

Referências

A bicampeã quer mais. **CLASSE MUNDIAL**, São Paulo, p. 36 – 51, nov, 2008 Disponível em:
<http://www.fnq.org.br/pdf/PDF_classe_mundial_2008/13_CaseCPFL_36_a_51.pdf>. Acesso em: 30 Jul 2010.

A estratégia é de todos. **CLASSE MUNDIAL**, São Paulo, p. 70 – 77, nov, 2008 Disponível em:
<http://www.fnq.org.br/pdf/PDF_classe_mundial_2008/16_CaseEletropaulo_70_a_77.pdf>. Acesso em: 30 Jul 2010.

ANEEL. Índice ANEEL de Satisfação do Consumidor: relatório da Companhia Paulista de Força e Luz (CPFL Paulista). Disponível em:
<[http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/CPFL Paulista 2009.pdf](http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/CPFL%20Paulista%202009.pdf)>, 2009.

Qualidade avança nas elétricas. **BRASIL ENERGIA**, Rio de Janeiro, p. 68-69, mar, 2011. ISSN: 0101-7837.

BUCHANAN L.; O'CONNELL A. A Brief History of Decision Making. **Harvard Business Review**, Boston, vol 84, n. 1, p. 32 – 41, 2006.

CLEMEN R. T. **Making Hard Decisions: an introduction to decision analysis**. Pacific Grove: Duxbury Press, 1996. p.664. Bibliografia: p. 530-576. Inclui índice e referências bibliográficas. ISBN 0-534-26034-9.

DE SORDI, J.O. **Gestão por Processos: uma abordagem da moderna administração**. 2ª Edição. São Paulo: Saraiva, 2008. xviii, 270 p. ISBN 9788502067653.

EHRGOTT M.; WIECEK M.M. Multiobjective Programming. In: FIGUEIRA J.; GRECO, S.; EHRGOTT, M. (Org). **Multiple Criteria Decision**

Analysis: state of art surveys. Boston, Dordrecht, London: Springer Verlag, 2005. p. 667-722

GARVIN D. A. **Gerenciando a Qualidade: a Visão Estratégica e Competitiva.** Rio de Janeiro: Editora Qualitymark, 2002. p. 357. Bibliografia: p. 3-110 ISBN 85-85360-14-3

GOMES L.F.A.M. **Teoria da Decisão.** São Paulo: Editora Thompson, 2007. 116p. (Coleção Debates em Administração). Bibliografia: p. 1-20. ISBN 85-221-0529-4.

GOMES L.F.A.M; ARAYA M.C.G.; CARIGNANO C. **Tomada de Decisões em Cenários Complexos.** São Paulo: Editora Thompson, 2004. p.168. Bibliografia: p. 19-88. ISBN 85-221-0354-2

GOMES L.F.A.M.; DAMÁZIO H.N.; ARAÚJO G.M. Minimização Heurística da Interdependência entre Critérios no Auxílio Multicritério à Decisão: uma Aplicação à Decisão sobre Seguro Ambiental para Transporte Rodoviário de Produtos Perigosos. Relatório Técnico. Departamento de Engenharia Industrial, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 1992.

GOMES L.F.A.M; GOMES C.F.S. ALMEIDA, A.T. **Tomada de Decisão Gerencial: Enfoque Multicritério.** São Paulo: Editora Atlas, 2002. 327p. Bibliografia: p. 11-19. ISBN 85-224-3113-2.

HAMMOND J.S.; KEENEY R.L.; RAIFFA H. **Decisões Inteligentes: como avaliar alternativas e tomar a melhor decisão.** Rio de Janeiro: Editora Campus, 1999. p. 206. Bibliografia: p. 15-24. ISBN 85-352-0491-1

Índice ANEEL de Satisfação do Consumidor. ANEEL (Portal oficial da agência). Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/area.cfm?idArea=189>>. Acesso em: 06 Ago 2010.

Referências

Índice ANEEL de Satisfação do Consumidor: relatório da Companhia Paulista de Força e Luz (CPFL Paulista). ANEEL (Portal oficial da agência). Disponível em: <[http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/CPFL Paulista 2009.pdf](http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/CPFL_Paulista_2009.pdf)>. Acesso em: 06 Ago 2010.

KAGAN N.; OLIVEIRA C.C.B.; ROBBIA E.J. **Introdução aos Sistemas de Distribuição de Energia Elétrica**. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 2005. 328p. Bibliografia: p. 279-287. ISBN 85-212-0355-1.

KEENEY R.L.; RAIFFA H. **Decision with multiples objectives: preferences and value tradeoffs**. Nova York: Wiley, 1976. p. 592. Bibliografia: ISBN 978-0521438834.

KUCHLER P.C. **Análise Espacial para Identificação de Áreas Propensas à Ocupação em Unidades de Conservação e seu Entorno**. 2009. 106f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Cartográfica) – Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro.

MALCKZEWSKI J. GIS-based multicriteria decision analysis: a survey of the literature. **International Journal of Geographical Information Science**, Abingdon, vol 20, n. 7, p. 703 – 726, Ago, 2006.

McKLOSKEY J.F. The beginnings of Operations Research: 1934-1941. **Operations Research**, Hanover, vol 35, n. 1, p. 143 -152, Jan/Fev, 1987.

MORETTIN P.A.; TOLOI C.M.C. **Análise de Séries Temporais**. São Paulo: Editora Edgard Blucher, 2^a edição, 2006. p. 538. Bibliografia: 83-93 ISBN 978-85-212-0389-6.

NICKEL S.; PUERTO J.; RODRÍGUEZ-CHÍA A.M. MCDM Location Problems. In: FIGUEIRA J.; GRECO, S.; EHRGOTT, M. (Org). **Multiple**

Criteria Decision Analysis: state of art surveys. Boston, Dordrecht, London: Springer Verlag, 2005. p. 761-798

PAGLIUSO A.T.; CARDOSO R.; SPIEGEL T. **Gestão Organizacional: o desafio da construção do modelo de gestão.** São Paulo: Editora Saraiva, 2010. p.155. Bibliografia: 83-94 ISBN978-85-02-08406-3

PAIM R.; CARDOSO V.; CAULLIRAUX H.; CLEMENTE R. **Gestão de Processos: pensar, agir e aprender.** Porto Alegre: Editora Bookman, 2009. p. 327. Bibliografia: ISBN 9788577804849.

PASSOS, A. C. **Avaliação Multicritério de Material de Emprego Militar.** 2002. 79f. Dissertação (Mestrado em Administração de Empresas) – Faculdades Ibmecc, Rio de Janeiro.

PRADO, Otávio. Agências reguladoras e transparência: a disponibilização de informações pela Aneel. **Revista de Administração Pública**, Rio de Janeiro, v. 40, n. 4, Ago, 2006 . Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-76122006000400007&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 10 Julho 2010.

PRÊMIO IASC 2008 - Melhor índice desde 2000. DME Distribuição (Portal oficial da empresa). Poços de Caldas, 19 Jan. 2009. Disponível em: <http://www.dme-pc.com.br/com_salaimpresa.php?Noticia=48> Acesso em: 06 AGO 2010.

RABBANI S.J.R.; RABBANI S.R. **Decisions in Transportation with the Analytic Hierarchy Process.** Campina Grande: Simin & Soheil Rabbani, 1996. p. 200. Bibliografia: ISBN 8523700439.

Referências

RIBEIRO, L.S.; PASSOS, A. C.; TEIXEIRA, M.G. Seleção de Tecnologias de Comunicações no Exército Brasileiro Utilizando o Método Multicritério TODIM e o Software Sapiens. In: XLI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL, 2009. Porto-Seguro, BA, 2009.

RIBEIRO, S. Aneel quer ampliar indicadores de qualidade no fornecimento de energia elétrica. **Agência Brasil (Empresa Brasil de Comunicação - EBC)**. Brasília, 17 Dez 2007. Disponível em: <<http://www.agenciabrasil.gov.br/noticias/2007/12/17/materia.2007-12-17.6460965364/view>>, acessado em 05/10/2009.

ROY B. Paradigms and Challenges, In: FIGUEIRA J.; GRECO, S.; EHRGOTT, M. (Org). **Multiple Criteria Decision Analysis: state of art surveys**. Boston, Dordrecht, London: Springer Verlag, 2005. p. 3-24.

RUSSO J.E.; SHOEMAKER P.J.H. **Decisões Vencedoras: como tomar a melhor decisão, como acertar na primeira tentativa**. Rio de Janeiro: Editora Campus, 2002. p. 390. Bibliografia: p. 43-68. ISBN 85-352-0974-3.

SAATY T. L. **Fundamentals of Decision Making and Priority Theory with the Analytic Hierarchy Process**. Pittsburgh: RWS publications, 2006. 478p., 21cm. (Vol VI of the AHP series). Bibliografia: p.8-92 ISBN 0-9620317-6-3.

SALA DE IMPRENSA. Prêmio IASC 2008 – Melhor Índice desde 2000. Portal DME Distribuição. Publicado em 19 jan. 2009. Disponível em: <http://www.dme-pc.com.br/com_salaimprensa.php?Noticia=48> acesso em: 06 ago. 2010.

SALLES R.M.; MOURA D. F. C.; CARVALHO J. M. A.; SILVA M. R. Novas perspectivas tecnológicas para o emprego das comunicações no Exército

Referências

Brasileiro, **Revista Militar de Ciência e Tecnologia**, Rio de Janeiro, 25, p. 68-79, 2008.

SOUSA, H. **Publicação Eletrônica** [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <adersoncp@gmail.com> em 14 abr. 2010.

SOUZA R.C. Métodos Automáticos de Amortecimento Exponencial para Previsão de Séries Temporais. Relatório Técnico GSM – 10/83, Departamento de Engenharia Elétrica, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Maio, 1983.

TRANTAPHYLLOU E. **Multi-Criteria Decision Making Methods: a comparative study**. Kluwer Academic Publishers. 2000. p. 320. Bibliografia: ISBN 978-0792366072.

VILLELA, FR. **Publicação Eletrônica** [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <adersoncp@gmail.com> em 15 set. 2009.

ANEXO A

Utilização do Método da Minimização Heurística das Interdependências (MMHI): estudo de caso de seleção de escolas¹

A.1. Introdução

Esse estudo de caso mostra um processo que auxiliará o analista de decisão na escolha de critérios independentes entre si, para serem usados em um processo decisório multicritério. O objetivo é mostrar como o Método de Minimização Heurística da Interdependência entre Critérios, pode ser incorporado à fase de seleção de critérios comum aos métodos multicritério discretos. Para ilustrar a utilização desse processo será utilizado como exemplo um problema de análise de decisão simples: seleção de escolas de ensino médio.

O processo de seleção de critérios é uma das primeiras fases a serem cumpridas quando se decide trabalhar com análise de decisão multicritério. Para que o conjunto de critérios, em um processo decisório, seja considerado adequado é desejável que ele seja completo, (abordando tudo que é considerado relevante para a decisão), operacional (critérios específicos e claros o suficiente para que sejam usados no processo decisório), decomponível (capacidade de avaliar uma alternativa sob a óptica de determinado critério sem precisar levar em conta a avaliação em outro critério), não redundante (os critérios sejam independentes de maneira que não sejam contabilizados mais de uma vez), mínimo (o conjunto tenha a menor quantidade possível de critérios) (Keeney e Raiffa, 1993; Gomes, 2007). Segundo Gomes et al (1992) é muito difícil excluir toda e qualquer interdependência existente entre critérios.

¹ Esse problema foi apresentado no XI Simpósio de Pesquisa Operacional e Logística da Marinha, em 2008.

Esse caso pretende descrever um processo heurístico, que auxilia o decisor na eliminação das redundâncias comuns na configuração de problemas multicritério. A técnica é bastante simples e consiste na análise dos critérios levantados inicialmente dois a dois, conforme será exposto. Para ilustrar a utilização da técnica foi utilizado um problema comum para pessoas que tem filhos, que é a seleção de escolas. Inicialmente são levantados diversos critérios. Posteriormente, haverá uma primeira seleção retirando redundâncias grosseiras, critérios que não sejam fortemente relevantes e a agregação de critérios correlatos. Depois disso, será feita a análise utilizando o método proposto. O resultado final é um conjunto de critérios prontos para serem usados no processo decisório. O processo decisório pode ser dividido didaticamente em fases (Gomes, 2007, opus cit.). Conforme será observado, o que se propõe é que o método proposto neste texto seja incorporado à fase de Definição de Critérios Relevantes ao Problema, que faz parte de todo processo de análise de decisão multicritério.

A.2. O método da minimização heurística de interdependências entre critérios (MMHI)

Conforme já mencionado, na fase de seleção de critérios, inicialmente, são levantados diversos deles associados ao problema em questão. As grandes motivações para a utilização da técnica proposta são a facilidade de sua aplicação e a qualidade da “filtragem” de redundâncias que ela proporciona. Naturalmente, seu valor somente poderá ser percebido se ela for utilizada. O leitor desatento poderá ignorá-la indevidamente, por achá-la simples. A utilização do método pode ser didaticamente dividida em 6 fases:

1. Seleção inicial dos critérios relevantes;
2. Filtragem (eliminação e agregação) dos critérios do conjunto anterior;

ANEXO A. Utilização do Método da Minimização Heurística das Interdependências (MMHI): estudo de caso de seleção de escolas

3. Agrupamento de critérios correlatos oriundo do conjunto filtrado;

4. Análise dos critérios agrupados. Nessa análise será montada uma matriz quadrada (Figura 1) onde os critérios serão comparados dois a dois, determinando o nível de interdependência entre critérios em três níveis: muito interdependentes, interdependentes e independentes. O preenchimento será feito acima da diagonal da matriz. Para n critérios serão feitos $\frac{n^2 - n}{2}$ julgamentos.

5. Depois disso, o analista vai decidir se irá excluir ou agregar critérios interdependentes.

6. Os critérios correlatos resultantes, já em menor número, poderão ser agrupados em um conjunto único para que o processo seja repetido a partir da fase 4.

O resultado é um conjunto de critérios com baixíssimo grau de interdependência.

Critérios	Critério 1	Critério 2	...	Critério n
Critério 1		MINT	IND	IND
Critério 2			IND	INT
...				IND
Critério n				

Tabela A.1: Matriz de análise dos critérios.

ANEXO A. Utilização do Método da Minimização Heurística das Interdependências (MMHI): estudo de caso de seleção de escolas

Uma observação importante é que para problemas complexos, com muitos critérios, será cansativo cumprir a fase 6. Para explicar sua utilização será utilizado um problema comum que é a seleção de escolas, como já mencionado. A tabela 1.1 mostra um exemplo genérico de análise das interdependências.

A.3. Escolha de critérios para o problema de seleção de escolas

Seguindo os passos sugeridos na seção anterior, foram inicialmente selecionados para esse problema os seguintes critérios agrupados:

A. Critérios de Ensino

1. Qualidade dos professores;
2. Sistema de ensino;
3. Nível de ensino;
4. Aprovação nos vestibulares;
5. Resultado do ENEM;
6. Ensino de idiomas;
7. Filosofia do colégio;
8. Carga horária mensal;
9. Nível dos alunos;
10. Currículo amplo e humanístico;

B. Atividades Extracurriculares

1. Tipos de atividades extracurriculares;
2. Monitoria para alunos com dificuldades;
3. Atividades esportivas;

A seguir a descrição dos critérios para o agrupamento *Critérios de Ensino*:

ANEXO A. Utilização do Método da Minimização Heurística das Interdependências (MMHI): estudo de caso de seleção de escolas

- **Qualidade dos professores:** avaliação do corpo de professores, ou seja, se são qualificados a dar uma aula de qualidade e seu nível de experiência no que se refere a lidar com o público mais jovem.
- **Sistema de ensino:** técnicas pedagógicas utilizadas, materiais didáticos e outras técnicas utilizadas para promover o aprendizado.
- **Nível de ensino:** se o padrão de abordagem do currículo é de bom nível e adequado à preparação para a realização de concursos.
- **Aprovação nos vestibulares:** se os alunos ao concluir o ensino médio conseguem ingressar para os cursos universitários do seu interesse.
- **Resultado do ENEM:** resultado geral obtido pela escola no Exame Nacional do Ensino Médio realizado pelo Ministério da Educação brasileiro.
- **Ensino de idiomas:** se o padrão de ensino de idiomas estrangeiros permitirá ao aluno utilizá-los com fluência quando precisar.
- **Filosofia do colégio:** conjunto de valores e paradigmas que o colégio se fundamenta e se compromete a passar para seus alunos. De que forma o conhecimento é passado para o aluno, se professor interage com os alunos, se os alunos que tem mais dificuldade têm algum tipo de atenção especial.
- **Carga horária mensal:** Avalia se a carga horária proposta é adequada para os cursos.
- **Nível dos alunos:** avalia como os alunos da escola são selecionados e se seu nível permitirá o bom nível de ensino.

ANEXO A. Utilização do Método da Minimização Heurística das Interdependências (MMHI): estudo de caso de seleção de escolas

- **Currículo amplo e humanístico:** A importância que o colégio dá às matérias de Filosofia, História e Geografia, no que remete a qualidade das aulas dessas matérias e sua carga horária.

A seguir a descrição dos critérios para o agrupamento *Atividades Extracurriculares*:

- **Tipos de atividades extracurriculares:** leva em consideração se a escola possui em sua estrutura, ou disponibiliza para o aluno, algum curso técnico, curso de línguas, curso de música, incentivo ao xadrez, prática de esportes e outras atividades que incentivem a diversificação dos conhecimentos, diversificação de habilidades e saúde.
- **Monitoria:** existência de serviço de monitoria para alunos que tenham dificuldades ou queiram tirar dúvidas gerais.
- **Atividades esportivas:** nível de incentivo à prática de esportes. Se existem horários especiais para a prática e uma infra-estrutura apropriada.

A segunda etapa é a análise preliminar dos critérios dentro dos agrupamentos. Seguindo o princípio que cada decisor definirá os critérios que mais lhe convierem e que o conjunto de critérios deve ser *completo* e *mínimo*, como já citado, foi definido que dentro do primeiro agrupamento os critérios **Filosofia do colégio**, **Sistema de ensino**, **Carga horária mensal** e **Currículo amplo e humanístico** deverão ser excluídos do conjunto de critérios por serem considerados pouco relevantes. Os critérios **Aprovação nos vestibulares** e **Resultado no ENEM** serão considerados conjuntamente em um novo critério qualitativo denominado **Índices de Aprovação**, que indicará a qualidade dos resultados que os alunos obtêm em avaliações externas à escola. O critério **Qualidade dos**

ANEXO A. Utilização do Método da Minimização Heurística das Interdependências (MMHI): estudo de caso de seleção de escolas

professores será excluído por estar incluído dentro do nível de ensino. Os outros critérios serão mantidos.

Para o segundo agrupamento de critérios os critérios **Tipos de atividades extracurriculares** e **Atividades esportivas** foram considerados pouco importantes e por isso foram excluídos do conjunto de critérios. O único critério mantido foi **Monitoria**.

A próxima etapa é a montagem de uma tabela de comparações dois a dois que permita uma análise das interdependências conforme ilustrado na Tabela 1.2. Como o segundo agrupamento somente possui um critério relevante (**Monitoria**), ele foi incluído nessa tabela.

Crítérios	Nível de Ensino	Índices de Aprovação	Idiomas	Nível dos Alunos	Monitoria
Nível de Ensino		MINT	IND	IND	IND
Índices de Aprovação			INT	MINT	INT
Idiomas				IND	IND
Nível dos Alunos					IND
Monitoria					

Tabela A.2: Matriz de análise dos critérios para seleção de escolas.

Após montar a matriz descrita na Figura 2 o analista percebe que existirá muita interdependência entre os critérios **Nível de ensino** e **Índices de aprovação**, assim como entre **Índices de aprovação** e **Nível dos alunos**. Isso sugere que sejam feitas eliminações ou agregações de critérios redundantes. Duas eliminações são possíveis para extrair as

ANEXO A. Utilização do Método da Minimização Heurística das Interdependências (MMHI): estudo de caso de seleção de escolas

interdependências fortes: ou são eliminados os critérios **Nível dos alunos** e **Nível de ensino** ou somente o critério **Índices de aprovação**. Como se busca o mínimo de critérios é feita a primeira opção. O resultado disso é um conjunto de critérios bastante reduzido conforme indicado na tabela 1.3.

Ao olhar os critérios finais é possível perceber que o decisor quer uma escola voltada para a aprovação em vestibulares. Ao eliminar os critérios **Nível dos alunos** e **Nível de ensino**, esse decisor entende que se a escola possuir bons índices de aprovação ela terá naturalmente bom nível de ensino e bons alunos estudando com seu(s) filho(s). Caso ele duvide dos índices que são fornecidos pelas escolas ele pode optar por excluir o critério **Índices de aprovação** e manter **Nível de ensino** e **Nível dos alunos**.

Crítérios	Nível de Ensino	Idiomas	Monitoria
Índices de Aprovação		INT	IND
Idiomas			IND
Monitoria			

Tabela A.3: Tabela com os critérios finais escolhidos.

A.4. Conclusão do estudo de caso

Ao selecionar critérios para um processo decisório, a preocupação com a seleção de critérios não redundantes deve existir sempre. O que o MMHI faz é obrigar que seja feita a análise do grupo de critérios considerado adequado para o problema. Fazendo a busca das

ANEXO A. Utilização do Método da Minimização Heurística das Interdependências (MMHI): estudo de caso de seleção de escolas

redundâncias entre os critérios dois a dois, é comum que existam surpresas indicando a possibilidade de mais simplificações.

Fazendo referência ao exemplo da seção anterior, é natural pensar que boas escolas terão bons índices de aprovação, bom nível de ensino e alunos de bom nível e, portanto, esses devam ser critérios integrantes do processo multicritério de avaliação. A obtenção de bons índices de aprovação está associada a bons alunos e alto nível de ensino, mas não necessariamente. Por isso, talvez se pense em não eliminar tais critérios. O valor do MMHI está em forçar o decisor a efetuar comparações que ele talvez não fizesse.

ANEXO B

Seleção de Tecnologias de Comunicações no Exército Brasileiro

B.1. Introdução

Nesse anexo será apresentado um estudo de caso que ilustra a aplicação do *Analytic Hierarchy Process* na resolução de um problema prático de seleção de tecnologias. Para apoiar a resolução desse problema foi utilizado o software EC 11.5 da empresa Expert Choice, cujas telas estão mostradas adiante.

Para o problema de seleção de tecnologias de comunicações no Exército Brasileiro (EB) foram selecionados os seguintes critérios: escalabilidade, desempenho, segurança, gerenciabilidade e usabilidade. Esses critérios foram extraídos de Salles et al (2008), que por sua vez usaram como referência os manuais de campanha do Exército. Dentro do Teatro de Operações (TO) existem diversos tipos de sistemas de comunicações. O que será estudado nesse exemplo é o Subsistema Rádio de Combate, que é um sistema tático usado para elementos no campo de batalha com alta mobilidade. A estrutura hierárquica para esse problema decisório está descrita na figura B.1.

ANEXO B. Seleção de Tecnologias de Comunicações no Exército Brasileiro

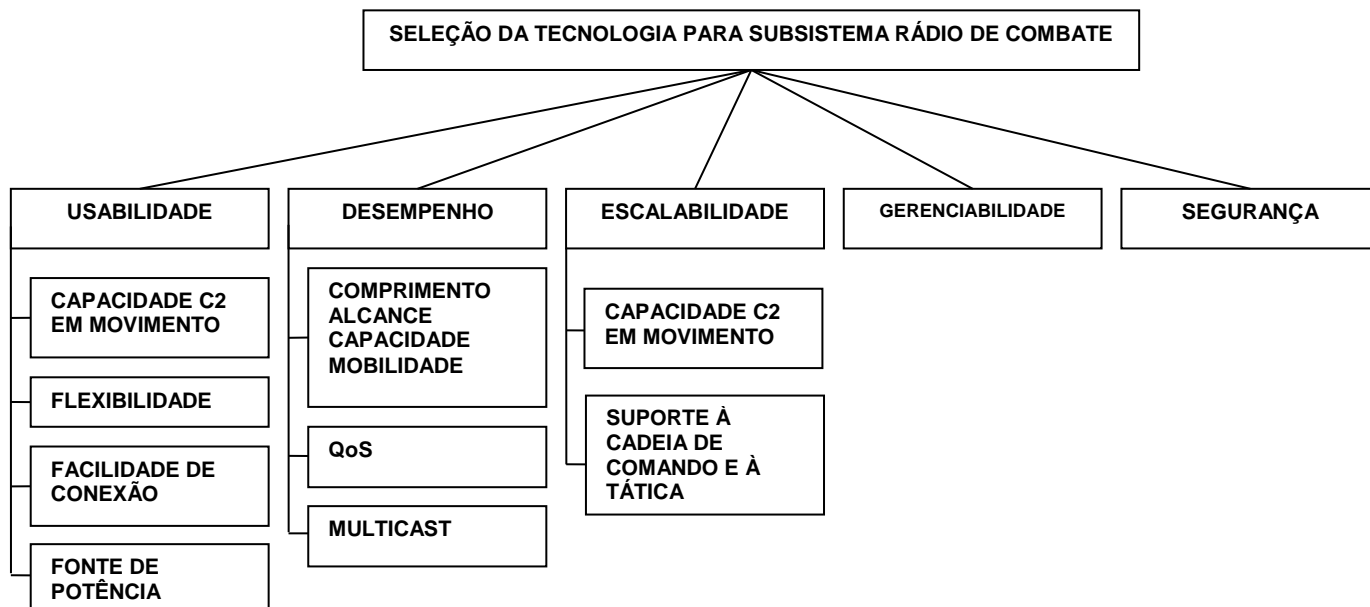


Figura B.1: Estrutura hierárquica do subsistema rádio de combate

A descrição dos critérios que estão no primeiro nível hierárquico abaixo do problema decisório está na tabela B.1

Princípios Gerais	Princípio de emprego das comunicações militares	Percentual
Escalabilidade	Amplitude de desdobramento, integração	37,5%
Desempenho	Tempo integral, Rapidez, Confiabilidade, Continuidade, Prioridade	31,1%
Segurança	Segurança das comunicações	14,9%
Gerenciabilidade	Apoio em profundidade, Emprego centralizado, Apoio cerrado	6,7%
Usabilidade	Flexibilidade	5,8%

Tabela B.1: Princípios gerais de emprego das comunicações no EB (Salles et al, 2008)

A seguir estão descritos os significados dos diversos subcritérios no segundo nível hierárquico abaixo do problema decisório. A descrição dos critérios foi extraída de Ribeiro et al (2009).

- “Capacidade C2 em movimento: tecnologia capacitada às atividades de Comando e Controle em movimento. A aparente redundância existente nas duas árvores de critérios (capacidade C2 em movimento como subcritério de *Usabilidade* e *Escalabilidade*) não existe, pois o subcritério se relaciona à Escalabilidade ao descrever a capilaridade do sistema (atendimento a múltiplos escalões, do general ao soldado) e à Usabilidade ao permitir o emprego de diversas tecnologias de comunicações, desde as mais sofisticadas até as mais restritas em termos de capacidade e alcance. Assim, o mesmo nome indica coisas distintas quando subordinado a cada um dos critérios.
- Flexibilidade: capacidade do sistema executar uma operação em quaisquer condições de terreno e tempo;
- Facilidade de Conexão: facilidade de implantar e trabalhar com a tecnologia;
- Fonte de Potência: quanto menor a potência necessária para um sistema funcionar, ele é mais bem classificado. Isso se deve por motivos de segurança, uma vez que dificulta a detecção do sistema pelos inimigos;
- Compromisso entre alcance-mobilidade-capacidade: o sistema deve oferecer suporte que atenda ao mesmo tempo: o alcance necessário da rede, a mobilidade dos usuários e a capacidade de transmissão do sinal;
- QoS: qualidade do serviços de comunicação em tempo real oferecido pela tecnologia;

- Multicast: sistema que realiza a entrega de informação para múltiplos destinatários simultaneamente, usando estratégias eficientes.
- Suporte à cadeia de comando e à tática: sistema não apresenta restrições a localizações de frações ou elementos, tem capacidade de alteração de composição de frações QoS e dá suporte aos dados críticos quanto ao tempo (prioridade e precedência).”

B.2. Preenchimento dos julgamentos nas matrizes

Continuando a aplicação do AHP no problema proposto, foram entrevistados militares conhecedores das tecnologias e das suas aplicações. Como resultado, foram preenchidas as matrizes de comparações paritárias com a finalidade de se extrair a importância relativa dos subcritérios dentro de cada critério. A importância relativa entre os critérios já está definida na tabela B.1.

Após o preenchimento das matrizes será gerado a partir delas um vetor de pesos que consolida a importância relativa entre os critérios. O procedimento proposto por Saaty é o do cálculo do autovetor principal da matriz de comparação por pares. Com isso, haverá a correspondência entre o critério e o seu peso correspondente no vetor.

A seguir estão os julgamentos realizados para cada um dos critérios seguido do vetor de pesos.

Para o critério **usabilidade** os julgamentos estão na tabela 3.5. Esse modelo foi inserido no software EC 11.5. A Razão de Consistência calculada para essa matriz foi $RC = 0,06$.

	Capacidade C2 em Movimento	Flexibilidade	Facilidade de Conexão	Fonte de Potência	Vetor de Pesos
Capacidade C2 em Movimento	1	3	3	3	0,487
Flexibilidade	1/3	1	1	3	0,208

ANEXO B. Seleção de Tecnologias de Comunicações no Exército Brasileiro

Facilidade de Conexão	1/3	1	1	3	0,208
Fonte de Potência	1/5	1/3	1/3	1	0,096

Tabela B.2: Matriz dos subcritérios de *Usabilidade*.

O cálculo de inconsistência dessa matriz forneceu valor igual a 0,02. O que é considerado aceitável para uma matriz desse tamanho. Para o critério **desempenho** os julgamentos estão na tabela 3.6. A Razão de Consistência calculada para essa matriz foi $RC = 0,02$.

	Compromisso entre alcance-mobilidade-capacidade	QoS	Multicast	Vetor de Pesos
Compromisso entre alcance-mobilidade-capacidade	1	3	4	0,611
QoS	1/3	1	2	0,255
Multicast	1/4	1/2	1	0,134

Tabela B.3: Matriz dos subcritérios de *Desempenho*

O cálculo de inconsistência dessa matriz forneceu valor igual a 0,02. O que também é considerado aceitável para uma matriz desse tamanho. Para o critério **Escalabilidade** os julgamentos estão na tabela 3.7. Para essa tabela não há inconsistência.

	Capacidade C2 em Movimento	Suporte à cadeia de comando e à tática	Vetor de Pesos
Capacidade C2 em Movimento	1	2	0,667
Suporte à cadeia de comando e à tática	1/2	1	0,333

Tabela B.4: Matriz dos subcritérios de *Escalabilidade*

B.3. Coleta de dados para as alternativas e resultado final

Após definir os pesos relativos entre os critérios e subcritérios será necessário atribuir valores para as alternativas dentro dos critérios. Em Saaty (2006) são mostrados dois procedimentos para fazer essa avaliação das alternativas. O primeiro é chamado por ele de *Relative Measurement* (ou medida relativa) e é muito semelhante ao que já foi feito para a definição dos pesos dos critérios. Assim, as alternativas são analisadas duas a duas à luz de cada um dos critérios e subcritérios. Depois disso, são gerados vetores de pesos, conforme descrito para os pesos dos critérios. As alternativas consideradas para o problema são (Ribeiro et al, opus cit):

- **Rede Rádio de Combate:** utiliza uma rede rádio legada pra transmissão de dados. Pode trabalhar em algumas faixas de transmissão.
- **Rede Pacote Rádio:** interliga diversas subredes por máquinas bridges, utilizando a mesma estrutura convencional das Redes Rádio de Combate.
- **Redes Ad-Hoc:** não necessitam de nenhuma preparação da área de cobertura porque elas provêm comunicação sem itens como torres ou linhas de transmissão. Os pontos chaves dessas redes são o controle de acesso ao meio, utilizado para compartilhar os recursos de canal entre os nós, e o roteamento, que consiste em encontrar uma rota entre emissor e receptor através de um número desconhecido de nós intermediários.
- **TDMA Repetido:** cada estação instalada transmite em um *slot* de tempo próprio, o qual é determinado por uma estação de controle.
- **Redes de Arquitetura Estação-Base:** as redes fazem uso de uma estação base para intermediar a comunicação entre quaisquer duas estações.

- **Redes Rádio UWB:** atinge altas velocidades de transmissão de dados e grande alcance. Isso se deve pela utilização de sinais de rádios de baixa energia na fonte de pulsos curtos (0.1 a 1.5ns).

A coleta de dados para esse problema foi feita utilizando as *Medidas Relativas* com as comparações por pares. A figura B.2 mostra a tela do software onde foram inseridos os julgamentos paritários para cada uma das alternativas, duas a duas, para o subcritério *Capacidade C2 em Movimento*.

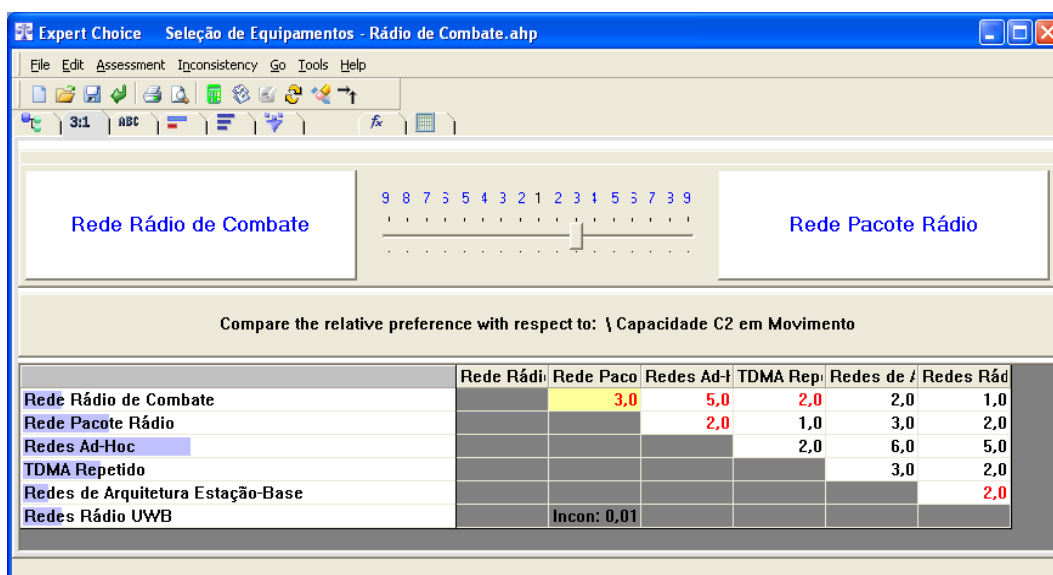


Figura B.2: Tela do software EC 11.5, da *Expert Choice*, mostrando o preenchimento de dados das alternativas com relação ao subcritério Capacidade C2 em Movimento

O mesmo procedimento foi realizado para todos os subcritérios e critérios. No final da coleta de dados, o que haverá são vetores que guardam os pesos relativos entre os critérios e subcritérios e vetores que guardam o julgamento das alternativas sob a visão de cada critério, ou subcritério.

No final dessa modelagem esses diversos vetores são agregados para fornecer o valor final das alternativas. Com isso, as alternativas poderão ser, inclusive, ordenadas. Essa agregação é feita através de uma função linear $f(a)$ aditiva que atribuirá a cada alternativa um valor final. As

alternativas serão ordenadas e as que possuírem maior magnitude serão as preferíveis.

$$f(a) = \sum_{j=1}^n w_j v_j(a)$$

Onde:

w_j = peso do j -ésimo critério;

v_j = desempenho da alternativa “ a ” com relação ao j -ésimo critério.

A figura B.3 mostra a tela do software EC 11.5, da empresa *Expert Choice*. Nela, estão mostrados a estrutura hierárquica dos critérios e o resultado final para cada uma das alternativas no canto superior direito da figura. Observar que a alternativa preferível são as *Redes Ad-Hoc*, seguida das *Redes Rádio UWB*.

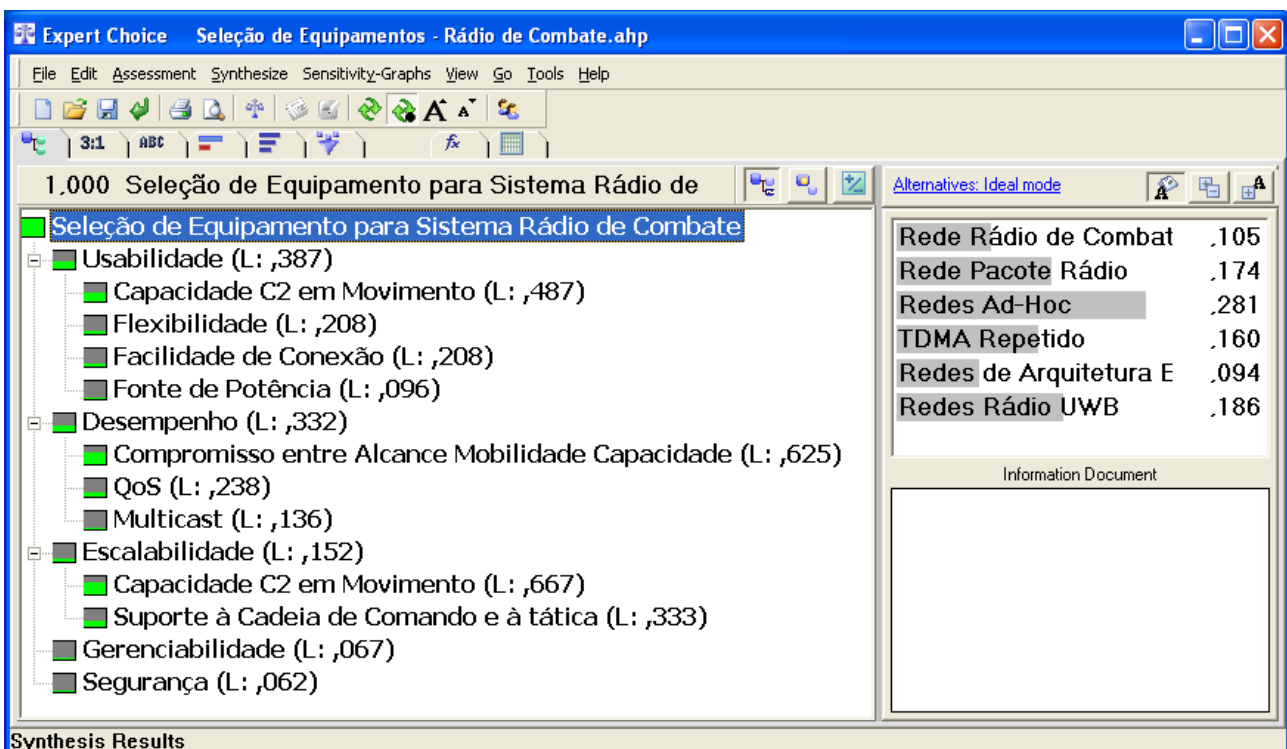


Figura B.3: Tela do software EC 11.5, da *Expert Choice*, mostrando o modelo montado e com solução no canto superior direito

Uma outra maneira de avaliar as alternativas é através do procedimento *Absolute Measurement* (medida absoluta) também descrito

em Saaty (2006). Na comparação absoluta as diversas alternativas são comparadas com uma escala onde cada alternativa será associada a um valor estabelecido para essa escala, também sob a óptica de cada um dos critérios. Quando se possui uma quantidade muito grande de alternativas não será viável aplicar o AHP de maneira diferente dessa. O problema abordado nesse estudo de caso possui uma quantidade limitada de alternativas. Por isso, não foi necessário utilizar as medidas absolutas.

B.4. Análise de sensibilidade

O software EC 11.5 possui vários recursos gráficos para a realização de análise de sensibilidade. Nele são analisados os impactos que mudanças nos critérios terão sobre as alternativas. A figura B.4 ilustra esses recursos para a realização da análise de sensibilidade.

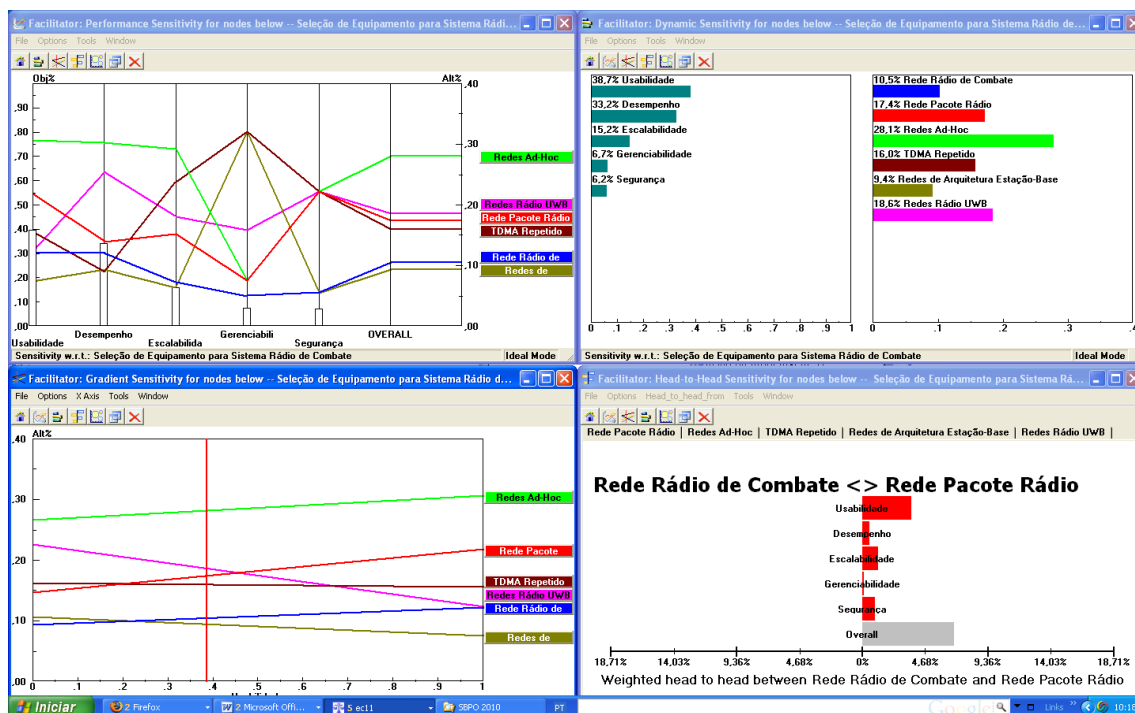


Figura B.4: Tela do software EC 11.5, da *Expert Choice*, mostrando opções gráficas para a realização da análise de sensibilidade.