

CAPÍTULO VII REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

“Excelência é uma arte conquistada pelo treino e hábito. Nós não agimos certo porque temos virtuosidade ou excelência, mas preferencialmente as temos porque agimos certo. Nós somos o que fazemos repetidamente. Excelência, então, não é um ato, mas um hábito”. Aristóteles.

- ABNT** - Associação Brasileira de Normas Técnicas. Coletânea de normas de sistemas da qualidade. ABNT. Rio de Janeiro, 2001.
- Alcântara**, P. Uma Metodologia para Desenvolvimento dos Indicadores Estratégicos em Logística. Dissertação de Mestrado em Ciências em Sistemas e Computação - Instituto Militar de Engenharia - IME, Rio de Janeiro, 1997.
- Alves**, R.S. Logística: solução para o mercado virtual brasileiro - estudo de caso. Dissertação de Mestrado - Pós-graduação em Engenharia de Produção - UFSC. Florianópolis, 2001.
- Andrade**, F.F. O Método de Melhorias PDCA. Dissertação de Mestrado em Engenharia pela Escola Politécnica da USP. São Paulo, 2003.
- Antochiw**, E.R. Administração da Produção. São Paulo. Disponível no Site: <http://www.platano.com.br/Biblioteca/adm/admprodu.htm> Acesso Set/2001.
- Assis**, R. O desafio da Logística. São Paulo. Disponível no Site: <http://www.intermanagers.com.br/indexBRA00.html> Acesso Jul/2001.
- Atkinson**, A.A.; Waterhouse, J. H.; Wells, R. B. A Stakeholder Approach to Strategic Performance Measurement. Sloan Management Review. v.38, n.3, p.25-37, 1997
- Ballou**, R.H. Logística Empresarial: transporte, administração de materiais e distribuição física. Tradução de Yoshizaki, H.T.Y. Ed. Atlas, São Paulo, 1993.
- Ballou**, R.H. Logística Empresarial: transporte, administração de materiais e distribuição física. Ed. Atlas, São Paulo, 1995.
- Beamon**, B.M. Measuring supply chain performance. University of Cincinnati, Ohio (USA). International Journal of Operations & Production Management, v.19 n.3, p. 275-292. Cincinnati, 1999.
- Bernstein**, P.L. Desafios aos Deuses: a fascinante história do risco; tradução Ivo Korytowski. Ed. Campus, Rio de Janeiro, 1997.
- Beuren**, I. M. Gerenciamento da Informação – um recurso estratégico no processo de gestão empresarial. Ed. Atlas, São Paulo, 1998.
- Bond**, E. Medição de Desempenho para um cenário de empresas de uma cadeia de suprimentos. Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos - USP. São Carlos, 2001.
- Bowersox**, D.J; Closs, D.J. Logistical management: the integrated supply chain process, Ed. McGraw-Hill, New York (USA), 1996.
- Bowersox**, D.J. e Closs, D.J. Logística Empresarial: O Processo de Integração da Cadeia de Suprimentos. Ed. Atlas, São Paulo, 2001.
- Brown**, M.G. Keeping Score: Using the Right Metrics to Drive World-Class Performance, Ed. Quality Resources, New York (USA), 1996.

Cameira, R.F, e Caulliraux, H.M. Engenharia de Processos de Negócios: considerações metodológicas com vistas à análise e integração de processos. III SIMPOI, São Paulo, 2000.

Carpinetti, L. C. R. Proposta de um Modelo Conceitual para o Desdobramento de Melhorias Estratégicas, *Gestão & Produção*, v.7, n.1, p.29-42, 2000.

Carvalho, M.M. e Machado, S.A. Indicadores de Desempenho: O caso de uma Instituição de Pesquisa. Anais do XVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção - ENEGEP. UFRGS/PPGEP, Porto Alegre, 1997.

Cavanha F.O. e Armando O. Logística: Novos Modelos. Ed. Qualitymark, Rio de Janeiro, 2001.

Ching, H.Y. Gestão de Estoques na Cadeia de Logística Integrada - Supply Chain. Ed. Atlas, São Paulo, 1999.

Christopher, M. Logística e Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos: estratégias para a redução de custos e melhoria de serviços. Ed. Pioneira, São Paulo, 1997.

Christopher, M. O marketing da logística. Ed. Futura, São Paulo, 1999.

CLM - Council of Logistic Management. World Class Logistics: The Challenge of Managing Continuous Change. Prepared by: The Global Logistics Research Team of Michigan State University. Michigan (USA), 1995.

Costa, D.B. Diretrizes para Concepção, Implementação, e Uso de Sistemas de Indicadores de Desempenho para Empresas de Construção Civil. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS. Porto Alegre, 2003.

Cox III, J.F. e Spencer, M.S. Manual da Teoria das Restrições; tradução Dietrich, F.K. Ed. Bookman, Porto Alegre, 2002.

CVM - Comissão de Valores Mobiliários. Disponível no Site: <<http://www.cvm.gov.br/>>. Acesso Mai/2003.

Dixon, J. R.; Nanni, A. J. Jr.; Vollmann, T. E. The New Performance Challenge: Measuring Operations for World – Class Competition. Ed. Dow Jones, Homewood (Irwin), 1990.

Dornier, P.P. Logística e Operações Globais: Textos e Casos. Ed. Atlas, São Paulo, 2000.

ECR Brasil, Associação. Visão Geral - Potencial de Redução de Custos e Otimização de Processos. Ed. Associação ECR Brasil, São Paulo, 1998.

Ferraz C.A. e Martins, R.A. Uma Revisão sobre os Métodos de Diagnóstico da Medição de Desempenho. p.564-575, V SIMPOI, São Paulo, 2002.

Figueiredo, K.; Arkader, R. Da distribuição física ao supply chain management. In: Fleury, P.F. Wanke, P. Figueiredo, K.F. (org.). Logística empresarial: a perspectiva brasileira. Cap.2, p. 49-55, Ed. Atlas, São Paulo, 2000.

Fleury, P.F., Wanke, P., Figueiredo, K.F. Logística Empresarial: a perspectiva brasileira. Coleção COPPEAD de Administração. Editora Atlas, São Paulo, 2000.

Fleury, P.F. *Supply Chain Management: Conceitos, Oportunidades e Desafios da Implementação*. CEL – Centro de Estudos em Logística. São Paulo, 2001.

FPNQ - Fundação para o Prêmio Nacional da Qualidade. Critérios de Excelência - O estado da arte da gestão da qualidade total. FPNQ, São Paulo, 1995.

- Gambôa**, F.A.R.; Bresciani Filho, E. Fatores Críticos de Sucesso na Implementação de Sistemas Integrados de Gestão de Recursos. X SIMPEP - Simpósio de Engenharia de Produção. São Paulo, Nov/2003.
- Gattorna**, J. Auditing Internal Logistics Performance. Ed. Gower, New York (USA), 1995.
- Gerolamo**, M.C.; Yamauti S.; Musetti M.A. Gestão estratégica da melhoria no desempenho logístico. V SIMPOI, São Paulo, Out/2002.
- Goldratt**, E.M & ROBERT E.F. A Corrida pela Vantagem Competitiva. Ed. Educator, São Paulo, 1994.
- Goldratt**, E.M. A Síndrome do Palheiro. Garimpendo Informação num Oceano de Dados. Ed. Educator, São Paulo, 1996.
- Gomes**, L.F.A.M. Tomada de Decisão em Cenários Complexos: introdução aos métodos discretos do apoio multicritério à decisão. Ed. Pioneira Thomson Learning, São Paulo, 2004.
- Gomes**, L.F.A.M. Tomada de Decisão Gerencial: enfoque multicritério. Ed. Atlas, São Paulo, 2002.
- Hronec**, S.M. Sinais Vitais: usando medidas de desempenho da qualidade, tempo e custos para traçar a rota para o futuro de sua empresa. Ed. Makron Books, São Paulo, 1994.
- IMAM**, Editora. Visão Sistêmica da Cadeia Logística. Movimentação & Armazenagem. v.115, p.70. São Paulo, Mar/2000.
- Juran**, J.M. A Qualidade desde o Projeto. Tradução Montingelli Jr., N. Ed. Pioneira, São Paulo, 1992.
- Kaplan**, R. S. *Measuring manufacturing performance: a new challenge for managerial accounting research. The Accounting Review*, v.58, n.4, p.686-705, Oct/1983.
- Kaplan**, R.S.; Norton, D.P. A Estratégia em Ação - *Balanced Scorecard*. Tradução Frazão Filho, L.E.T. Ed. Campos, Rio de Janeiro, 1997.
- Kaplan**, R.S.; Norton, D.P. Medindo o Desempenho Empresarial. *Harvard Business Review*, Ed. Campus, Rio de Janeiro, 2000.
- Kiyan**, F.M. Proposta para Desenvolvimento de Indicadores de desempenho como Suporte Estratégico. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos - USP. São Carlos, 2001.
- Lambert**, D.M.; Cooper, M.C.; e Pagh, J.D. *Supply Chain Management: More than a new name for logistics. The Ohio State University. The International Journal of Management - IJLM*. v.8, n.1, Ohio (USA), 1997.
- Lambert**, D.; Stock, J.R.; Vantine, J.G. Administração Estratégica da Logística. Vantine Consultoria, São Paulo, 1998.
- Lima**, R.O.C. Alinhamento de Estratégias Organizacionais à Tomada de Decisão de Investimento de Capital: Aplicação na Indústria de Beneficiamento de Café. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção - UFSC. Florianópolis, 2000.
- Loriggio**, A.F.D. Diagnóstico: Um Modelo e seus Fatores Críticos de Sucesso. Caderno de Pesquisas em Administração, v.1, n.2, São Paulo, 1º Sem./1996. Disponível no site: <http://www.ead.fea.usp.br/cad-pesq/arquivos/C02-art03.pdf>. Acesso Dez/2003.
- Lynch**, R.L. e Cross, K.F. *Measure up: yardsticks for continuous improvement*. Ed. Blackwell Business, Cambridge (UK), 1995.
- Martins**, P.G. e Campos, P.R. Materiais e Recursos Patrimoniais. Ed. Saraiva, São Paulo, 2001.

- Martins**, R.A. Sistemas de Medição de Desempenho: Um Modelo para Estruturação do Uso. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Produção, São Paulo, 1999.
- Martins**, R.A. e Menezes, M.T. Investigação sobre impactos do ERP na medição do desempenho, p.424-435, V SIMPOI, São Paulo, Out/2002.
- McGee**, J.; Prusak, L. Gerenciamento Estratégico da Informação. Ed. Campus, Rio de Janeiro, 1995.
- Mendes**, D.P. O *Balanced Scorecard* como instrumento de avaliação do nível de desempenho logístico em uma empresa de prestação de serviços. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção - UFSC, Florianópolis, 2002.
- Moreira**, D.A. Dimensões do desempenho em Manufatura e Serviços. Ed. Pioneira, São Paulo, 1996.
- Ñauri**, M.H.C. As medidas de desempenho como base para a melhoria contínua de processos: o caso da Fundação de Amparo à Pesquisa e Extensão Universitária. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Produção). Programa de Pós-graduação em Engenharia da Produção - UFSC, Florianópolis, 1998.
- Neely**, A.; Gregory, M.; Plantts, K. *Performance Measurement System Desing – A Literature Review and Research Agenda*. International Journal of Operations & Production Management, v.15, n.4, p.80-116, 1995.
- Neely**, A.; Richards, H.; Mills, J.; Platts, K.; Bourne, M. *Designing performance measures: a structured approach*. International Journal of Operations & Production Management, v.17, n.11, p.1131-1152, 1997.
- Novaes**, A.G. *Benchmarking rapid-transit services with Data Envelopment Analysis*. Anais do VIII Congresso Chileno de Ingeniería de Transporte, 1997.
- Novaes**, A.G. Logística e gerenciamento da cadeia de distribuição: estratégia, operação e avaliação. Ed. Campus, Rio de Janeiro, 2001.
- Pereira**, C.A.A. Priorização de Investimentos em uma Cadeia Logística Completa, Dissertação de Mestrado em Logística pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção - UFSC. Rio de Janeiro, 1999.
- Pessoa**, G. e Martins, R.A. Medição de Desempenho na Cadeia de Suprimentos: Uma Reflexão Teórica. IX SIMPEP - Simpósio de Engenharia de Produção, 2002.
- Porter**, M. E. Vantagem Competitiva: criando e sustentando um desempenho superior. Tradução de Braga, E.M.P. Ed. Campos, Rio de Janeiro 1989.
- Porter**, M. E. *What is strategy*. *Harvard Business Review*, p. 61-78, Nov-Dec/1996.
- Razzolini**, F.E. Avaliação do desempenho logístico de fornecedores de medicamentos: um estudo de caso nos hospitais paranaenses. Florianópolis. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-graduação em Engenharia da Produção - UFSC, Florianópolis, 2000.
- Reis**, M.A.S. O desafio da Logística. São Paulo. Disponível no Site: <http://www.intermanagers.com.br/indexBRA00.html> Acesso Jul/2001.
- Rentes**, A.F. TransMeth - Proposta de uma Metodologia para Condução de Processos de Transformação de Empresas. Tese de Livre Docência, Escola de Engenharia de São Carlos - USP. São Carlos, 2000.
- Rentes**, A.F.; Carpinetti, L.C.R. e Van Aken, E. *Measurement System Development Process: a pilot application and recommendations*. Anais do PMA Conference. Boston (USA), 2002.

- Rey**, M.F. Indicadores de Desempenho Logístico. Revista Movimentação & Armazenagem, v.110, p.86-90. São Paulo, Mai/1999.
- Rodríguez**, C.M.T. Avaliação do Nível de Desempenho de Sistemas Logísticos. Florianópolis: Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas - UFSC, Florianópolis, 1998.
- Saaty**, T. L. Método de Análise Hierárquica, Ed. Makron Books / Ed. McGraw-Hill, São Paulo, 1991.
- Santana**, Winston C.; Azevedo, I. e Lopes, R. Desempenho de uma Rede de Distribuição utilizando Métodos baseados em Critérios de Custo e Nível de Serviço. VI SIMPOI, São Paulo, 2003.
- Schmitt**, H. B. Modelo de avaliação de desempenho de operadores logísticos atuantes no setor agrícola de cargas a granel. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção - UFSC. Florianópolis, 2002.
- Schuch**, L.G.S. Estratégia de Manufatura, Sistema de PCP e Sistema de Medição e Avaliação de Desempenho: um estudo de caso. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção - UFSC. Florianópolis, 1998.
- Shimakura**, S. Disciplina CE003 - Estatística II, Capítulo sobre Correlação. Departamento de Estatística da UFPR. Set/2002. Disponível no site <http://www.est.ufpr.br/~silvia/CE003/node71.html>. Acesso Jan/2004.
- Sigoli**, M.E. Avaliação do Nível de Desempenho Logístico de Fornecedores. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção - UFSC. Florianópolis, 2001.
- Silva A.T.** Administração e Controle. Ed. Atlas, São Paulo, 1993.
- Silva**, H.G.C. Modelo de avaliação de desempenho na logística de suprimentos em indústrias do setor calçadista do vale do Rio Tijucas de Santa Catarina: aplicação do modelo. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção - Programa de Pós-Graduação em Eng. de Produção - UFSC. Florianópolis, 2002.
- Silva Neto**, J.M. O Papel do Sistema de Mensuração de Processos na Melhoria do Desempenho Empresarial. Dissertação de Mestrado - Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade - USP. São Paulo, 1998.
- Sink**, D.S.; Morris, W.T. *By What Method? Engineering and Management Press*. Institute of Industrial Engineers, Norcorss (GA), 1995.
- Smith**, E.A. Manual da Produtividade. Ed. Qualitymark, Rio de Janeiro, 1993.
- Sousa**, P.T. Logística Interna: modelo de reposição semi-automático de materiais e suprimentos - Um estudo de caso no SESC. Dissertação de Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção - UFSC, Florianópolis, 2001.
- Vansnick**, J.C.; Bana C.A. e Costa. *A fundamental criticism to Saaty's use of the eigenvalue procedure to derive priorities. First published in Great Britain by the Department of Operational Research London School of Economics and Political Science*, 2001.
- Vergara**, S.C. Projetos e Relatórios de Pesquisa em Administração. Ed. Atlas, São Paulo, 2000.
- Wood**, Jr.T.; Zuffo, P.K. *Supply Chain Management*. Revista de Administração de Empresas - RAE/FGV, v.38, n.3, p.55-63, São Paulo, 1998.

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO DE JANEIRO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA INDUSTRIAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO PROFISSIONAL EM LOGÍSTICA

APÊNDICE I

PROTOCOLO DE PESQUISA DE CAMPO

Pesquisador: Eng. Winston Carvalho Santana
Orientador: Prof. Nélio Domingues Pizzolato - IND/PUC Rio

I. Introdução

Este protocolo de pesquisa de campo é parte integrante no desenvolvimento da dissertação de Mestrado Profissional em Logística do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Industrial da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, com vistas à obtenção do título de Mestre em Logística.

O objetivo deste protocolo é gerar condições para se obter uma visão integrada da empresa onde esteja sendo desenvolvido um SMDL. Isso será possível, por meio da análise conjunta da organização com seu ambiente através da *identificação dos limites do Sistema de Medição de Desempenho Logístico - SMDL*, do alinhamento dos esforços organizacionais, com a *identificação da estratégia empresarial e seus Fatores Críticos de Sucesso*, bem como através do entendimento dos seus processos logísticos com a *identificação dos indicadores utilizados nesses processos e se esses indicadores compõem um SMDL alinhado a estratégia empresarial e aos FCS*. A obtenção desta visão integrada da empresa atende ao módulo de planejamento do processo de desenvolvimento de SMDL, conforme item 5.2.1, do Capítulo V.

A primeira ação é a descrição da estrutura de negócios da organização. Vale destacar que esta ação é necessária para a identificação dos atuais indicadores utilizados nos processos logísticos. A idéia aqui é representar o estado atual da organização, relacionando os processos logísticos na visão da organização.

Para que as atividades logísticas de uma determinada empresa, suas fronteiras e interfaces com clientes e fornecedores sejam bem definidas, deve ser utilizada uma Análise de *Input/Output*, criando-se uma visão geral com a identificação de todos os processos que agregam valor à "logística empresarial", conforme apresentado no Capítulo II. Assim, os indicadores devem ser mapeados como está configurado o SMDL atualmente utilizado pela empresa, de forma a apresentar como estruturalmente estes indicadores estão montados.

Na fase experimental, devem ser entrevistados os profissionais responsáveis por tomada de decisão, nos seguintes níveis: estratégico (diretor); tático (gerente de produção/logística, gerente de qualidade e/ou gerente de suprimentos); e operacional (engenheiros, supervisores e/ou operários). Caso exista alguém responsável pela medição de desempenho, este também deve ser entrevistado.

Neste contexto, o número mínimo de pessoas a serem entrevistadas é: uma no nível estratégico, duas no nível tático e duas no nível operacional. As entrevistas terão duração máxima de 2 horas e serão conduzidas pelo pesquisador nas instalações da empresa. Dependendo da disponibilidade do entrevistado, o tempo máximo previsto poderá ser de no mínimo 1 hora ou poderá ser alongado um pouco além das 2 horas. Entrevistas muito longas ou muito curtas serão evitadas.

II. Procedimentos de Campo

Preferencialmente, os profissionais serão entrevistados na seguinte ordem: 1º nível estratégico; 2º nível tático; 3º nível operacional, e serão baseadas em um roteiro de entrevista, estando uma cópia com o pesquisador e outra com o entrevistado. Este roteiro terá um texto introdutório apresentando a pesquisa. Quando o entrevistado permitir, será utilizado gravador. Caso contrário, serão feitas anotações durante a entrevista.

Os pontos a serem abordados serão colocados aos entrevistados de forma aberta e sem exercer nenhum tipo de indução à resposta a eles. Entretanto, outros tópicos considerados relevantes e que não constam no roteiro poderão ser explorados e incluídos no campo observações. Sempre que possível às respostas dos entrevistados serão fundamentadas por evidências concretas.

III. Roteiro de Entrevista

Antes das entrevistas, deve ser relatado ao entrevistado um breve resumo da pesquisa e de seu objetivo. Além disso, os objetivos da própria entrevista também devem ser apresentados. Na entrevista será utilizado um roteiro baseado nos

objetivos sublinhados anteriormente, além disso, serão coletadas outras evidências sobre a empresa, tais como: estrutura organizacional da empresa; informações gerais, como posição no mercado, anos de existência, número de empregados, tipos de produtos, tecnologias de informação utilizadas na medição de desempenho, entre outras informações consideradas relevantes.

Os materiais a serem levados na pesquisa de campo serão os seguintes: roteiro de entrevista e cópia para os entrevistados; gravador, fitas cassete e pilhas sobressalentes; e bloco de notas. De forma a complementar as informações obtidas nas entrevistas serão feitas algumas visitas às instalações da empresa.

Roteiro de Entrevista

Nome	Cargo/Nível	Data	Duração
------	-------------	------	---------

1. Identificação dos Limites do SMDL

Fornecedores ou Processos Anteriores	Inputs (Recursos)	Processos Logísticos	Outputs (Produtos)	Processos Subseqüentes ou Clientes
--------------------------------------	-------------------	----------------------	--------------------	------------------------------------

- ✓ Quais são os principais concorrentes diretos da empresa?
- ✓ Como é a relação da empresa com estes concorrentes acima descritos?
- ✓ Quais as alianças estratégicas estabelecidas?
- ✓ Como a empresa está estruturando a organização de sua cadeia de suprimentos?
- ✓ Qual a integração externa via sistemas de informação com clientes e fornecedores?
- ✓ Quais são os principais aspectos logísticos relativos ao ambiente externo geral da Empresa?

2. Identificação da Estratégia Empresarial e seus FCS

Nesta fase do roteiro de entrevista devem ser identificados, junto aos diretores da empresa, quais as metas e objetivos estratégicos, relacionados à logística, e os FCS que a empresa considera importantes para conduzi-la aos seus objetivos.

De forma a contextualizar o planejamento estratégico da empresa ou sua estratégia empresarial e os FCS que a levarão aos objetivos traçados, deve ser feita uma análise SWOT, com a identificação das maiores dificuldades, oportunidades, forças e fraquezas, relativas à logística, à luz do nível estratégico, tático e operacional, bem como à luz dos ambientes internos e externos.

3. Identificação dos indicadores utilizados nos processos Logísticos

Fornecedores	Inputs	Processo Crítico		Outputs	Clientes
Nome do Indicador	Objetivo	Fórmula	Meta/Prazo	Atividade Relacionada	Nível Hierárquico

3.1. Aspectos relativos à composição de um SMDL

- ✓ Existe sistema para planejar, avaliar, controlar e melhorar o desempenho?
 - ✓ Existem indicadores financeiros, não financeiros, qualitativos e quantitativos;
 - ✓ Têm indicadores internos e externos e ambos são integrados;
 - ✓ Têm indicadores de eficiência e eficácia;
 - ✓ Abrangem todo o processo, desde o fornecedor ao cliente;
 - ✓ Servem para comparações com padrões externos (*benchmarking*);
 - ✓ Identificam tendências e progressos no desempenho;
-
- ✓ Existe procedimento para coleta, processamento, análise e divulgação coerentes com o objetivo do indicador?
 - ✓ Está definida a frequência e quem coleta, processa, analisa e divulga os dados obtidos com os indicadores logísticos;
 - ✓ O conteúdo dos dados corresponde às necessidades?
 - ✓ A necessidade da informação é compatível com a frequência?
 - ✓ A apresentação dos resultados permite uma rápida e fácil comunicação?
 - ✓ Na divulgação dos indicadores prevalecem as formas de fácil visualização?
 - ✓ Os dados estão dispostos/armazenados em local/meio de fácil acesso?
 - ✓ Tornam as informações disponíveis aos usuários no menor tempo possível;
-
- ✓ Influenciam as atitudes das pessoas?
 - ✓ Os indicadores são de fácil compreensão?
 - ✓ As pessoas envolvidas no processo recebem *feedback*?

- ✓ Existe relação entre os indicadores e o sistema de recompensas?
 - ✓ Qual o papel dos indicadores na tomada de decisão?
 - ✓ As decisões ou ações são tomadas com base nos indicadores?
 - ✓ Auxiliam na tomada de decisão relativa aos aspectos logísticos;
 - ✓ É parte integrante dos sistemas de gestão das empresas.
-
- ✓ O erro/resultado indesejado é utilizado como oportunidade de aprendizado?
 - ✓ Há ciclos de controle nos quais os indicadores são analisados?
 - ✓ São feitas modificações para adaptar os indicadores às necessidades?
 - ✓ Os indicadores dão suporte a melhorias contínuas?

3.2. Aspectos de alinhamento a estratégia empresarial e aos FCS

- ✓ Os indicadores são congruentes com a estratégia competitiva;
- ✓ Como estão relacionados entre si e com a estratégia da empresa?
- ✓ Os indicadores do sistema foram selecionados em função das estratégias?
- ✓ Os indicadores avaliam os objetivos estratégicos?
- ✓ Os indicadores monitoram os processos críticos da empresa?
- ✓ Os indicadores são utilizados para tomada de decisão estratégica?

Observações de Campo

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO DE JANEIRO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA INDUSTRIAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO PROFISSIONAL EM LOGÍSTICA

APÊNDICE II
EXEMPLO DE APLICAÇÃO DO MÉTODO
ANALYTIC HIERARCHY PROCESS - AHP

I. Introdução

O Método de Análise Hierárquica ou *Analytic Hierarchy Process* - AHP está baseado na aplicação de uma ferramenta da Pesquisa Operacional, no campo da Análise de Decisões com Múltiplos Critérios. Segundo Gomes (2004), o Método de Análise Hierárquica foi um dos primeiros métodos desenvolvidos no ambiente das decisões multicritério discretas, sendo talvez o mais usado no mundo. Nesse método, o problema de decisão é dividido em níveis hierárquicos, facilitando sua compreensão e avaliação.

Antes de apresentar os fundamentos do método pelo qual será realizado o diagnóstico dos indicadores atualmente utilizados pela empresa, será realizada uma breve contextualização de onde está inserido esse processo de análise hierárquica. Segundo Gomes (2004), “com o fim da Segunda Guerra Mundial, em função da experiência obtida pelas Forças Aliadas sobre problemas logísticos militares, um grande número de organizações de pesquisa dedicou-se à análise e à preparação de decisões, usando a então recente Pesquisa Operacional”. Com o seu desenvolvimento surgiram os métodos de programação matemática ou otimização clássica para resolver problemas contínuos e encontrar a solução ótima de um problema, na procura do valor máximo/mínimo de uma única função-objetivo, submetida a várias restrições.

Mas muitos problemas tinham que ser resolvidos onde vários eram os objetivos a serem alcançados de forma simultânea. Assim, dentro da Pesquisa Operacional surgiram, na década de 70, as metodologias de Apoio Multicritério à Decisão. Segundo Gomes (2004), esses métodos valem-se de um enfoque diferenciado dos problemas e passam a atuar sob a forma de auxílio à decisão, não pretendendo apresentar ao decisor ou decisores uma solução para o problema, mas sim apoiar o processo de decisão ao recomendar ações a quem vai tomar a decisão.

O autor destaca que o processo de Apoio à Decisão Multicritério é, sob certas condições, um problema de otimização com diferentes funções-objetivo simultâneas e que é praticamente impossível existir uma alternativa ou solução

para a qual todas as funções-objetivo atinjam, ao mesmo tempo, seu valor ótimo. Na verdade é comum que uma solução seja melhor que outras em alguns dos objetivos, ao mesmo tempo em que, para os demais objetivos, essa mesma solução seja superada por outras. Nesses casos, a escolha se dará pela melhor alternativa dentro de um conjunto de alternativas satisfatórias. Vale ressaltar que esta metodologia pode ser aplicada a problemas discretos, quando se tem um número finito de soluções, e a problemas contínuos. Os métodos de otimização, para busca de uma solução ideal para um problema, são na verdade métodos contínuos porque se tem, em princípio, um número infinitamente grande de soluções.

Entre os métodos discretos de Apoio Multicritério à Decisão pode-se destacar o Método de Análise Hierárquica ou *Analytic Hierarchy Process* - AHP, criado pelo professor Thomas L. Saaty, em 1980, sendo hoje um dos mais usados no mundo. O AHP, proposto por Saaty (1991), é uma abordagem alternativa para se trabalhar com incertezas em processos de decisão. A escolha do método nesse trabalho deve-se, principalmente, a sua adequação para solução de problemas complexos que envolvem julgamentos subjetivos, considerando múltiplos critérios na avaliação comparativa dos elementos de um conjunto de n alternativas (indicadores mapeados) a serem ordenadas na presença de m atributos (requisitos básicos para SMDL), com base na percepção de analistas.

A aplicação do método produz como resultado a atribuição de pesos numéricos a objetivos e alternativas, através da comparação dos elementos, par a par. Os objetivos e as alternativas que contribuem para alcançá-los são estruturados hierarquicamente. No nível mais alto da hierarquia deve ser colocado o objetivo geral, logo abaixo objetivos intermediários, e sucessivamente até chegar ao nível das atividades através das quais se pretende alcançar o objetivo. A partir dessa estrutura, ou árvore hierárquica, são montadas matrizes para comparação dos elementos de cada nível.

O método se propõe a lidar com problemas complexos, não estruturados. De acordo com Saaty (1991), este modelo deve “incluir e medir todos os fatores importantes, qualitativa e quantitativamente mensuráveis, sejam eles tangíveis ou

intangíveis”. Deve também considerar “as diferenças e os conflitos de opiniões como nos casos da vida real”. Basicamente, o modelo trata da “decomposição do problema por hierarquias e síntese pela identificação de relações através de escolha consciente”. O problema, para ser modelado, é considerado em termos de sua estrutura hierárquica e de sua função. Conforme Saaty, “uma hierarquia é uma abstração da estrutura de um sistema para estudar as interações funcionais de seus componentes e seus impactos no sistema total”.

Após a hierarquização do problema, inicia-se a fase de avaliação com a comparação par a par, entre os atributos, e também entre as alternativas. Por meio desta comparação serão determinadas as importâncias relativas de cada atributo e alternativa, também conhecidas como pesos. As comparações devem ser feitas segundo a seguinte escala de julgamentos descritos no Quadro 17, a seguir.

Intensidade de Importância	Definição	Descrição
1	Importância igual	Duas alternativas contribuem igualmente para o objetivo.
3	Importância fraca de uma sobre a outra	A experiência e o julgamento favorecem levemente uma alternativa em relação outra.
5	Importância forte	A experiência e o julgamento favorecem fortemente uma alternativa em relação outra.
7	Importância muito forte	Uma alternativa é fortemente favorecida em relação a outra e sua dominância é demonstrada na prática.
9	Importância absoluta	A evidência favorecendo uma alternativa em relação a outra é do mais alto grau de certeza.

Quadro 17 - Escala de julgamento de importância do método AHP

A razão de ser utilizado a escala apresentada no Quadro 17 se deve à psicologia quantitativa, que é uma área da psicologia que trabalha precisamente com a expressão de preferências de pessoas ao longo de escalas e lida com processos cognitivos e escalas, para expressar a preferência com relação a aspectos totalmente subjetivos. Foram os estudiosos da psicologia quantitativa que descobriram que a melhor escala é aquela que termina em sete mais ou menos dois. Com isso evitam-se as armadilhas comuns em questionários como, por exemplo, a ancoragem - que é quando as notas ficam ancoradas em subintervalos da escala (Gomes, 2004).

Segundo Saaty (1991), esta escala foi construída partindo-se do princípio de que a percepção humana não consegue distinguir mais do que sete (mais ou menos dois) níveis diferentes de julgamento. Desta forma são obtidas várias matrizes recíprocas e positivas, cujo conteúdo são os julgamentos dos analistas, seguindo uma escala pré-definida de quociente ou razão entre valores previstos no Quadro 17, simbolizando uma preferência relativa entre as alternativas para aquele atributo. Após o preenchimento completo destas matrizes, o analista terá feito $n(n-1)/2$ comparações par a par, com “n” alternativas envolvidas no problema (ver exemplo completo no Apêndice II).

Durante o processo de comparações, o menor entre dois elementos A e B é tomado como unitário, e o maior é tomado como um múltiplo daquela unidade, prevalecendo o julgamento do decisor frente a duas alternativas. Para a construção da ordem de preferência de critérios e alternativas, é utilizado o conceito matemático de autovetores e autovalores, que induzem ao surgimento de inconsistências durante o processo de comparações par a par. Comparações paritárias são utilizadas porque o objetivo no AHP é derivar uma escala de valores relativos, recaindo-se assim em redundância de comparações. O método da análise hierárquica trabalha com autovalores nas comparações paritárias, permitindo que seja ajustada uma escala numérica, em especial em áreas novas em que medidas e comparações qualitativas sejam ainda inexistentes (Pereira, 1999).

Esta metodologia também deve ser aplicada para a definição dos pesos dos atributos utilizados, em todos os seus níveis, mas neste trabalho os pesos devem ser pré-estabelecidos junto com a definição de atributos de julgamento. De posse das importâncias relativas dos atributos é testada a integridade destes julgamentos, calculada por uma razão de consistência, que será mais bem detalhada nos próximos parágrafos. Caso a razão de consistência seja maior que 0,10, o decisor ou grupo de decisores é encorajado a rever seus julgamentos, buscando torná-los consistentes. Essa consistência é atingida com um valor menor ou igual a 0,10. A ordenação final é obtida pela soma ponderada das preferências de cada alternativa pelo peso de cada atributo (Saaty, 1991).

Assim, antes de assumir que este vetor expressa a ordenação resumida das diversas comparações, é necessário verificar a efetiva consistência destas comparações. Isto é, deve ser verificado se no momento do julgamento dos valores relativos dos critérios aos pares não houve inversões, ou pelo menos que estas inversões são mínimas e não comprometem o resultado do julgamento como um todo.

Assim, numa seqüência de julgamentos para um mesmo critério, se quer evitar incoerências como: sob um certo critério, são feitos os julgamentos entre as Opções A, B e C, com Opção A melhor que Opção B e Opção B melhor que Opção C. Nesta seqüência, um julgamento da Opção C melhor que Opção A seria inconsistente.

No caso do método AHP, como a comparação é cardinal, ou seja, há uma ponderação de valores nas opções, de seguinte forma: opção A é três vezes melhor que Opção B; opção B é duas vezes melhor que Opção C obviamente implica que; opção A é seis vezes melhor que Opção C. Logo não só julgamento invertido, do tipo Opção A é três vezes melhor que Opção C ou qualquer outra cardinalidade seriam inconsistentes.

Numa seqüência grande de julgamentos ponderados é praticamente impossível não haver inversões ou enganos nas cardinalidades. Para evitar que estas ocorram num número muito grande que prejudique a consistência do processo como um todo, o método AHP demanda um teste de consistência, baseado na chamada Razão de Consistência. Para isso, é necessário calcular o autovetor λ_{\max} , que é obtido pela multiplicação dos elementos das colunas da matriz de decisão, pelos critérios correspondentes do vetor de prioridades. A soma das linhas da matriz assim obtidas é dividida pelos critérios correspondentes do vetor de prioridades. Os valores assim calculados são somados e divididos pelo número de alternativas ou ordem da matriz de comparações (n).

Assim, o número obtido é uma aproximação para o autovetor máximo ou principal (λ_{\max}), que pode ser usado em estimativa de consistência como um reflexo da

proporcionalidade das preferências. Quanto mais próximo λ_{\max} for de n , mais consistente será o resultado. O desvio de consistência pode ser representado por $IC = (\lambda_{\max} - n) / (n-1)$, onde IC é o Índice de Consistência.

Para poder determinar a validade das comparações feitas, este IC deve ser dividido por um Índice Randômico IR, calculado para matrizes quadradas de ordem n pelo Laboratório Nacional de Oak Ridge, nos Estados Unidos. A seguir são apresentados os resultados de IR para matrizes de ordem de 1 a 15 usando uma amostra do tamanho 100. O Quadro 18, a seguir mostra a ordem das matrizes determinadas conforme descrito.

Ordem da Matriz(nxn)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Índice Randômico	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,48	1,56	1,57	1,59

Quadro 18: Recíprocas forçadas de Índice Randômico.

Assim, a razão de IC por IR médio, para matrizes de mesma ordem, é chamada Razão da Consistência (RC). Uma razão de consistência de 0,10 ou menor é considerada aceitável, para $n > 4$. Para um melhor entendimento dos conceitos apresentados aqui recomendasse uma consulta ao Apêndice II.

II. Elementos Fundamentais

Atributos ou Critérios - É em função de um conjunto finito de critérios que um número finito de alternativas são comparadas.

Correlação Binária - Quando duas alternativas são comparadas em função de um critério, realiza-se uma comparação binária, na qual uma alternativa pode ser preferível ou indiferente à outra.

Escala Fundamental - A cada alternativa associa-se um valor de prioridade sobre as outras alternativas, que será lido em uma escala numérica de números positivos e inteiros (Saaty, 1991).

Hierarquia - Um conjunto de alternativas ordenadas por ordem de preferência e homogêneas em seus respectivos níveis hierárquicos. No topo da hierarquia é colocado o objetivo global, enquanto nos níveis sucessivamente inferiores colocam-se os critérios que apresentam algum impacto no critério do nível superior. No último nível da hierarquia, devem estar as alternativas consideradas.

III. Processo Analítico

O decisor, ou grupo designado por ele, deverá efetuar a estruturação do problema em estudo, combinando os critérios segundo os diversos níveis hierárquicos necessários, de forma a representar fielmente o problema. Determinam-se, dessa forma, as alternativas pertinentes, que serão estudadas sob a ótica de cada critério do nível hierárquico mais baixo. No entanto os critérios devem ser homogêneos e não redundantes, conforme se segue.

Homogeneidade - Os critérios de um determinado nível hierárquico devem apresentar o mesmo grau de importância relativa dentro do seu nível, ou seja, no momento de elaborar a hierarquia, é necessário ter cuidado para não aplicar critérios de grau de importância inferior em um nível superior, podendo causar distorção nos resultados por causa de uma possível supervalorização (Gomes, 2004).

Não-redundância - Uma hierarquia, geralmente linear, é uma estrutura que representa a dependência dos diversos níveis que a compõem, de forma sequencial. Para evitar a redundância em um critério, assume-se a independência de um determinado nível em relação aos níveis inferiores. Uma maneira prática de testar uma hierarquia consiste em observar se os critérios de um dado nível superior podem ser utilizados como argumentos de um nível inferior. A não ocorrência evidencia a não redundância (Gomes, 2004).

IV. Consistência e Formulação Matemática

Considerando a matriz quadrada, recíprocas e positivas, Figura 11 a seguir, gerada a partir das $n(n-1)/2$ comparações, onde n representa o número de alternativas, têm-se a_{ij} , para $i = 1, 2, \dots, n$ e $j = 1, 2, \dots, n$. A matriz formada por esses valores é a matriz de decisão ou matriz A , onde $A = (a_{ij})$ e, por ser recíproca, $a_{ji} = 1/a_{ij}$. Vale destacar que cada elemento a_{ij} do vetor linha da matriz de decisão representa a dominação da alternativa A_i sobre a alternativa A_j . A diagonal principal é preenchida com um valor estipulado, que representa a não dominância de uma alternativa sobre a outra.

$$\begin{pmatrix} a_{11}, & a_{12}, & \dots, & a_{1n} \\ a_{21}, & a_{22}, & \dots, & a_{2n} \\ \cdot & & & \\ \cdot & & & \\ \cdot & & & \\ a_{n1}, & a_{n2}, & \dots, & a_{nn} \end{pmatrix}$$

Figura 11 - Matriz de Decisão

Neste contexto, Saaty (1993), apud Gomes (2004, p. 47), assume que a inconsistência no juízo de valor de dominância de uma alternativa sobre a outra, pode ser inerente ao comportamento humano. O autor complementa destacando que a inconsistência em uma matriz de decisão deve servir, em tal contexto, mais como um fator de alerta para o decisor do que um fato necessariamente não desejável. No entanto, deve-se ter cuidado com a utilização de processos matemáticos que forcem a obtenção da consistência, já que podem alterar significativamente o resultado do problema. Assim, somente o decisor deve alterar o juízo realizado.

Considerando n o número de alternativas a serem comparados, λ_{\max} o autovetor de A , têm-se que $\lambda_{\max} = n$ e $a_{ij} = w_i/w_j$, quando os juízos emitidos pelo decisor sejam perfeitamente consistentes. No entanto, a inconsistência, no juízo de valor na avaliação qualitativa, é admitida pelo método AHP. Assim, $\lambda_{\max} - n$, passa a ser um indicador de consistência, pois quanto mais próximo o valor de λ_{\max} estiver de n , maior será a consistência.

Saaty (1980), apud Gomes (2004, p. 46), demonstrou que sendo “A” a matriz de valores, deverá ser encontrado o vetor que satisfaça a equação:

$$Aw = \lambda_{max} x w$$

(A.1)

A partir desta equação pode-se obter o autovetor pela seguinte equação:

$$\lambda_{max} = 1/n \sum v_i [Aw]_i / w_i$$

(A.2)

Onde o somatório varia entre $i=1$ até n ; e v_i é uma função de valor que reflete as preferências do decisor.

Neste contexto, Saaty (1980), apud Gomes (2004, p. 46), observou que pequenas variações em a_{ij} implicam pequenas variações em λ_{max} , em que o desvio do autovetor em relação a n é considerado uma medida de consistência. Assim, o autor afirma que λ_{max} permite avaliar a proximidade da escala desenvolvida pelo professor Thomas L. Saaty em 1980 com a escala de razões ou quocientes que seria usada se a matriz A fosse totalmente consistente. O autor complementa afirmando que essa avaliação pode ser feita por meio de um Índice de Consistência (IC).

Teorema 1 (Saaty, 1980), apud Gomes (2004, p. 47): a matriz A é consistente se, e somente se, $\lambda_{max} \geq n$.

Prova: se A é consistente, então, quando for calculada a magnitude da perturbação da matriz A, utilizando a seguinte relação:

$$IC = (\lambda_{max} - n)/(n-1), \text{ onde IC terá um valor menor que } 0,1.$$

(A.3)

O resultado final é gerado a partir da Razão de Consistência (RC), obtido pela fórmula, $RC = IC/IR$, onde IR é um Índice Randômico para matriz nxn de diferentes tamanhos. Quanto maior for RC, maior será a inconsistência. Em geral, uma inconsistência considerada aceitável para $n > 4$ é $RC \leq 0,10$.

Utilizando a matriz de decisão A, o Método AHP calcula resultados parciais do conjunto “A” dentro de cada critério $\bar{v}_i (A_j)$, $j = 1, \dots, n$, denominado valor de impacto da alternativa “j” em relação à alternativa “i”, em que esses resultados representam valores numéricos das atribuições verbais dadas pelo decisor a cada comparação de alternativas. Tais resultados são normalizados pela expressão: $\sum_{j=1}^n \bar{v}_i (A_j) = 1$, onde o somatório varia entre $i=1$ até n e $j = 1, \dots, n$. Nesta fórmula cada componente do somatório é representado por:

$$\bar{v}_i (A_j) = a_{ij} / \sum_{j=1}^n a_{ij}, \text{ onde o somatório varia entre } i=1 \text{ até } n \text{ e } j = 1, \dots, n. \quad (\text{A.4})$$

Isso faz com que o vetor de prioridades da alternativa i em relação ao critério C_K seja:

$$\bar{v}_i (A_j) = \sum_{j=1}^n \bar{v}_i (A_j) / n, \text{ onde o somatório varia entre } j=1 \text{ até } n \text{ e } i = 1, \dots, n. \quad (\text{A.5})$$

Segundo Gomes (2004), depois de obtido o vetor de prioridades ou de impacto das alternativas sob cada critério continua-se com o nível dos critérios. Nesse caso, segundo o autor, adota-se novamente a escala verbal para a classificação par a par dos critérios, que são normalizados a partir da fórmula:

$$\bar{w}_i (C_j) = C_{ij} / \sum_{j=1}^m C_{ij} \quad (\text{A.6})$$

Onde o somatório varia entre $i=1$ até m ; m corresponde ao número de critérios de um mesmo nível e $j = 1, \dots, m$. Então o vetor de prioridade é:

$$\bar{w} (C_i) = \sum_{i=1}^m \bar{w}_i (C_j) / m, \text{ onde o somatório varia entre } j=1 \text{ até } m \text{ e } i = 1, \dots, m. \quad (\text{A.7})$$

Concluindo o autor apresenta um processo de agregação que permite gerar os valores finais das alternativas, ordenando-as por meio da função aditiva descrita a seguir, onde o somatório varia entre $i = 1$ até m e $j = 1, \dots, m$.

$$\bar{f}(A_j) = \sum \bar{w}_i(C_i) \times v_i(A_j)$$

(A.8)

V. Exemplo

A seguir será apresentado um exemplo de utilização do Método AHP Clássico, onde o objetivo é classificar, entre diversas alternativas de indicadores de desempenho, aqueles que atendem aos atributos ou critérios de seleção, segundo a opinião de um especialista. Vale ressaltar que os critérios de seleção estão relacionados a um determinado processo logístico ou fator crítico de sucesso para a organização. Assim, na Figura 12, é apresentada uma estruturação do problema.

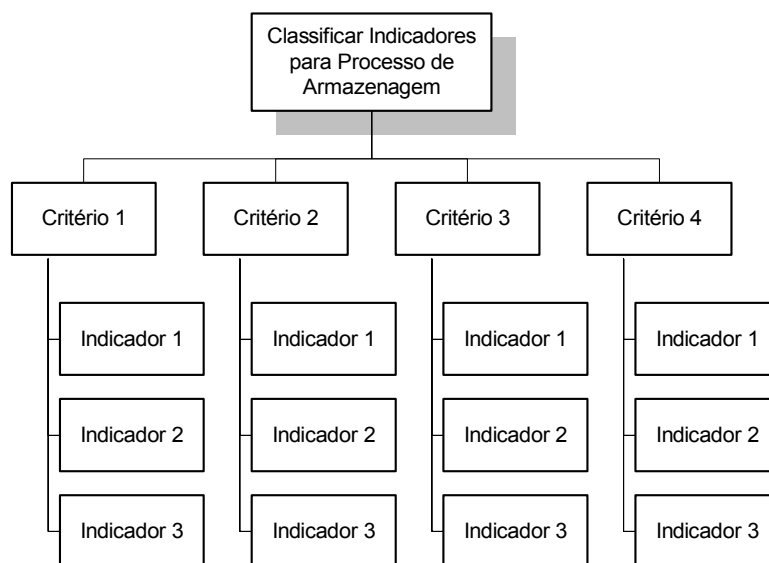


Figura 12 - Estrutura Hierárquica para Classificação de Indicadores

Depois de construída a hierarquia, é necessária preencher as matrizes dominantes, nas quais são comparadas, par a par, as alternativas em relação a cada critério.

Para comparação dos elementos de cada matriz, deve-se utilizar a escala fundamental, conforme Quadro 17, segundo o qual, a partir da comparação dos critérios e das alternativas, foram obtidas as matrizes apresentadas a seguir.

1º) Para os critérios relacionados ao objetivo geral, o decisor declarou:

- ✓ O Critério 1 é entre igual e levemente mais importante que o Critério 2.
- ✓ O Critério 1 é mais importante que o Critério 3.
- ✓ O Critério 1 é levemente mais importante que o Critério 4.
- ✓ O Critério 2 é levemente mais importante que o Critério 3.
- ✓ O Critério 2 é levemente mais importante que o Critério 4.
- ✓ O Critério 3 é entre igual e levemente mais importante que o Critério 4.

Matriz de Comparação dos Critérios relacionados ao Objetivo Geral				
-	Critério 1	Critério 2	Critério 3	Critério 4
Critério 1	1	2	5	3
Critério 2	1/2	1	3	3
Critério 3	1/5	1/3	1	2
Critério 4	1/3	1/3	1/2	1

Normalizando, segundo a equação (A.6), tem-se:

Matriz de Comparação dos Critérios relacionados ao Objetivo Geral				
-	Critério 1	Critério 2	Critério 3	Critério 4
Critério 1	30/61	6/11	10/19	3/9
Critério 2	15/61	3/11	6/19	3/9
Critério 3	6/61	1/11	2/19	2/9
Critério 4	10/61	1/11	1/19	1/9

A seguir, segundo a fórmula (A.7), obtém-se:

Critério 1: $(30/61+6/11+10/19+3/9)/4 = 0,4742$

Critério 2: $(15/61+3/11+6/19+3/9)/4 = 0,2919$

Critério 3: $(6/61+1/11+2/19+2/9)/4 = 0,1292$

Critério 4: $(10/61+1/11+1/19+1/9)/4 = 0,1047$

Portanto, a ordem de prioridade dos critérios é: Critério1; 2; 3; e 4.

Posteriormente, deve ser calculado o RC dos juízos realizados pelo decisor.

Usando a fórmula (A.1) para obter o autovetor, tem-se:

$$A_w = \begin{vmatrix} 1 & 2 & 5 & 3 \\ 1/2 & 1 & 3 & 3 \\ 1/5 & 1/3 & 1 & 2 \\ 1/3 & 1/3 & 1/2 & 1 \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} 0,4742 \\ 0,2919 \\ 0,1292 \\ 0,1047 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 2,0181 \\ 1,2307 \\ 0,5307 \\ 0,4247 \end{vmatrix}$$

Aplicando a fórmula (A.2), obtêm-se:

$$\lambda_{max} = 1/n \sum v_i [A_w]_i/w_i = \frac{1}{4} \left\{ \frac{2,0181}{0,4742} + \frac{1,2307}{0,2919} + \frac{0,5307}{0,1292} + \frac{0,4247}{0,1047} \right\} = 4,1590$$

Segundo a equação (A.3), o IC será:

$$IC = (\lambda_{max} - n)/(n-1) = (4,1590 - 4) / (4 - 1) = 0,053$$

Dado que $n=4$ e o índice randômico, IR, associado à matriz dominante é 0,90 (ver Quadro 18). Com esse valor, calcula-se a RC:

$$RC = IC/IR = 0,053/0,90 = 0,0589 < 0,10$$

Portanto, a inconsistência dos juízos emitidos pelo decisor é aceitável.

As comparações realizadas pelo decisor entre as prioridades de cada alternativa (indicador) em relação a cada critério originam as matrizes apresentadas a seguir. Os vetores de prioridades das alternativas, segundo cada critério, foram calculados aplicando as fórmulas (A.4) e (A.5).

Então, para o Critério 1, tem-se:

Matriz de Comparação das Alternativas segundo o Critério 1

-	Indicador 1	Indicador 2	Indicador 3
Indicador 1	1	1/3	1/4
Indicador 2	3	1	1/2
Indicador 3	4	2	1

Assim, a ordem de prioridade das alternativas segundo o Critério 1, foi: 0,5571 para o Indicador 3; 0,3202 para o Indicador 2; 0,1227 para o Indicador 1.

Para o Critério 2, tem-se:

Matriz de Comparação das Alternativas segundo o Critério 2			
-	Indicador 1	Indicador 2	Indicador 3
Indicador 1	1	1/2	2
Indicador 2	2	1	4
Indicador 3	1/2	1/4	1

A ordem de prioridade das alternativas segundo o Critério 2, foi: 0,5714 para o Indicador 2; 0,2857 para o Indicador 1; 0,1429 para o Indicador 3.

Para o Critério 3, tem-se:

Matriz de Comparação das Alternativas segundo o Critério 3			
-	Indicador 1	Indicador 2	Indicador 3
Indicador 1	1	2	1/3
Indicador 2	1/2	1	1/5
Indicador 3	3	5	1

A ordem de prioridade das alternativas segundo o Critério 3, foi: 0,6479 para o Indicador 3; 0,2299 para o Indicador 1; 0,1222 para o Indicador 2.

Para o Critério 4, tem-se:

Matriz de Comparação das Alternativas segundo o Critério 4			
-	Indicador 1	Indicador 2	Indicador 3
Indicador 1	1	3	7
Indicador 2	1/3	1	3
Indicador 3	1/7	1/3	1

A ordem de prioridade das alternativas segundo o Critério 4, foi: 0,6687 para o Indicador 1; 0,2431 para o Indicador 2; 0,0882 para o Indicador 3.

Dessa forma, os pesos atribuídos aos critérios e as alternativas pelo Método AHP Clássico são apresentados na Figura 13.

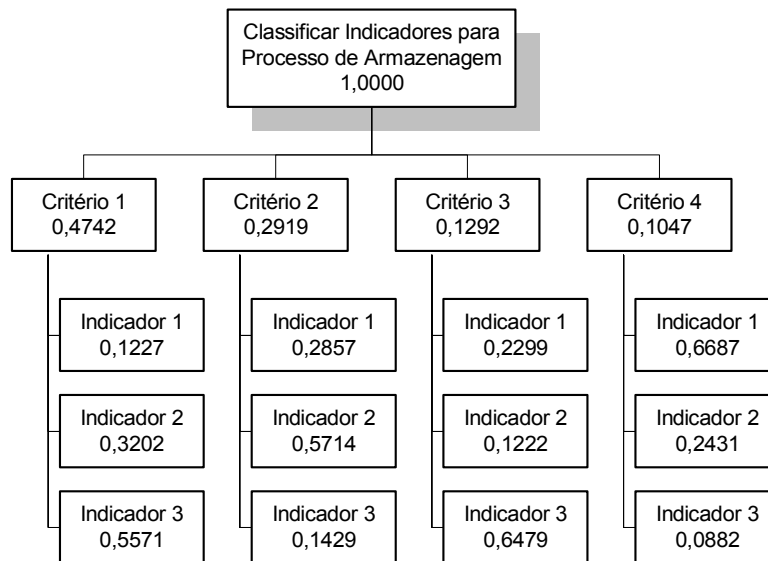


Figura 13 - Pesos Obtidos para o Problema de Classificação de Indicadores

Para obter os valores finais de cada alternativa, é necessário aplicar a equação (A.8), na qual se devem multiplicar todos os pesos obtidos em cada passo e os resultados dos diferentes passos devem ser somados. Assim, as pontuações finais serão obtidas da seguinte forma:

Pontuação para o Indicador 1

$$= (0,4742 \times 0,1227) + (0,2919 \times 0,2857) + (0,1292 \times 0,2299) + (0,1047 \times 0,6687) = 0,2413$$

Pontuação para o Indicador 2

$$= (0,4742 \times 0,3202) + (0,2919 \times 0,5714) + (0,1292 \times 0,1222) + (0,1047 \times 0,2431) = 0,3598$$

Pontuação para o Indicador 3

$$= (0,4742 \times 0,5571) + (0,2919 \times 0,1429) + (0,1292 \times 0,6479) + (0,1047 \times 0,0882) = 0,3988$$

Assim, as pontuações levam a seguinte classificação: Indicador 3; Indicador 2 e por fim Indicador 1.

Vale destacar que existe um software desenvolvido para aplicação do Método AHP, conhecido como *Expert Choice*, com versão demo disponível para consulta e *download* pela internet, no site: **www.expertchoice.com**. Com este software fica mais prático realizar os cálculos necessários, bem como realizar os testes de sensibilidade facilitando, assim, o processo de tomada de decisão. Esta análise de sensibilidade pode ser necessária quando determinada alternativa é sensível a mudanças de juízo por parte do decisor, principalmente quando este decisor está indeciso, ou realiza a análise de forma aproximada ou apresada.