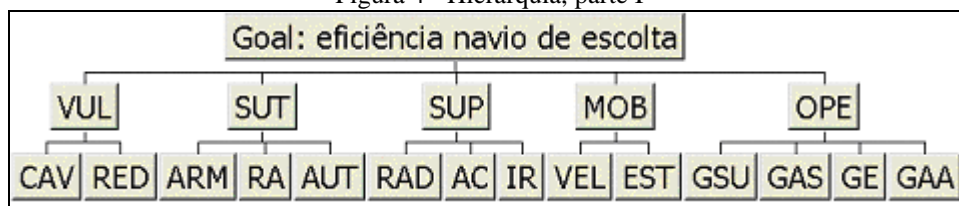
Encerrada a estruturação do problema, em seguida, é realizada a fase de **triagem e seleção**.

A triagem (P.β) tem a função de reduzir o número de ações (alternativas), avaliando quais são viáveis. Este é um passo superficial, seu único intuito é o de analisar superficialmente as alternativas e eliminar as que são inviáveis.

A fase de seleção é o passo em que, é feita a análise das características das ações e das conseqüências das características escolhidas. É um processo interativo que envolve uma análise mais aprofundada, é o próprio ato de escolher.

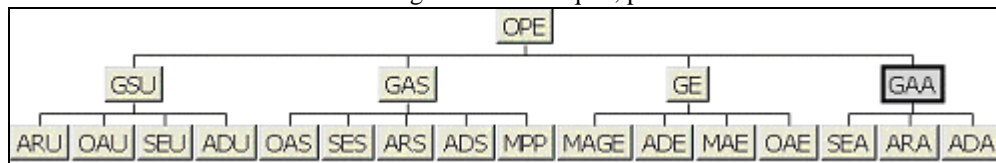
As Figuras 4 e 5 apresentam a estrutura hierárquica para o estudo de caso, porém como o programa utilizado é uma versão de demonstração que possui a restrição de aceitar apenas 2 níveis de hierarquia, o problema teve que ser desagregado em duas partes: a primeira parte com todo o problema exceto o 3º nível de critérios e a segunda, separadamente com o restante.

Figura 4 - Hierarquia, parte I



Fonte: MADEIRA (2004)

Figura 5 - Hierarquia, parte II



Fonte: MADEIRA (2004)

A Tabela 2 discrimina a legenda das abreviaturas utilizadas e destaca em negrito os critérios de 1º grau.

Tabela 2: Legenda das Abreviaturas Utilizadas

Sigla	Descrição	Sigla	Descrição
OPE	Missão operativa	GE	Guerra Eletrônica
MAGE	Medida de Apoio a Guerra Eletrônica	MAE	Medida de Ataque Eletrônico
ADE	Adestramento GE	OAE	Operações Aéreas, missão GE
GAS	Guerra Anti-Submarino	SES	Sensores AS
ARS	Armamento AS	ADS	Adestramento GAS
OAS	Operações Aéreas, missão GAS	MPP	Medidas Passivas de Proteção
GSU	Guerra de Superfície	SEU	Sensores SUP
ARU	Armamento SUP	ADU	Adestramento GSU
OAU	Operações Aéreas, missão GSU	GAA	Guerra Anti-Aérea
SEA	Sensores AA	ARA	Armamento AA
ADA	Adestramento GAA	SUT	Sustentabilidade
ARM	Armazenamento Armamento	RA	Raio de Ação
AUT	Autonomia	MOB	Mobilidade
VEL	Velocidade Máxima	EST	Estabilidade
VUL	Vulnerabilidade	CAV	Capacidade do Controle de Avaria
RED	Redundancia	SUP	Susceptibilidade
IR	Assinatura IR	AC	Assinatura acústica
RAD	Discrição radar		

Fonte: Madeira (2007)

Após a definição dos critérios e subcritérios realiza-se a verificação da independência preferencial mútua entre eles, para que seja possível a construção de um modelo multicritério através da agregação aditiva dos vários critérios construídos, transformando unidades de atratividade local em unidades de atratividade global, ou seja, transformar um modelo de múltiplos critérios num modelo com critério único que é a pontuação final que determinada ação recebe.

Existem dois tipos de independência preferencial que devem ser examinados, a ordinal e a cardinal. Na primeira, verifica-se se a ordem de preferência (a P b) realmente pode acontecer naquele critério independentemente dos impactos de “a” ou “b” em algum outro critério. Já na independência preferencial cardinal, verifica-se se a diferença de atratividade entre uma ação “a” e uma ação “b”, expressa pelo decisor no critério i, não é afetada pelo impacto de “a” e “b” no critério j.

Portanto, para que se possa identificar se ocorre a independência preferencial, devem-se fazer dois testes básicos: Teste de independência preferencial ordinal e Teste de independência preferencial cardinal. Os testes são feitos através de comparações par a par, entre os critérios e de forma mútua (SCHNORRENBURGER, 1999 apud ENSSLIN et al, 1998).

No caso concreto todos os critérios e subcritérios passaram pelos testes *supra*.

## 2.2. FASE DE AVALIAÇÃO

O AHP tem sido usado com escalas de medidas relativas e absolutas para derivar relação de escalas de medidas. Medidas absolutas podem, em termos, ser aplicadas para ordenar alternativas, para a definição de critérios ou de outro modo, para avaliar os critérios.

Em ambos os tipos de medida, os pares de comparação são executados para determinar a prioridade dos critérios, com respeito ao objetivo principal.

Com medidas relativas, os pares de comparação são executados através da hierarquia contida nas alternativas dos níveis mais baixos com respeito ao critério do nível mais alto.

Com medidas absolutas, os pares de comparação são também executados através da hierarquia, com exceção da comparação das alternativas entre si. O nível exato acima das alternativas consiste da intensidade ou do grau com que são aperfeiçoados os critérios ou subcritérios que governam as alternativas.

A medida absoluta é aplicada para ordenar alternativas em termos de avaliação, intensidade ou grau dos critérios. A alternativa é avaliada para cada critério ou subcritério, identificando o grau que melhor a descreva. Estes graus podem ter a forma qualitativa:

excelente, muito bom, bom, médio, abaixo da média, pobre ou muito pobre.

Finalmente, o peso ou as prioridades globais dos graus são adicionados, para produzir uma escala de relação para a alternativa.

### 2.2.1. Medida de Julgamento e Consistência

A hierarquia representa a análise dos elementos mais importantes da situação e as suas relações. Porém, não é um auxílio muito poderoso no processo de planejamento ou de tomada de decisão. É necessário, ainda, um método para determinar a força com a qual os vários elementos influenciam outros elementos, de forma que se possa calcular a força relativa dos impactos sobre o objetivo geral.

Para problemas onde não se pode ou não se tem condições de validar os resultados, fazendo medições com instrumentos, o processo de comparação par-a-par é uma ferramenta muito útil. Embora, o número de pares de comparações necessários em problemas reais, freqüentemente, torna-se muito alto. A estruturação do problema e o debate, o qual precede cada par de comparação, são aspectos vitais do processo o qual se torna difícil de ser encurtado, devido às pressões crescentes da necessidade de completar todos os pares de comparação.

As comparações paritárias em combinação com a estrutura hierárquica são úteis para a dedução de medidas, isto é, os pares de comparação são usados para estimar a escala fundamental unidimensional, na qual os elementos de cada nível são medidos. Isto pode ser efetuado, usando o método de autovetor principal na matriz de comparação paritária.

A proposta do AHP é fornecer um vetor de pesos para expressar a importância relativa dos diversos elementos. O primeiro passo é medir o grau de importância do elemento de um determinado nível, sobre aqueles de um nível inferior, pelo processo de comparação par-a-par feito pelo decisor. A quantificação dos julgamentos é feita uma classificação em termos relativos, utilizando-se uma escala de valores que varia de 1 a 9 ( Tabela 3).

Tabela 3: Escala Fundamental de Julgamento

Intensidade de Importância	Definição	Explicação
1	Importância igual	Duas atividades contribuem igualmente para o objetivo.
3	Importância fraca de uma sobre a outra	A experiência e o julgamento favorecem levemente uma atividade em relação a outra.
5	Importância forte	A experiência e o julgamento favorecem fortemente uma atividade em relação a outra.
7	Importância muito forte	Uma atividade é fortemente favorecida em relação à outra e sua dominância é demonstrada na prática
9	Importância absoluta	A evidência favorecendo uma atividade em relação à outra é do mais alto grau de certeza
2,4,6,8	Valores intermediários entre dois julgamentos adjacentes	Quando é necessária uma condição de compromisso
<b>Recíprocos</b>	Se a atividade i tem uma das intensidades de importância ou de preferência de 1 a 9 quando comparada com a atividade j, então j tem o valor recíproco quando comparado com i.	
<b>Racionais</b>	Razões da Escala	Se a consistência tiver de ser forçada para obter n valores numéricos para completar a matriz

Fonte: PAMPLONA (1999)

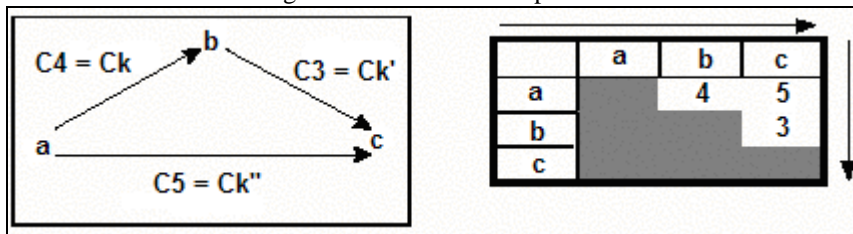
SAATY (1990) fez experiências com várias escalas (3,5,7,9,20), e concluiu que a escala de nove valores fornece flexibilidade suficiente para diferenciar dois elementos. Embora, ele não impeça a utilização de outras escalas de julgamento.



## 2.2.2. Matriz de Julgamento e Teste de Consistência

Após ter estabelecido a árvore de pontos de vista, é desejável que os critérios de mesmo grau dentro da hierarquia sejam dispostos na ordem decrescente, da mesma forma que é feito na metodologia MACBETH. Não há nenhuma obrigatoriedade nesta conduta, ele tem o objetivo de facilitar a atuação do grupo na montagem da matriz de julgamento. Tal atitude permite aos atores visualizarem de imediato a consistência de seus julgamentos, pois valerão as mesmas regras de consistência semântica realizado na metodologia MACBETH (Figura 6).

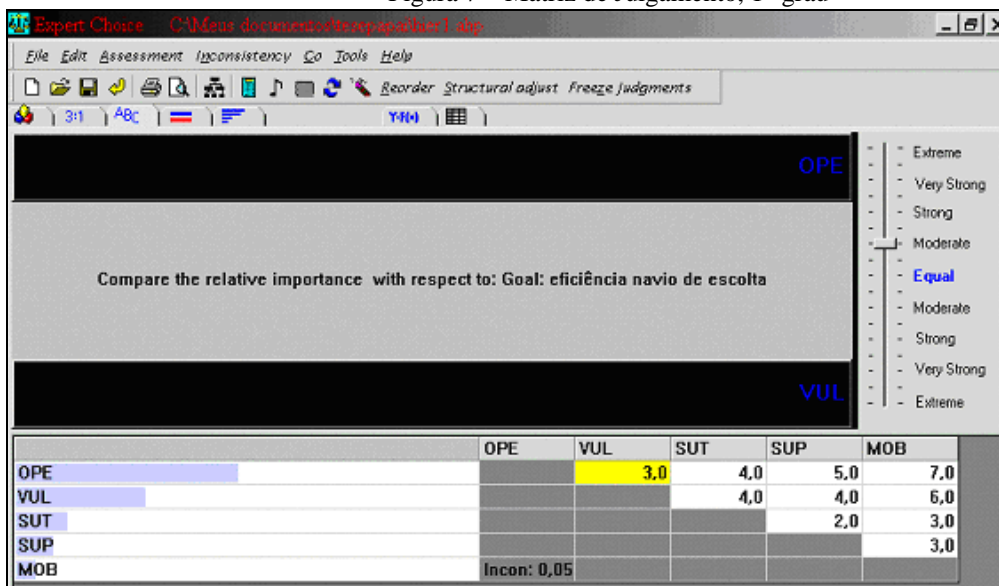
Figura 6 – Forma Prática para verificar a Consistência Semântica



Fonte: MOREIRA (2003)

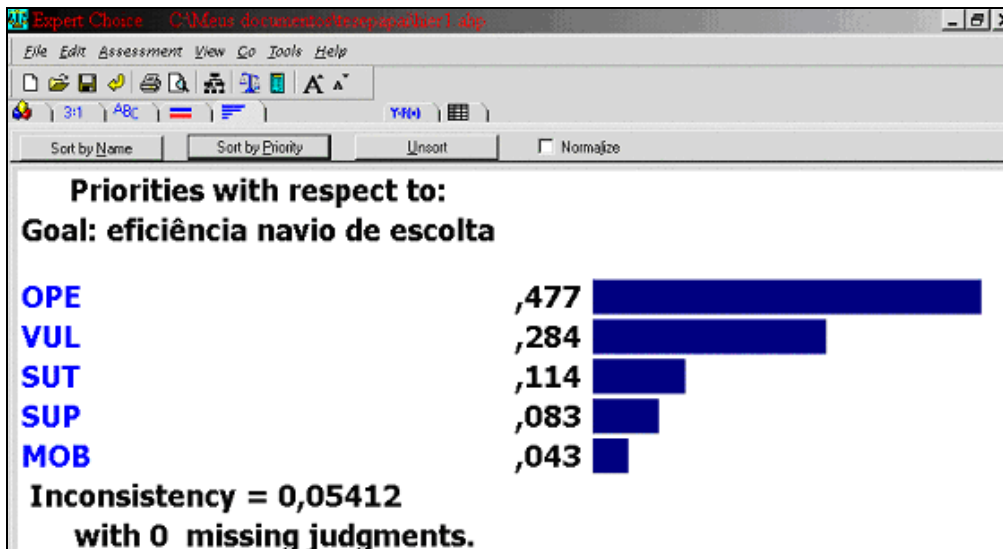
As Figuras 7 e 8 apresentam respectivamente a matriz de julgamento do 1º grau da hierarquia e os pesos para estes critérios. O programa apresenta a vantagem de calcular automaticamente o índice de inconsistência (RC). Quando este for maior de 10%, possui uma ferramenta de auxílio ao facilitador que indica qual célula da matriz possui o julgamento mais inconsistente (menu *inconsistency*), como também sugere o seu valor (submenu *best fit*).

Figura 7 – Matriz de Julgamento, 1º grau



Fonte: MADEIRA (2004)

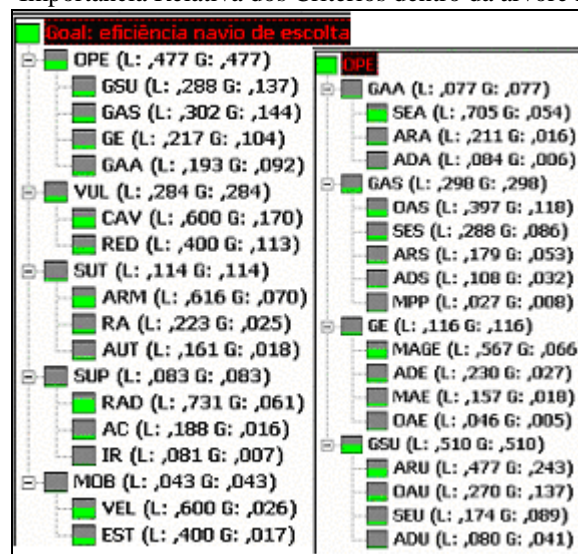
Figura 8 – Importância Relativas dos Critérios, 1º grau



Fonte: MADEIRA (2004)

As matrizes de julgamento deste estudo de caso podem ser resumidas na Figura 9. Elas permitem ao leitor ter uma noção geral dos pesos dos critérios dentro da árvore hierárquica com também apresenta a importância relativa dos nós terminais da respectiva árvore e os seus graus de importância em relação ao objetivo. Vale lembrar que, por limitações inerentes ao programa versão demonstração, a hierarquia em questão foi dividida em duas partes.

Figura 9 – Importância Relativa dos Critérios dentro da árvore hierárquica

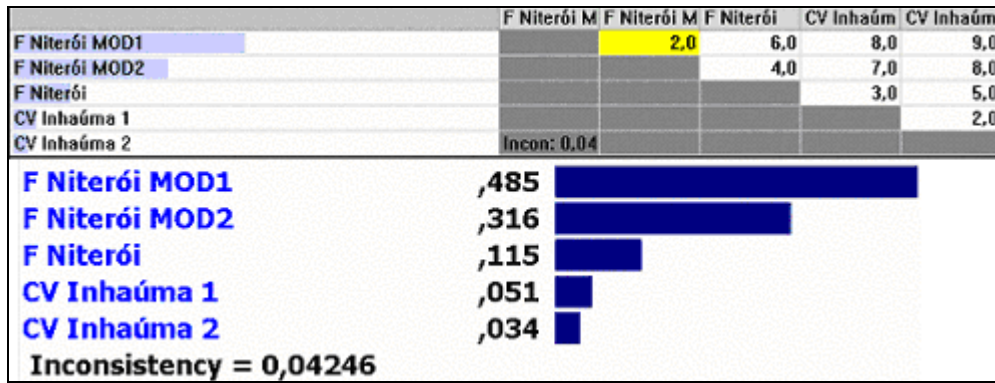


Fonte: MADEIRA (2004)

### 2.2.3. Matriz de Julgamento para as Alternativas

Analogamente ao que foi efetuado no subitem 2.2.2 para os critérios, nesta fase foram construídas as matrizes de julgamento para as alternativas em relação aos critérios (Figura 9 apresenta a matriz de julgamento para o critério ARA), utilizando a escala de avaliação (Tabela 3). Pode ser observado a consistência semântica na Figura 10, conforme dispõe a Figura 6.

Figura 10 – Nível de Preferência das Alternativas – ARA



Fonte: MADEIRA (2004)

#### 2.2.4. Avaliação Global das Ações Potenciais

Para se calcular a avaliação global dos navios analisados, aplica-se o princípio de composição das prioridades e por intermédio do mesmo programa, este efetuou a agregação a partir do nível de preferência de cada alternativa e dos pesos dos critérios calculadas *supra*. As Figuras 11 e 12 apresenta esta avaliação global das alternativas (V(a)) pelo cálculo da agregação aditiva simples dos valores parciais obtidos para cada critério (j):

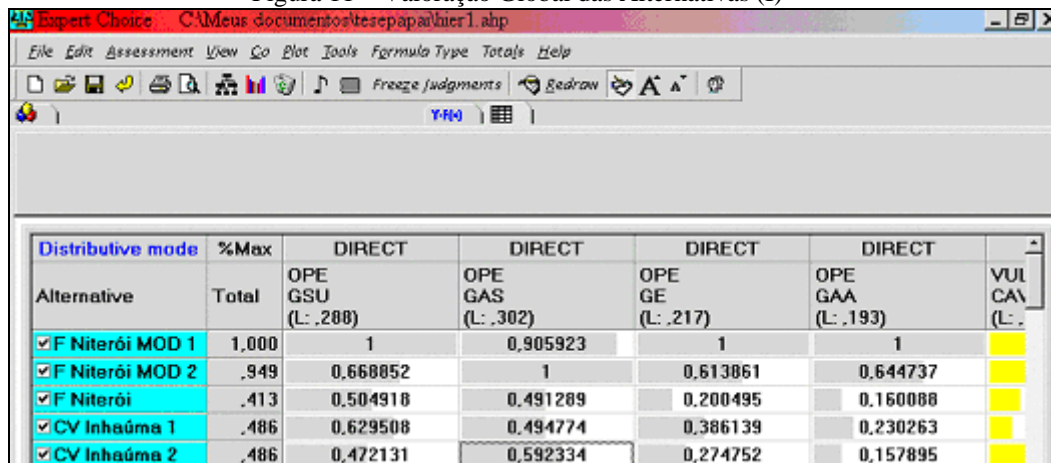
$$V(a) = \sum p_j \quad (1)$$

$$\sum p_j = 1 \quad (2)$$

$$0 \leq p_j \leq 1, j = 1, \dots, n \quad (3)$$

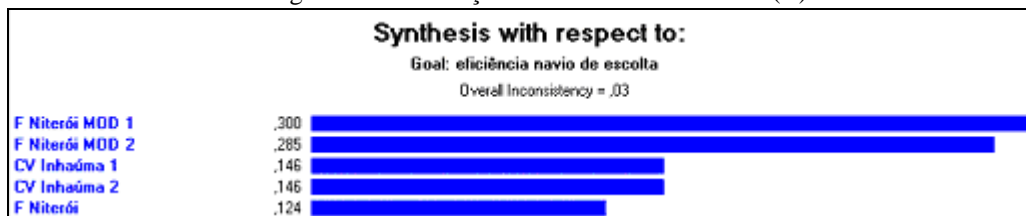
Onde  $p_j$  são as importâncias relativas ou coeficientes de ponderação.

Figura 11 – Valoração Global das Alternativas (I)



Fonte: MADEIRA (2004)

Figura 12 – Valoração Global das Alternativas (II)



Fonte: MADEIRA (2004)

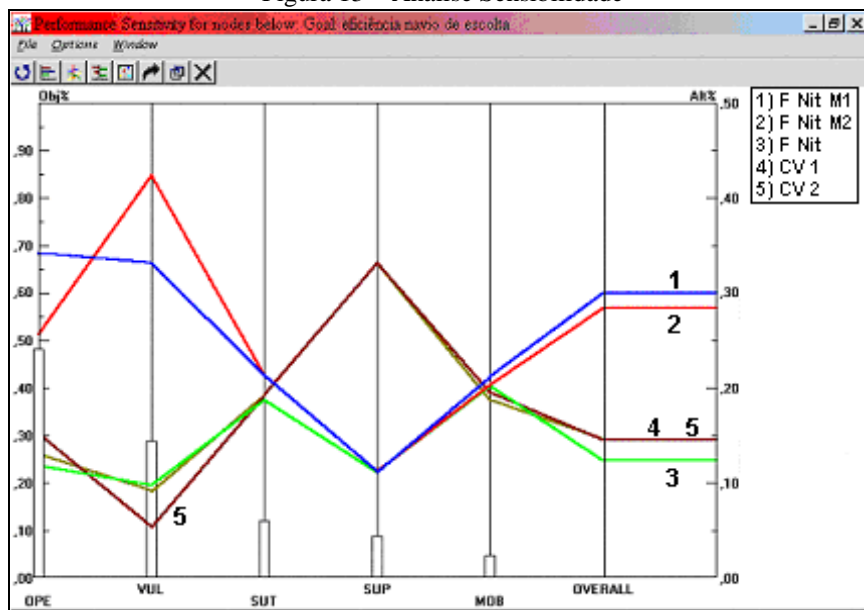
Portanto, se o ator desejar preparar uma escala de viagem para os *supra* navios de escolta, visando utilizar seus melhores meios, escolherá na ordem apresentada pela Figura 11.

### 2.3. ANÁLISE DE SENSIBILIDADE

Para esta análise foi utilizado o mesmo programa, Expert Choice, no qual disponibiliza ao usuário diversos gráficos, os quais permitem visualizar o quanto cada critério é afetado pelos pesos selecionados.

A Figura 13 apresenta os pesos dos critérios em relação ao objetivo (medida na ordenada da esquerda) e o desempenho das alternativas (medida na ordenada da esquerda) em cada critério e na avaliação global (*overall*). Ressalta-se que os navios da mesma classe tiveram desempenhos bem próximos; os elementos de entrada que geraram avaliações globais diferenciadas entre as alternativas (Fragatas Classe Niterói modernizadas) são os que estão relacionados com a política de instrução da tripulação dos navios, e também com a política de manutenção e alinhamento dos equipamentos. A diferença entre navios interclasses se deve a grande diferença tecnológica e de concepção (fragata versus corveta).

Figura 13 – Análise Sensibilidade

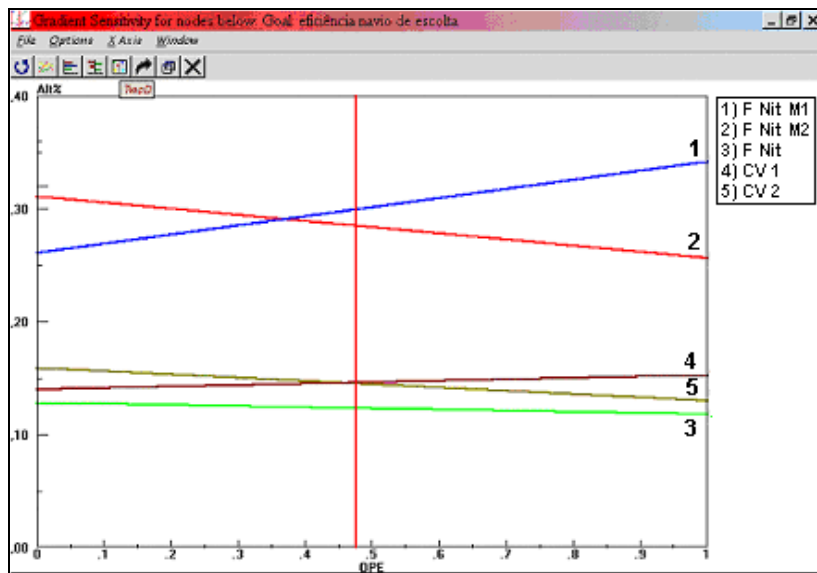


Fonte: MADEIRA (2004)

Na Figura 14 que analisa a variação do critério OPE (centralizado em 47,7), pode-se tirar as seguintes conclusões:

- Reduzindo OPE prevalecerá a CV Inhaúma 2 em relação a CV Inhaúma 1, e se aumentar  $CV\ Inhaúma\ 1 > CV\ Inhaúma\ 2$ .
- Reduzindo para valores menores que 38,7 resulta em domínio de F Niterói MOD 2 em relação F Niterói MOD 1.

Figura 14 – Análise Sensibilidade OPE



Fonte: MADEIRA (2004)

Vale mencionar que somente alterações substanciais dos pesos de todos os critérios modificaram a ordem das alternativas, salvo para alternativas CVInhaúma 1 e 2, pois no resultado final, estas empataram entre si. Portanto, o modelo é robusto e estável.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Comparando os resultados, juntamente com o calculado pela metodologia MACBETH por MADEIRA (2007), sintetizados na Tabela 4, praticamente os dois métodos apresentaram os mesmos resultados, e conforme mencionado na análise de sensibilidade, a ordem alcançada só foi alterada com variações consideráveis da taxa de substituição dos critérios.

Tabela 4: Comparação Resultados AHP x MACBETH

Alternativas	AHP	MACBETH
Fragata Niterói MOD 1	1,000	1,000
Fragata Niterói MOD 2	0,949	0,973
CV Inhaúma 1	0,489	0,712
CV Inhaúma 2	0,489	0,685
Fragata Niterói	0,413	0,603

Fonte: Elaboração própria

Os resultados encontrados foram coerentes com o senso comum dos especialistas, pois há uma dominância da classe modernizada em relação à original na grande maioria dos critérios relevantes avaliados, tendo em vista instalações de sistemas de dados e armas mais modernas, em contraposição aos antigos e deteriorados (com o tempo de uso). Em relação ao resultado superior das corvetas versus a Fragata original este era esperado devido à diferença tecnológica daquelas e pelo perfil que proporciona uma maior discricção. Apesar da Fragata ter maior poder de fogo, o armamento diferencial (Sea Cat e Ikara) estava tão obsoleto que dava uma diminuta vantagem nesta área. Finalmente, comparando as Fragatas modernizadas com as Corvetas, há uma supremacia tecnológica e de armamentos.

É importante observar que os resultados encontrados apontavam não apenas para a escolha de meios para comissão, mas também sugerem para o decisor a obsolescência da Fragata Classe Niterói. O decisor poderia optar pela desativação (baixa) dos navios ou pela modernização. O modelo demonstrou que a modernização, por sua vez, foi uma decisão correta, pois com esta “plástica” proporcionou um crescimento considerável na condição de eficiência do meio.

#### 4. CONCLUSÕES

A metodologia MCDM, em particular o AHP, é uma excelente ferramenta para o Estado Maior realizar uma realimentação aos comandantes de navios para estes possam melhorar os seus índices de desempenho, cujo cálculo levou em consideração a performance individual do meio e o peso de cada critério conforme o sistema de valores dos membros do Estado Maior. Os comandos subordinados, tendo a ciência das áreas onde apresentou um menor desempenho comparativamente, poderão alterar a política de adestramento e de manutenção de modo a proporcionar um melhor aproveitamento do expediente interno para alcançar estes fins. Afinal, tanto o tempo quanto os recursos são limitados e as necessidades são crescentes.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] CLEMEN, R. T. (1996) *“Making hard decisions: a introduction to decision analysis”*. 2 ed. Belmont, Califórnia, USA, Duxbury Press.
- [2] DE MELLO, R. Z. (2001) *Alternativas para o posicionamento estratégico das Empresas de Transporte Rodoviário de Cargas (ETC) sob uma Abordagem Logística*. Tese de M. Sc., UFSC, Florianópolis, SC, Brasil.
- [3] GOMES, L. F. A. M., GOMES, C. F. S., ALMEIDA, A. T. (2002) *“Tomada de Decisão Gerencial – Enfoque Multicritério”*. 1 ed. São Paulo, Brasil, Atlas.
- [4] Jane’s Fighting Ships 2003-2004 – on line libraries. Disponível em: <http://www.janes.com>. Acesso em 12 de janeiro de 2004.
- [5] MADEIRA, A. G. (2007). *“Modelo de Avaliação de Navios de Escolta: Uma Abordagem MCDA”*. X Simpósio de Pesquisa Operacional e Logística da Marinha, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- [6] MADEIRA, A. G. (2004). *“Avaliação de Unidades de Escolta através da Modelagem de Apoio à Decisão”*. Tese de M. Sc., UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. Disponível em <[http://de.geocities.com/madeira\\_rj](http://de.geocities.com/madeira_rj)>.
- [7] MONTIBELLER NETO, G. (1996). *“Mapas Cognitivos: Uma Ferramenta de Apoio à Estruturação de Problemas”*. Tese de M. Sc., UFSC, Florianópolis, SC, Brasil.
- [8] MOREIRA, A. C. M., (2003) *Um método para identificação e priorização de oportunidades/ameaças e pontos fortes/fracos no planejamento estratégico, utilizando uma metodologia MCDA-Construtivista*. Tese de M. Sc., UFSC, Florianópolis, SC, Brasil.
- [9] PAMPLONA, E. O. (1999) *“Avaliação Qualitativa de Cost Drivers pelo método AHP.”*, VI Congresso Brasileiro de Custos, São Paulo, SP.
- [10] SAATY, T. L. (1990) *“How to make a decision: The Analytic Hierarchy Process”*, *European Journal of Operational Research*, v. 48, pp. 9 – 26.
- [11] SCHMIDT, A. M. A. (1995), *Processo de Apoio a Tomada de Decisão Abordagens: AHP E MACBETH*. Tese de M. Sc., UFSC, Florianópolis, SC, Brasil.
- [12] SCHNORRENBERGER, D. (1999). *“Construção de um Modelo de Avaliação do Desempenho de uma Divisão de Análise Contábil para Identificar Aperfeiçoamentos utilizando Metodologia Multicritério”*. Tese de M. Sc., UFSC, Florianópolis, SC, Brasil.
- [13] VARGAS, L. G. (1990) *“An overview of the Analytic Hierarchy Process and its applications.”*, *European Journal of Operational Research*, v. 48, pp. 2–8.

- [14] WASIL, E. & GOLDEN, B.(2003), "Celebrating 25 years of AHP-based decision making.", *Computers & Operations Research*, v. 30, pp. 1419 -1420.