

Responsabilidade ambiental e Logística Reversa frente ao uso de Materiais Compósitos na Indústria brasileira

Luciene Bianca
Alves

Viviane Gaspar
Ribas

Fabiana Todesco

Anderson Correia

Universidade Federal do Paraná - UFPR

RESUMO

Este artigo apresenta as definições dos conceitos da logística reversa, tendo por objetivo despertar a comunidade científica, que uma vez, se fazendo uso desses conceitos é possível atuar na sociedade de modo a desenvolver soluções de responsabilidade ambiental e tecnológica. Não se propõe aqui uma resposta frente ao uso dos materiais compósitos, porém se faz algumas colocações no campo de atuação profissional do engenheiro de produção, em especial, àquele que atua no setor aeronáutico. Ademais, deve ter a consciência que sua atuação na sociedade não deve ser imediatista ou fruto de soluções parcialmente consideradas durante um projeto. Ou seja, sendo através do planejamento e desenvolvimento de soluções que considerem aspectos de reutilização, reciclar ou reuso é que o engenheiro poderá contribuir para a redução dos desperdícios materiais que afetam o meio ambiente hoje e alteram as perspectivas da humanidade amanhã.

Palavras chaves: Logística reversa; Indústria aeronáutica; Materiais compósitos.

1. INTRODUÇÃO

O objetivo deste artigo é apresentar alguns conceitos importantes da logística reversa frente ao uso dos materiais compósitos e sua importância para que o profissional de engenharia de produção possa estar atuando com responsabilidade social e ética ao desenvolvimento da nação. Será apresentado neste trabalho um entre os processos fabris da indústria aeronáutica.

Em virtude das empresas buscarem continuamente novas estratégias para se manterem competitivas e, sendo o planejamento e o controle da produção uma entre as ferramentas neste auxílio, o engenheiro responsável por esse processo torna-se o ator fundamental na busca e implantação de soluções frente aos concorrentes potenciais.

O assunto se torna relevante à medida que a maior empresa aeronáutica brasileira contribuiu, em 2003, com um percentual de 2,8% do total do PIB, com a exportação de produtos, totalizando um volume de US\$ 2,007 milhões e recebe sistematicamente incentivo fiscal para atrair novos investimentos, a níveis legislativos municipais, estaduais e federais.

De maneira geral, a logística reversa tem sido considerada uma área com baixa prioridade, já que isso se reflete no número reduzido de empresas que têm atividades dedicadas ao assunto. Então, pode-se dizer que é um estado inicial no que diz respeito ao desenvolvimento das práticas de logística reversa.

No entanto, essa realidade está mudando em resposta às pressões do consumidor, da sociedade, dos órgãos não governamentais em defesa ao meio ambiente e da própria legislação ambiental nacional e internacional, a necessidade de não somente produzir o produto num processo eficiente, custos baixos e com alta qualidade, mas também de

oferecer um processo de produção e consumo que agrida ao mínimo possível o meio ambiente. Neste trabalho ter-se-á uma noção desta área, logística reversa, que está hoje em ascensão, como mencionado acima.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Nessa seção serão abordados os conceitos sobre a logística, com ênfase a logística reversa, e como o mundo tem abordado as questões ambientais nos ambientes fabris, dando uma ênfase a indústria aeronáutica e suas atuações quanto ao uso de materiais compósitos a fim de reduzir o impacto ambiental ocasionado por ele. E a forma de como os engenheiros de produção podem se apropriar da logística reversa na busca de soluções que respeitem as legislações ambientais, de modo a contribuir com a sociedade.

2.1 Logística Reversa

A logística com o passar dos tempos segundo Chistopher (1999), Bowersox & Closs (2001), Kearney (1993) apud Leite & Brito (2003) tem recebido destaque nas corporações à medida que a sua imagem como geradora de custos passa para atividades que podem gerar diferenciais competitivos.

O autor LACERDA (2005) cita que é possível pensar em Logística como “um gerenciamento, planejamento e controle de materiais e informação do seu ponto de aquisição até seu ponto de consumo”, devendo-se ainda incorporar os fluxos reversos de materiais e informações, que devem ser gerenciados.

Para Rogers & Tibben-Lembke (1999), Logística Reversa é o processo de planejamento, implementação e controle do fluxo de produtos acabados e as respectivas informações, desde o ponto de consumo até o ponto de origem, com o propósito de recapturar valor ou adequar o seu destino. E Stock (1998) complementa como a área da logística que trata do retorno de produtos, reciclagem, substituição e reuso de materiais, disposição de resíduos e reparo, e da remanufatura dos bens retornados.

A Logística Reversa pode estar inserida no nível operacional, desde que com bom planejamento e controle, onde suas operações estão relacionadas com a reutilização de produtos e materiais, e cujas atividades, são: coletar, desmontar e processar produtos e/ou materiais e peças usados para assegurar uma recuperação sustentável (amigável ao meio ambiente) (REVLOG, 1998).

Leite e Brito (2003), comentam que a falta de aplicação do fluxo reverso ou do uso de métodos idênticos aos canais de distribuição impede que as empresas desenvolvam práticas adequadas que visam melhorar o desempenho econômico e a percepção de valor pelos clientes. Ademais a falta de conhecimento dos ganhos potenciais associados aos canais reversos também é um impeditivo para que as empresas não mudem seus procedimentos.

Lambert et al. (1998, pág. 13-19) apud Daher et. Al. (2004) cita as várias atividades como parte da administração logística em uma empresa, entre elas: serviço ao cliente, controle de inventário, previsão de demanda, tráfego e transporte, armazenagem e estocagem, embalagem, reaproveitamento e remoção de refugo e administração de devoluções.

2.2 Responsabilidade ambiental no planejamento logístico empresarial

Conforme citado anteriormente, o reaproveitamento e a remoção dos refugos fazem parte do estudo e gerenciamento de como os subprodutos do processo produtivo serão

descartados ou reincorporados ao processo. Porém, muitos fabricantes não se sentem responsáveis por seus produtos após o consumo. Logo, grande parte dos produtos após sua vida útil e mesmo parte da matéria prima não utilizada em sua totalidade durante os processos produtivos, são descartadas ou incineradas causando consideráveis danos ao meio ambiente.

Nesse sentido, cabe ao engenheiro fornecer à sociedade não apenas conhecimentos técnicos, mas ainda políticos, éticos e culturais, pois se trata de um profissional preparado para desenvolver seu papel como agente transformador da sociedade, assumindo uma posição de liderança junto à comunidade.

Assim, à medida que esse profissional considera em sua prática profissional um escopo abrangente dos problemas que cerca sua atividade, pode gerar soluções tecnológicas, econômicas e ambientalmente sustentáveis. Assim, poderá transmitir bons exemplos ao empresariado e a todos os *stakeholders* envolvidos numa corporação, para repensarem sua responsabilidade sobre os seus produtos antes, durante o processo fabril e o pós-uso do produto.

Acredita-se que para isso, deva-se conhecer e aplicar novos conceitos, novos métodos de pensar e de gerenciar o fluxo de materiais no canal reverso da cadeia de suprimentos, há de se compreender também sua definição, suas atividades, quais os fatores críticos de sucesso, entre outros fatores que podem auxiliar na identificação de oportunidades de negócio.

Além disso, outras aptidões quanto à execução de um projeto logístico reverso são requeridas, tais como: possuir conhecimentos a respeito do processo que pretende modificar, dos materiais que estão envolvidos nesse processo produtivo, das legislações ambientais vigentes, do estado da arte frente às soluções desenvolvidas por demais empresas, possuírem os recursos necessários para o estudo, planejamento, implementação e constante aperfeiçoamento, ou seja, aptidões que perpassam seus conhecimentos técnicos.

No que diz respeito a capacitação, a Agência de Proteção Ambiental da Califórnia (endereço eletrônico www.arb.ca.gov/homepage.htm) entre outras atividades, oferece vários cursos para a capacitação do profissional de engenharia, tais como: cursos dirigidos a manufatura e acabamentos das peças aeroespaciais, a fim de produzir produtos dentro dos limites satisfeitos em termos ambientais, seguindo as normas de emissão de gases poluentes. Outro exemplo, é o curso com foco na manufatura de materiais compósitos, com o objetivo de prevenir a poluição desses materiais e procedimentos de inspeção dos impactos, sempre seguindo as legislações ambientais vigentes.

Com a globalização, a competitividade dos mercados aumenta. Sabe-se que as mesmas práticas ambientais industriais adotadas na Europa são implementadas no Brasil e, no entanto, nesse caso, os governos tenderão a adotar legislações ambientais mais rigorosas em todos os países. (Daher et. Al, 2004). No Brasil, percebe-se uma constante necessidade da implantação do método de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) de produtos industriais, comerciais ou de serviços, além de que, em 2006, entrou em vigor a norma de Rotulagem Ambiental TR ISO 14025, que define os princípios e procedimentos que orientam os programas de rotulagem para padronizar e certificar o Ciclo de Vida dos produtos. (MINISTÉRIO DA CIENCIA E TECNOLOGIA, 2005).

Com a regulamentação dessa norma, internacional, isso pode acarretar barreiras comerciais às empresas que não adotarem procedimentos de cuidado ambiental na extração, vida útil e no descarte final de seus produtos, obrigando-as a ter responsabilidade pelo retorno do produto à empresa, para reciclagem ou descarte

(incineração). No caso da indústria aeroespacial, ela deve cumprir uma série de estatutos ambientais. Como exemplo, citamos:

- Normas para a pintura e revestimentos, que podem ser encontrados no endereço eletrônico www.paintcenter.org;
- Os exames de controle e guias de inspeções; indicações para conduzir a limpeza, a preparação e o revestimento das peças metálicas, publicados pela Agência de Proteção Ambiental (EPA) e que podem ser encontrados no endereço eletrônico www.epa.gov/etop/index.html.

Nesse sentido, o profissional de engenharia, utilizando-se dos conceitos da Logística Reversa, considerando o ciclo de vida do produto desde sua fabricação, estendida ao retorno do produto e ao ponto de origem, pode auxiliar na melhoria da logística empresarial, que por sua vez visa equacionar os aspectos logísticos do retorno dos bens ao ciclo produtivo ou de negócios através da multiplicidade de canais de distribuição reversos de pós-venda e de pós-consumo, agregando-lhes valor econômico, ecológico, legal e de localização (LEITE, 2003).

Logo, “àqueles que não se adequarem às exigências, pode ficar fora do mercado mundial”, pois a exemplo de países como Japão, Canadá e Estados Unidos, além de muitas nações européias, como a Suíça, já estão implantando largamente a ACV e, por isso, lideram a corrida pela adaptação dos seus produtos a um modelo ‘preservacionista’ de mercado.

Segundo o grupo RevLog apud Daher et. Al. (2004), as principais razões que levam as firmas a atuarem mais fortemente na Logística Reversa, que são: “(1) Legislação Ambiental, que força as empresas a retornarem seus produtos e cuidar do tratamento necessário; (2) Benefícios econômicos do uso de produtos que retornam ao processo de produção; (3) Crescente conscientização ambiental dos consumidores; (4) Recaptura de valor e recuperação de ativos”.

Ou seja, uma vez que esse profissional conhecendo e estando preparado para adotar em sua prática os temas que estão conduzindo as estratégias das corporações, e possuindo uma postura pró-ativa dentro de sua unidade de trabalho, então deve atuar não apenas se responsabilizando pelo processo produtivo, em si, porém, mas à medida que se aperfeiçoam as perdas decorrentes desse processo, buscar novas soluções que garantam a produção a níveis satisfatórios, tendo em vista um planejamento em longo prazo.

Ainda, diante o seu conhecimento do processo, pode avaliar e aplicar métodos de otimização de perdas, de organização e planejamento das atividades, dimensionar o impacto dos retornos de produtos e/ou materiais, reavaliar os custos de permanecer ou mudar o processo fabril. Enfim, buscar novas práticas e parceiros para a pesquisa, planejamento, implementação e constante acompanhamento de suas soluções.

Como exemplo, um engenheiro de produção que atua no setor aeronáutico, com suporte da logística reversa, poderá buscar soluções para o reaproveitamento do material compósito do processo de fabricação de partes de fuselagem aeronáuticas, considerando os fatores ambientais, econômicos, logísticos e legislativos. Algumas alternativas para sua atuação, ligadas as suas atividades, podem ser, por exemplo:

- Avaliar economicamente o processo de incineração do material descartado;

- Quantificar e analisar o impacto ambiental do processo de incineração;
- Analisar sensibilidade de custos econômicos e ambientais com relação à variação da quantidade do material descartado;
- Averiguar as possibilidades tecnológicas ao processo de reciclagem do material;
- Avaliar os custos associados à reciclagem do material;
- Demonstrar vantagens e desvantagens de se reutilizar o material reciclado;
- Apresentar as melhores soluções de reaproveitamento do ponto de vista econômico e ambiental.

Após essas possibilidades de ação, ou seja, de um plano de atividades delineadas, esses profissionais, com o apoio de gerentes de projeto, prepara um planejamento detalhado dessas atividades a serem desempenhadas, definindo as etapas, os problemas a serem analisados, os métodos mais adequados para o reconhecimento do problema, interpretar as informações a cerca do problema avaliado, definir quais os resultados que se espera ao longo do projeto e quais as premissas e restrições à cerca de sua proposta.

Logo, o engenheiro de produção, para que atue na sociedade de maneira ampla, é necessário estar ligado com os temas atuais, em constante aperfeiçoamento profissional e intelectual, em contato com pesquisadores, universidades, instituições de pesquisa, além de sua própria habilidade em reconhecer novas fontes de desenvolvimento.

3. O Material Compósito nos processos industriais

Há dois tipos de material compósito, que são: os designados plásticos reforçados com fibras de carbono (carbon fibre reinforced plastic, CFRP) e o compósito C/C. Na fabricação de um CFRP, as fibras estão inicialmente pré-impregnadas a resina, daí o nome PREPREG, as quais são colocadas no molde a fim de construir a pré-forma, que é prensada a quente (100-1000psi, 200-350°C, ~10h), de maneira a enrijecer a resina. A resina utilizada é tipicamente a epóxi quando as fibras são do tipo HP, ou acrílicas, quando as fibras são derivadas de *rayon*.

Os polímeros reforçados de fibra (CFRP) têm desempenhado grande sucesso devido suas qualidades nas indústrias aeroespacial e automobilística. Suas propriedades, que permitem a construção com estruturas de baixo peso e excelentes propriedades mecânicas possibilitam projetos com vantagens mais importantes em comparação aos materiais de construção convencionais como alumínio, por exemplo. (MAHRHOLZ, 2003, et. Al).

Tradicional, o material compósito tem um valor muito alto, e são os setores de grande volume os maiores beneficiados. Porém, na atualidade, as aplicações dos compósitos atingem também o setor marítimo, de engenharia civil, de construção de robôs, de trens de passageiros, equipamentos esportivos e eletrônicos, entre vários outros setores.

Pare se ter uma idéia, esse material pode ser manipulado durante aproximadamente 336 horas depois de retirado da câmara fria a -18° Celsius; seu acondicionamento máximo é de seis meses na câmara fria. Após esse período, tal material perde propriedades, o que pode comprometer os requisitos de projeto, ou seja, as possibilidades de otimização do material são altamente limitadas.

Nos laminados aeronáuticos processados com pré-impregnado de carbono/epóxi utilizados na indústria brasileira provêm, em sua maioria, da empresa Hecxel Composites®, na forma de tecido bidirecional, estilo *eight-harness satin weave* (8-HS), atendendo aos requisitos de projeto e fabricação de peças e estruturais para aplicações aeronáuticas. A fibra de carbono do tecido é de alta resistência, tratada para maior compatibilidade química com matriz epóxi.

Para a indústria aeronáutica, o material pré-impregnado possui um alto valor de aquisição e também custos de incineração nos seus descartes. Logo, por questões econômicas e ambientais é interessante encontrar alternativas menos custosas do que o processo de incineração e melhorar a utilização dos recursos da natureza, através da reciclagem e reutilização destes materiais.

3.1 Indústria aeronáutica e o emprego do material compósito

A associação das indústrias aeroespacial estima que há entre 15.000 a 30.000 diferentes materiais utilizados na fabricação, dos quais em sua maioria, potencialmente tóxicos, inflamáveis, e que contém CFC, os quais contribuem para o aquecimento global do planeta. (AIA, 1994 apud ACHTERNBOSCH, 2002).

Há uma série de iniciativas para a reciclagem desses materiais no documento oficial da Agência de Proteção Ambiental Americana para a indústria aeroespacial, no EPA/310-R-98-001, no qual são citadas várias iniciativas, endereços de grupos patrocinados pelas fabricantes de aeronaves ou grupos ligados às universidades.

Entre essas soluções, busca-se a eliminação dos desperdícios de materiais, por recuperação ou regeneração, com métodos de reciclagem, que incluem os solventes, os metais, e mesmo por regeneração ácida, ou mesmo com a reciclagem química desses materiais; todos com o objetivo de retornar esses produtos para a cadeia produtiva com o menor impacto ambiental possível. Outras iniciativas estão focadas na transferência para tratamentos em outras regiões, as quais empregam métodos de neutralização, incineração, destruição biológica ou separação física.

Conforme Sticker (2003), da empresa *BOEING Company*, “o uso de material compósito no transporte comercial continua a aumentar com a introdução de cada novo produto”. Nos anos 90, o material compósito foi empregado mais extensivamente para a construção de aeronaves comerciais, entre elas o Boeing 777 e o Boeing 787, o qual chega a utilizar cerca de 50% de sua estrutura em materiais compósitos, como mostra a figura 1.

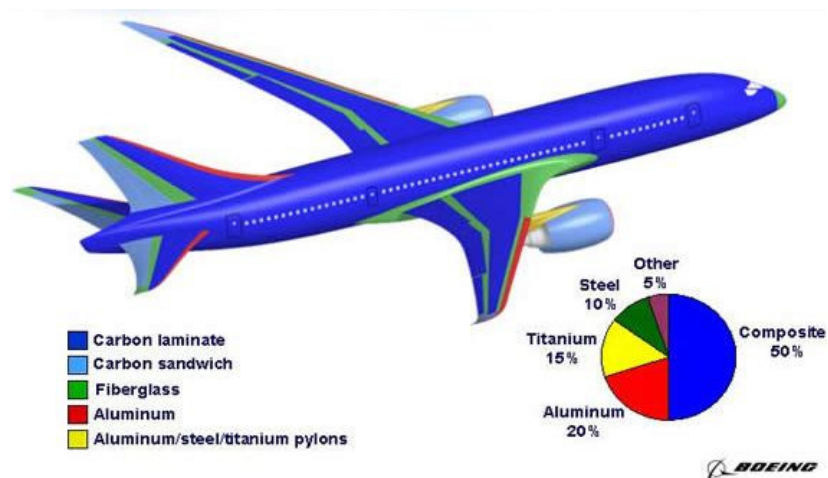


Figura 1 – Aplicação do material compósito, fonte: <http://www.carbonfiber.gr.jp/english/tanso/use01.html>, data de consulta, 18 de abril de 2006.

Segundo o mesmo autor, o desafio que a indústria aeroespacial teve no início de sua aplicação, foi em obter inteiramente os benefícios do desempenho do material, além de reduzir os custos produtivos e o impacto mínimo no ambiente. Já na atualidade, os esforços das pesquisas futuras no desenvolvimento de tecnologia para aumentar a aplicação dos materiais compósitos em transportes comerciais se concentram, segundo Sticker (2003, pág. 03) em três fatores, que são:

- Aumento do desempenho estrutural;
- Redução dos custos de aquisição e operação das aeronaves e;
- Redução do impacto ambiental do produto.

Para a *BOEING*, aperfeiçoar o processamento, ampliar a vida útil, e reduzir os custos do ciclo do material são fatores essenciais. Ainda, aplicar tecnologias que simultaneamente conduzam ao desempenho dos materiais, redução nos custos da aquisição e operação, além da redução do impacto ambiental ocasionado por eles (STICKER, 2003). Portanto, para alcançar essa meta, a mesma investe em pesquisa e no desenvolvimento nos campos de materiais e dos processos da fabricação, materiais híbridos, nos métodos da análise, técnicas do reparo e padronização de reparos, monitoração de qualidade estrutural, e na reciclagem. (ibidem, 2003).

Já para a *AIRBUS Industrie*, incorpora sistematicamente uma série das melhorias técnicas, de maneira que certificou quatro (4) dos seus centros europeus da produção com ISO internacional 14001 da norma ambiental. A companhia antecipa que em 2007 seus dezessete (17) centros da produção estarão certificados.

Quando o assunto é a reciclagem dos resíduos de CFRP, a *AIRBUS* trata o assunto de maneira a utilizar esses resíduos em produtos secundários, como por exemplo, em moldes das lâminas aeronáuticas. Ainda, esses resíduos de CFRP partem das plantas manufactureiras para uma empresa alemã especializada em reciclagem, a *HADEG Recycling GmbH*. E, segundo informações contidas em seu endereço eletrônico www.hadeg-recycling.de, ela é responsável por investigar os processos térmicos para recuperar as fibras desse material.

Segundo Achternbosch (2002, pág. 8-9), atualmente é “possível reciclar e decompor quimicamente os CFRP, que parece ser a maneiras mais interessantes para a reciclagem desses resíduos. No entanto, não há ainda mercados para esses resíduos, dado a pouca quantidade existente dos mesmos e limitados campos de aplicações, e inseguranças por parte dos produtores devido ao desempenho desse material”.

O mesmo autor propõe que deve haver esforços para encontrar novas soluções, aplicações interessantes para esses resíduos, ou mesmo em mudar a imagem do material reciclado. E incentiva as novas pesquisas no campo de tecnologias de reciclagem e de análise avançadas do emprego desse material.

4. CONCLUSÕES E PROPOSTAS FUTURAS

Pelo exposto, conclui-se que a qualificação da logística reversa pode vir a contribuir de forma significativa para o incremento da reutilização de materiais descartados durante o processo fabril, através de uma estruturação adequada dos canais reversos. É notório que a evolução desta prática necessita do apoio do governo, das empresas e da comunidade.

Pode-se finalmente perceber que diante das ações que visam à preservação do meio ambiente, visando o desenvolvimento sustentável, o planejamento eficiente da logística reversa se tornou fundamental não só para as empresas, mas também para a sociedade como um todo.

Isso decorre do fato da logística reversa conseguir diminuir a descartabilidade de produtos de pós-consumo implicando em uma redução dos custos para as empresas, amenizando impactos ambientais e diminuindo o consumo de matérias-primas.

REFERÊNCIAS

ACHTERNBOSCH, M.; BRÄUTIGAM, K.-R.; KUPSCH, Chr.; RESSLER, B.; SARDEMANN, G. (2002). **Material flow analysis - A comparison of manufacturing, use and fate of CFRP - Fuselage components versus aluminium-components for commercial airliners**. Vortrag beim Workshop "Schwarzer Rumpf" CFRP for Future Aircraft Fuselage Structures, Braunschweig.

LEITE, Paulo Roberto. **Logística Reversa: Meio Ambiente e Competitividade**. São Paulo: Prentice Hall, 2003.

LACERDA, Leonardo. **Logística Reversa - Uma visão sobre os conceitos básicos e as práticas operacionais**. Disponível para consulta no site: <http://www.cel.coppead.ufrj.br/fs-pesquisa.htm>. Data de consulta 15 de agosto de 2005.

DAHER, Cecílio Elias, SILVA, Edwin Pinto de la Sota, FONSECA, Adelaida Pallavicini. **Oportunidade para redução de custos através do Gerenciamento da Cadeia Integrada de Valor**. Revista Acadêmica Alfa, Volume I, Número 1, Maio/Outubro 2004. disponível para consulta no site: <http://www.alfa.br/revista/pdf/3adm.pdf>, data de consulta, 01 de outubro de 2005.

MINISTÉRIO DA CIENCIA E TECNOLOGIA. **Avaliação do Ciclo de Vida é uma das ações prioritárias do IBICT**. Disponível para consulta no site tendo como última modificação, 14-09-2005 14:56 http://acv.ibict.br/noticias/news_item.2005-09-14.2266952135. Data de consulta, 12 de outubro de 2005.

MAHRHOLZ, Thorsten; MOSCH, Jürgen; MOSCH, RÖSTERMUNDT, RIEDEL, Ulrich; HERBECK, Lars. (2003) **New high-performance fibre reinforced Materials**

with nanocomposites. AAAF Colloquium – Materials for Aerospace Applications, Paris Nov. 24-26.

REVLOG, the European Working group on Reverse Logistics (1998-). Disponível para consulta no site <http://www.fbk.eur.nl/OZ/REVLOG/>.

ROGERS, Dale S. , TIBBEN.LEMBKE, Ronald S.. **Going Backwards: Reverse Logistics Trends and Practices.** Reno, University of Nevada: 1999.

STICKLER, Patrick B (2003). **Composite Materials for Commercial Transport – Issues and Future Research Direction.** The Boeing Company. Disponível para consulta no site <http://alpha.tamu.edu/public/Temp/asc17/stickler.pdf>

STOCK, James R.. **Reverse Logistics Programs.** Illinois: Council of Logistics Management, 1998.