



Universidade Federal de Rio Grande – FURG
Curso de Especialização em Gestão de Operações e Logística

CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE SYLVIO DE CAMARGO
CORPO DE FUZILEIROS NAVAIS DA MARINHA DO BRASIL

2º-T-FN Hamidou TAMBADOU

Aplicação do método AHP para a escolha multicritério de
Barcos para a companhia dos comandos anfíbios do SENEGAL

Rio de Janeiro, RJ
2019

2°T-FN Hamidou TAMBADOU

Aplicação do método AHP para a escolha multicritério de
Barcos para a companhia dos comandos anfíbios do SENEGAL

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como parte dos requisitos
necessários à obtenção do certificado de
Especialista em Gestão de Operações e
Logística pela Universidade Federal do
Rio
Grande em cooperação com o Centro de
Instrução Almirante Sylvio de
Camargo, Corpo de Fuzileiros Navais
da Marinha do Brasil.

Orientador :
Prof. Dr. Paulo Munhoz

Aplicação do método AHP para a escolha multicritério de Barcos para a companhia dos comandos anfíbios do SENEGAL

Résumé : O desempenho da cadeia logística requer um domínio perfeito dos três elos desta cadeia, a saber: logística upstream, logística interna e logística downstream. O primeiro elo nesta cadeia de suprimentos é de suma importância para cada estrutura. Os gerentes tendem a lidar com vários fornecedores, mas geralmente precisam decidir escolher um deles. A seleção destes torna-se uma decisão estratégica que tem um impacto crucial no desempenho da estrutura. Ao fazer essa escolha, muitas vezes é necessário considerar vários critérios simultaneamente. Vários modelos na literatura têm se concentrado no processo de múltiplos critérios de apoio à decisão. Neste artigo, baseamos-nos no método AHP, a fim de aplicar a uma escolha multidimensional de fornecedores. Essa abordagem de classificação de vários critérios foi aplicada à melhor escolha de barco para a empresa.

Palavras-chave: suporte à decisão, escolha multicritério, fornecedores, método AHP

1. INTRODUÇÃO

As empresas estão em contato com um grande número de fornecedores. A seleção destas é uma tarefa importante, com impacto crucial no desempenho das atividades dessa estrutura.

Na literatura, vários autores têm tratado dos problemas de seleção e avaliação de fornecedores. Dois trabalhos principais, constituindo uma referência neste campo, examinaram os critérios de avaliação dos fornecedores, bem como o aspecto multidimensional do problema. Dickson (1966) conduziu uma pesquisa com 274 empresas americanas e canadenses na década de 1960 e identificou 23 critérios usados pelas empresas para selecionar seus fornecedores. Ele enfatizou que a seleção ou escolha de fornecedores é uma decisão com vários critérios, porque é muito raro que um fornecedor possa ter um bom desempenho em todos os critérios de avaliação. Webber e Al (1991) analisaram 74 artigos publicados entre 1966 e 1990 sobre a avaliação de fornecedores. Eles confirmaram o uso dos critérios de Dickson, dando-lhes uma classificação importante. Assim, encontramos o famoso pódio dos critérios com o preço em primeiro lugar, o tempo de entrega em segundo lugar e o critério de qualidade em terceiro lugar. Além disso, Webber e Al mostraram que 64% dos casos consideram mais de um critério por vez. Isso confirma os critérios múltiplos ou a natureza multidimensional do problema de escolha ou seleção de fornecedores.

Este trabalho de pesquisa aplicada enfoca uma classificação multidimensional de embarcações de combate para a SENEGAL Marine Commandos Company. A seguir, apresentaremos primeiro uma revisão da literatura referente à avaliação de fornecedores de embarcações, focando a abordagem a ser adotada. A aplicação da abordagem de classificação

multicritério será explicada mais adiante através de um exemplo de uma hierarquia hierárquica.



2. REVISÃO DA LITERATURA

Na presença de um único critério de avaliação, a escolha dos fornecedores seria óbvia. No entanto, a consideração simultânea de vários critérios tornou essa tarefa um pouco mais complicada. Vários modelos foram apresentados na literatura de classificação multicritério

(CMC) que poderiam ser utilizados para a escolha dos vasos. Vamos nos concentrar a seguir no método AHP (Analytic Hierarchy Process) desenvolvido em 1980 por Saaty.

O AHP é recomendado para resolver problemas complexos com uma decisão de vários critérios. A força dessa abordagem (Al-Harbi, 2001) (Skibniewski e Al, 1992) é que ela organiza os fatores de maneira estruturada e, ao mesmo tempo, fornece uma solução relativamente simples para os problemas de tomada de decisão. Torna possível dissecar um problema de maneira lógica, passando de um nível superior para um nível inferior, até chegar a uma comparação simples para cada par de critérios; depois, é possível voltar ao nível superior para a tomada de decisões.

Na aplicação do AHP, a importância ou peso relativo dos critérios é determinado após consulta a especialistas ou organização de entrevistas ou reuniões de grupo. Nesse nível, os critérios devem ser comparados em pares separadamente, usando uma abordagem de avaliação qualitativa ou quantitativa. Em geral, uma escala numérica de nove pontos, chamada de escala de Saaty, é recomendada para comparações. Essa escala está detalhada na Tabela I:

Tabela I: Escala de Saaty

Poids ou intensité de la comparaison	Julgamento de preferência
1	Mesma importância
3	Importância moderada
5	Alta importância
7	Muito importante
9	Importância extrema ou importância absoluta
2, 4, 6, 8	Usado para julgamentos intermediários em comparação com os listados acima

No processo de análise hierárquica, a importância relativa do componente ou critério *i* em relação ao componente *j* é determinada usando a escala Saaty e é atribuída ao valor (*i, j*) posição da matriz de comparação em pares.

Automaticamente, o inverso do número atribuído é associado à (*j, i*) éxima posição de acordo com a regra a seguir

$$a_{ij} > 0 \quad a_{ji} = \frac{1}{a_{ij}} \quad a_{ij} = 1 \quad \forall i$$

Depois que a matriz de comparação em pares é formada, os valores próprios associados a essa matriz são determinados. A escolha será baseada no valor próprio mais alto. Para o último, é uma questão de determinar o vetor próprio associado. Os termos desta coluna da matriz constituem os pesos ou coeficientes de importância dos vários critérios. Deve-se notar que o procedimento de cálculo descrito por WABALICKIS (1987) e CHENG e AL (2001) é utilizado para obter o vetor próprio. Usando este procedimento, podemos identificar coeficientes de importância padronizados com uma soma igual a 1 ou 100% se eles forem expressos como uma porcentagem. Uma pontuação ponderada é então calculada para cada

indivíduo, a fim de classificá-las posteriormente em ordem decrescente de acordo com essa pontuação. Assim, a pontuação de cada indivíduo é calculada da seguinte forma:

$$Y_{ij}^{\hat{c}} = \frac{Y_{ij} - \min_{i=1 \dots n} \{ Y_{ij} \}}{\max_{i=1 \dots n} \{ Y_{ij} \} - \min_{i=1 \dots n} \{ Y_{ij} \}}$$

A pontuação se cada indivíduo for calculado como uma pontuação ponderada. Assim, considera-se os coeficientes ou autovalores relativos a cada critério de classificação e também valores padronizados da seguinte forma:

$$S_i = \sum_{j=1}^n \lambda_j Y_{ij}^{\hat{c}} = \lambda_1 Y_{i1}^{\hat{c}} + \lambda_2 Y_{i2}^{\hat{c}} + \dots + \lambda_n Y_{in}^{\hat{c}}$$

Nesta abordagem de classificação hierárquica, também é possível verificar a consistência de nossa abordagem calculando a consistência ou razão de consistência (CR). Este último constitui um teste de aceitação dos pesos dos diferentes critérios. Esta etapa visa detectar quaisquer inconsistências na comparação de cada par de critérios. A razão de coerência CR é calculada da seguinte forma

$$CR = CI/RI$$

Com o IC, o índice de consistência e o IR, um índice aleatório. O índice de consistência é calculado da seguinte forma:

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$$

λ_{max} : valor próprio máximo; n: número de critérios

O índice aleatório é um valor que depende do tamanho da matriz, ou seja, número de critérios considerados

Tabela II: Índice Aleatório

Tamanho da matriz	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

De acordo com o trabalho de Yurdakul et al (2004), o valor de RC deve ser menor que 0,1 para concluir que os julgamentos de comparação aos pares são consistentes. Por outro lado, se o valor de RC for maior que 0,1, os coeficientes da matriz são inconsistentes e não podem ser utilizados para análises posteriores (Wong et al, 2007).

O AHP tem sido aplicado em diversas áreas, como compra de carros (Byun, 2001), seleção de fornecedores (Tam et al, 2001) e seleção de fornecedores de software (Mamaghan, 2002). Yurdakul (2004) também adotou a abordagem AHP para a escolha de máquinas de produção. Esse também foi o caso da escolha de vários critérios da localização de uma planta por Chan et al (2004).

No nosso caso, aplicaremos o método AHP para a escolha de barcos para a companhia dos comandos marítimos.

3. AHP (Analytic Hierarchy Process)

O AHP é definido como aproximação para tomada de decisão que envolve estruturação de multicritérios de escolha em uma hierarquia. O método avalia a importância relativa entre critérios, compara alternativas para cada critério, e determina um ranking total das alternativas (DECISION SUPPORT SYSTEMS GLOSSARY, 2006).

O Processo de Hierarquia Analítica (AHP) é uma teoria da medida relacionada com a derivação de prioridades de dominância de comparações de elementos homogêneos em relação a um critério ou atributo comum (SAATY, 1994). Esse método cria uma hierarquia de fatores e calcula valores para cada um desses fatores, formando comparações entre pares. (RODRÍGUEZ; ORTEGA; CONCEPCIÓN, 2013).

As vantagens desta decomposição hierárquica obtida pelo AHP são claras. Ao estruturar o problema desta forma, é possível entender melhor a decisão a ser alcançada, os critérios a serem utilizados e as alternativas a serem avaliadas. (MU; PEREYRA-ROJAS, 2017).

Segundo Saaty (1991) é possível descrever o fundamento do método AHP como a decomposição e síntese das relações entre os critérios de forma a chegar a uma priorização dos indicadores, e então se aproximando de uma melhor resposta de medição única de desempenho. Assim, o autor reconhece que a teoria da análise hierárquica possibilita a diminuição de falhas nos processos de tomada de decisões, uma vez que reduz o estudo desse tipo de processo a uma sequência de comparações em pares (dois a dois). As etapas do referido método multicritério seguem abaixo:

Etapa 1: o problema é decomposto em uma hierarquia de metas, critérios, subcritérios e alternativas;

Etapa 2: os dados são coletados de peritos ou tomadores de decisão correspondentes à estrutura hierárquica, na comparação par a par de alternativas em uma escala qualitativa;

Etapa 3: as comparações em pares dos vários indicadores gerados no passo 2 são organizadas em uma matriz quadrada;

Etapa 4: O autovalor principal e o autovetor direito normalizado correspondente da matriz de comparação;

Etapa 5: avalia-se a consistência da matriz de ordem n.

Etapa 6: A classificação de cada alternativa é multiplicada pelos pesos dos subcritérios e agregada para obter classificações locais em relação a cada critério. As classificações locais são então multiplicadas pelos pesos dos critérios e agregadas para obter classificações globais.

4. Aplicação do AHP

A companhia dos comandos anfíbios do SENEGAL foi criada recentemente e requer materiais, incluindo barcos, para garantir sua mobilidade. Ele lida com um grande número de fornecedores nesse campo, mais precisamente com empresas com sede na França. Foi realizada uma pré-seleção preliminar para tomar a melhor decisão, permitindo a retenção de 25 fornecedores. A classificação multidimensional dos fornecedores foi realizada de acordo com quatro critérios, a saber: qualidade do barco (QB), capacidade do barco (CB), preço (PB) e conforto (Cf). Os dados para os vinte e cinco fornecedores são apresentados na Tabela 3. Esses quatro critérios de classificação de fornecedores têm unidades de medida diferentes. De fato, a capacidade do barco está relacionada ao número de caças a serem embarcados, a qualidade do barco diz respeito à originalidade, o preço é medido em dólar e o conforto diz respeito à facilidade nas atividades. Isso nos leva a normalizar os dados iniciais, a fim de não influenciar o cálculo das pontuações usadas para a classificação de fornecedores. Os dados assim transformados são mostrados na Tabela 4.

O primeiro passo no método AHP é formular a matriz de comparação para cada par de critérios. Uma consulta com o gerente de compras foi essencial para definir os coeficientes de comparação para cada par de critérios de acordo com a escala de Saaty. O envolvimento do gerente de compras, e possivelmente de sua equipe, é essencial nesse nível, porque eles estão na melhor posição para avaliar a importância relativa dos critérios em pares. A matriz que agrupa todos os coeficientes é a seguinte:

	QB	CB	PB	Cf
QB	1	2	3	5
CB	0.5	1	2	4
PB	0.33	0.5	1	2
Cf	0.2	0.25	0.5	1

Tabela 1 - Avaliação dos Critérios

O segundo passo é desenvolver a matriz de decisão padronizada:

	QB	CB	PB	Cf
QB	0,49	0,53	0,46	0,42
CB	0,25	0,27	0,31	0,33
PB	0,16	0,13	0,15	0,17
Cf	0,10	0,07	0,08	0,08

Tabela 2 - Matriz normalizada da avaliação dos Critérios

Coeficientes de importância dos critérios

Critères	Coeficientes
qualidade do barco (QB)	48%

capacidade do barco (CB)	29%
Préço do barco (PB)	15%
Confort (Cf)	8%

A pontuação de cada fornecedor i será calculada da seguinte forma:

$$S_i = 0,48 \cdot Y_i^1 + 0,29 \cdot Y_i^2 + 0,15 \cdot Y_i^3 + 0,08 \cdot Y_i^4$$

Antes de calcular as pontuações ponderadas, é essencial testar a coerência das comparações aos pares no nível da matriz e isso calculando a razão de coerência CR.

$$CR = \frac{\frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}}{RI} = \frac{4,02 - 4}{4 - 1} = 0,007$$

A razão de coerência está bem abaixo de 0,1, o que confirma a coerência dos julgamentos no nível da matriz. O cálculo das pontuações dos diferentes fornecedores e sua classificação multicritério são apresentados na Tabela VI.

A análise dos resultados mostra que o melhor fornecedor é o F3 com uma pontuação de 72%, seguido pelo fornecedor F15 com uma pontuação de 71,3% e em terceiro o fornecedor F22 com um desempenho de 69,5%. Cabe ressaltar que esse escore representa o desempenho de cada fornecedor, simultaneamente, de acordo com todos os critérios de avaliação. Assim, uma análise da extensão das pontuações dos fornecedores mostra uma faixa muito ampla de 49,2%, uma vez que a pontuação máxima é de 72% enquanto a pontuação mínima é de 22,8%. Isso permite concluir que as diferenças de desempenho entre os fornecedores são muito importantes. Usando essa abordagem do AHP, que calcula a pontuação de cada fornecedor, a empresa pode selecionar em ordem de prioridade os fornecedores de barcos com os quais negociará. Os resultados encontrados também podem servir de base para a implementação de uma classificação ABC de fornecedores de acordo com o princípio de Pareto.

Tabela 3: Dados brutos iniciais

Fornecedores	QE (%)	CE	PE em \$	Cf (%)
F1	80	6	10595	78
F2	85	9	14995	84
F3	90	14	25995	89
F4	75	16	33995	73
F5	76	9	14800	78

F6	83	9	14900	84
F7	77	9	14850	81
F8	84	14	26100	89
F9	78	14	14855	80
F10	69	16	33100	71
F11	76	24	40125	79
F12	88	6	11500	91
F13	86	6	11450	89
F14	75	9	14850	78
F15	87	16	34100	85
F16	80	22	38100	85
F17	75	24	40250	78
F18	80	9	14875	78
F19	81	7	11200	80
F20	79	8	9300	84
F21	89	9	15100	85
F22	81	22	38000	83
F23	78	24	40150	82
F24	85	7	12100	80
F25	90	6	11500	89

Tabela 4 : Dados iniciais transformados

Fornecedores	QE	CE	PE	Cf
F1	0,478	0,000	0,042	0,350
F2	0,696	0,167	0,184	0,650
F3	0,913	0,444	0,539	0,900
F4	0,261	0,556	0,798	0,100
F5	0,304	0,167	0,178	0,350
F6	0,609	0,167	0,181	0,650
F7	0,348	0,167	0,179	0,500
F8	0,652	0,444	0,543	0,900
F9	0,391	0,444	0,179	0,450
F10	0,000	0,556	0,769	0,000
F11	0,304	1,000	0,996	0,400
F12	0,826	0,000	0,071	1,000
F13	0,739	0,000	0,069	0,900
F14	0,261	0,167	0,179	0,350
F15	0,783	0,556	0,801	0,700

F16	0,478	0,889	0,931	0,700
F17	0,261	1,000	1,000	0,350
F18	0,478	0,167	0,180	0,350
F19	0,522	0,056	0,061	0,450
F20	0,435	0,111	0,000	0,650
F21	0,870	0,167	0,187	0,700
F22	0,522	0,889	0,927	0,600
F23	0,391	1,000	0,997	0,550
F24	0,696	0,056	0,090	0,450
F25	0,913	0,000	0,071	0,900

Tableau 5 : Peso de cada alternativo

Fornecedore s	Pesos
F1	0,264
F2	0,462
F3	0,720
F4	0,414
F5	0,249
F6	0,420
F7	0,282
F8	0,595
F9	0,380
F10	0,276
F11	0,617
F12	0,487

F13	0,437
F14	0,228
F15	0,713
F16	0,683
F17	0,593
F18	0,333
F19	0,312
F20	0,293
F21	0,550
F22	0,695
F23	0,671
F24	0,400
F25	0,521

Tabela 6: classificação

Fornecedores	Pesos	classificação
F3	0,720	1
F15	0,713	2
F22	0,695	3
F16	0,683	4
F23	0,671	5
F11	0,617	6
F8	0,595	7
F17	0,593	8
F21	0,550	9
F25	0,521	10
F12	0,487	11
F2	0,462	12
F13	0,437	13
F6	0,420	14
F4	0,414	15
F24	0,400	16
F9	0,380	17
F18	0,333	18
F19	0,312	19
F20	0,293	20
F7	0,282	21
F10	0,276	22
F1	0,264	23
F5	0,249	24

F14	0,228	25
-----	-------	----

5. Considerações finais

A aplicação do método AHP para a classificação multicritério dos fornecedores possibilitou incluir, além do critério clássico, capacidade da embarcação, novos critérios de mensuração do aspecto qualitativo. Isso fortalece ainda mais o gerente de compras na escolha multicritério de tomada de decisão ou na seleção de seus fornecedores.

Além disso, em termos de relacionamento cliente-fornecedor, a companhia poderá estabelecer uma política de preços direcionada de acordo com o desempenho de cada fornecedor. Considerando também as pontuações calculadas, que incorporam um aspecto quantitativo e qualitativo dos barcos propostos, a companhia poderia apoiar os fornecedores mais merecedores através da assistência de outros serviços.

Essa abordagem de classificação de fornecedores multicritério AHP permanece flexível através da alteração dos critérios de avaliação ou da integração de novos critérios para selecionar ou priorizar melhor os fornecedores. Finalmente, como uma extensão deste trabalho de pesquisa, uma análise de sensibilidade pode ser conduzida alterando ligeiramente os coeficientes da matriz de comparação pareada e ver o impacto no nível de classificação dos fornecedores. Isso tornará possível detectar o impacto subjetivo da configuração dos coeficientes de comparação aos pares.

REFERENCES

- G.W. Dickson. (1996), An analysis of vendor selection systems and decisions, *Journal of purchasing* 2, 5-17
- C.A.Weber, J.R.Current, W.C.Benton.(1991), Vendor selection criteria and methods, *European Journal of Operational Research* 50, 2–18.
- T. L. Saaty. (1980), *The Analytic Hierarchy Process, Planning, Priority Setting, Resource Allocation*. McGraw-Hill, New York.
- Al-Harbi, K.M.A.-S. (2001), Application of the AHP in project management, *International Journal of Project Management*,19,19-27.
- Skibniewski, M.J. and Chao, L. (1992), Evaluation of advanced construction technology with AHP method, *Journal of Construction Engineering and Management*, ASCE, vol118 No. 3, 577-93.
- Chang, C.W., Wu, C.R., Lin, C.T. and Chen, H.C. (2007), An application of AHP and sensitivity analysis for selecting the best slicing machine, *Computers & Industrial Engineering*, Vol. 52, 296-307.
- Wabalickis, R.N. (1987), Justification of FMS with the analytic hierarchy process, *Journal of Manufacturing Systems*, Vol. 7 No. 3, 175-82.
- Cheng, E.W.L. and Li, H. (2001), Analytic hierarchy process: an approach to determine measures for business performance, *Measuring Business Excellence*, Vol. 5, 30-6.
- Yurdakul, M. and Tansel, Y. (2004), AHP approach in the credit evaluation of the manufacturing firms in Turkey, *International Journal of Production Economics*, Vol. 88, 269-89.
- Wong, J.K. and Li, H. (2007), Application of the analytic hierarchy process (AHP) in multi-criteria analysis of the selection of intelligent building systems, *Building and Environment*, Vol. 43 No. 1, 108-25.
- Byun, D.H. (2001), The AHP approach of selecting an automobile purchase model, *Information & Management*, Vol. 38, 289-97.
- Tam, M.C.Y. and Tummala, V.M.R. (2001), An application of the AHP in supplier selection of a telecommunications system, *Omega*, Vol. 29 No. 2, 171-82. DE ALMEIDA, A. T., DE ALMEIDA, J. A., COSTA, A. P. C. S. e Almeida-filho, A. T. (2016). A new method for elicitation of criteria weights in additive models: Flexible and interactive tradeoff. *European Journal of Operational Research*, 250(1): 179-191.

DE ALMEIDA, J. A., COSTA, A. P. C. S. E Almeida-Filho, A. T. (2016) A new method for elicitation of criteria weights in additive models: Flexible and interactive tradeoff. *European Journal of Operational Research*, 250(1): 179-191.

DIABY, V.; GOEREE, R. How to use multi-criteria decision analysis methods for reimbursement decision-making in healthcare: a step-by-step guide. *Expert Review of Pharmacoeconomics & Outcomes Research*, v. 14, n. 1, p. 81–99, 2014.

FREJ, E. A. et al. Fitradeoff Na Problemática De Ordenação : Modelagem E Aplicação. In: XLIX SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL, 49, 2017, Blumenau. Anais... Blumenau, 2017

FEES, E.; GERFIN, M.; MUEHLHEUSSER, G. Contracts as rent-seeking devices: Evidence from german soccer. *Economic Inquiry*, v. 53, n. 1, p. 714–730, 2015.

FRICK, B. Performance, salaries, and contract length: Empirical evidence from German soccer. *International Journal of Sport Finance*, v. 6, n. 2, p. 87–118, 2011.

DE ALMEIDA, J. A., COSTA, A. P. C. S. E Almeida-Filho, A. T. (2016) A new method for elicitation of criteria weights in additive models: Flexible and interactive tradeoff. *European Journal of Operational Research*, 250(1): 179-191.

DIABY, V.; GOEREE, R. How to use multi-criteria decision analysis methods for reimbursement decision-making in healthcare: a step-by-step guide. *Expert Review of Pharmacoeconomics & Outcomes Research*, v. 14, n. 1, p. 81–99, 2014.

FREJ, E. A. et al. Fitradeoff Na Problemática De Ordenação : Modelagem E Aplicação. In: XLIX SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL, 49, 2017, Blumenau. Anais... Blumenau, 2017

Mamaghani, F. (2002), Evaluation and selection of an antivirus and content filtering software, *Information Management & Computer Security*, Vol. 10 No. 1, 28-32.

Yurdakul, M. (2004), AHP as a strategic decision-making tool to justify machine tool selection, *Journal of Materials Processing Technology*, Vol. 146 No. 3, 365-76.

Chan, A.H.S., Kwok, W.Y. and Duffy, V.G. (2004), Using AHP for determining priority in a safety management system, *Industrial Management & Data Systems*, Vol. 104 No. 5, 430-45.

[View publication](#)