

CAPÍTULO 6 – APLICAÇÃO DA METODOLOGIA AHP

A aplicação do AHP será suportada pelo *software* “Expert Choice 2000 2nd edition – Trial version” (Expert Choice, Inc). Ele é um programa de apoio à decisão multicritério que se baseia na mais popular metodologia de tomada de decisão existente no mundo: o *Analytic Hierarchy Process* (AHP). Este método prepara o tomador de decisão para efetivamente resolver problemas complexos com a subjetividade que é inerente a muitas decisões. Avaliação e escolha derivam prioridades baseadas na informação intangível de sua experiência e intuição, e informação tangível como dados. Incorporando ambos, dentro do processo de tomada de decisão, chega-se certamente a uma solução que é mais satisfatória.

6.1 – Etapa I – Árvore de Pontos de Vista

Conforme apresentado no capítulo 5, proveniente da confecção de um mapa cognitivo congregado pelo grupo, está sintetizado na seguinte hierarquia abaixo, de modo a obter o navio de escolta detentor de maior eficiência (em negrito as abreviaturas que serão inseridas no *software*):

PV 1. Missão operativa (**OPE**)

PV 1.1. **GE**

PV 1.1.1. **MAGE**

PV 1.1.2. **MAE**

PV 1.1.3. Adestramento (**ADE**)

PV 1.1.4. Operações Aéreas, missão GE (**OAE**)

PV 1.2. **GAS**

PV 1.2.1. Sensores (**SES**)

PV 1.2.2. Armamento (**ARS**)

PV 1.2.3. Adestramento (**ADS**)

PV 1.2.4. Operações Aéreas, missão GAS (**OAS**).

PV 1.2.5. Medidas Passivas de Proteção (**MPP**)

PV 1.3. **GSU**

PV 1.3.1. Sensores (**SEU**)

PV 1.3.2. Armamento (**ARU**)

PV 1.3.3. Adestramento (**ADU**)

PV 1.3.4. Operações Aéreas, missão GSU (**OAU**)

- PV 1.4. **GAA**
 - PV 1.4.1. Sensores (**SEA**)
 - PV 1.4.2. Armamento (**ARA**)
 - PV 1.4.3. Adestramento (**ADA**)
- PV 2. Sustentabilidade (**SUT**)
 - PV 2.1. Armazenamento Armamento (**ARM**)
 - PV 2.2. Raio de Ação (**RA**)
 - PV 2.3. Autonomia (**AUT**)
- PV 3. Mobilidade (**MOB**)
 - PV 3.1. Velocidade Máxima (**VEL**)
 - PV 3.2. Estabilidade (**EST**)
- PV 4. Vulnerabilidade (**VUL**)
 - PV 4.1. Capacidade do Controle de Avaria (**CAV**)
 - PV 4.2. Redundância (**RED**)
- PV 5. Susceptibilidade (**SUP**)
 - PV 5.1. Assinatura IR (**IR**)
 - PV 5.2. Assinatura acústica (**AC**)
 - PV 5.3. Discrição radar (**RAD**)

Vale ressaltar que o programa empregado é uma versão demo e que possui a restrição de aceitar apenas 2 níveis de hierarquia. Para ser possível a sua utilização no caso concreto, teve que desagregar os PV 1 em duas partes: a primeira parte com todo o problema exceto o 3º nível do PV 1 e a segunda, separadamente com o PV 1. Pode-se visualizar as duas partes nas Figuras 53 e 54, construídas pelo software em questão.

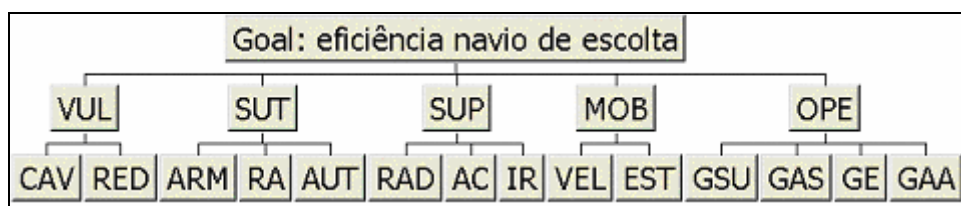


Figura 53 – Hierarquia, parte I

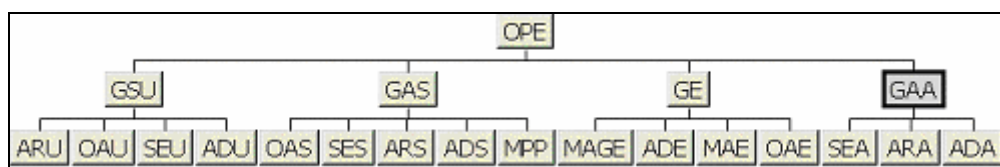


Figura 54 – Hierarquia, parte II

6.2 – Etapa II – Ordenação dos Critérios

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 (vide subitem 3.2.1.2.1). 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 reiteradas no subitem 3.2.1.2.2.1 e visualizadas na Figura 28. As Tabelas 13 a 22 irão expressar um ordenamento entre os critérios.

Em suma, foi realizada a seguinte pergunta: “O critério (linha) é mais importante que o critério (coluna) para atingir o objetivo de grau imediatamente superior na hierarquia?”. E a resposta esperada será “SIM = 1” ou “NÃO = 0”, na posição correspondente da matriz.

Exemplo (Tabela 14): GE é mais importante que GAS para atingir o objetivo de eficiência na missão operativa? Não (0).

Tabela 13 – Ordenação dos Critérios de 1º grau - Eficiência navio de escolta

	OPE	SUT	MOB	VUL	SUP	Soma	Ordem
OPE	0	1	1	1	1	4	1º
SUT	0	0	1	0	1	2	3º
MOB	0	0	0	0	0	0	5º
VUL	0	1	1	0	1	3	2º
SUP	0	0	1	0	0	1	4º

Tabela 14 – Ordenação dos Critérios de 2º grau – OPE (PV 1)

	GE	GAS	GSU	GAA	Soma	Ordem
GE	0	0	0	0	0	4º
GAS	1	0	0	1	2	2º
GSU	1	1	0	1	3	1º
GAA	1	0	0	0	1	3º

Tabela 15 – Ordenação dos Critérios de 3º grau – GE (PV 1.1)

	MAG	MAE	ADE	OAE	Soma	Ordem
MAG	0	1	1	1	3	1º
MAE	0	0	0	1	1	3º
ADE	0	1	0	1	2	2º
OAE	0	0	0	0	0	4º

Tabela 16 – Ordenação dos Critérios de 3º grau – GAS (PV 1.2)

	SEN	ARM	ADE	OAE	MPP	Soma	Ordem
SEN	0	1	1	0	1	3	2º
ARM	0	0	1	0	1	2	3º
ADE	0	0	0	0	1	1	4º
OAE	1	1	1	0	1	4	1º
MPP	0	0	0	0	0	0	5º

Tabela 17 – Ordenação dos Critérios de 3º grau – GSU (PV 1.3)

	SEU	ARU	ADU	OAU	Soma	Ordem
SEU	0	0	1	0	1	3º
ARU	1	0	1	1	3	1º
ADU	0	0	0	0	0	4º
OAU	1	0	1	0	2	2º

Tabela 18 – Ordenação dos Critérios de 3º grau – GAA (PV 1.4)

	SEA	ARA	ADA	Soma	Ordem
SEA	0	0	1	1	2º
ARA	1	0	1	2	1º
ADA	0	0	0	0	3º

Tabela 19 – Ordenação dos Critérios de 2º grau – SUT (PV 2)

	ARM	RA	AUT	Soma	Ordem
ARM	0	1	1	2	1º
RA	0	0	0,5	0,5	2º
AUT	0	0,5	0	0,5	3º

Tabela 20 – Ordenação dos Critérios de 2º grau – MOB (PV 3)

	VEL	EST	Soma	Ordem
VEL	0	1	1	1º
EST	0	0	0	2º

Tabela 21 – Ordenação dos Critérios de 2º grau – VUL (PV 4)

	CAV	RED	Soma	Ordem
CAV	0	0,5	0,5	1º
RED	0,5	0	0,5	1º

Tabela 22 – Ordenação dos Critérios de 2º grau – SUP (PV 5)

	IR	AC	RAD	Soma	Ordem
IR	0	0	0	0	3º
AC	1	0	0	1	2º
RAD	1	1	0	2	1º

6.3 – Etapa III – Preenchimento dos Valores Relativos na Matriz de Julgamento para os Critérios

O passo seguinte foi solicitar ao grupo que construísse as matrizes de julgamentos, consistindo na realização da comparação par a par entre os critérios de acordo com a escala (Tabela 8 – capítulo 4). Vale ressaltar que o programa apresenta de forma diferente da mencionada no capítulo 4, quando a importância relativa for " $\frac{1}{x}$ " ele representará como "x" em vermelho.

As Figuras 55 e 56 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*).

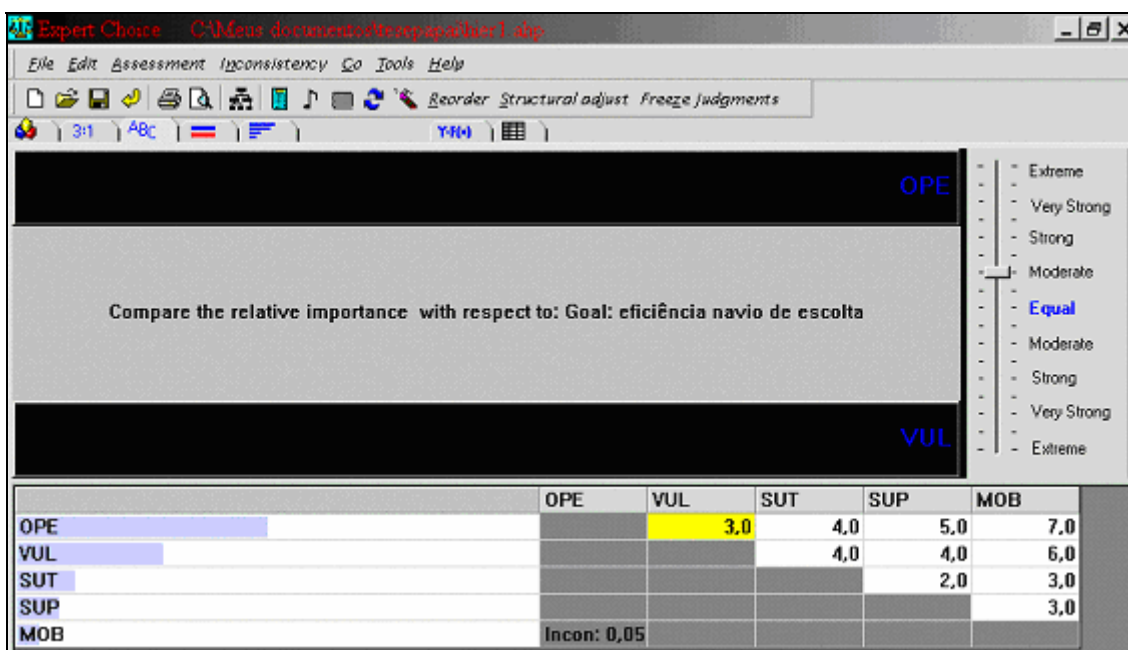


Figura 55 – Matriz de Julgamento, 1º grau

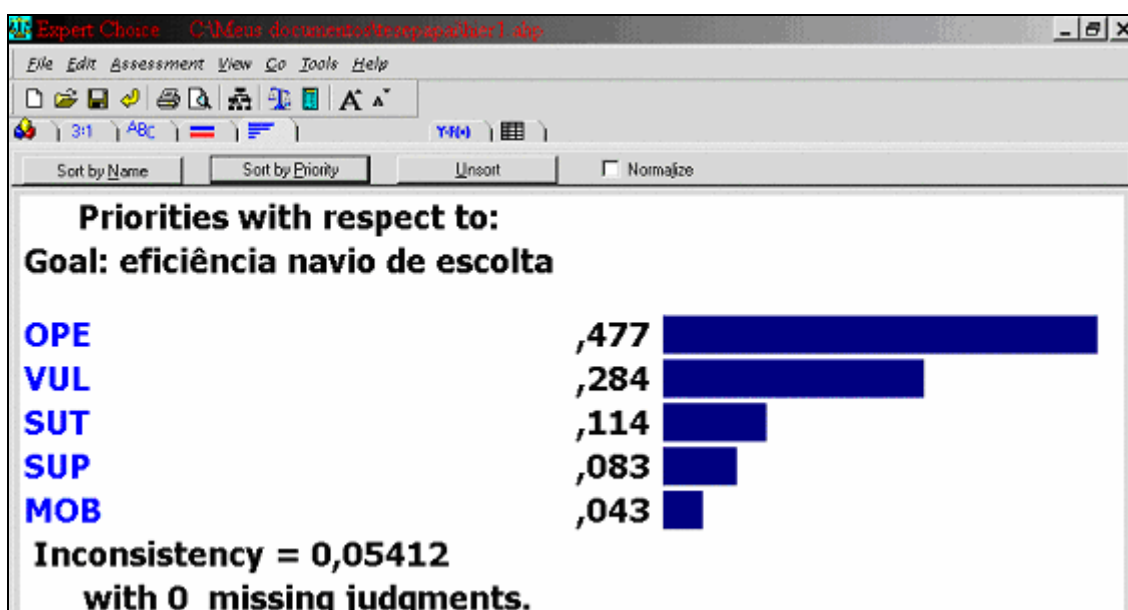


Figura 56 – Importância Relativas dos Critérios, 1º grau

As próximas figuras (57 a 66) constantes deste subitem apresentarão conjuntamente a matriz de julgamento e os pesos dos respectivos critérios e o grau de inconsistência fundidos em um único bloco.

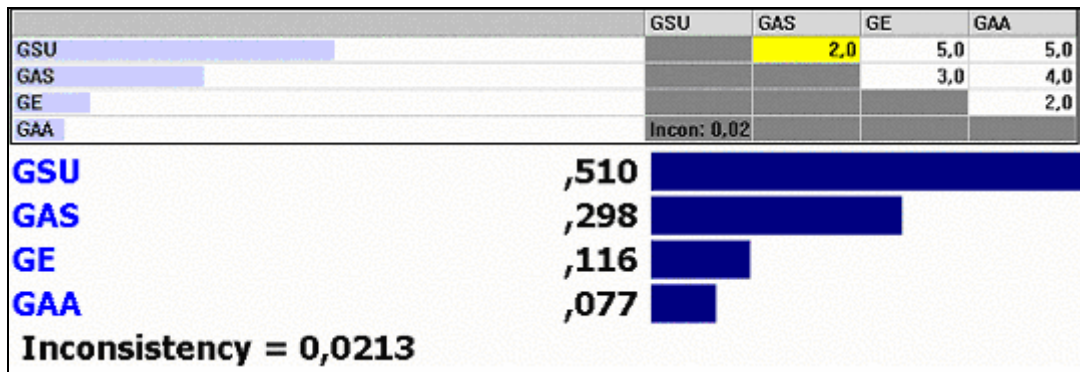


Figura 57 – Matriz de Julgamento, 2º grau – OPE

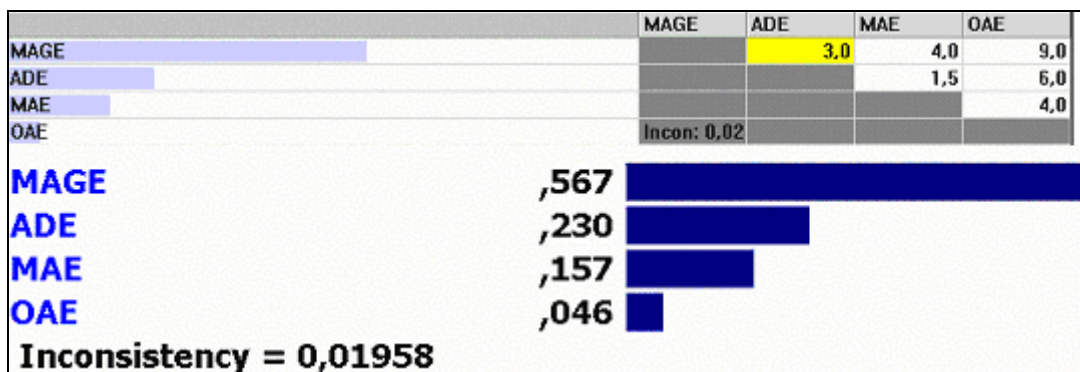


Figura 58 – Matriz de Julgamento, 3º grau – GE

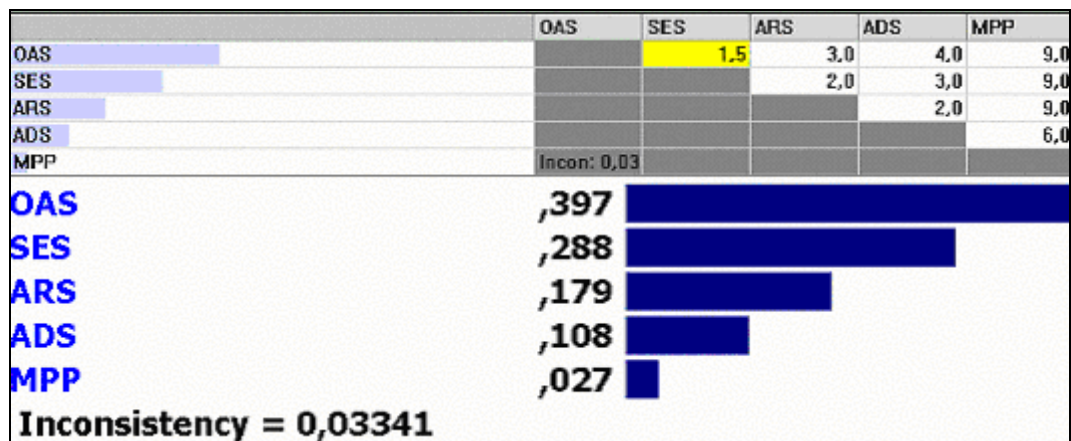


Figura 59 – Matriz de Julgamento, 3º grau – GAS

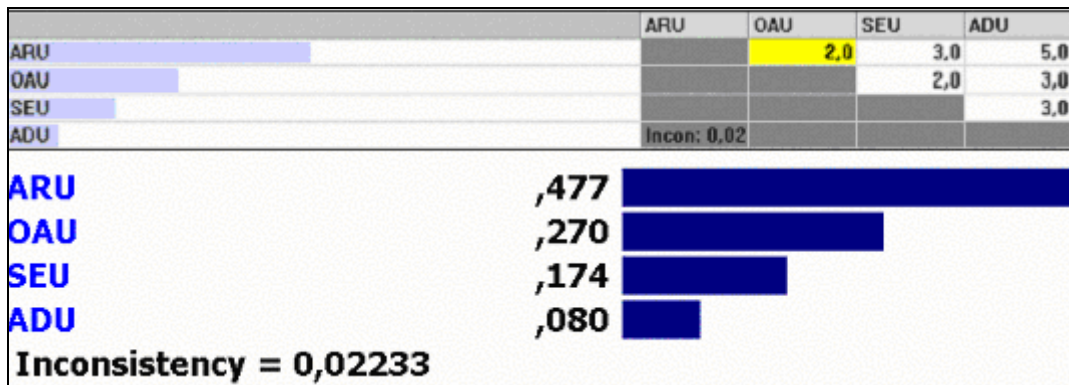


Figura 60 – Matriz de Julgamento, 3º grau - GSU

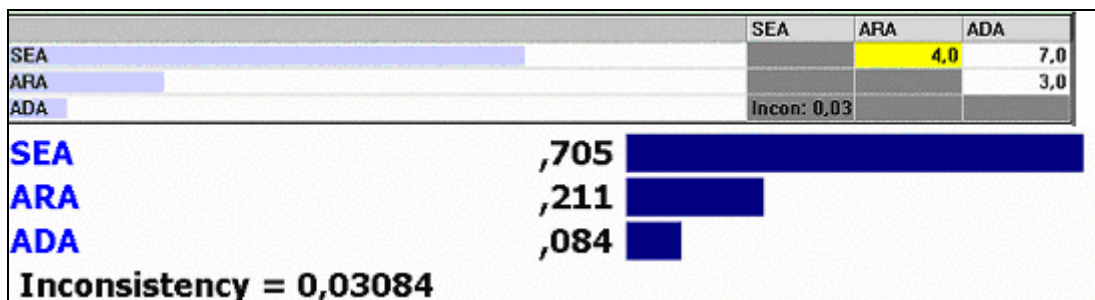


Figura 61 – Matriz de Julgamento, 3º grau - GAA

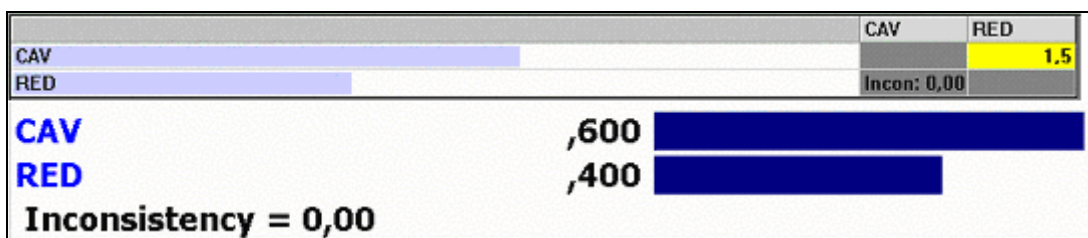


Figura 62 – Matriz de Julgamento, 2º grau – VUL

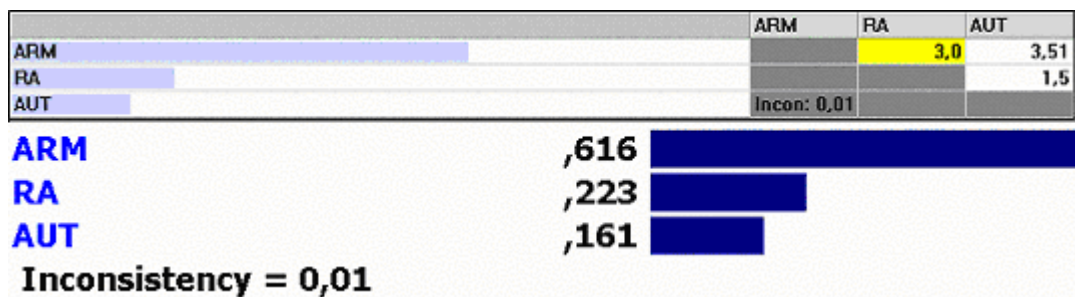


Figura 63 – Matriz de Julgamento, 2º grau – SUT

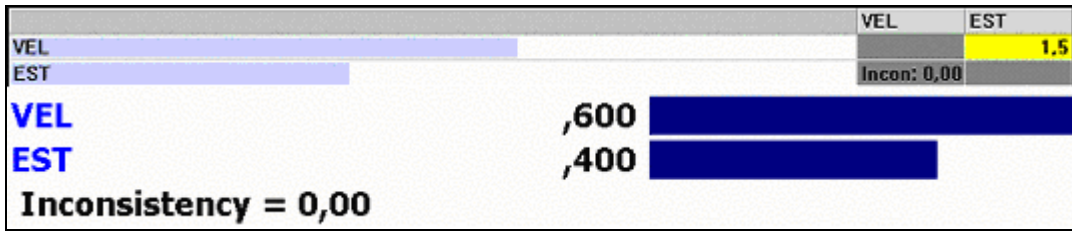


Figura 64 – Matriz de Julgamento, 2º grau – MOB

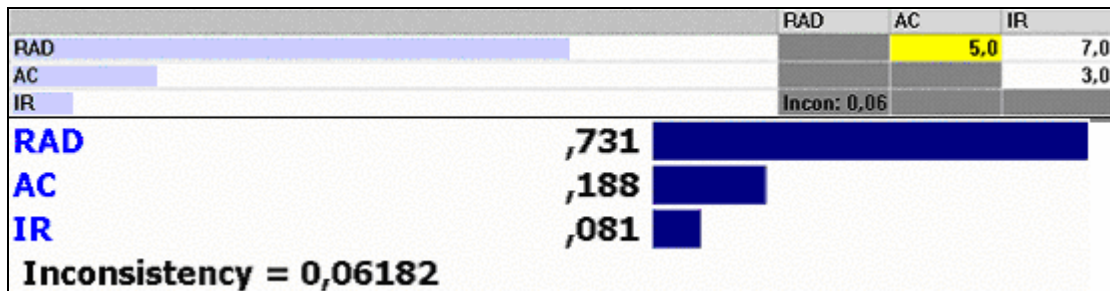


Figura 65 – Matriz de Julgamento, 2º grau – SUP

As matrizes de julgamento podem ser resumidas nas Figuras 66, 67 e 68. 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.

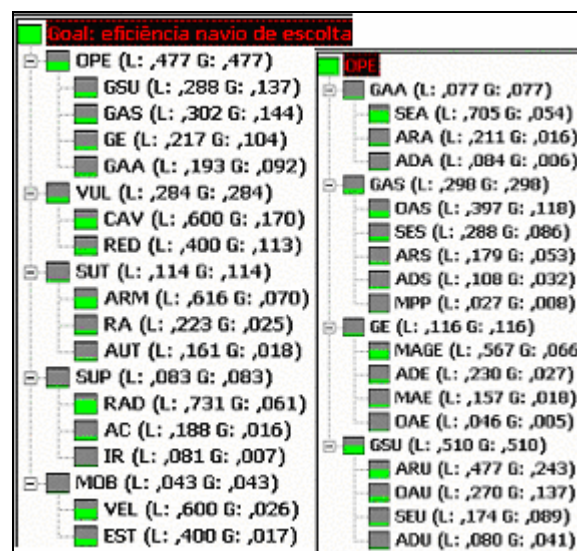


Figura 66 – Importância Relativa dos Critérios dentro da árvore hierárquica

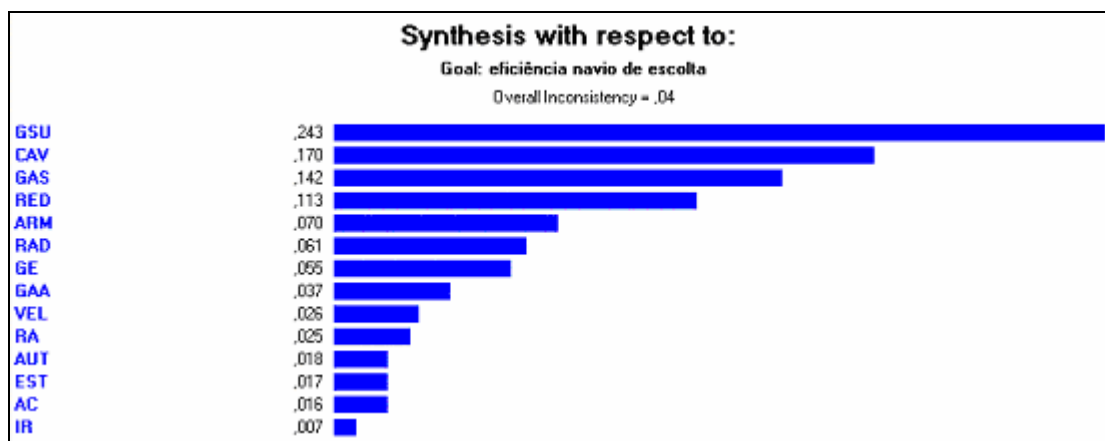


Figura 67 – Importância Relativa dos Subcritérios em relação ao Objetivo (hierarquia I)

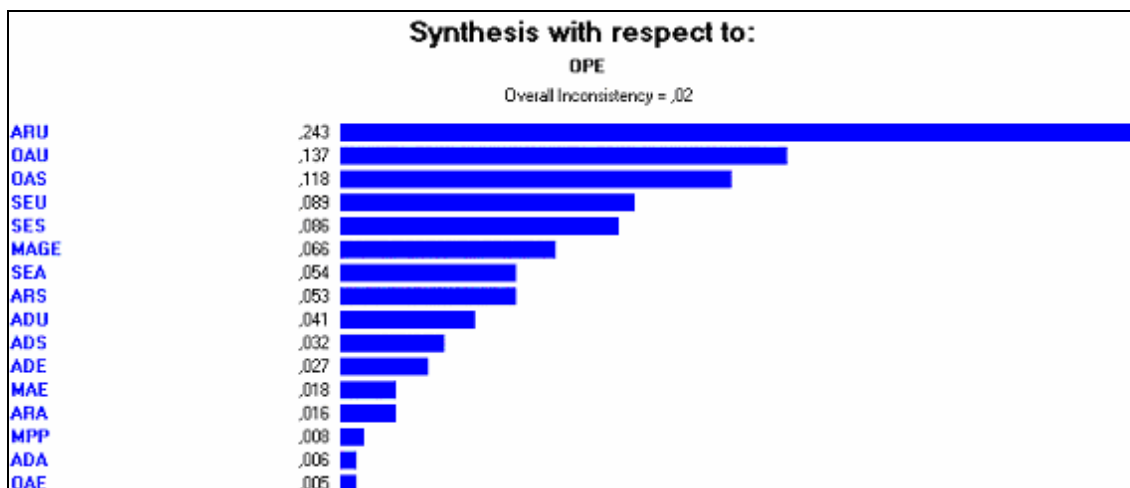


Figura 68 – Importância Relativa dos Subcritérios em relação ao Objetivo (hierarquia II)

Portanto, realizando uma agregação, os critérios que possuem maior participação e representam 73% no objetivo na modelagem são dispostas na Tabela 23.

Tabela 23 – 10 Sub-Critérios terminais em ordem decrescente

Importância	Critério	Peso	Importância	Critério	Peso
1°	CAV	0,170	6°	OAS	0,056
2°	ARU	0,116	7°	SEU	0,042
3°	RED	0,113	8°	SES	0,041
4°	ARM	0,070	9°	MAGE	0,031
5°	OAU	0,065	10°	VEL	0,026

6.4 – Etapa IV – Preenchimento dos Valores Relativos na Matriz de Julgamento para as Alternativas

Analogamente ao que foi efetuado no item 6.4, nesta fase serão construídas as matrizes de julgamento para as alternativas em relação aos critérios (Figuras 69 a 85), utilizando a escala de avaliação (Tabela 8). Vale ressaltar que determinados critérios (Tabelas 24 a 32) são melhor representados por dados quantitativos o que dispensa a aplicação do AHP destes nesta fase.

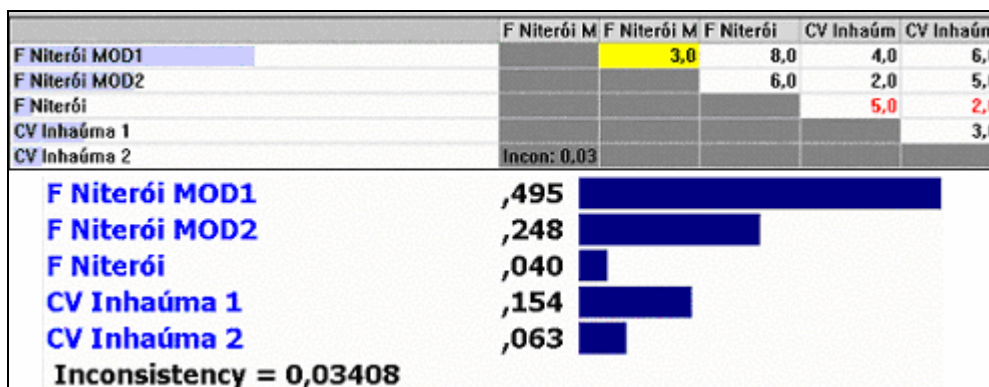


Figura 69 – Nível de Preferência das Alternativas – MAGE

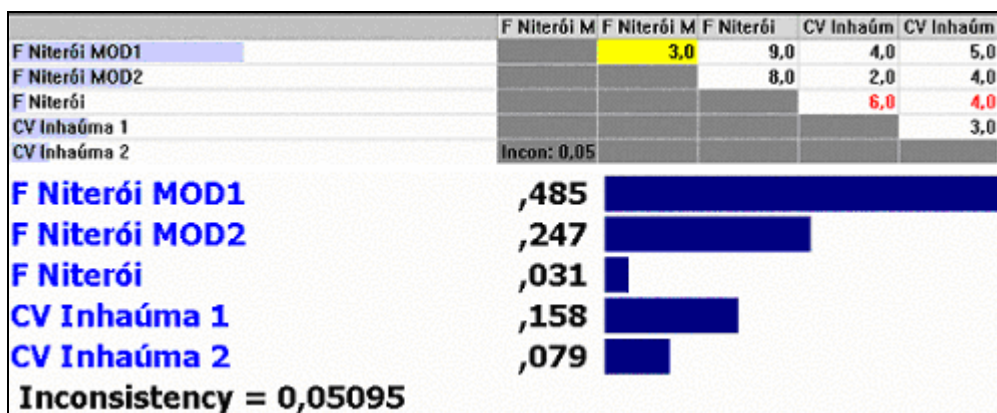


Figura 70 – Nível de Preferência das Alternativas – MAE

Tabela 24 – Nível de Preferência das Alternativas – ADE

Alternativa	Média aval. ex.	Normal
F Niterói MOD1	8	0,8
F Niterói MOD2	10	1
F Niterói	9	0,9
CV Inhaúma 1	8	0,8
CV Inhaúma 2	10	1

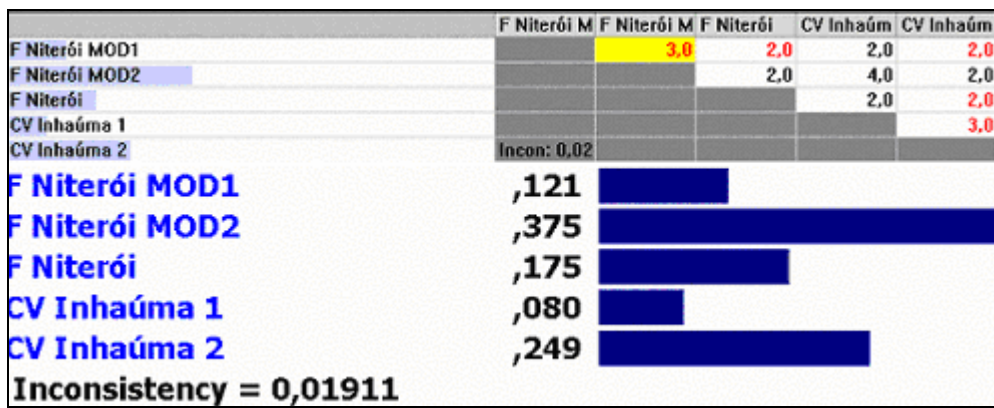


Figura 71 – Nível de Preferência das Alternativas – OAE

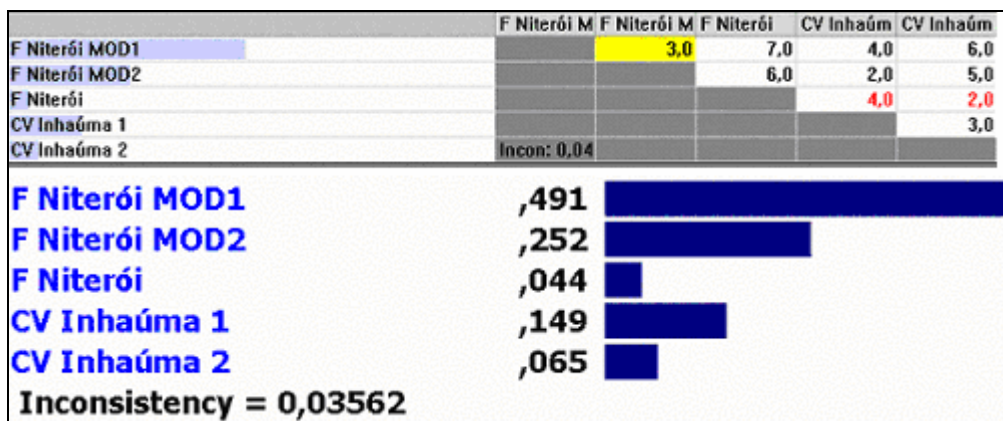


Figura 72 – Nível de Preferência das Alternativas – SES

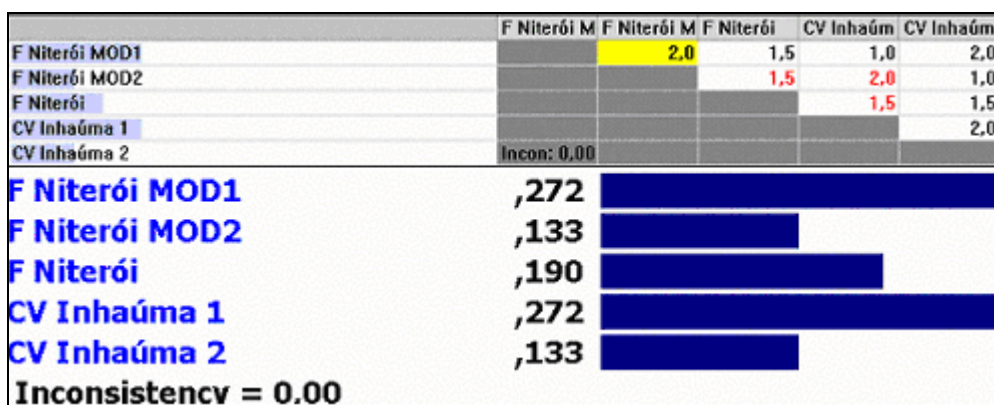


Figura 73 – Nível de Preferência das Alternativas – ARS

Tabela 25 – Nível de Preferência das Alternativas – ADS

Alternativa	Média aval. ex.	Normal
F Niterói MOD1	7,5	0,75
F Niterói MOD2	10	1
F Niterói	9	0,9
CV Inhaúma 1	7,5	0,75
CV Inhaúma 2	10	1

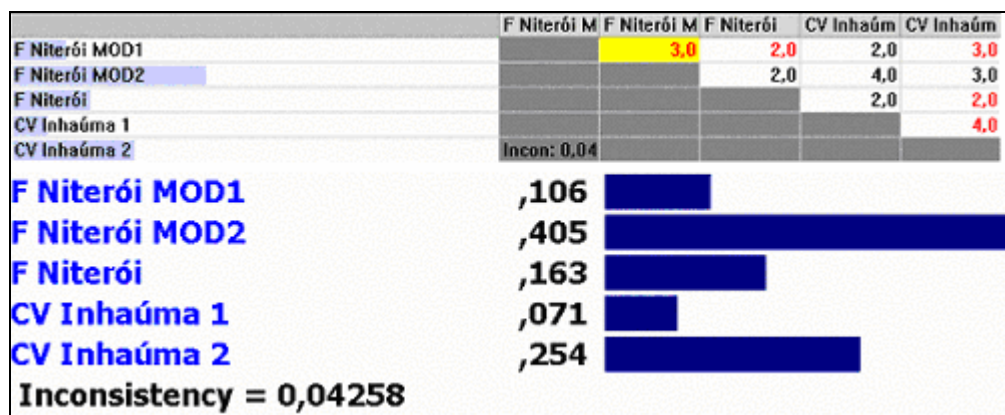


Figura 74 – Nível de Preferência das Alternativas – OAS

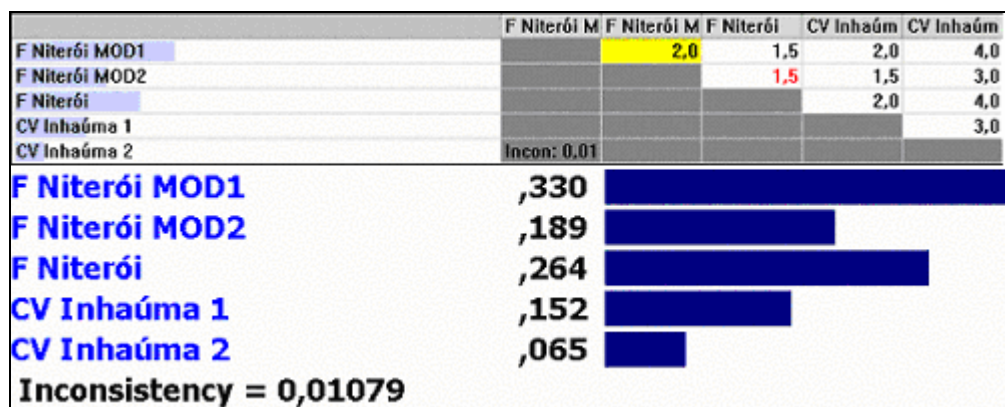


Figura 75 – Nível de Preferência das Alternativas – MPP

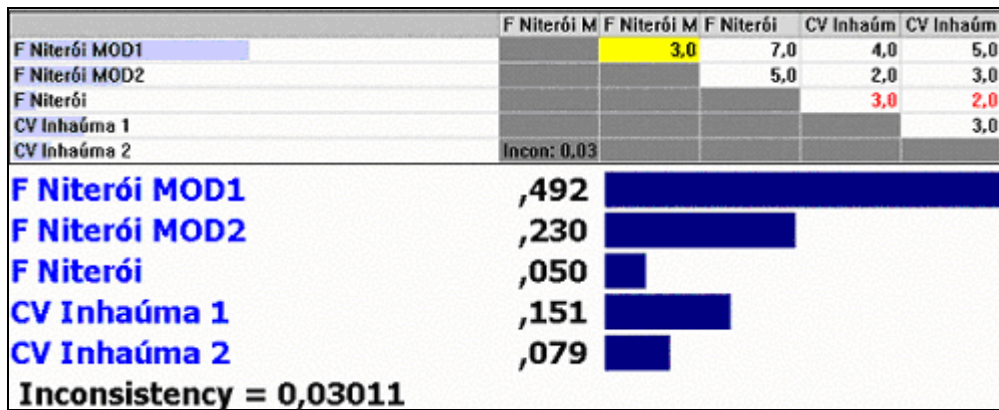


Figura 76 – Nível de Preferência das Alternativas – SEU

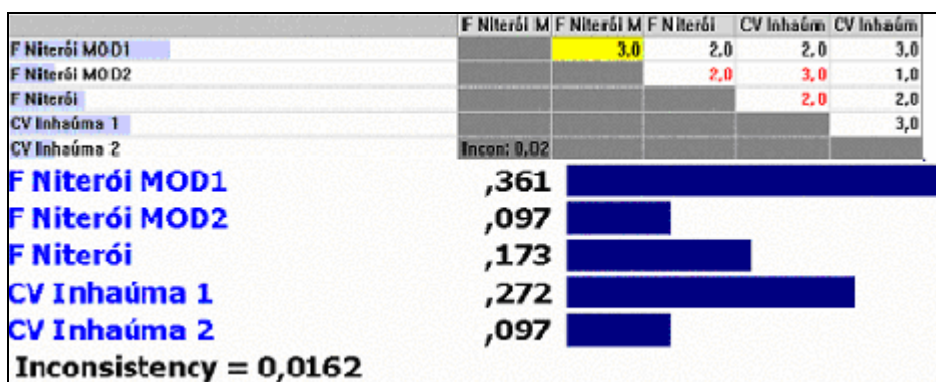


Figura 77 – Nível de Preferência das Alternativas – ARU

Tabela 26 – Nível de Preferência das Alternativas – ADU

Alternativa	Média aval. ex.	Normal
F Niterói MOD1	8,5	0,85
F Niterói MOD2	10	1
F Niterói	9	0,9
CV Inhaúma 1	8,5	0,85
CV Inhaúma 2	10	1

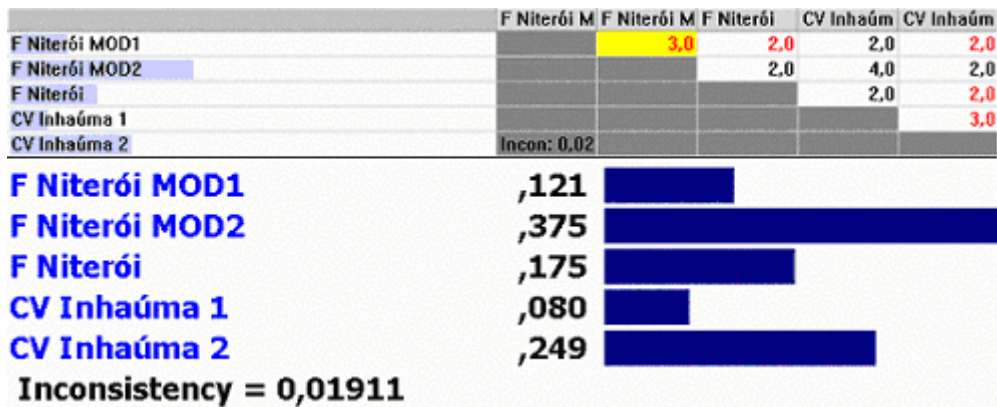


Figura 78 – Nível de Preferência das Alternativas – OAU

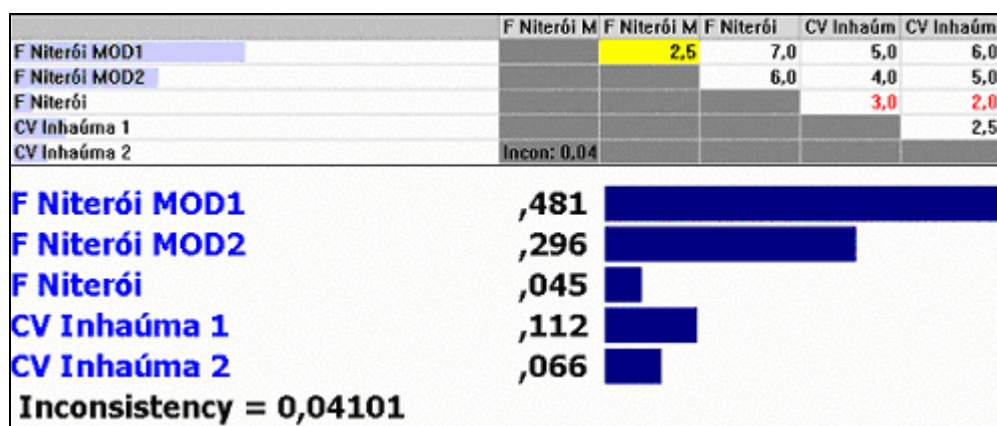


Figura 79 – Nível de Preferência das Alternativas – SEA

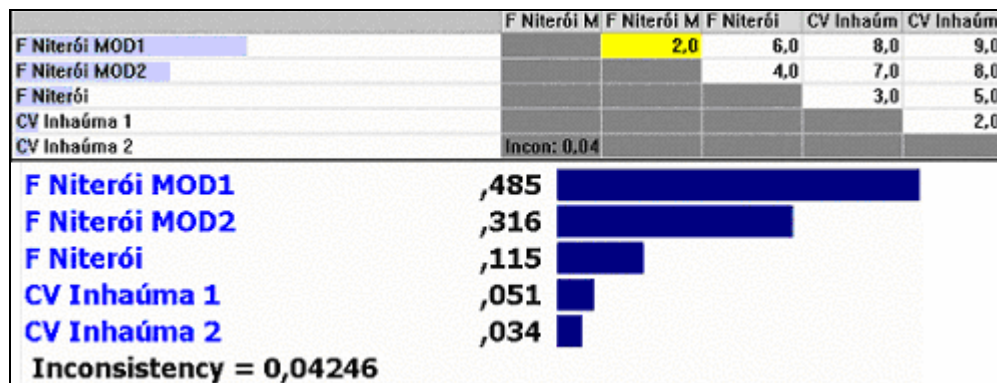


Figura 80 – Nível de Preferência das Alternativas – ARA

Tabela 27 – Nível de Preferência das Alternativas – ADA

Alternativa	Média aval. ex.	Normal
F Niterói MOD1	8	0,8
F Niterói MOD2	10	1
F Niterói	9	0,9
CV Inhaúma 1	8	0,8
CV Inhaúma 2	10	1

Tabela 28 – Nível de Preferência das Alternativas – ARM

Alternativa	ARM SAM	ARM SSM	Normal
F Niterói MOD1	32	8	1
F Niterói MOD2	32	8	1
F Niterói	24	8	0,8
CV Inhaúma 1	NA	8	1
CV Inhaúma 2	NA	8	1

Tabela 29 – Nível de Preferência das Alternativas – RA

Alternativa	RA (MN)	Normal
F Niterói MOD1	5300	1
F Niterói MOD2	5300	1
F Niterói	5300	1
CV Inhaúma 1	4000	0,74717
CV Inhaúma 2	4000	0,74717

Tabela 30 – Nível de Preferência das Alternativas – AUT

Alternativa	AUT (dias)	Normal
F Niterói MOD1	60	1
F Niterói MOD2	60	1
F Niterói	60	1
CV Inhaúma 1	45	0,75
CV Inhaúma 2	45	0,75

Tabela 31 – Nível de Preferência das Alternativas – VEL

Alternativa	VMM (nós)	Normal
F Niterói MOD1	30	1
F Niterói MOD2	28	0,93333
F Niterói	29	0,96666
CV Inhaúma 1	28	0,93333
CV Inhaúma 2	26	0,86666

Tabela 32 – Nível de Preferência das Alternativas – EST

Alternativa	EST (GM/B)	Normal
F Niterói MOD1	0,108	1
F Niterói MOD2	0,108	1
F Niterói	0,101	0,935185
CV Inhaúma 1	0,098	0,907407
CV Inhaúma 2	0,098	0,907407

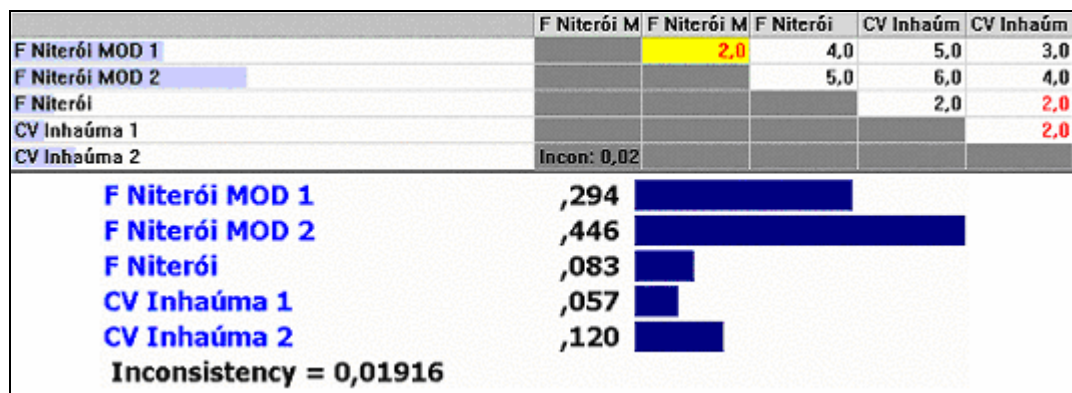


Figura 81 – Nível de Preferência das Alternativas – CAV

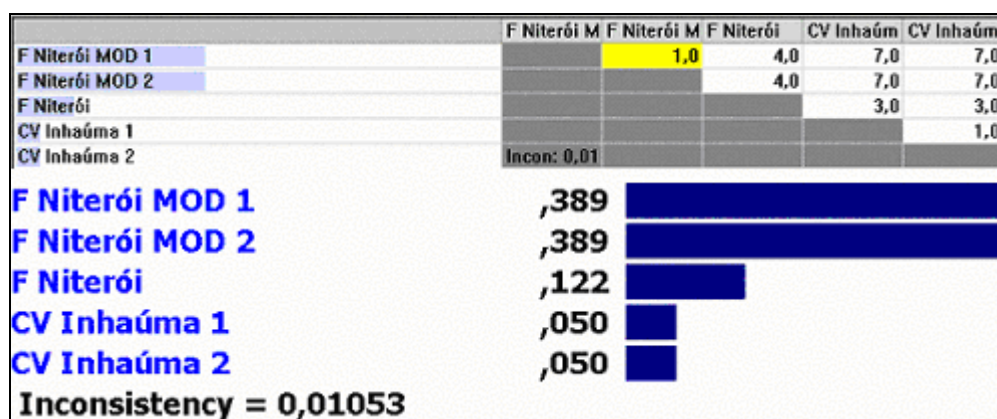


Figura 82 – Nível de Preferência das Alternativas – RED

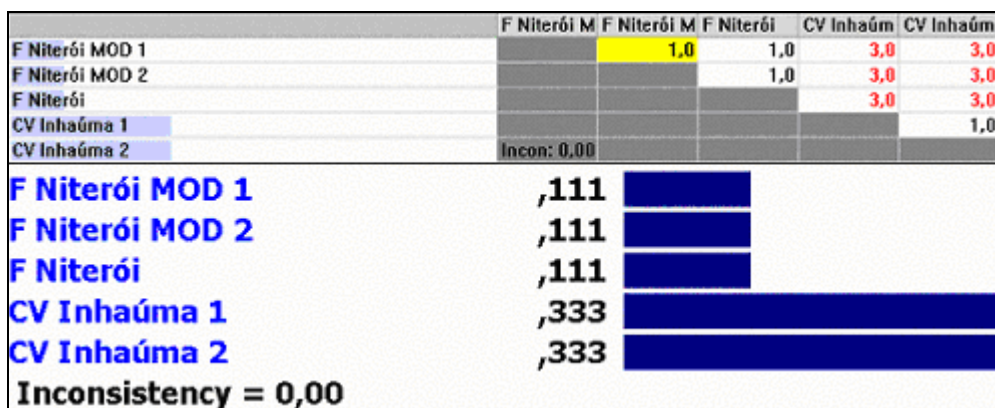


Figura 83 – Nível de Preferência das Alternativas – IR

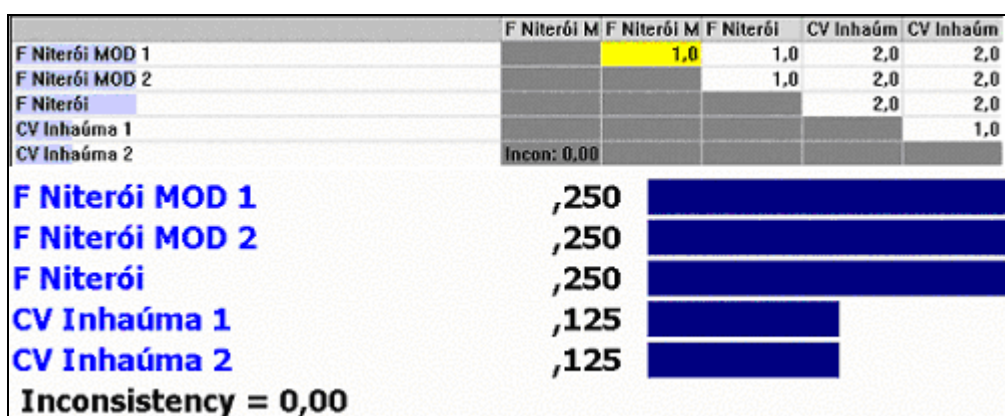


Figura 84 – Nível de Preferência das Alternativas – AC

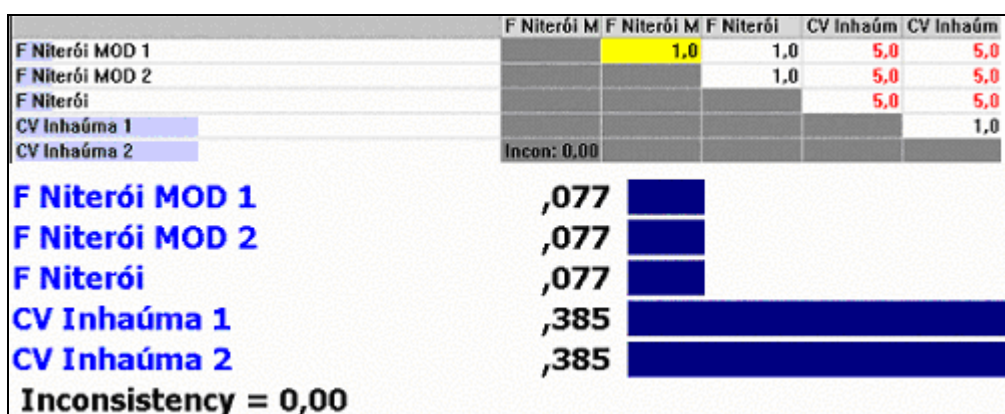


Figura 85 – Nível de Preferência das Alternativas – RAD

6.5 – Etapa V – Avaliação Global das Ações Potenciais

Neste momento foi aplicado o princípio de composição das prioridades, conforme exposto no subitem 4.2.2.1. Este consiste na multiplicação dos elementos do vetor

linha (alternativas) pelos elementos do vetor coluna (critérios), aplicando sucessivamente de modo a ascender na hierarquia. O resultado da aplicação da metodologia é apresentado nas Figuras 86 e 87.

Distributive mode	%Max	DIRECT	DIRECT	DIRECT	DIRECT	VUL CAV
Alternative	Total	OPE GSU (L: .288)	OPE GAS (L: .302)	OPE GE (L: .217)	OPE GAA (L: .193)	(L: .)
<input checked="" type="checkbox"/> F Niterói MOD 1	1,000	1	0,905923	1	1	
<input checked="" type="checkbox"/> F Niterói MOD 2	,949	0,668852	1	0,613861	0,644737	
<input checked="" type="checkbox"/> F Niterói	,413	0,504918	0,491289	0,200495	0,160088	
<input checked="" type="checkbox"/> CV Inhaúma 1	,486	0,629508	0,494774	0,386139	0,230263	
<input checked="" type="checkbox"/> CV Inhaúma 2	,486	0,472131	0,592334	0,274752	0,157895	

Figura 86 – Valoração Global das Alternativas (I)

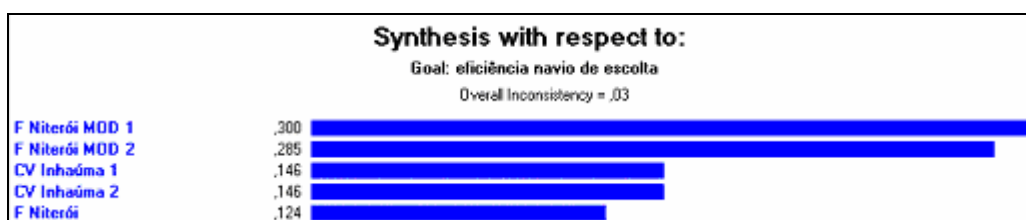


Figura 87 – Valoração Global das Alternativas (II)

Portanto, se o ator desejar preparar uma escala de viagem para os navios de escolta do 1ºesquadrão, visando utilizar seus melhores meios, escolherá na ordem apresentada pela Figura 87.

6.6 – Etapa VI – Análise de Sensibilidade

Um passo importante em qualquer estudo é a verificação da validade dos resultados. A questão, freqüentemente levantada, reside em quão sensível são as alternativas em relação a pequenas variações dos valores dos julgamentos. Deseja-se que as alternativas não flutuem largamente por causa de pequenas modificações no julgamento. A análise de sensibilidade verifica se as recomendações finais são sensíveis a certos julgamentos.

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 88 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).

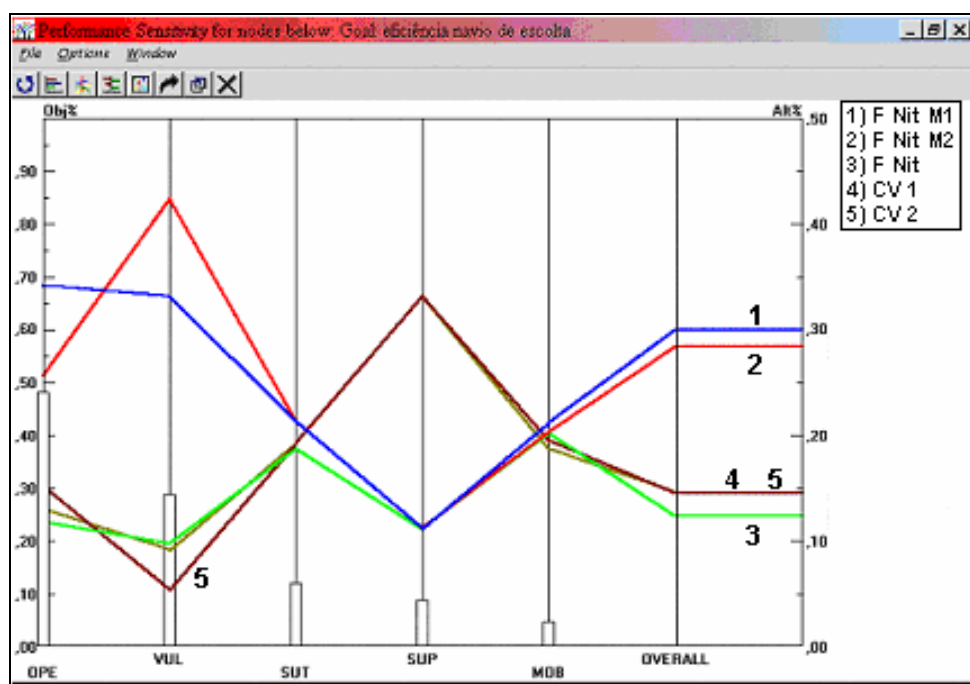


Figura 88 – Análise Sensibilidade - Visão Global

As figuras a seguir analisarão o impacto da variação dos critérios em relação às alternativas visando verificar o quanto são sensíveis os resultados da modelagem. É importante ressaltar o fato das corvetas terem empatado implicando que a qualquer variação de algum critério, mesmo que pequena, resultará no domínio de um navio por outro alterando o *ranking* global.

Na Figura 89 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.

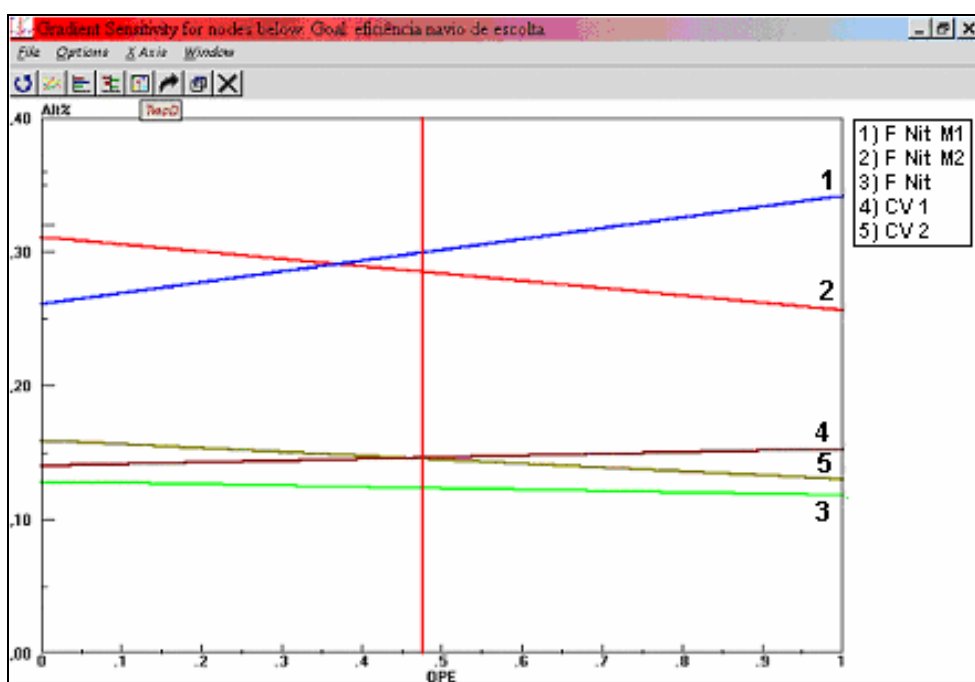


Figura 89 – Análise Sensibilidade OPE

Na Figura 90 que analisa a variação do critério VUL (centralizado em 28,4), pode-se tirar as seguintes conclusões:

- Reduzindo VUL prevalecerá a CV Inhaúma 1 em relação a CV Inhaúma 2, e se aumentar $CV\ Inhaúma\ 2 > CV\ Inhaúma\ 1$.
- Aumentando para valores maiores que 39,1 resulta em domínio de F Niterói MOD 2 em relação F Niterói MOD 1.
- Aumentando para valores maiores que 51,5 resulta em domínio de F Niterói em relação CV Inhaúma 1.
- Aumentando para valores maiores que 83,5 resulta em domínio de F Niterói em relação CV Inhaúma 2.

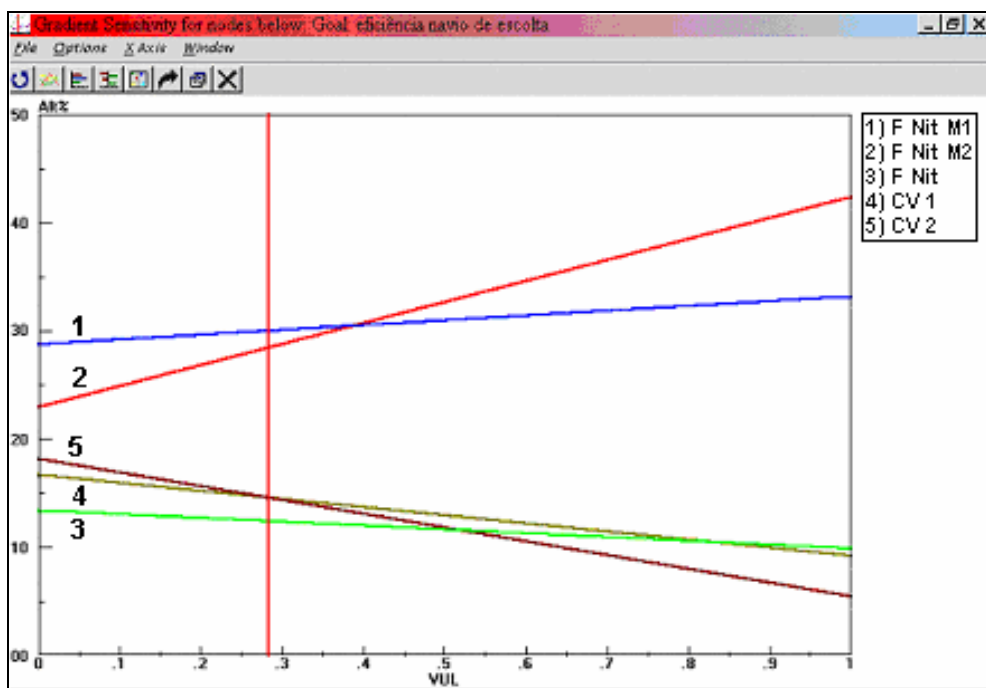


Figura 90 – Análise Sensibilidade VUL

Na Figura 91 que analisa a variação do critério SUP (centralizado em 8,3), pode-se tirar as seguintes conclusões:

- SUP não influencia relativamente os valores entre CV Inhaúma 1 e CV Inhaúma 2.
- Aumentando para valores maiores que 44 resulta em domínio das CV Inhaúma 1 e CV Inhaúma 2 em relação F Niterói MOD 2.
- Aumentando para valores maiores que 46,2 resulta em domínio das CV Inhaúma 1 e CV Inhaúma 2 em relação F Niterói MOD 1.

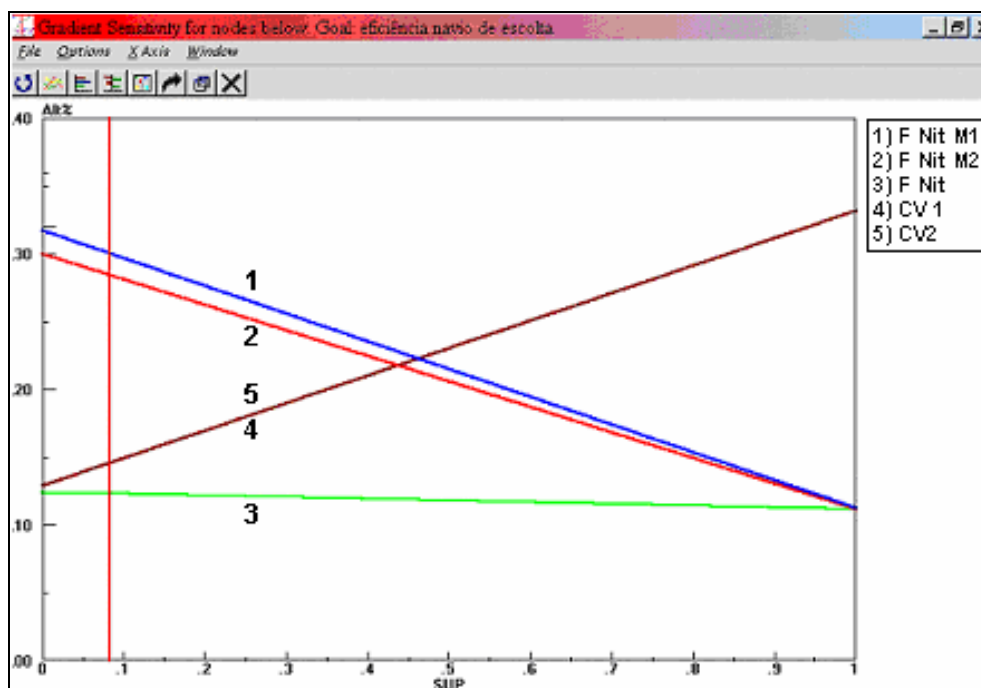


Figura 91 – Análise Sensibilidade SUP

Na Figura 92 que analisa a variação do critério MOB (centralizado em 4,3), pode-se chegar às seguintes conclusões:

- Reduzindo VUL prevalecerá a CV Inhaúma 2 em relação a CV Inhaúma 1, e se aumentar $CV\ Inhaúma\ 1 > CV\ Inhaúma\ 2$.
- Aumentando para valores maiores que 60,2 resulta em domínio da F Niterói em relação CV Inhaúma 2.
- Aumentando para valores maiores que 76,4 resulta em domínio da F Niterói em relação CV Inhaúma 1.

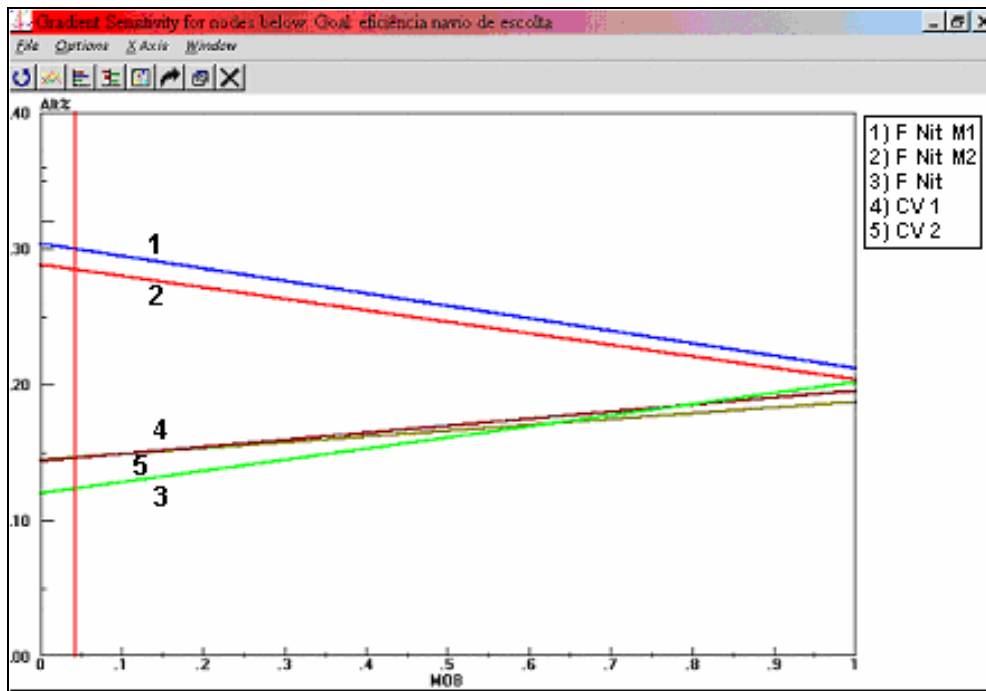


Figura 92 – Análise Sensibilidade MOB

Na Figura 93 analisa a variação do critério SUT (centralizado em 11,4), porém sua variação não gera alterações no ranking entre os navios de escolta.

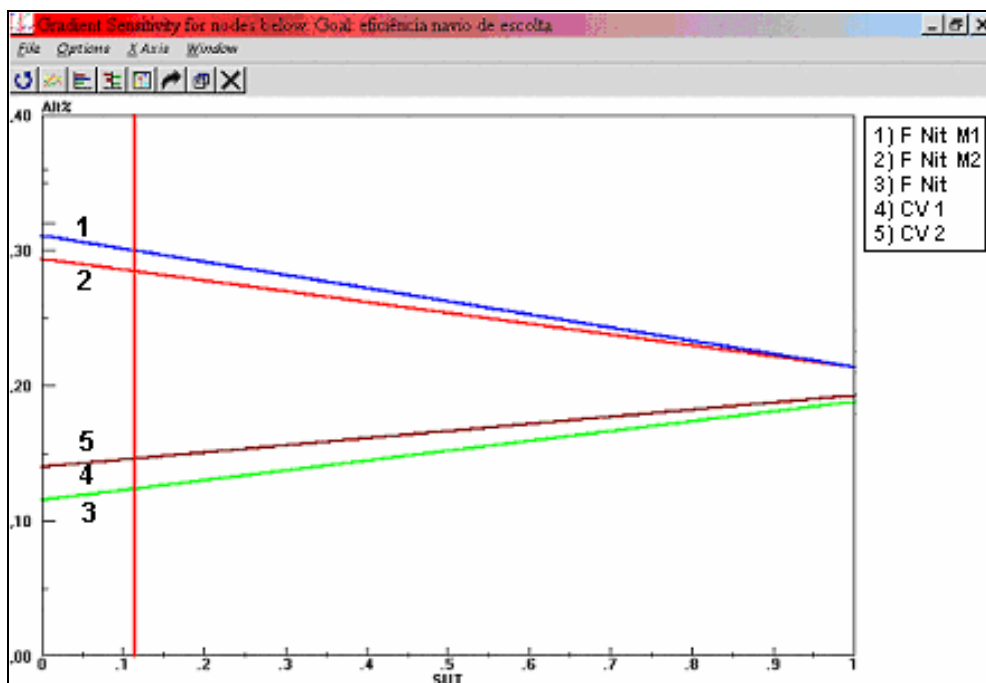


Figura 93 – Análise Sensibilidade SUT

O programa ainda dispõe dos gráficos representados pelas Figuras 94 e 95 para assessorar o facilitador no seu trabalho de análise da modelagem construída. Vale

ressaltar que o programa dispõe da possibilidade de interagir com o usuário nos gráficos gerados acima, o que facilitou a tarefa de estabelecer pontos críticos cuja variação leva alteração no ranqueamento.

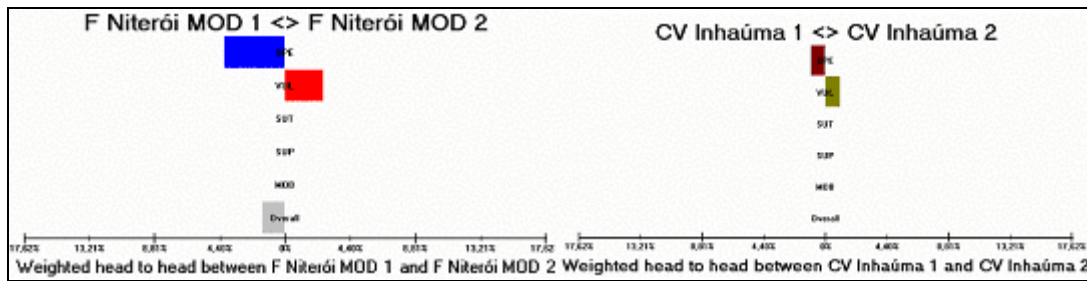


Figura 94 – Análise dois a dois em relação ao objetivo

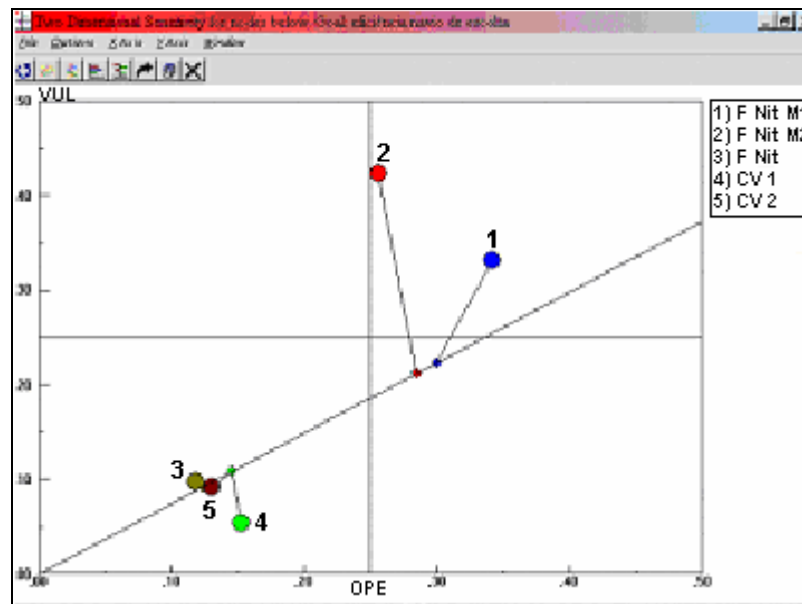


Figura 95 – Mapa de Dominância entre OPE e VUL