

APLICAÇÃO DO CONCEITO DE REDE LOGÍSTICA REVERSA NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Janaina Antonino Pinto
Orlando Fontes Lima Júnior

LALT – Laboratório de Aprendizagem em Logística e Transportes

DGT – Departamento de Geotecnia e Transporte

FEC – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo

UNICAMP – Universidade Estadual de Campinas

RESUMO

A indústria da construção civil evoluiu muito, tanto no escopo da engenharia como na gestão e comercialização do seu negócio. A incorporação de conceitos da logística tradicional e da logística reversa na construção civil tende a aumentar a competitividade entre as empresas. Mas essa indústria caracteriza-se pela ampla variedade de materiais e pela grande diferenciação de processos e produtos, dificultando a implementação desses conceitos e processos. Esse trabalho discute a importância da aplicação do conceito de rede logística reversa na indústria da construção civil, tratando a reciclagem do entulho e da areia. A reciclagem do entulho pode ser feita através de uma rede em um nível, enquanto a reciclagem da areia se baseia na estrutura de uma rede em dois níveis. O resultado da implantação de rede logística reversa pode gerar economias da ordem de 70% minimizando o desperdício e reduzindo custos

ABSTRACT

Civil Construction has upgraded, as much in the target of engineering as in management and commercialization of its business. The incorporation of traditional logistic concepts and reverse logistic tends to increase the competitiveness between the companies. But this industry is characterized by the ample variety of materials and the great processes and products differentiation, what makes difficult the implementation of these concepts and processes. This work presents the importance of the application of the reverse logistic net concept in the civil construction industry, treating rubbish and sand recycling. The rubbish recycling can be made through a net in one level, while the sand recycling is based on the structure of a net in two levels. The result of reverse logistic net implantation can generates savings up to 70%, minimizing wastefulness and reducing costs.

1 INTRODUÇÃO

O setor da construção civil vem sofrendo grandes modificações com o avanço tecnológico, ganhando em termos de qualidade, produtividade, redução de custos e competitividade entre as empresas. A adoção de práticas de racionalização e otimização, o emprego de tecnologias de materiais e de técnicas operacionais mais aprimoradas empregadas na indústria da construção civil tem o objetivo de viabilizar empreendimentos e aumentar a competição entre as empresas do ramo.

A indústria da construção civil destaca-se pela ampla variedade de materiais que utiliza bem como pela grande diferenciação em seus processos e produtos. Por esse motivo, se faz necessário o emprego de conceitos gerenciais focando aspectos de planejamento, controle, avaliação de desempenho e custos. O ciclo planejamento- programação – execução – acompanhamento é um dos fatores crítico dessa indústria, fazendo com que o objetivo seja a apresentação de um resultado final das diversas atividades que interagem entre si, devidamente compatibilizadas, gerando produtos que caracterizam seu desempenho. Estima-se que a construção civil seja responsável por até 50% do uso de recursos naturais em nossa sociedade, dependendo da tecnologia utilizada. Pode dizer também que, na construção de um edifício, o transporte e a fabricação dos materiais representam aproximadamente 80% da energia gasta. A diversidade de materiais empregados e a grande utilização de recursos naturais mostram a importância do reaproveitamento desses na indústria da construção civil. A reciclagem de materiais do entulho é uma das formas de se obter vantagens competitivas dentro da construção civil. Segundo Pinto (1987) apud Zordan (1997), a composição do entulho proveniente de canteiros de obras, mostra que cerca de 64% do material é formado

por argamassa, 30% por componentes de vedação (tijolo maciço, tijolo furado, telhas e blocos) e 6% por outros materiais, como concreto, pedra, areia, metálicos e plásticos. Estudos mostram que a produção de agregados com base no entulho pode gerar economias de mais de 80% em relação aos preços dos agregados convencionais e que a partir do material do entulho é possível fabricar componentes com uma economia de até 70% em relação a similares com matéria-prima não reciclada. Em alguns países como EUA, Japão, França, Itália, Inglaterra e Alemanha a reciclagem de entulho já se consolidou, com centenas de unidades instaladas. Segundo Barros *et al* (1998), na Holanda, 70% do desperdício da construção já é reciclado e o governo pretende aumentar esse valor para 90%. No Brasil, o reaproveitamento do entulho ainda é restrito, sendo utilizado basicamente como material para aterro e, em muito menor escala, à conservação de estradas de terra.

O objetivo desse trabalho é mostrar a importância da aplicação do conceito de rede logística reversa na indústria da construção civil, enfatizando a reciclagem do entulho e a reciclagem da areia.

2 A LOGÍSTICA NA CONSTRUÇÃO CIVIL

A indústria da construção evoluiu muito nas últimas décadas, tanto no escopo da engenharia como no modelo e comercialização do seu negócio. Devido a grande concorrência no setor da construção civil, as empresas estão em busca da eficiência tanto técnica quanto econômica. Porém, nota-se que essa evolução se fez de forma adjacente à evolução da tecnologia da informação e de ferramentas de gestão incorporadas no setor da construção civil. O uso de conceitos de gestão se torna baixo quando comparado com outras cadeias produtivas como, por exemplo, nas empresas do setor industrial. A construção necessita de agilidade nas informações e de meios disponíveis e seguros para a tomada de decisões. É nesse contexto que cresce a importância da logística. A análise das variáveis da logística nas obras de construção civil possibilita a caracterização dos problemas enfrentados por essa indústria, sendo possível selecionar um conjunto de técnicas mais adequadas que podem ser empregadas nesse ambiente, visando a otimização de processos tanto diretos como reversos e redução de custos.

Com o aumento da competitividade entre as empresas, elas viram a necessidade imediata de adoção de técnicas de produção ao menor custo possível, mantendo a qualidade acima de tudo. Segundo Cardoso (1996), a racionalização da produção pode ser vista como a representação de fontes e mecanismos de eficiência, tendo em vista as variáveis presentes no mercado e a capacidade de analisá-las, formalizá-las e operacionalizá-las em ferramentas e métodos de organização, gestão e em tomadas de decisão. O setor de compra é uma das atividades que mais se têm gastos dentro de um empreendimento. Dependendo do porte da obra, uma edificação aponta 40% de gastos com materiais de construção, podendo chegar a 50%.

De acordo com Lalt (2003b), outros problemas encontrados na construção civil são aqueles relativos aos fluxos físicos de materiais e produtos processados e aos fluxos de informações. A falta de planejamento detalhado do arranjo físico do canteiro estabelecendo os fluxos dos principais materiais, a eliminação de fluxos desnecessários, a otimização dos estoques, a mecanização das atividades de movimentação interna do canteiro levam a perdas e desperdícios.

Para facilitar a aplicação do conceito de logística na indústria da construção civil, foi proposta a divisão da logística em logística externa e logística interna. Segundo Cardoso (1996), a

logística externa é a logística de suprimentos e a logística interna é a logística do canteiro. Essa subdivisão pode facilitar a identificação das principais atividades de logística associadas a uma obra.

A logística de suprimentos trata da previsão de recursos materiais e da mão de obra que serão utilizados na obra. Além disso, engloba o planejamento e processamento das aquisições, as interfaces com os fornecedores, o transporte de recursos até a obra e a manutenção de recursos materiais previstos no planejamento.

Já a logística do canteiro trata da gestão dos fluxos físicos ligados à execução de tarefas; gestão dos fluxos de informações; gestão da interface entre agentes que interagem no processo de produção (empreiteiros, fornecedores), mão de obra terceirizada, movimentação interna e definição dos locais para estocagem de materiais.

É importante ressaltar que esses processos não podem ser adotados de forma independente, e sim de forma complementar e integrada para que se consiga benefícios conjuntos e não isolados. Para isso existem técnicas e conceitos que já são utilizados na indústria de bens manufaturados, como por exemplo, o JIT (*Just in time*), o MRP II (*Manufacturing Resources Planning*) e a logística reversa.

O JIT (*Just in time*) e o MRP II (*Manufacturing Resources Planning*) são técnicas utilizadas no sistema de administração de produção, que tem como objetivo planejar, controlar, coordenar e integrar o processo de manufatura (fornecedores – empresa – produção – cliente). A produção *just – in – time*, ou produção no momento certo procura obter flexibilidade para o atendimento de alterações na demanda, através do fluxo contínuo de materiais. O JIT quando aplicado à construção civil tem como objetivos a eliminação de estoque, flexibilidade, produção em pequenos lotes, produção puxada, e por fim a integração externa e interna fortalecendo a relação fornecedor/cliente. Além desses elementos, existem outros que caracterizam o sistema de administração de produção do *just in time*, como por exemplo, a eliminação dos defeitos no processo de produção, diversificação da capacidade com emprego de mão de obra multifuncional, manutenção preventiva, revisão constante dos projetos, *layout* compacto, entre outros.

O MRP II é outra técnica que pode ser aplicada na construção civil. É uma abordagem utilizada pelas indústrias para planejar e controlar o processo produtivo, integrando os objetivos estratégicos de longo prazo do plano de negócios da empresa, como o planejamento e monitoramento do fluxo de produção. O princípio básico do MRP II é o cálculo de necessidade, quantidades e os momentos em que são necessárias as reposições de recursos de manufatura como materiais, pessoas, equipamentos, para cumprir o que foi planejado, com o mínimo de formação de estoques. Para aplicá-la na construção civil é preciso ter bem definido variáveis como *lead time*, *backward scheduling*, *forward scheduling*, demanda independente e dependente e tipos de produção (nivelada, conforme a demanda ou híbrida). A partir desses elementos, percebe-se que alguns princípios da filosofia *just in time* e do MRP II podem ser aplicados na indústria da construção civil, desde que sejam analisadas as condições de aplicação das mesmas.

Em relação à logística reversa a aplicação dos conceitos na construção civil se mostra importante, pois, hoje, ela ocupa um espaço importante na operação logística das empresas, quer pelo potencial econômico, quer pela sua importância para a preservação de recursos e do meio ambiente. Segundo Lalt (2003a), a logística reversa agrega custos às operações, portanto,

essa atividade deverá ser cada vez mais estudada e aperfeiçoada pelas empresas. De acordo com Fortes *et al* (2004), para a implantação da logística reversa é necessária a criação de novos postos de trabalho para o recolhimento dos produtos descartados, para a separação dos materiais e o seu beneficiamento, permitindo a reutilização destes materiais como insumos na manufatura de novos produtos acabados.

De acordo com Lacerda (2002), dependendo da atividade que está sendo feita, existem fatores críticos que podem influenciar o gerenciamento da cadeia logística reversa. Esses fatores variam desde bons controles de entrada, passando pelos processos padronizados e mapeados, redução dos tempos de ciclo, implantação de sistemas de informação, planejamento da rede logística e relações colaborativas entre clientes e fornecedores. As práticas avançadas de logística reversa requerem um planejamento adequado, que vise a amplitude do processo e o resultado final. Os mesmos conceitos de planejamento do fluxo logístico direto tais como estudos de localização de instalações e aplicações de sistemas de apoio à decisão (roteirização, programação de entregas etc.) deverão ser aplicados na logística reversa.

Na indústria da construção civil, a implantação da logística reversa está um pouco distante de acontecer na sua forma plena, já que ainda existem problemas na implantação da logística dos fluxos diretos. Mesmo com o surgimento de novas demandas no mercado da construção civil, a busca por sistemas e processos construtivos que geram menor impacto ao ambiente urbano está cada vez maior. A importância da implantação de processos para gestão e reciclagem de resíduos de construção, até técnicas mais avançadas para a geração e conservação de energia, coleta de águas pluviais e sistemas para garantir a qualidade do ar no interior das edificações estão sendo observadas pelos construtores em busca de melhor qualidade do empreendimento.

3 CARACTERIZAÇÃO DE REDES REVERSAS

De acordo com Fleischmann *et al* (2000b), o retorno de produtos usados está recebendo muita atenção devido a uma preocupação com o meio ambiente. Diversos estudos envolvendo um grande e variado número de produtos já foram desenvolvidos ou ainda estão sendo. Autores como Barros *et al* (1998), Louwers *et al* (1999) e Ammons *et al* (1997), Loosely (1995), Jayaraman *et al* (1999), Kroon and Vrijens (1995) apud Fleischmann *et al* (2000b) desenvolveram estudos relacionados à reciclagem de areia, reciclagem de tapetes, retorno de máquinas copiadoras, redes de remanufatura de equipamentos eletrônicos e planejamento de redes de retorno de embalagens, respectivamente. Outros estudos que relacionam o desenvolvimento de modelos matemáticos para o planejamento de redes reversas, como por exemplo, Spengler *et al* (1997), Thierry (1997) e Berger e Debaillie (1997) apud Fleischmann *et al* (2000) também foram desenvolvidos.

Outro estudo desenvolvido por Jayaraman *et al* (2003) mostra uma discussão sobre a distribuição reversa e propõe um modelo matemático para o problema. A solução do modelo são locais potenciais para a localização dos *sites* no planejamento de redes reversas de distribuição. Fleischmann *et al* (2000a) mostra os impactos dos produtos retornáveis no planejamento das redes logísticas. Eles apresentaram um modelo de localização e discutiram as diferenças em relação às redes logísticas tradicionais. Mostraram que a influência dos produtos retornáveis está inserida em um contexto dependente.

Segundo Fleischmann *et al* (2000b), as redes reversas de produtos diferentes possuem características em comum e podem ser comparadas com as redes tradicionais. Um dos pontos que os autores destacam é a transição que deve existir entre a rede de produtos “diretos” e a rede de produtos de retorno através de etapas que vão desde a coleta, passando pela

inspeção/separação, reprocessamento, disposição e redistribuição. Cada uma dessas etapas possui características específicas e também comuns dependendo do tipo de produto. Ao comparar a rede de produtos tradicional com a rede de produtos de retorno, os autores afirmam que na rede tradicional o suprimento pode ser considerado com uma variável endógena e que na rede reversa, o suprimento é uma variável exógena, sendo difícil prever. Essa diferença mostra que entre variáveis endógenas, que são aquelas que estão inseridas no processo de forma controlada e as variáveis exógenas, que são variáveis externas ao processo e muitas vezes não podem ser controladas, os modelos de planejamento de redes são diferentes para as reversas e para as tradicionais, mesmo elas possuindo características comuns.

Outra diferença citada é o maior grau de interdependência que as redes reversas possuem devido ao tipo de produto e a quantidade retornada, tornando-as mais complexas que as redes tradicionais. Finalizando, os autores chamam a atenção para a variável incerteza presente nas redes reversas. O fato de não se ter o controle da quantidade de produtos que irão compor as redes de retorno, faz com que a incerteza seja um elemento de difícil mensuração conseqüentemente de maior influência sobre o planejamento e desempenho das redes reversas.

Fleischmann *et al* (2000b) propõe uma classificação das redes reversas de acordo com os seguintes aspectos:

- Grau de centralização
- Número de níveis
- *Links* com outras redes
- Estrutura de *loop* aberto e *loop* fechado
- Grau de ramificação da cooperação

Os cinco aspectos citados auxiliam na caracterização e classificação das redes reversas. A centralização mede o grau de integração horizontal da rede, enquanto que o número de níveis mede a integração vertical. Os *links* representam o grau de interação entre as redes, os modelos de *loop* aberto e de *loop* fechado mostram o ponto de partida e o ponto de chegada dos produtos na rede. Por fim, o grau de ramificação da cooperação pode ser entendido como sendo a quantidade de responsáveis pelo funcionamento da rede no geral. Diante da classificação das redes reversas é importante mostrar que as situações de retorno estão baseadas em três características de acordo com Fleischmann *et al* (2000b), sendo elas, características do produto, da cadeia de suprimentos e do meio em que a rede está inserida.

As características dos produtos podem ser descritas como peso, volume, fragilidade, conteúdo tóxico, perecibilidade, valor econômico e obsolescência. Essas características definem qual a rede que o produto se enquadra, como reparo, remanufatura, reciclagem e reuso. Além dessas características, as redes de suprimento devem definir os responsáveis pelos processos, a existência de flexibilidade e dos custos envolvidos. Fleischmann *et al* (2000b), classifica as redes com sendo de reciclagem a granel, rede de montagem de produtos remanufaturados e redes de itens reusáveis quando se baseia nas características da cadeia de suprimentos e do meio.

Os conceitos da logística reversa e a caracterização das redes reversas podem ser aplicados na indústria da construção civil. Uma das dificuldades encontradas é separar os componentes de uma obra quando esta foi demolida ou não está sendo mais utilizada. Segundo Ângulo *et al*

(2003) e Hendriks (2000), apud John, Ângulo e Agopyan (2003), o processo de demolição das obras não é seletivo, gerando um resíduo de construção e demolição como um misto de concretos, alvenarias, revestimentos e outros. Esta mistura reduz as possibilidades de utilização do resíduo como produto reciclado. No presente trabalho o destaque será na reciclagem enfatizando a reciclagem do entulho e mostrando um estudo de uma rede reversa em dois níveis para a reciclagem da areia.

4 O USO DE REDES REVERSAS NA RECICLAGEM DE ENTULHO

O entulho, segundo Levy e Helene (1997) é definido como sobras ou rejeitos constituídos por todo material mineral oriundo do desperdício inerente ao processo construtivo adotado na obra nova ou de reformas ou demolições. A sua ocorrência no meio urbano o define como um resíduo sólido urbano e sua constituição pode ser variável em função de sua origem. O entulho pode ser originado basicamente de três formas: de novas construções, de reformas e de demolições e o destino final deve ser de responsabilidade do quem o gerou.

De acordo com a Resolução CONAMA 307 de 05 de Julho de 2002, que estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil, considera que os geradores de resíduos da construção civil devem ser responsáveis pelos resíduos das atividades de construção, reforma, reparos e demolições de estruturas e estradas, bem como por aqueles resultantes da remoção de vegetação e escavação de solos.

Segundo Miranda e Selmo (1999), as grandes perspectivas para a reciclagem de entulho de construção civil são a construção de centrais de reciclagem, que possam produzir argamassas, concretos e pré-fabricados em volumes compatíveis à velocidade de geração de entulho nas grandes cidades, mas que garanta um nível mínimo de controle tecnológico produzindo materiais com desempenho adequado.

A tabela 1 mostra, segundo Pinto (1987) apud Zordan (1997), a composição do entulho proveniente de canteiros de obras.

Tabela 1 – Composição Média dos Resíduos de Construção

ELEMENTO	%
Argamassas	63,67
Tijolos Maciços	17,98
Telhas, lajotas, etc	11,11
Concreto	4,23
Bloco de Concreto	0,11
Ladrilhos de concreto	0,39
Pedras	1,38
Cimento – amianto	0,38
Solo	0,13
Madeira	0,11
papel e matéria orgânica	0,20

FONTE: Pinto (1987) apud Zordan (1997), p. 5.

A argamassa é o elemento com a maior porcentagem na composição média dos resíduos da construção civil, sendo equivalente a 63,67%. Mas um estudo desenvolvido por Miranda e Selmo (1999) mostra que trabalhos nacionais que se referem ao entulho reciclado em argamassas são poucos e foram desenvolvidos por Pinto (1986), Hamassaki *et al* (1996), Silva *et al* (1997) e Levy (1997). O estudo desenvolvido por Miranda e Selmo (1999) mostrou que as argamassas que continham maiores teores de bloco de concreto destacaram-se por um ligeiro aumento no consumo de entulho, mas para um custo praticamente constante e igual ao

das argamassas com as quatro composições de entulho estudada. Eles concluíram que os principais benefícios da utilização de entulho para a fabricação de argamassas podem ser os reflexos ambientais e sociais pela redução de lixo urbano a partir da evolução das usinas de reciclagem do ponto de vista técnico e econômico.

A Resolução CONAMA 307 de 05 de Julho de 2002 estabelece que são considerados resíduos da construção civil os tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc., comumente chamados de entulhos de obras, caliça ou metralha complementando a tabela 1 citada anteriormente.

Segundo John, Ângulo e Agopyan (2003), para que se consiga usufruir os benefícios da reciclagem como, por exemplo, redução no consumo de recursos naturais não renováveis, redução das áreas necessárias para aterro, redução do consumo de energia durante o processo de produção, redução da poluição e geração de emprego e renda é preciso desenvolver um método para desenvolvimento de reciclagem de resíduo. A metodologia proposta deve seguir etapas que vão desde o conhecimento do processo de geração dos resíduos, passando pela caracterização do resíduo, seleção das aplicações a serem desenvolvidas, desenvolvimento e avaliação do produto, chegando à transferência de tecnologia.

Um estudo desenvolvido por Fleischmann *et al* (2000a) mostra um modelo genérico de uma rede reversa contendo um nível, ou seja, somente um elo entre dois mercados que definem os limites da rede. Eles consideraram três níveis intermediários de *facilities*, considerados centros de separação e inspeção, fábricas para reprocessamento e possivelmente novas produções e armazéns de distribuição. Consideraram também dois dispositivos para a coleta de mercadorias, nomeados recuperação e disposição, onde a recuperação é considerada apenas para uma quantidade certa de mercadorias coletadas. A figura 1 mostra a estrutura da rede reversa proposta pelos autores.

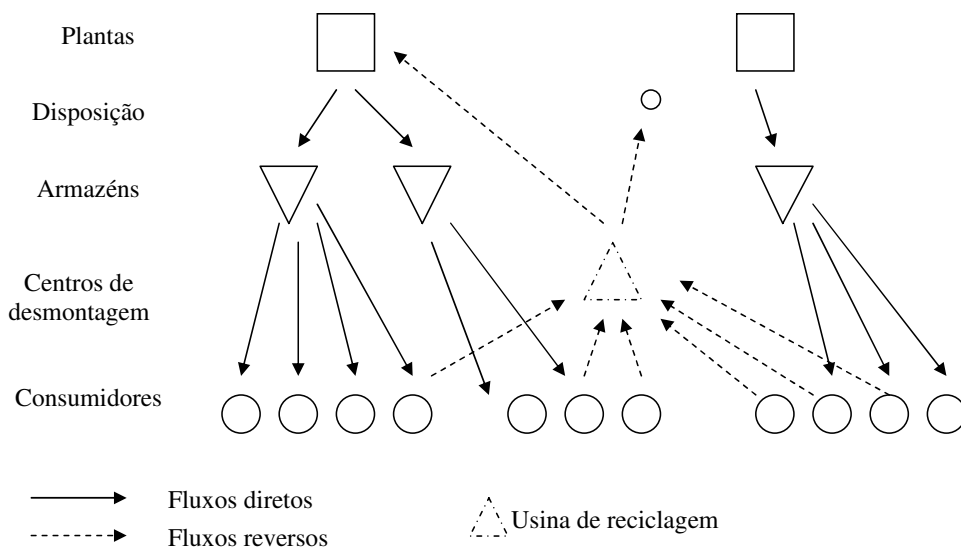


FIGURA 1: Estrutura de Rede Reversa (adaptado de Fleischmann *et al*, 2000a, p. 18.)

Diante da grande quantidade e diversidade de materiais utilizados na construção civil entende-se a importância do planejamento e construção de uma estrutura de rede reversa que consiga reaproveitar esses materiais de alguma forma. A reciclagem é uma das maneiras encontradas para conseguir a minimização dos desperdícios e aumentar as maneiras de produzir materiais a custos mais baixos. A aplicação da metodologia proposta por John, Ângulo e Agopyan (2003) e a montagem de uma estrutura das redes reversas proposta por Fleischmann *et al* (2000b) podem ajudar as empresas a diminuir as perdas na construção e contribuir para diminuir o impacto no meio ambiente.

5 O USO DE REDES REVERSAS NA RECICLAGEM DE AREIA

Barros *et al* (1998) desenvolveu um estudo na Holanda mostrando a construção de uma rede em dois níveis para a reciclagem de areia desperdiçada na construção civil. De acordo com o *Syndicate of Recycling the Construction Waste*, o autor relata que são desperdiçadas 14 milhões de toneladas de produtos na indústria da construção civil. Muito desse desperdício é resultado da demolição e reconstrução de edificações antigas e um dos mais importantes componentes dessa demolição é a areia.

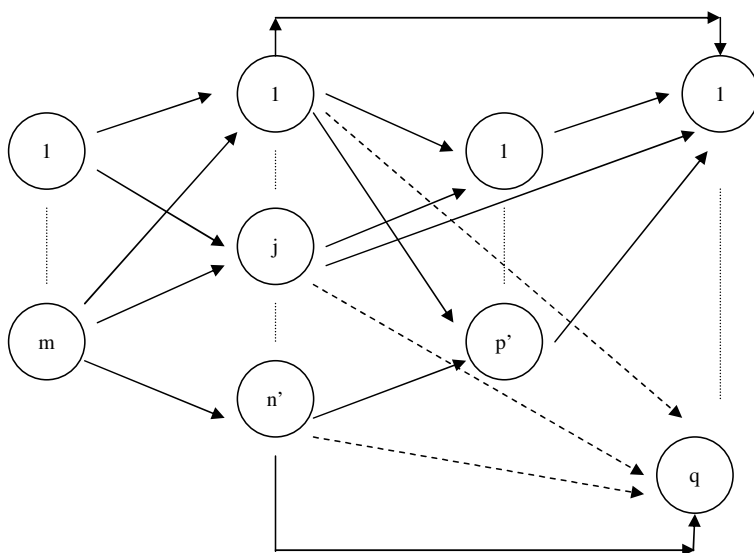
Segundo Barros *et al* (1998), a areia é um subproduto poluído e essa poluição é proveniente da contaminação das partes desperdiçadas como, por exemplo, a pintura e os materiais isolantes, já que esses materiais não são separados antes do processo de peneiração. De acordo com Scholten (1995) apud Barros *et al* (1998), a seleção da areia pode ser classificada em três grupos: limpa, meio limpa e poluída, sendo que 40% corresponde ao grupo 1, 40% ao grupo 2 e 20% ao grupo 3. Com esta classificação, as areias do grupo 1 podem ser reusadas livremente, enquanto que as do grupo 2 devem ser reusadas com precaução, e finalmente, as areias do grupo 3 não podem ser reusadas diretamente.

Ainda, segundo Barros *et al* (1998), a elaboração de estratégias para resolver o problema da seleção da areia pode ser baseada nas seguintes questões:

- Qual o tipo e quanto de infra-estrutura deveriam ser instalados?
- Onde as novas infra-estruturas poderiam estar localizadas?
- Quanto de areia cada infra-estrutura deveria tratar?

Além disso, deve-se considerar a necessidade dos pontos de demanda e a minimização de todos os custos da criação da rede. O autor desenvolveu um modelo em dois níveis de uma rede de reciclagem para a areia. A figura 2 mostra a disposição dos nós e *links* da rede. O mesmo autor concluiu que a localização dos pontos de demanda e a necessidade pelo produto, no caso a areia é que definem a rede de reciclagem da mesma.

Segundo Formoso *et al* (1998), as perdas referentes a areia se devem ao excesso de espessura de juntas de alvenaria, de revestimentos argamassados e de contrapisos. Outro problema encontrado são as más condições de estocagem, como a falta de contenção lateral e inexistência de proteção contra ventos e chuvas. Isso mostra que além de ser importante o estabelecimento de uma rede de reciclagem de areia é notória a importância dos conceitos de logística no canteiro de obras, minimizando as perdas antes mesmo do material ser utilizado.



sendo: m =número de fontes de areia selecionada
 n =número de locais potenciais de depósitos regionais
 p =número de locais potenciais de tratamento de areia
 q =número de locais projetados

FIGURA 2: Rede de Reciclagem da Areia (fonte: Barros *et al*, 1998, p. 207).

6 CONCLUSÕES

A aplicação dos conceitos de logística já está bem consolidada quando se refere à cadeia de suprimentos tradicionais em empresas manufatureiras. No caso da indústria da construção civil isso não ocorre. A incorporação de conceitos da logística tradicional e da logística reversa na indústria da construção civil pode auxiliar no desenvolvimento de empresas mais competitivas. A crescente preocupação com a questão ambiental está forçando a busca por processos e resultados que possam melhorar o relacionamento entre os elementos da cadeia de suprimentos no sentido do fluxo reverso. O conceito de rede logística reversa, incluindo o processo de reciclagem está recebendo uma atenção especial de pesquisadores que vêem a necessidade de reaproveitar a grande quantidade de materiais utilizados na construção civil. As redes reversas, quando bem implementadas auxiliam na diminuição dos desperdícios e na minimização de custos. O trabalho apresentou duas abordagens para o problema de redes logísticas reversas na construção civil. Para o caso da reciclagem de entulho a rede é de apenas um nível e para o caso da reciclagem de areia, onde a rede é de dois níveis. A reciclagem do entulho produzido na construção civil pode ser uma alternativa viável para suprir a necessidade de produção de materiais com qualidade e com um preço mais acessível. Os estudos apresentados podem ser aplicados em outros materiais como, por exemplo, plásticos, materiais cimentícios, madeiras, materiais cerâmicos e metais. No caso da madeira, a aplicação da rede em dois níveis seria mais adequada, já que o material, na maioria das vezes se encontra pintado, tendo que passar por algum local de tratamento antes de ser reciclado. No caso das telhas, que correspondem a 11,11% da composição do entulho gerado, a aplicação de uma rede logística reversa de um nível se mostra mais adequada. As telhas

retornam na rede passando pela usina de reciclagem podendo ser britada e reaproveitada como agregado não estrutural.

Agradecimentos

Ao CNPq, pelo apoio financeiro no projeto GLOBLOG – Núcleo de Pesquisa em Logística Global, no qual esta pesquisa está inserida.

Aos pesquisadores e colaboradores do LALT, pelo apoio no desenvolvimento desta pesquisa, durante a elaboração dos projetos temáticos “Logística Reversa e Transporte Sustentável” e “Logística na Construção Civil”.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARROS *et al.* A two-level network for recycling sand: A case study. **European Journal of Operation Research**, n 110, p – 199 –214, 1998.
- CARDOSO, Francisco F. **Estratégies D’Entreprises et Nouvelles Formes de Rationalisation de la Production Dans le Bâtiment au Brésil et en France**, Tese de Doutorado, 1996.
- FLEISCHMANN *et al.* The impact of product recovery on Logistics Network Design. **INSEAD – R & D**. França, n. 33, p – 1- 28, 2000a.
- FLEISCHMANN *et al.* A characterisation of logistics networks for product recovery. **OMEGA – The International Journal of Management Science**. Holanda, n. 28, p – 653 – 666, 2000b.
- FORMOSO, Carlos T. *et al.* Perda de materiais na construção de edificações: estudo em canteiro de obras no Estado do Rio Grande do Sul. **Congresso Latino Americano: Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios – Soluções para o Terceiro Milênio**. PCC – USP. São Paulo, 1998.
- FORTES, *et al.* Os objetivos econômicos e ambientais da logística reversa. **Congresso RIRL 2004 (Rencontre Internationale de Recherche Logistique)**. Fortaleza, 23 a 25 de 2004.
- JAYARAMAN, Vaidyanathan *et al.* The design of reverse distribution networks: models and solution procedures. **European Journal of Operation Research**, Canadá, n 150, p – 128 – 149, 2003.
- JOHN, Vanderley M., ANGULO, Sérgio C., AGOPYAN, Vahan. Sobre a Necessidade de uma Metodologia de Pesquisa e Desenvolvimento para a Reciclagem. **Evento: I Fórum de Universidades Paulistas – Ciência e Tecnologia em Resíduos**. Lindóia, São Paulo, 2003. Disponível em <http://www.reciclagem.pcc.usp.br/artigos.HTM> . Acesso em 29 de maio 2004.
- LALT. **Logística Reversa e Transporte Sustentável**. Projeto Temático. UNICAMP. Campinas, v. 1, n.1, p. 1 – 213, 2003a. (Não publicado).
- LALT. **Logística na Construção Civil**. Projeto Temático. UNICAMP, Campinas, v. 1, n. 3, p 1 – 210, 2003b. (Não publicado).
- LACERDA, Leonardo. Logística Reversa, uma visão sobre os conceitos básicos e as práticas operacionais. **Centro de Estudos em Logística – COPPEAD – UFRJ – 2002**. Disponível em < <http://www.cel.coppead.ufrj.br/fs-public.htm>>. Acesso em 30 de maio de 2004.
- LEAL, Ubiratan. Sobras que valem uma obra. **Revista Técnica – Tecnologia e Negócios da Construção** . São Paulo, Outubro, 2001.
- LEVY, S. M., HELENE, P. R. L. **Reciclagem do entulho de construção civil, para utilização como agregado de argamassas e concretos**. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Dissertação de mestrado. 1997 146 p.
- MIRANDA, Leonardo F. R., SELMO, Silva M. S.. **Avaliação de argamassas com entulhos reciclados, por procedimentos racionais de dosagem**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, 3., Vitória, 1999. Anais. Vitória, ANTAC, 1999. p.295-307. Disponível em < <http://alunospos.pcc.usp.br/miranda/Artigos%20publicados.htm>> Acesso em 30 de maio de 2004.
- RESOLUÇÃO CONAMA 307 de 05 de Julho de 2002 – **Dispõe sobre gestão dos resíduos da construção civil**. Disponível em < <http://www.ibamapir.hpg.ig.com.br/30702RC.htm>> Acesso em 23 de setembro de 2004.
- ZORDAN, Sérgio Eduardo. **Geração de Resíduos de Construção e Demolição**. FEC – UNICAMP – Revisão da Dissertação de Mestrado. Campinas, 1997. p. 1-7.

Endereço para Contato: LALT - Laboratório de Aprendizagem em Logística e Transportes

UNICAMP – Universidade Estadual de Campinas

FEC - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo

DGT – Departamento de Geotecnia e Transporte

Av: Albert Einstein, 951

CEP 13 083 582
Cidade Universitária "Zeferino Vaz"
Barão Geraldo-Campinas - SP
Fone/Fax (19) 3788 2346
Site www.unicamp.br/~lalt
E-mail: lalt@fec.unicamp.br