

## **USO DO AHP PARA DETERMINAR A IMPORTÂNCIA DOS FATORES QUE INFLUENCIAM A ESTRUTURAÇÃO DOS CANAIS REVERSOS DE PÓS-CONSUMO**

**Cecilia T. Hernández**

Universidade Federal Fluminense  
[ctoledo2002@yahoo.es](mailto:ctoledo2002@yahoo.es)

**Jorge A. R. Durán**

Universidade Federal Fluminense  
[duan@id.uff.br](mailto:duan@id.uff.br)

**Hugo Lisboa Martins**

Universidade Federal Fluminense  
[hugouff@bol.com.br](mailto:hugouff@bol.com.br)

**Thainá Ferreira Batista**

Universidade Federal Fluminense  
[thaina\\_21.fb@hotmail.com](mailto:thaina_21.fb@hotmail.com)

### **Resumo**

A humanidade, desde os seus primórdios, tem utilizado os recursos naturais para a sua sobrevivência. Todavia, a velocidade com que se tem retirado e utilizado tais recursos vem ocasionando mudanças ambientais significativas em todo o mundo. Tais mudanças despertam uma crescente atenção da comunidade internacional para o tema do meio ambiente. Neste sentido, a reciclagem pode colaborar no esforço mundial para a diminuição dos efeitos negativos da alteração ambiental. Esta pesquisa foi conduzida objetivando estabelecer algumas características das atividades da Logística Reversa da reciclagem, além de identificar os parâmetros que influenciam na reciclagem de diferentes produtos e relacioná-los com os principais fatores que influenciam a estruturação dos canais reversos. Para isto foi utilizado o *Analytic Hierarchy Process* (AHP) o qual permitiu gerar resultados de ordenação e importância dos fatores de influência sendo os primeiros colocados os fatores econômicos, tecnológicos e logísticos.

**Palavras-chave:** Logística Reversa, Reciclagem, *Analytic Hierarchy Process*.

### **Abstract**

Humanity since its inception has used natural resources for their survival. However, the speed with which it has withdrawn and used these resources is leading to significant environmental changes around the world. Such changes trigger a growing international attention to the theme of the environment. In this sense, recycling can contribute to the global effort to reduce the negative effects of environmental change. This research was carried out so as to establish some characteristics of the activities of reverse logistics for recycling and identify the parameters that influence the recycling of different products and relate them to the main factors influencing the structuring of the reverse channels. For this, the Analytic Hierarchy Process (AHP) has been used and results of sort and importance of the influence factors were generated, being the economic, technological and logistical factors the first placed.

**Keywords:** Reverse Logistic, Recycling, Analytic Hierarchy Process.

## 1. Introdução

A geração dos resíduos sólidos, líquidos e gasosos, provenientes das atividades humanas, até pouco tempo não representava grandes problemas, quer pela sua essência eminentemente orgânica, quer pelo próprio estágio de desenvolvimento da evolução tecnológica (Donaire, 2004).

Porém, a proliferação de embalagens e produtos descartáveis associada a hábitos de consumo que não levam em consideração aspectos ambientais e sociais, fazem com que o lixo, que é resultado direto da atividade humana, prolifere e se torne um dos grandes problemas ambientais da atualidade. Segundo Forlin e Faria (2002), quem fica com o prejuízo deste hábito de consumo predatório é o meio ambiente e as gerações vindouras.

A redução nos ciclos de vida dos produtos, fruto da velocidade da mudança tecnológica e de comercialização, provoca o aumento do descarte de produtos. Assim a necessidade de equacionar o destino dos bens e seus materiais constituintes, após o uso original é crescente nas últimas décadas. Neste contexto surge a Logística Reversa – LR como responsável pelo planejamento, operação e controle dos fluxos reversos relacionada diretamente ao retorno de produtos e materiais desde o ponto de consumo até o de origem.

Este retorno de produtos e materiais, também conhecida como reciclagem, se dá por meio de canais de distribuição reversos entendidos como as diversas etapas de processamentos e comercialização pelas quais flui uma parcela dos produtos e materiais de pós-consumo, ao longo de sua cadeia produtiva reversa, em seu retorno ao ciclo produtivo.

Em alguns casos de canais de distribuição reversos existem condições econômicas espontâneas e favoráveis nas diversas etapas que propiciam certo equilíbrio entre as quantidades descartadas dos bens de pós-consumo e as quantidades recicladas. Nos casos em que não existem estas condições naturais de mercado os excessos descartados saturam as disposições finais tradicionais e tornando-se visíveis para a sociedade. Novos fatores surgem tais como os fatores ecológicos e legislativos, que modificam e influenciam nas quantidades de materiais reciclados (Leite, 2000).

O artigo tem como objetivo analisar a influência que fatores econômicos, logísticos, tecnológicos, ecológicos e legislativos exercem na estruturação e organização dos canais reversos de pós-consumo através do uso de Métodos de Tomada de Decisão com Múltiplos Critérios (MCDM), especificamente o *Analytic Hierarchy Process* (AHP).

O procedimento utilizado para sua realização foi um levantamento bibliográfico, visando conhecer as teorias de tomada de decisão com múltiplos critérios e estudos específicos que utilizam o AHP para definir atuações estratégicas de gestão (Marinho, Selig, 2008, Hernández, 2010). Posteriormente foram analisadas as práticas da reciclagem de diferentes materiais e produtos tais como: computadores, madeira, garrafas PET, alumínio, aço, couro (Reis, Carmo, Nishioka, 2008, Andino, Padula, Wegner, 2008, Souza, Lopes, 2008).

O artigo está organizado em 5 seções. Inicia-se pela introdução ao assunto pesquisado, a seção 2 aborda alguns dos princípios conceituais da LR e da reciclagem, na seção 3 descreve-se a metodologia de pesquisa utilizada, na seção 4 apresenta-se a importância dos fatores que influenciam a estruturação dos canais reversos de materiais reciclados a partir da utilização do AHP, já na seção 5 as considerações finais encerram o trabalho, por fim estão as referências bibliográficas utilizadas.

## 2. Fundamentação teórica

### 2.1 Logística Reversa

O termo Logística Reversa - LR, assim como os estudos iniciais desta temática, podem ser encontrados na literatura dos anos 70 e 80, tendo seu foco principal relacionado com o retorno de bens para serem processados em reciclagem dos materiais, sendo denominados e analisados como canais de distribuição reversos (Leite, 2000).

## PESQUISA OPERACIONAL PARA O DESENVOLVIMENTO

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

- Kopicki *et al.*(1993) analisam a LR como a atividade que gerencia o processo reverso à logística direta, tratando do fluxo dos produtos no sentido desde o consumo até a origem;
- Fuller e Allen (1995) analisam a cadeia de retorno e reciclagem de pós - consumo introduzindo o conceito de integração circular da LR, distinguindo as atividades fundamentais que participam da cadeia reversa;
- Rogers e Tibben-Lembke (1999) 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, além de dar o mesmo sentido de planejamento e controle que este fluxo reverso precisa ter, de forma igual ao fluxo direto;
- Leite (2003) incorpora à definição de LR a diferença no fluxo de retorno dos bens de pós-venda e pós-consumo e identifica o seu valor agregado ao ciclo de negócios, sendo este: econômico, ecológico, legal, logístico, e de imagem corporativa.

Como pode ser apreciado na definição de LR dada por Leite (2003) está marcada a diferença entre os dois tipos de fluxos que se originam nos canais reversos, sendo os de retorno de bens de pós-venda e retorno de bens de pós-consumo como resume o Quadro 1. Especificamente neste artigo são de interesse os canais reversos de pós-consumo por estarem relacionados diretamente com a reciclagem.

Quadro 1. LR de pós-consumo e pós-venda

Pós-venda	Pós-consumo
Compostos pelas diferentes formas de retorno dos produtos com pouco ou nenhum uso. Retornam aos fabricantes sendo suas principais razões o término da validade, consignação, por apresentarem defeito de fabricação ou avaria durante o transporte, entre outras.	Constituídos pela parcela de produtos e de materiais constituintes originados no descarte dos produtos depois de finalizada sua utilidade original e que retornam ao ciclo produtivo.

Segundo Leite (2000), a estruturação e organização de uma cadeia reversa pode ser avaliada em função das quantidades do fluxo reverso de materiais em relação às quantidades de pós-consumo disponíveis. Diversos fatores influenciam esta estruturação sendo eles: econômicos, tecnológicos, logísticos, ecológicos e legais.

Estudos exploratórios demonstram que no caso de bens de pós-consumo descartáveis, havendo condições logísticas, tecnológicas e econômicas, os produtos são retornados por meio do canal reverso de “Reciclagem”, onde os materiais constituintes são reaproveitados e se constituirão em matérias-primas secundárias, que retornam ao ciclo produtivo pelo mercado correspondente (Leite, Brito, 2003).

### 2.2 Reciclagem

Um dos temas ambientais mais destacados sobre o meio ambiente refere-se aos resíduos sólidos. Quanto à sua origem, os resíduos sólidos podem ser classificados em resíduos urbanos (domiciliar e limpeza pública), industriais, de serviços de saúde, de atividades rurais, de serviços de transporte e de rejeitos radioativos (CONAMA, 1999).

Diferentes estudos e publicações científicas têm focado variados fenômenos relacionados à geração, coleta, disposição e reciclagem do lixo urbano (Berthier, 2003). Duas grandes possibilidades foram apontadas pela literatura:

- Prevenir o lixo em sua origem, usando, por exemplo, menos matéria prima no processo de produção ou dispendo menos lixo tóxico;

- Reciclagem do lixo dos produtos para que eles fossem reusados por outros usuários, para outros propósitos ou como materiais secundários.

Reciclar significa aproveitar a matéria prima embutida no resíduo para fabricar o mesmo ou outro tipo de produto, como exemplos, os pneus, para produzir tapetes de borracha, a matéria orgânica derivada de restos de alimentos, para produzir fertilizantes ou as latinhas de alumínio, para fabricar outras latinhas.

A reciclagem surgiu para reintroduzir no sistema uma parte da matéria e da energia que se tornaria lixo (Grimberg, Blauth, 1998). A disposição inadequada dos resíduos sólidos favorece a proliferação de doenças e de danos ambientais, relevando a importância do desenvolvimento de projetos e programas que cuidem a gestão adequada de resíduos sólidos (Rebelato *et al.* 2006).

Alguns dados estatísticos sobre os índices de reciclagem no Brasil e no mundo são mostrados a seguir na Figura 1.

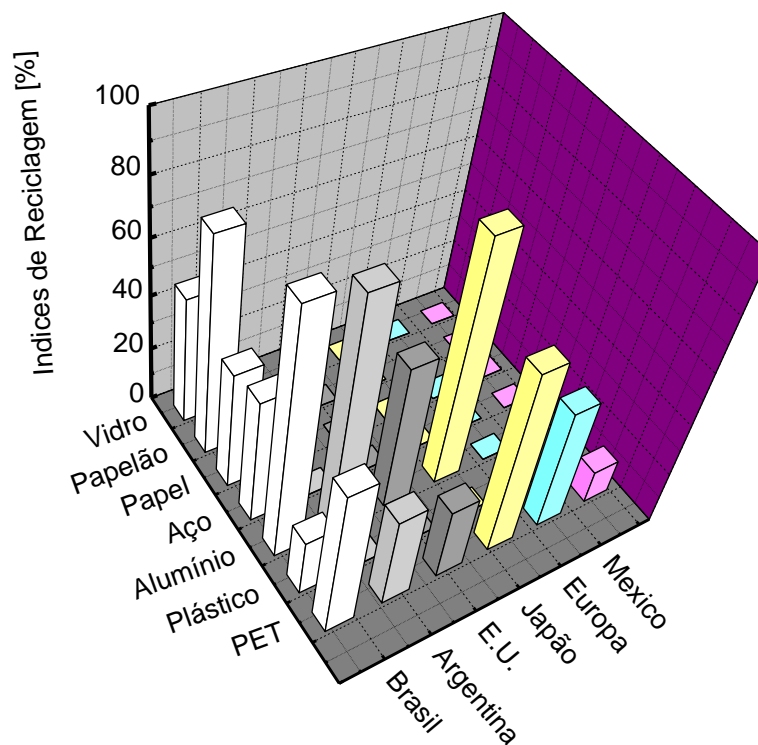


Figura 1. Índices de Reciclagem  
Fonte: CEMPRE, 2010

Como pôde ser apreciado na Figura 1, o Brasil tem um comportamento instável quanto às quantidades de materiais reciclados. Em alguns deles, os valores percentuais dos reciclados estão ao nível de países de primeiro mundo, fundamentalmente da Europa, e em outros, o nível é bem mais baixo.

Conforme já discutido na introdução deste artigo, o reaproveitamento e a reciclagem de resíduos sólidos dependem da criação, consolidação e utilização de canais de distribuição reversos. A sua vez a estruturação e organização desses canais esta influenciada por um conjunto de fatores que podem atuar de forma propulsora ou restritiva segundo as características particulares do material a reciclar.

Cabe ressaltar que o efeito de cada fator deve variar em função de uma série de aspectos onde, além do tipo de material, o setor empresarial, o tipo de cadeia de valor envolvida, e o tipo e posição do canal reverso podem ter grande relevância.

Quando existem ganhos econômicos, programas de LR com objetivos econômicos são implementados pelas empresas e o fluxo reverso flui e se organiza por se mesmo (Hernández *et al.*, 2010). Efeito similar espera-se com a entrada em vigor da Lei No. 12 305 de 2 de agosto de 2010 onde o Brasil passa a ter um marco regulatório na área de resíduos sólidos entendido este como todo tipo de resíduo: doméstico, industrial, construção civil, eletroeletrônico, lâmpadas de vapores mercuriais, da área de saúde, perigosos etc.

Esta lei reúne princípios, objetivos, instrumentos e diretrizes para a gestão dos resíduos sólidos e responsabiliza as empresas pelo recolhimento de produtos descartáveis (LR), estabelece a integração de municípios na gestão dos resíduos e responsabiliza toda a sociedade pela geração de lixo.

Estudos realizados por Leite (2000) e por Leite, Brito (2003) exemplificam o comportamento de diversos canais reversos de reciclagem quanto à influência dos fatores anteriormente mencionados. Com o intuito de aprofundar esta avaliação, tanto de forma qualitativa como quantitativa, e mostrar canais reversos de outros materiais foi utilizado no presente trabalho o AHP.

### 2.3 Analytic Hierachy Process (AHP)

Estabelecer comparações diretas entre objetos em relação a alguma propriedade é um processo matemático fundamental para determinar medidas. Esta idéia funciona bem para as propriedades que permitem construir escalas. Quando se têm medidas de propriedades intangíveis, é preciso deduzir as escalas relativas, por meio de comparações por pares, utilizando estimações a partir de outra escala numérica e organizar estas escalas relativas mediante estruturas hierárquicas (Saaty, 2008).

Esta visão foi a utilizada por Saaty (1977) para o desenvolvimento do AHP, que é uma ferramenta simples para solucionar problemas complexos. O AHP ajuda a estabelecer modelos de decisão através de processos com componentes qualitativos e quantitativos.

Qualitativamente auxilia na formação de níveis hierárquicos, sendo esta uma maneira conveniente de decompor um problema complexo, numa pesquisa de explicações de causa-efeito, em passos que formam uma cadeia linear. Quantitativamente usa pares de comparação para calcular os pesos dos elementos em cada nível e determina o peso final (desempenho global) considerando todos os critérios (Saaty, 2008).

Diferentes autores têm elaborado fluxogramas, seqüência de passos e etapas para aplicar o AHP. De maneira geral, Cheng e Li (2007) resumiram estes estudos em:

- Desenvolvimento da estrutura do modelo de decisão – etapa fundamental para definir a meta ou objetivo global desejado, colocado no primeiro nível hierárquico, que decomposto em objetivos secundários, chamados de critérios e alternativas permitem formar uma estrutura hierárquica;

- Comparação pareada de critérios/alternativas - com o problema já estruturado, o próximo passo é fazer a atribuição dos pesos, que são os valores de importância para os critérios e também os valores de desempenho para cada alternativa de acordo com cada critério. Esta é uma comparação pareada (comparações dois a dois) dos critérios quanto a sua importância para o critério ou objetivo imediatamente acima;

- Cálculo dos pesos relativos dos elementos do modelo e da Razão de Coerência – da comparação pareada são formadas matrizes e vetores de prioridades são calculados. Para cada matriz é calculado o CR (*Consistency Ratio* – Razão de Coerência). Segundo Salomon (2004) a melhor palavra a utilizar é coerência e não consistência, uma vez que no idioma português “coerência” é a “ligação ou nexos entre os fatos”. O CR é um indicador da coerência dos julgamentos, que considera o afastamento entre  $\lambda$  e  $n$ , conforme a Equação 1, e considera também um erro aleatório associado à ordem da matriz de julgamento.

$$CR = (\lambda - n)/(n - 1) \cdot RI \quad (1)$$

Onde:

CR: Razão de Coerência.

RI: Índice de Coerência Aleatória.

n: Número de Critérios.

$\lambda$  : Autovalor Máximo.

Para determinar o autovalor máximo, é utilizada a Equação 2 que envolve o autovetor de pesos ( $P$ ) e a matriz de comparações.

$$A^t \cdot P^t = \lambda_{\max} \cdot P^t \quad (2)$$

Onde:

A: Matriz de Comparações.

P: Autovetor de Pesos.

$\lambda_{\max}$ : Autovalor Máximo.

Existem diferentes valores limites para o valor de CR segundo a ordem das matrizes: 0,05 para matrizes 3x3; 0,08 para matrizes 4x4 e 0,1 para todas as outras matrizes, sendo que este último valor é o mais utilizado em conjunto com 0,2 proposto alguns anos mais tarde (Cheng, Li, 2007).

Como visto anteriormente, o AHP pode ser aplicado seguindo todo um conjunto de passos ou etapas com procedimentos matemáticos perfeitamente definidos que permitem traduzir critérios qualitativos em números.

Esta transparência quanto à base do método possibilita que ele seja usado de forma menos complexa que outros MCDM que também utilizam estruturas hierárquicas, mas que somente podem ser utilizados com softwares proprietários que não evidenciam o procedimento de cálculo, como no caso do MACBETH (Salomon, 2004).

### 3. Material e Métodos

Problemas de pesquisa representam a tradução das lacunas, que podem ser identificadas por perguntas, a respeito do escopo do conhecimento humano. Na prática, observa-se que a identificação do problema de pesquisa não é uma questão tão simples como pode parecer, e precisa-se de diversos ciclos para formular perguntas preliminares até refinar, delimitar o problema e definir uma questão central que pode ter associadas questões secundárias (Creswell, 2007). Aqui, a pergunta principal foi: o método AHP pode ser utilizado para medir a importância dos fatores que influenciam os canais reversos de pós-consumo ou reciclagem?

Para isto, o presente artigo optou pelo método misto com estratégia sequencial exploratória, dando prioridade aos dados qualitativos coletados numa primeira fase (Creswell, 2007). Nesta estratégia os dados quantitativos servem para auxiliar na interpretação e corroborar os resultados qualitativos.

Este critério de pesquisa exploratória coincide com o proposto por Gil (2002) devido a que o objetivo fundamental foi proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito.

A coleta dos dados provém da revisão da literatura acadêmica, fundamentalmente de trabalhos publicados que analisam diferentes canais reversos de pós-consumo e as suas respectivas práticas de reciclagem (Andino, Padula, Wegner, 2008, Souza, Lopes, 2008, Reis, Carmo, Nishioka, 2008, Leite, Brito, 2003) e estudos que utilizam o AHP para estabelecer importância de atividades de LR (Castro *et al*, 2010). Posteriormente entrevistas não estruturadas com perguntas gerais e profundas, o que possibilitou captar abundante informação, realizadas a especialistas e gestores (8 em total) envolvidos nas atividades de reciclagem possibilitaram formar a estrutura hierárquica dando como válidos os fatores que inicialmente

## PESQUISA OPERACIONAL PARA O DESENVOLVIMENTO

tenham se assumidos como influenciadores das quantidades de materiais reciclados. Para atribuir os valores de importância para os critérios e alternativas segundo o método AHP foi novamente utilizada a entrevista, desta vez com perguntas fechadas adequadas ao método em questão. O resultado das matrizes demonstrou que existia pouca divergência nas respostas individuais, portanto, decidiu-se utilizar a moda dos valores. Esta informação foi mostrada ao grupo de entrevistados para que avaliassem as suas respostas individuais a fim de que pudessem mudar algum julgamento se necessário chegando se ao resultado final. O Quadro 2 resume a estratégia de coleta de dados.

Quadro 2. Estratégia para a coleta de dados

FONTE DOS DADOS	TÉCNICA DE COLETA	OBJETO DA COLETA	ABORDAGEM
Secundários	Pesquisa Bibliográfica	Literatura que trate dos seguintes assuntos: Logística Empresarial, Logística Reversa, Programas de Reciclagem, Métodos de Tomada de Decisão com Múltiplos Critérios.	Qualitativa/ Quantitativa
Primários	Entrevistas (com perguntas abertas e fechadas)	Especialistas da área de reciclagem	

#### 4. Análise dos resultados

Na literatura consultada, são citados diversos fatores de influência na estruturação e organização dos canais de distribuição reversos. Estes fatores exercem influência positiva ou negativa na quantidade de material reciclado.

De maneira geral quando analisado em sua totalidade o setor da reciclagem no Brasil pode-se observar um baixo volume movimentado destacando-se como fatores críticos a ausência de políticas públicas e legislação e a falta de cultura e consciência ecológica da população e dos empresários.

Leite (2000) agrega três novos fatores aos mencionados anteriormente: econômicos, tecnológicos e logísticos que podem influenciar as quantidades de material reciclado. Num estudo exploratório, avaliaram-se os impactos de todos estes fatores sobre as quantidades recicladas que fluem no canal de distribuição reverso de alguns casos de produtos ou materiais de pós-consumo.

Segundo este estudo, os fatores econômicos e tecnológicos influem nas quantidades recicladas, de forma propulsora e com intensidade variada. O fator ecológico não exerce influência e o fator logístico exerce uma influência restritiva nas quantidades recicladas. Além disto, o fator legislativo não apresenta influência significativa sobre as quantidades recicladas mostrando a baixa intervenção governamental nestes casos (Leite, 2000).

Para a realização deste artigo foram analisadas, em especial, as reciclagens de garrafas PET, de materiais de alumínio e ferro/aço, couro, madeira, produtos de informática e embalagens de agrotóxicos podendo-se constatar que a influência dos fatores mencionados com anterioridade dependem de múltiplos fatores tangíveis e intangíveis, portanto analisar e medir esta influência requer de técnicas que ajudem no processo de tomada de decisão.

Neste sentido a escolha do *Analytic Hierachy Process* (AHP) dentre as diferentes técnicas ou métodos para tal fim, deveu-se ao fato da existência de um software livre, disponível para *download* em <http://www.superdecisions.com> que economiza esforço no tratamento dos dados, além da transparência quanto à base do método que possibilita seu uso de forma menos complexa que outros MCDM.

#### 4.1 Aplicação do Analytic Hierarchy Process (AHP)

Em aplicações do AHP, os dados necessários são julgamentos que compõem matrizes de comparações entre os elementos do modelo (alternativas/critérios) dois a dois. Os dados gerados pela aplicação do método incluem a matriz de decisão (composta dos valores de desempenho das alternativas/critérios para cada critério), os valores da Razão de Coerência dos julgamentos (*CR*, *Consistency Ratio*) e o vetor de decisão (composto dos valores de Desempenho Global das alternativas/critérios).

Segundo o modelo representado na Figura 2, os fatores que influenciam na reciclagem são: econômicos, tecnológicos, logísticos, ecológicos e legislativos e pretende-se analisar a importância deles para um conjunto de materiais reciclados. Neste caso especificamente, não se está interessado em selecionar alternativas, e sim em determinar a importância que cada fator tem na quantidade de materiais reciclados.

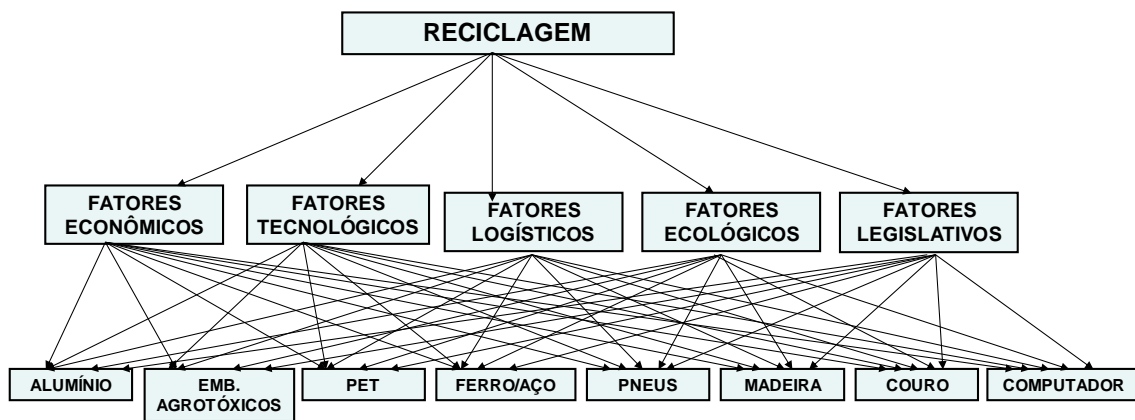


Figura 2. Fatores que influenciam na reciclagem

Para aplicar o AHP foram seguidos os passos seguintes:

1. Realização de julgamentos e cálculo dos CR

Foram formadas seis matrizes de julgamento. A Tabela 1 mostra a matriz do julgamento dos fatores que influenciam a reciclagem (critérios). De igual forma procedeu-se nas outras cinco matrizes que julgam o comportamento de cada canal de reciclagem (alternativas) com respeito aos critérios que influenciam as quantidades recicladas (Ver Tabelas 2 à 6).

Tabela 1. Julgamento dos fatores que influenciam a reciclagem

Critérios	Econômicos	Tecnológicos	Logísticos	Ecológicos	Legislativos
Econômicos	1	3	4	7	7
Tecnológicos		1	4	6	5
Logísticos			1	5	5
Ecológicos				1	1
Legislativos					1



## PESQUISA OPERACIONAL PARA O DESENVOLVIMENTO

Tabela 2. Julgamento do comportamento de cada canal de reciclagem com respeito ao critério econômico

Alternativas	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Alumínio (1)	1	9	7	5	8	6	6	7
Emb. Agrotóxicos (2)		1	1/3	1/5	1/2	1/4	1/4	1/3
PET (3)			1	1/3	2	1/2	1/2	1
Ferro/Aço (4)				1	4	2	2	4
Pneus (5)					1	1/3	1/3	1/2
Madeira (6)						1	1	1/2
Couro (7)							1	1/3
Computador (8)								1

Tabela 3. Julgamento do comportamento de cada canal de reciclagem com respeito ao critério tecnológico

Alternativas	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Alumínio (1)	1	9	8	7	8	5	5	4
Emb. Agrotóxicos (2)		1	1	1/2	1	1/4	1/5	1/3
PET (3)			1	1	1	1/4	1/4	1/3
Ferro/Aço (4)				1	1	1/2	1/3	3
Pneus (5)					1	1/4	1/4	1/3
Madeira (6)						1	1	2
Couro (7)							1	3
Computador (8)								1

Tabela 4. Julgamento do comportamento de cada canal de reciclagem com respeito ao critério logístico

Alternativas	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Alumínio (1)	1	1/5	1/2	1/3	1/4	1/5	4	1
Emb. Agrotóxicos (2)		1	3	2	2	1	8	6
PET (3)			1	1	1	1/3	4	2
Ferro/Aço (4)				1	1	1/2	3	6
Pneus (5)					1	1	7	4
Madeira (6)						1	8	5
Couro (7)							1	3
Computador (8)								1

Tabela 5. Julgamento do comportamento de cada canal de reciclagem com respeito ao critério ecológico

Alternativas	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Alumínio (1)	1	1/9	1/3	1	1/5	1	1/5	1/6
Emb. Agrotóxicos (2)		1	5	9	4	9	4	6
PET (3)			1	3	1/2	3	1/2	1/3
Ferro/Aço (4)				1	1/5	1	1/5	1/6
Pneus (5)					1	5	1	1
Madeira (6)						1	1/5	1/6
Couro (7)							1	1/4
Computador (8)								1

## PESQUISA OPERACIONAL PARA O DESENVOLVIMENTO

Tabela 6. Julgamento do comportamento de cada canal de reciclagem com respeito ao critério legislativo

Alternativas	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Alumínio (1)	1	1/8	1/3	1	1/7	1	1/2	1/3
Emb. Agrotóxicos (2)		1	7	8	5	8	7	7
PET (3)			1	3	1/4	3	1	2
Ferro/Aço (4)				1	1/7	1	2	3
Pneus (5)					1	6	5	5
Madeira (6)						1	2	1/3
Couro (7)							1	2
Computador (8)								1

Os valores dos CR se mantiveram entre 0,0418 e 0,0563, portanto, os julgamentos foram coerentes. Todos os cálculos da aplicação do AHP foram feitos com o software *Super Decisions 2.0.5*.

### 2. Determinação do Desempenho Global dos critérios e alternativas

A Tabela 7 mostra o desempenho global de cada um dos critérios e alternativas.

Tabela 7. Prioridades dos critérios e alternativas

Critérios/Alternativas	Prioridades
Econômico	0,47743
Tecnológico	0,28562
Logístico	0,14721
Ecológico	0,04398
Legislativo	0,04576
Alumínio	0,35378
Emb. Agrotóxicos	0,09890
PET	0,06133
Ferro/Aço	0,12301
Pneus	0,06915
Madeira	0,11425
Couro	0,09622
Computador	0,08577

A Figura 3 mostra o resultado da análise de sensibilidade do modelo segundo o *Super Decisions*. Cada linha representa um canal de reciclagem diferente e a linha vertical ao eixo das abscissas mostra a situação atual com respeito à reciclagem dos canais envolvidos na pesquisa.

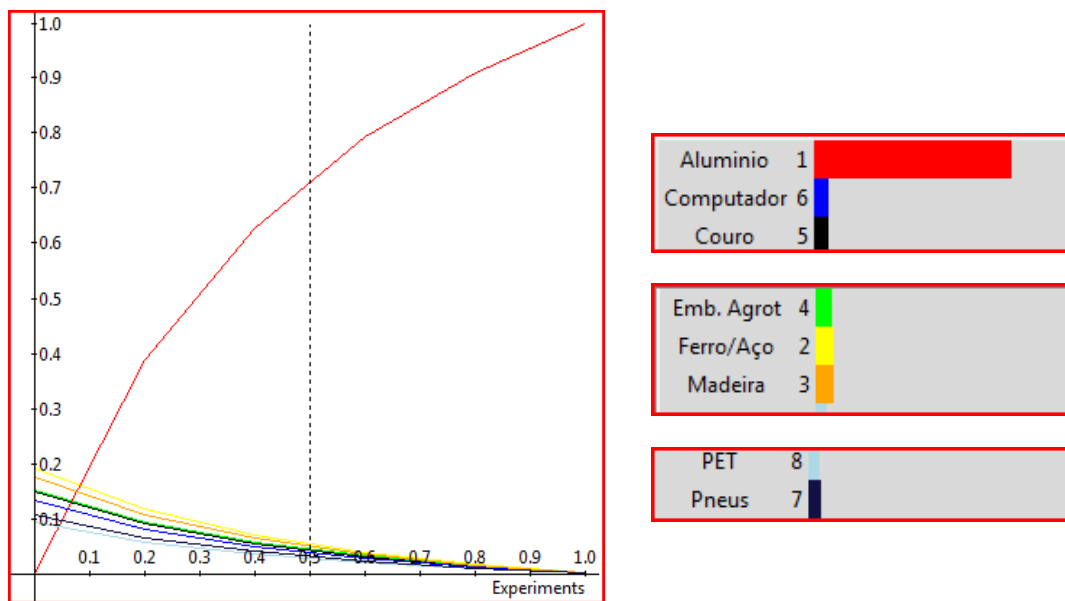


Figura 3. Análise de sensibilidade

### 3. Análise dos resultados

A análise dos valores das prioridades demonstrou que, quanto aos critérios, os fatores econômicos seguidos dos tecnológicos e logísticos são os que têm maior impacto nas quantidades de materiais reciclados. As legislações e os fatores ecológicos, entendido este último como influência positiva ou negativa dos aspectos ligados à conscientização ecológica dos agentes participantes do canal reverso, exercem uma influência bem pequena nas quantidades de material reciclado.

Quanto às alternativas num âmbito global, os canais reversos do alumínio e ferro/aço são os responsáveis do maior impacto devido à importância econômica dos materiais reciclados. Todos os outros canais exercem aproximadamente a mesma influência (pequena) e a existência dos mesmos está garantida por legislações como no canal das embalagens agrotóxicas, pneus e computadores.

No fator econômico, destacam-se o alumínio e o ferro/aço devido, principalmente, ao alto valor de comercialização de material reciclado (empresas brasileiras pagam, em média, pelo alumínio reciclado, em torno de R\$3,50/kg).

No fator tecnológico, novamente o alumínio sobressai, já que há grandes avanços tecnológicos quanto a equipamentos disponíveis para reciclagem. No fator logístico, há um destaque maior para as embalagens de agrotóxicos seguidos da madeira e ferro/aço, pois, especialmente estes materiais, apresentam um planejamento bem elaborado no que diz respeito à coleta e ao recolhimento de embalagens (no caso de agrotóxicos) e sobra de materiais.

No fator ecológico e legislativo, as embalagens de agrotóxicos possuem larga vantagem sobre os demais, principalmente pelo fato de existir políticas, tanto interna, quanto externa, que apóiam e orientam a coleta e disposição dessas embalagens para reciclagem.

A análise de sensibilidade demonstra uma inclinação positiva ou tendência de crescimento na reciclagem de alumínio. Essa curva tem mais de 90% de posições ou experimentos que superam o resto dos outros canais. As outras curvas aparecem sem possibilidade de primar.

Isto se explica porque a alternativa do alumínio é a melhor avaliada no critério econômico sendo este o fator que mais influencia nas quantidades de matérias reciclados.

### 5. Considerações finais

De maneira geral o estudo corroborou que a remuneração nas etapas reversas e escala econômica da atividade são condições essenciais para a reciclagem, tornando os fatores econômicos, tecnológicos e logísticos em condições necessárias para a existência de canais reversos deste tipo.

Quando estes fatores não existem precisa-se do poder da legislação e da consciência ecológica promovida mediante campanhas de reciclagem em escolas, empresas, condomínios que envolvam a população em geral e incentive a reciclagem como imagem corporativa das empresas.

Novas leis e regulamentações devem ajudar neste sentido. O controle e a prevenção da poluição não devem ser encarados como um custo adicional e sim como uma vantagem competitiva isto permitirá não somente a organização interna de todo o processo reverso, mas também toda a organização da cadeia produtiva incluindo fornecedores e prestadores de serviço.

Pesquisas recentes, Hernández (2010), demonstram o impacto da LR no Desempenho Empresarial. Estudos futuros devem aprofundar a análise do impacto de uma estratégia empresarial que valorize as práticas sustentáveis e promovam o reuso, reutilização e reciclagem de materiais e produtos. Mudanças na prioridade dos critérios devem ser avaliadas com a entrada em vigor da Lei No. 12 305 onde a importância dos fatores legislativos deve aumentar significativamente.

### Referências

- ANDINO, B. F. A., PADULA, A. D. & WEGNER, D. (2008).** Logística Reversa como mecanismo para redução do impacto ambiental originado pelo lixo informático. XI Simpósio de Administração da Produção, Logística e Operações Internacionais - XI SIMPOI. São Paulo.
- BERTHIER, H. C. (2003).** Garbage. Work and society. Resources, Conservation and Recycling. US: Elsevier Science, v. 39, n.3, 193-210.
- CASTRO, R. C., HERNÁNDEZ, C. T., MARINS, F. A. S. & DURÁN, J. A. R. (2010).** Use of multiple criteria decision making method to measure influence of reverse logistic on business performance. In: IX International Conference on Operations Research, Havana, Cuba
- CEMPRE (2010)** In: [http://www.abre.org.br/meio\\_reci\\_brasil.php](http://www.abre.org.br/meio_reci_brasil.php). Acesso Outubro/2010.
- CHENG, E. W. L.; LI, H. ( 2007).** Application of ANP in process models: An example of strategic partnering. Building and Environment v.42, p. 278–287.
- CONAMA. (1999).** Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução n. 259, de 30 de junho de 1999. Diretrizes Técnicas para a Gestão de Resíduos Sólidos.
- CRESWELL, J. W. (2007).** Projeto de pesquisa: Métodos qualitativo, quantitativo e misto. 2.ed. Porto Alegre: Artmed.
- DONAIRE, D. (2004).** Gestão ambiental na empresa. São Paulo: Atlas.
- FORLIN, F. J. & FARIA, J. (2002).** Considerações sobre a reciclagem de embalagens plásticas. Polímeros: Ciência e Tecnologia, v.12, n. 1, 1-10.
- FULLER, D. A. & ALLEN, J. (1995).** Reverse Channel Systems. In: Environmental marketing: strategies, practice, theory and research [edited by M. J. Polonsky, A. T. Mintu-Winssat]. London: The Haworth Press.
- GIL, A. C. (2002).** Métodos e Técnicas de Pesquisa Social. São Paulo: Atlas.
- GRIMBERG, E. & BLAUTH, P. (1998).** Coleta Seletiva: reciclando materiais, Reciclando valores. Polis: estudos, formação e assessoria em políticas sociais, n.31.

**HERNÁNDEZ, C. T. (2010).** Modelo de gerenciamento da logística reversa integrado às questões estratégicas das organizações. Tese (Doutorado). Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia.

**HERNÁNDEZ, C. T., MARINS, F. A. S., ROCHA, P. M. & DURÁN, J. A. R (2010).** Using AHP and ANP to evaluate the relation between reverse logistics and corporate performance in Brazilian industry. *Brazilian Journal of Operations & Production Management*, v.7, n.2, 1-16.

**KOPICKI, R., BERG, M. J., LEGG, L., DASPPA, V. & MAGGIONI, C. (1993).** Reuse and Recycling-Reverse Logistics Opportunities. Brooks, CLM.

**LEITE, P. R. & BRITO, E. Z. (2003).** Reverse Logistics of returned products: Practices of firms in Brazil In: <http://www.meusite.mackenzie.com.br/pl>. Acesso Jan/2007

**LEITE, P. R. (2000).** Canais de distribuição reversos: Fatores de influência sobre as quantidades recicladas de materiais. In: <http://www.meusite.mackenzie.com.br/pl>. Acesso Jan/2007

**LEITE, P. R. (2003).** Logística Reversa – Meio Ambiente e Competitividade. São Paulo: Editora Prentice Hall.

**MARINHO, S. V. & SELIG, P. M. (2008).** Análise comparativa do BALANCED SCORECARD com alguns dos principais sistemas de medição de desempenho. XI Simpósio de Administração da Produção, Logística e Operações Internacionais - XI SIMPOL. São Paulo.

**REBELATO, M. G., RODRIGUES, A. M., RODRIGUES, I. C. & FAGOTTE, A. (2006).** A gestão municipal de resíduos sólidos no contexto da logística reversa: o caso do município de Curitiba/PR. In: XXVI Encontro de Engenharia de Produção - XXVI ENEGEP. Fortaleza.

**REIS, A. C., CARMO, L. F. R.. & NISHIOKA, I. (2008).** Logística Reversa e práticas correntes no setor de reciclagem. IV Congresso de Excelência em Gestão, Niterói, RJ.

**ROGERS, D. S. & TIBBEN-LEMBKE, R. S. (1999).** Going Backwards: Reverse Logistics Trends and practices. Reno, University of Nevada. In <http://www.rlec.org/reverse.pdf>. Acesso Agosto/2007.

**SAATY T. L. (2008).** 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, n.2, 251–318.

**SAATY, T. L. (1977).** A scaling method for priorities in hierarchical structures. *Journal of Mathematical Psychology*, n.15, 234-281.

**SALOMON, V. A. P. (2004).** Desempenho da modelagem do auxílio à decisão na análise do planejamento e controle da produção. Tese (Doutorado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

**SOUZA, A. G. & LOPES, A. C. V. (2008).** Logística Reversa para embalagens agrotóxicas em dourados - MS e sua contribuição para a preservação do meio ambiente. XI Simpósio de Administração da Produção, Logística e Operações Internacionais - XI SIMPOL. São Paulo.