

Selection of Reverse Logistics Activities Using an ANP-BOCR Model

C.T. Hernández, F. A. S. Marins, and J. A. R. Durán

Abstract— The Reverse Logistics (RL) activities are gaining importance in Brazilian companies. However, a relevant problem is to select RL activities using criteria of immediate and long-term effects for the organization. These situations can be treated as being Multi-Criteria Decision-Making (MCDM). In this work we adopted the Analytic Network Process (ANP) as the analytical technique of a MCDM problem that can be formulated when we have interest in to identify existing relationships between RL activities. The strategic criteria were included into the model to rate benefits (B), opportunities (O), cost (C) and risks (R). Here we present an analysis of sustainable practices identified in publishing companies, operating in Brazil. The results indicated that ANP-BOCR is an adequate method to select alternatives RL

Keywords— Reverse Logistics, Multiple Criteria Decision Making, Analytic Network Process, BOCR.

I. INTRODUÇÃO

A LOGÍSTICA reversa (LR) pode ser definida como o processo de planejamento, implementação, e controle eficiente, do fluxo de matérias-primas, estoque em processo, produtos acabados e informações do ponto de consumo até o ponto de origem para recapturar valor ou adequar seu destino [1].

Uma questão importante é que a RL pode gerar vários benefícios (incluindo os ganhos de produtividade) com efeitos econômicos, sociais e ambientais [2].

Apesar de muitas empresas saberem a importância do fluxo reverso, a maioria delas tem dificuldades, ou desinteresse, em implementar o gerenciamento da LR, devido fundamentalmente a: falta de sistemas informatizados integrados às práticas de gestão, idéia de que o fluxo reverso somente representa custos, e como tal recebe pouca ou nenhuma prioridade nas empresas, e dificuldade em medir o resultado ou impacto dos retornos de produtos e/ou materiais, com o conseqüente desconhecimento da necessidade de controlá-lo de forma adequada.

Práticas de LR afetam positivamente os indicadores de desempenho que estão intimamente ligados ao conceito de sustentabilidade empresarial, mas ainda é difícil de avaliar quantitativamente este impacto porque estão envolvidos, em geral, muitas medidas de desempenho intangível. Empresas brasileiras não são exceção nesta realidade, e é possível identificar estratégias corporativas que demonstram que houve avanços nas questões de sustentabilidade e responsabilidade social. Na verdade, sessenta das 100 maiores empresas do país

já desenvolveram alguma atividade relacionada à LR que prevê a eliminação pelo fabricante de resíduos pós-consumo [3].

A LR no seu sentido mais amplo, tem vindo a conquistar um papel importante neste contexto, portanto, é importante identificar e selecionar as atividades de LR que melhor contribuam para o desempenho das empresas [4].

No caso da LR, legislações ambientais, tecnologias, economias de custo, posição do governo e sociedade, entre outros, formam um conjunto de elementos complexos e inter-relacionados a serem analisados pelas organizações.

Métodos de Tomada de Decisão com Múltiplos Critérios (MCDM), especificamente o *Analytic Network Process* (ANP), mostram-se adequados para tal propósito, porque permitem captar as relações de dependência entre elementos do mesmo nível hierárquico.

Desde seu surgimento, o ANP tem sido utilizado com sucesso em muitos casos concretos [5], [6], [7], [8], [9], [10].

Baseado na característica distintiva do ANP, com respeito aos outros métodos MCDM, o principal objetivo deste estudo foi estabelecer a importância das atividades RL de empresas automotivas brasileiras usando um modelo que combina o ANP com uma análise de Benefícios, Oportunidades, Custos e Riscos (BOCR).

O artigo foi organizado em 6 seções. A seção 1 introduz o tema. As seções 2 e 3 apresentam uma breve revisão da LR e dos métodos MCDM, aprofundando no ANP. A seção 4 descreve a metodologia de pesquisa, sendo definido o modelo usado com as atividades específicas de LR desenvolvidas neste tipo de indústria. A seção 5 mostra os resultados da aplicação dos métodos. Finalmente aparecem as conclusões, limitações e direções para futuras pesquisas.

II. LOGÍSTICA REVERSA

Os estudos iniciais sobre a questão da LR aparecem referenciados na literatura dos anos 70 e 80, com foco principal relacionado à reciclagem de materiais.

A partir dos anos 90, com a ampliação do escopo da Logística Empresarial é que surgiram definições específicas para a LR, que demonstram certa evolução com o passar do tempo:

- [11] analisam a LR como a atividade que gerencia o processo reverso à logística direta, tratando do fluxo dos produtos no sentido inverso desde o consumo até a origem;
- [12] analisam a cadeia de retorno e reciclagem de pós - consumo introduzindo o conceito de integração circular da LR, distinguindo as atividades fundamentais que participam na cadeia reversa;
- [2] agregam às definições anteriores o propósito específico do fluxo reverso, que é o de recapturar valor e adequar destino dos produtos ou materiais que retornam;
- [13] incorpora à definição de LR a diferença no fluxo de retorno dos bens de pós-venda e pós-consumo e identifica o

C. T. Hernández, Universidade Federal Fluminense, Brasil, ctoledo@id.uff.br

F. A. S. Marins, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Brasil, fmarins@feg.unesp.br

J. A. R. Durán, Universidade Federal Fluminense, Brasil, jorgeduran@id.uff.br

valor agregado dos mesmos ao ciclo de negócios, em termos de valor econômico, ecológico, legal, logístico, e de imagem corporativa.

Em todas essas definições, características comuns, explícitas e implícitas podem ser distinguidas como os objetivos e a importância em termos de valor acrescentado.

Razões econômicas, ambientais, legislação e demanda do mercado são fortes motivadores para desenvolver atividades de LR [14], [15]. Muitas práticas de LR são implementadas em conformidade com as normas ambientais. Estudos têm demonstrado que há sinergia entre gestão ambiental e satisfação do cliente. Além disso, o sucesso das práticas de LR está relacionado à integração com as partes interessadas, com a contínua inovação e aprendizagem organizacional em que o desempenho se materializa através de indicadores econômicos, tais como redução de custos e ganhos econômicos [16].

Outras empresas colocam mais ênfase na LR devido à expectativa do cliente e responsabilidade social onde a imagem de empresa ambientalmente sustentável é utilizada como um dispositivo de comercialização dos produtos e serviços oferecidos [17].

Na atualidade as legislações ambientais tem um papel fundamental nas iniciativas de reciclagem, recuperação e reutilização de materiais e componentes. Neste contexto apresentassem oportunidades de desenvolver processos de LR que permitam gerar emprego constituindo isto uma fonte de renovação da economia local [18]

Dada esta diversidade de motivadores ou direcionadores das atividades de LR se faz necessário o uso de técnicas de tomada de decisão que permitam selecionar as melhores práticas.

III. MÉTODOS DE TOMADA DE DECISÃO COM MÚLTIPLOS CRITÉRIOS

Os diferentes métodos MCDM basicamente usam a mesma ferramenta: matriz de decisão. Eles também seguem as mesmas três etapas principais: estabelecimento de critérios e alternativas, atribuição de pesos e os resultados com as prioridades gerais.

A maior diferença entre um método e outro é como essas etapas são executadas. O processo de tomada de decisão envolve a escolha da melhor decisão considerando vários critérios e alternativas ou múltiplos objetivos. Para fazer isso, deve-se definir o objetivo global decomposto em objetivos secundários chamados critérios e alternativas, representado por uma estrutura hierárquica, quando se trata de aplicações do *Analytic Hierarchy Process* (AHP), que é método mais amplamente utilizado nos últimos vinte anos [19]. Detalhes da metodologia AHP podem ser encontrados em [10].

O ANP é uma generalização do AHP com a possibilidade de se analisar as dependências entre os critérios e as influências entre as alternativas. O ANP não obedece ao axioma de independência e uma vez que existe dependência entre critérios ou influência entre alternativas, realizam-se julgamentos sobre o quanto um critério é dependente de outro e quanto uma alternativa é influenciada, ou influencia, as outras [20].

O processo de detecção e estabelecimento de relações de dependência entre os elementos do mesmo grupo pode ser um

processo trabalhoso. A técnica de coleta de dados utilizados deve cumprir a exigência de identificar essas relações através de questionamento contínuo e profundo.

A fim de gerar uma solução ideal usando a ANP, é necessário formar matrizes e realizar julgamentos através de escala de Saaty [10], onde o valor 1 indica igual importância entre os dois elementos comparados, e valor 9 representa a extrema importância de um elemento em relação ao outro. Como resultado de todo este processo é obtida uma Supermatriz, formada por submatrizes que representam os relacionamentos entre os clusters. Para tornar essa Supermatriz uma matriz estocástica quanto às colunas, basta ponderar a mesma pelo peso de cada cluster. Para determinar as prioridades dos elementos, multiplica-se a Supermatriz várias vezes, até serem obtidos valores iguais em cada coluna. Da normalização das submatrizes se obtém o resultado final com as prioridades de critérios e alternativas [21].

Todos os passos anteriormente descritos podem ser observados na Fig. 1.

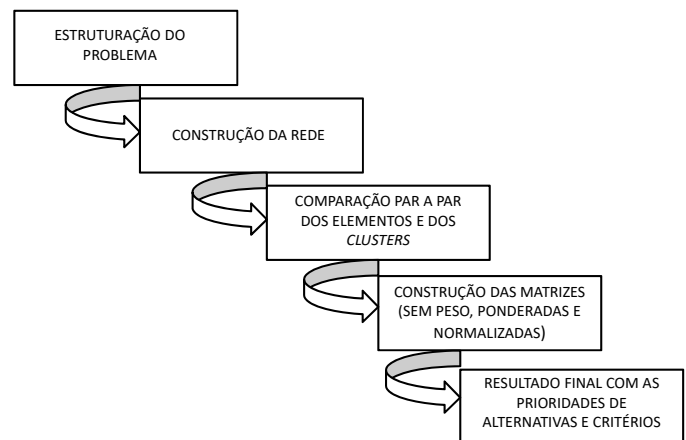


Figura 1. Resumo dos passos para a aplicação do ANP.

Outros estudos podem ser conduzidos para avaliar as alternativas de acordo com méritos pré-definidos. Cada alternativa tem uma combinação de resultados imediatos (benefícios), prováveis resultados no futuro (oportunidades), custos e/ou riscos. Portanto, o uso de uma abordagem baseada nestes méritos (benefícios, oportunidades, custos e riscos - BOCR) seria muito interessante uma vez que pode ser introduzido o conceito de prioridades negativas associado ao risco e custos.

[22] realizou uma análise sobre as diferentes maneiras para fazer a síntese dos valores BOCR (utilizando modelos multiplicativos e aditivos, com subtração e adição e com recíprocos) e mostrou as vantagens de usar cada um deles, combinados com o uso de modelos AHP ou ANP.

[23] utilizaram o modelo ANP juntamente com o BOCR para avaliar alternativas de alta tecnologia, usando fórmulas de adição e multiplicação.

[24] implementaram no *Software SuperDecisions* as expressões do modelo aditivo com subtração ($b * B + o * O - c * C - r * R$) e aditivo com recíprocos ($b * B + o * O + c * 1/C + r * 1/R$). Este último modelo, aditivo com recíprocos, é questionado por [25] que considera que utilizar o recíproco de custos e riscos distorsiona a escala porque converte valores altos de custos e riscos em prioridades

baixas. Outros estudos relatam que, quando utilizados modelos diferentes, analiticamente os resultados obtidos podem ser similares, mas as prioridades podem mudar [26]. Neste trabalho foram utilizados ambos os modelos.

IV. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Os dados foram obtidos a partir de entrevistas não estruturadas com técnicos e especialistas da área de logística (envolvendo 3 profissionais de empresas automotivas que participaram na pesquisa) [27].

Primeiramente foi realizado um levantamento de dados qualitativo, onde os entrevistados descreveram as atividades de LR que foram implementadas em suas empresas (como mostrado na Tabela I) e os objetivos estratégicos dos programas de LR.

Nas empresas automotivas pesquisadas foram encontrados três tipos de programas: os econômicos, com objetivos imediatos de recuperação de valor; os de imagem, que procuram fazer visíveis as atividades da empresa desde o ponto de vista da sustentabilidade e os de cidadania que mostram compromisso com as comunidades na proteção do meio ambiente e no desenvolvimento da região gerando empregos relacionados com o tratamento de resíduos.

TABELA I
ATIVIDADES E ESTRATÉGIAS DA LR

Atividades de LR na Indústria Automotiva	Estratégias
Recaptação valor embalagens descartáveis (VR)	Econômicas (PE)
Desenvolvimento de embalagens retornáveis (DR)	
Reuso de embalagens descartáveis (RR)	
Parcerias na gestão de resíduos (RM)	Imagem (PI)
Criação de emprego na reciclagem (JC)	
Desenvolvimento de componentes (DP)	
Tratamento de efluentes (ET)	Cidadania (PC)
Tecnologias limpas (CT)	
Garantia de destino correto (CD)	

Posteriormente o levantamento de dados quantitativos, com entrevistas mais específicas, permitiu a aplicação do ANP. Na Fig. 2 observa-se o modelo geral (ANP-BOCR) utilizado na pesquisa.

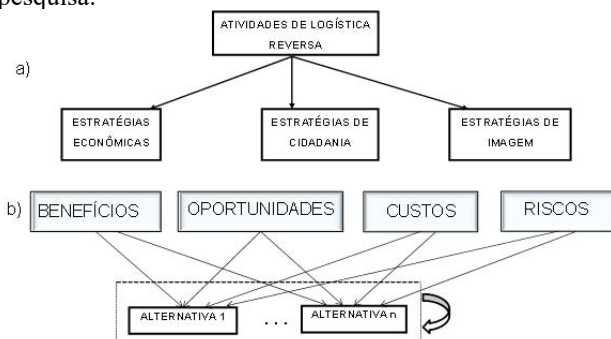


Figura 2. Modelo ANP-BOCR.

Para seu melhor entendimento a Fig. 2a) mostra a hierarquia utilizada para a ponderação dos méritos BOCR em função dos três objetivos estratégicos da LR, enquanto a Fig. 2b) mostra a rede que vai permitir fazer as comparações para obter o desempenho de cada atividade de LR (chamadas de alternativas para a aplicação do ANP) em cada mérito BOCR.

V. RESULTADOS

Aplicação do modelo ANP-BOCR em companhias automotivas brasileiras

Os programas de LR identificados em empresas automotivas visam estratégias econômicas (PE), de imagem corporativa (PI) e de cidadania (PC), e cada um deles inclui um conjunto de atividades de LR como mostrado na Tabela I.

A matriz obtida por comparação de pares para os critérios estratégicos (utilizando a escala de Saaty) mostrados na Fig. 2a), pode ser vista na Tabela II.

TABELA II
MATRIZ DE COMPARAÇÃO DOS CRITÉRIOS

Críticos estratégicos da LR	PE	PC	PI	Vetor de Prioridades
Econômicos (PE)	1	6	3	0,65481
Cidadania (PC)		1	1/3	0,09531
Imagem (PI)			1	0,24986

No modelo ANP -BOCR, mostrado na Figura 2b), os critérios (méritos do BOCR) e alternativas (atividades de LR) foram agrupados em *clusters*, a seta indica que uma alternativa pode influenciar o desempenho de outra.

A Tabela III mostra as relações entre alternativas (atividades de LR), os zeros (0) indicam que não existe relacionamento ou dependência, e os valores entre zero e um (0 e 1) indicam o peso de cada relação existente.

TABELA III
RELAÇÕES ENTRE ALTERNATIVAS DE LR

	CD	DR	DP	JC	RM	RR	VR	ET	CT
CD	0,10	0	0,05	0	0,13	0,09	0,05	0,09	0
DR	0	0,67	0,43	0	0	0	0	0	0,53
DP	0	0,23	0,39	0	0	0	0	0	0,20
JC	0,06	0	0	1	0,06	0	0	0	0
RM	0,23	0	0	0	0,33	0,21	0,12	0	0
RR	0	0	0	0	0	0,70	0,26	0	0
VR	0,61	0	0	0	0,35	0	0,57	0	0
ET	0	0	0	0	0,13	0	0	0,69	0,20
CT	0	0,10	0,13	0	0	0	0	0,22	0,07

O próximo passo para a implementação do ANP é a realização dos julgamentos. Foi necessário um total de 9 matrizes para analisar todas as relações entre as alternativas. A Tabela IV mostra as prioridades.

TABELA IV
PRIORIDADE DAS ALTERNATIVAS DE LR

Atividades de LR	Vetor de Prioridades
Recaptação valor embalagens descartáveis (VR)	0,11310
Desenvolvimento de embalagens retornáveis (DR)	0,33260
Reuso de embalagens descartáveis (RR)	0,05060
Parcerias na gestão de resíduos (RM)	0,14870
Criação de emprego na reciclagem (JC)	0,04080
Desenvolvimento de componentes (DP)	0,10470
Tratamento de efluentes (ET)	0,11920
Tecnologias limpas (CT)	0,05720
Garantia de destino correto (CD)	0,03280

Quando analisado de forma independente o resultado com a aplicação do ANP, pode ser apreciado que o Desenvolvimento de Embalagens Retornáveis (DR) e a Parceria na Gestão de Resíduos (RM) são as atividades que mais se destacam quanto aos valores de importância ou prioridades. As referidas atividades fazem parte de programas com estratégias Econômicas (PE) e de Imagem (PI).

Para continuar com a aplicação do modelo ANP-BOCR foram calculadas primeiramente as taxas BOCR com base nos valores de níveis de medição (muito alto: 0,42; alto: 0,26; médio: 0,16; baixo: 0,10; muito baixo: 0,06) [28]. (Tabela V).

TABELA V
TAXAS DOS MÉRITOS BOCR

Méritos (BOCR)	PE	PC	PI	Vetor
Benefícios (b)	0,42	0,26	0,26	0,3165
Oportunidades (o)	0,26	0,42	0,42	0,2755
Custos (c)	0,26	0,16	0,26	0,2173
Riscos (r)	0,26	0,10	0,16	0,1906

Posteriormente foram calculados os pesos relativos finais dos critérios BOCR para cada alternativa usando o software *Super Decisions* (www.superdecisions.com). A Fig. 4 mostra o resultado do software.

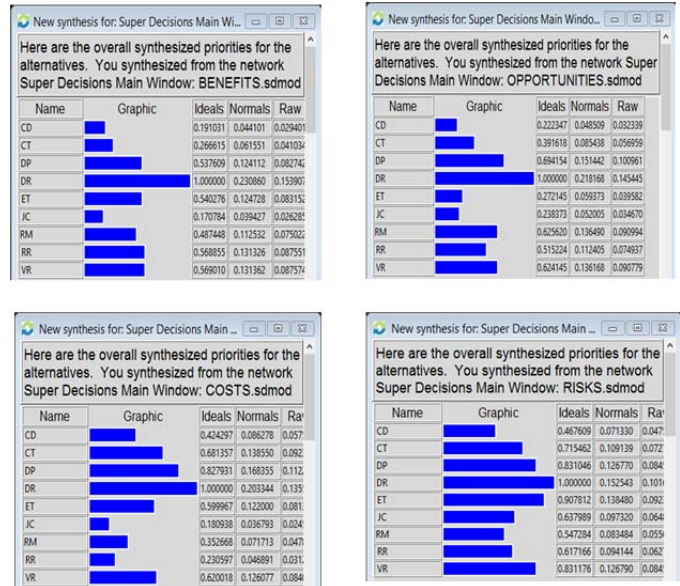


Figura 4. Prioridade de cada alternativa de LR para cada mérito BOCR.

O software oferece o resultado com os vetores idealizados e normalizados. Para o cálculo final foram utilizados os valores normalizados do peso dos méritos os que são resumidos na Tabela VI.

TABELA VI
PRIORIDADE DOS MÉRITOS BOCR

Prog.	Alt.	B	O	C	R
PE	VR	0,131362	0,136168	0,126077	0,12679
	DR	0,230860	0,218168	0,203344	0,15254
	RR	0,131326	0,112405	0,046891	0,09414
	RM	0,112532	0,136490	0,071713	0,08347
PI	JC	0,039427	0,052005	0,036793	0,09732
	DP	0,124112	0,151442	0,168355	0,12677
	ET	0,124728	0,059373	0,122000	0,13848
PC	CT	0,061551	0,085438	0,138550	0,10913
	CD	0,044101	0,048509	0,086278	0,07133

Como pode ser observado é possível com esta aplicação desdobrar os valores de importância de cada alternativa para cada mérito.

A modo de exemplo, o Desenvolvimento de embalagens retornáveis (DR) e a Parceria na Gestão de Resíduos (RM) eram as atividades de LR mais importantes quando aplicado o ANP de forma independente. Na Tabela VI observa-se que o peso continua sendo o maior em benefícios e oportunidades do que em custos e riscos, portanto devem manifestar uma prioridade positiva.

Seguidamente é calculado o resultado final onde cada alternativa de LR vai mostrar a sua importância em um valor que concentra os resultados de todos os méritos BOCR.

Neste caso específico foram utilizados dois modelos: o aditivo com subtração ($b * B + o * O - c * C - r * R$) e o aditivo com recíprocos ($b * B + o * O + c * 1/C + r * 1/R$), respectivamente, em que B, S, C, R representam as prioridades dos méritos BOCR (Tabela VI), enquanto que b, o, c, r são as taxas dos méritos BOCR da Tabela V [24].

A Tabela VII mostra o resultado final quando aplicadas as expressões de cada modelo

TABELA VII
PRIORIDADE DE CADA ALTERNATIVA QUANDO APLICADO O
MODELO ANP-BOCR

Programas LR	Alternativas	Aditivo/subtração	Aditivo/recíprocos
PE	VR	0,02751	0,11266
	DR	0,05989	0,15763
	RR	0,04439	0,13898
PI	RM	0,04171	0,12787
	JC	0,01025	0,10424
	DP	0,02024	0,11048
PC	ET	0,00292	0,08836
	CT	-0,00789	0,07790
	CD	-0,00502	0,08179

Quando utilizado o modelo aditivo com subtração aparecem prioridades negativas o que significa que custos e/ou riscos tem um peso maior.

Quando aplicado o modelo aditivo com recíprocos, desaparecem os valores negativos, mas a ordem das prioridades não teve mudanças significativas.

VI. CONCLUSÕES

Os resultados mostram que as atividades de LR estão relacionadas com estratégias intimamente ligadas ao conceito de sustentabilidade corporativa onde objetivos econômicos, de imagem e de cidadania estão presentes nos programas de LR implementados.

Observou-se uma lacuna na bibliografia estudada porque a maioria das pesquisas ainda não estabelecem uma medida quantitativa para o impacto das atividades de LR.

Neste sentido a pesquisa procurou encontrar métodos científicos que pudessem analisar o impacto das atividades de LR a partir da hierarquização das suas prioridades.

As ferramentas escolhidas foram: o ANP que modela o relacionamento de dependência entre os elementos de um mesmo nível hierárquico e entre os *clusters* e o BOCR que introduz o conceito de prioridades negativas associado ao risco e custos.

O estudo foi aplicado em empresas automotivas brasileiras, sendo possível perceber que, mesmo aplicando o modelo ANP de forma independente, o número de comparações e julgamentos é elevado o que torna o método laborioso.

A inclusão da abordagem BOCR no modelo, pode aumentar a complexidade, porque novos fatores são adicionados e novas comparações são necessárias.

Portanto a aplicação da metodologia proposta (ANP- BOCR) pode exigir bastante tempo e recursos dos gestores e tomadores de decisão. No entanto, quando pretende-se investir em um longo prazo, a análise estruturada, que fornece esta metodologia, pode ajudar a reduzir o risco de decisões porque permite diferenciar a importância de cada mérito por separado. Vale a pena mencionar que a etapa mais importante do processo não é a solução matemática em virtude da disponibilidade de *softwares* para ajudar na resolução, mas sim a estruturação do modelo.

A fim de verificar se todas ou algumas das conclusões acima pode ser generalizadas, pesquisas futuras devem analisar empresas de diferentes ramos de negócios.

AGRADECIMENTOS

Os resultados apresentados neste trabalho foram parcialmente financiados pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES.

REFERÊNCIAS

- [1] RLEC – Reverse Logistics Executive Council: “What is Reverse Logistics?”, 2012, <http://www.rlec.org/glossary.html>. Accessed in July 2nd, 2012.
- [2] D. S. Rogers, and R. Tibben-Lembke, “Going Backwards: Reverse Logistics trends and practices”, 1999, <http://www.rlec.org/reverse.pdf>. Accessed in July 2nd, 2012.
- [3] ILOS - Institute of Logistics and Supply Chain. “Logistics Green Panorama. Environmental Sustainability initiatives of companies in Brazil”, 2001, <http://www.ilos.com.br/>, Accessed in August, 20th, 2012.
- [4] RevLog – “Reverse Logistics Study Group”, <http://www.fbk.eur.nl/OZ/REVLOG/Introduction.htm>. Accessed in October 20, 2011.
- [5] W. W. Wu and Y. Lee, “Selecting knowledge management strategies by using The Analytic Network Process”, *Expert Systems with Applications*, v.32, p. 841-847, 2008.
- [6] V. Ravi, R. Shankar and M. Tiwari, “Selection of a reverse logistics project for end of life computers: ANP and goal programming approach”, *International Journal of Production Research*, v.46, p. 4849-4870, 2008
- [7] E. W. L. Cheng and H. Li, “Application of ANP in process models: An example of strategic partnering”, *Building and Environment* v.42, p. 278–287, 2007.
- [8] R. Whitaker, “Validation examples of the Analytic Hierarchy Process and Analytic Network Process”, *Mathematical and Computer Modelling*, v.46, p. 840-859, 2007.
- [9] O. Ustun and E. Demirtas, “An integrated multi-objective decision-making process for multi-period lot-sizing with supplier selection”, *Omega - The International Journal of Management Science*, v.36, p. 509-521, 2008.
- [10] T. L. Saaty, “Relative Measurement and Its Generalization in Decision Making Why Pairwise Comparisons are Central in Mathematics for the Measurement of Intangible Factors”, *The Analytic Hierarchy/Network Process, RACSAM*, v. 102, p. 251-318, 2008.
- [11] R. Kopicki, M. J. Berg, L. Legg, V. Dasappa and C. Maggioni, “Reuse and Recycling-Reverse Logistics Opportunities”, *Brooks, CLM*, 1993.
- [12] D. A. Fuller and J. Allen, “Reverse Channel Systems”. In: Polonsky, M.J; Mintu-Winsat, AT. *Environmental marketing: strategies, practice, theory and research*. London: The Haworth Press, 1995./
- [13] P. R. Leite, “*Logística Reversa – Meio Ambiente e Competitividade*”. São Paulo: Editora Prentice Hall, 2003.
- [14] A. Alshamrani, K. Mathur and R. H. Ballou, “Reverse logistics: simultaneous design of delivery routes and returns strategies”, *Computers & Operations Research*, v.34, p. 595–619, 2007.
- [15] Z. Lu and N. Bostel, “A facility location model for logistics systems including reverse flows: the case of remanufacturing activities”. *Computers & Operations Research*, v.34, p.299-323, 2007.
- [16] G. I. Kassinis and A. C. Soteriou, “Quality, environmental practices and customer satisfaction in services”. In: R. Wustenhagen et al. (Ed.) *Sustainable Innovation and Entrepreneurship*. Massachusetts, EU: Edward Elgar, 227-248, 2008.
- [17] C. K. M. Lee and J. S. L. Lam, “Managing reverse logistics to enhance sustainability of industrial marketing”, *Industrial Marketing Management*, v. 41, n.4, p. 589-598, 2012.
- [18] L. A. R. Musso, J. J. Atea, E. Chesini and R.A.M. Taborda, “A massive experience of computer equipment recycling” *IEEE Latin America Transactions*, v. 11, n. 1, 2013.
- [19] O. S. Vaidya and S. Kumar, “Analytic hierarchy process: An overview of applications”, *European Journal of Operational Research*, 169, 1-29, 2006.
- [20] V. A. P. Salomon, “Desempenho da modelagem do auxílio à decisão na análise do planejamento e controle da produção”. *Tese (Doutorado)*. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2004.
- [21] A. C. S. Silva, C. A. Oliveira and M. C. N. Belderrain, “Analytic Network Process”. In: MARINS, F.A.S.; PEREIRA, M.S.; BELDERRAIN, M.C.N.; URBINA, L.M.S. (Org.) *Métodos de Tomada*

de Decisão com Múltiplos Critérios: Aplicações na Indústria Aeroespacial. São Paulo: Edgard Blucher, 2010

- [22] D. J. D. Wijnmalen, "Analysis os benefits, opportunities, costs, and risks (BOCR) with the AHP-ANP: A critical validation", *Mathematical and Computer Modelling*, v.46, p.892-905, 2007.
- [23] S. Erdogmus, M. Kapanoglu and E. Koç, "Evaluating high-tech alternatives by using analytic network process with BOCR and multiactors", *Evaluation and Program Planning*, v.28, p.391-399, 2005.
- [24] Th. L. Saaty and M. Ozdemir, "Negative priorities in the Analytic Hierarchy Process", *Mathematical and Computer Modelling*, v.37 n.(9-10), p.1063-1075, 2003.
- [25] I. Miller and W. C. Wedley, "Modelling risk and uncertainty with the Analytic Hierarchy Process", *Journal of Multi-Criteria Decisions Analysis*, v. 11, p. 97-107, 2002.
- [26] Th. L. Saaty and G. Hu, "Ranking by eigenvector versus other methods in the Analytic Hierarchy Process", *Applied Mathematics Letters*, v. 4, n. 4, p. 121-125, 1998.
- [27] C. T. Hernández, R. C. Castro, F. A. S. Marins and J. A. R. Durán, "Using the Analytic Network Process to Evaluate the Relation between Reverse Logistics and Corporate Performance in Brazilian Companies", *Revista Investigación Operacional*, v.33 n.1, p.13-22, 2012.
- [28] Th. L. Saaty, "The Analytic Network Process". Pittsburgh: RWS Publications, 2001.



Jorge A. R. Durán. Engenheiro Mecânico formado pela Universidade Central Marta Abreu de Santa Clara Cuba em 1988. Possui também os títulos de Mestre em Ciências e Doutor em Ciências em Engenharia Metalúrgica e de Materiais, ambos outorgados pela Universidade Federal do Rio de Janeiro em 1997 e 2001, respectivamente. Atualmente é Professor Associado da Escola de Engenharia Industrial Metalúrgica de Volta Redonda EEIMVR, da Universidade Federal Fluminense UFF.



Cecilia Toledo Hernández. Engenheira Industrial pela Universidade Central das Villas (1988), mestrado em Gestão dos Recursos Humanos pelo Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría (1996) e doutorado em Engenharia Mecânica pela Universidade Estadual de São Paulo (2010). Professora do Departamento de Engenharia de Produção da Escola de Engenharia Industrial Metalúrgica de Volta

Redonda EEIMVR, da Universidade Federal Fluminense UFF. Autora de artigos em revistas científicas nacionais e internacionais e de livro/capítulo de livro na área de Logística Reversa.



Fernando A. S. Marins. Engenheiro Mecânico pela UNESP - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (1976), mestrado em Pesquisa Operacional pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica (1981) e doutorado em Engenharia Elétrica pela Universidade Estadual de Campinas (1987). Prof. Titular no Departamento de Produção da

Faculdade de Engenharia - Campus de Guaratinguetá da UNESP. Pesquisador PQ2 do CNPq. É autor de um livro, organizador de dois livros e autor/co-autor de treze capítulos de livros nacionais e internacionais na área de Metodologia de Pesquisa, Ensino de Engenharia de Produção, Pesquisa Operacional e Logística. Foi Secretário e Diretor de Publicações da SOBRAPO, Editor Adjunto da Revista PODES-Pesquisa Operacional para o Desenvolvimento e faz parte do Conselho Técnico da Revista Eletrônica Produção & Engenharia e do Corpo Editorial da Revista Produção e Produção Online. É relator ad hoc das Revistas: Journal of Aerospace Technology and Management, Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering, Acta Scientiarum. Technology, Journal of Cleaner Production, International Journal of Agricultural Policy and Research, Journal of Intelligent Manufacturing, Pesquisa Operacional (SOBRAPO), Gestão e Produção (ABEPRO), Produção (ABEPRO), Brazilian Journal of Production and Operations Management (ABEPRO), RAIRO - Operations Research, African Journal of Business Management, GEPROS (FEB-UNESP), Ingeniare. Revista Chilena de Ingeniería, Engevista - Revista da Escola de Engenharia (UFF), Revista eletrônica PODES (SOBRAPO), Revista Eletrônica Produção & Engenharia (Fórum Mineiro de Engenharia de Produção), Sistemas & Gestão (UFF), Produção Online (ABEPRO), Revista Ambiente & Sociedade (USP), Revista Científica da FAI (Faculdade de Administração e Informática - Santa Rita do Sapucaí - MG), RAI - Revista de Administração e Inovação (UNINOVE), Revista eletrônica Pesquisa & Desenvolvimento em Eng. de Produção (UNIFEI), Revista da Micro e Pequena Empresa (Faculdade de Campo Limpo Paulista - SP), Revista Pesquisa Naval e TEMA -Tendências em Matemática Aplicada e Computacional (SBMAC).