PLANEJAMENTO DA REDE DE LOGÍSTICA REVERSA PÓS-CONSUMO DE EQUIPAMENTOS DE INFORMÁTICA

Maritha Gomes Silva de Oliveira

Universidade Federal de São Carlos
marithasilva@yahoo.com.br

Eli Angela Vitor Tosos

Universidade Federal de São Carlos
eli@ufscar.br

RESUMO

O objetivo deste projeto é o estudo da configuração da cadeia de logística reversa pós-consumo de equipamentos de informática. Uma motivação para o trabalho são os desafios logísticos inerentes ao descarte de resíduos sólidos urbanos, que envolvem comprometimento entre sociedade, governo e empresas privadas. No caso de equipamentos eletroeletrônicos, além dos aspectos legais previstos no Plano Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), as oportunidades de recuperação de valor para os produtos são relevantes e podem aumentar sua vida útil. Particularmente no caso de equipamentos de informática, uma forma de recuperação é através dos Centros de Recondicionamento de Computadores (CRCs), que são locais onde equipamentos de informática são recondicionados e disponibilizados para utilização por comunidades carentes. Os CRCs fazem parte do projeto 'Computadores para Inclusão' do Governo Federal (MINISTÉRIO DAS COMUNICAÇÕES, 2012). Uma das dificuldades para o planejamento neste projeto é a configuração da rede logística, que consiste: (i) na definição de pontos de descarte dos computadores; (ii) na localização dos centros de recondicionamento, considerando os locais existentes e possibilidades de expansão; e (iii) na localização de Telecentros, que são locais para acesso digital para comunidade carente. Neste contexto, a abordagem deste projeto é a proposição de modelo matemático para configuração da rede logística do projeto 'Computadores para Inclusão' contribuindo para coleta e destinação apropriada de equipamentos de informática pós-consumo em todo território brasileiro.

PALAVRAS-CHAVE: Logística Reversa de Eletroeletrônicos, Pesquisa Operacional, Modelagem Matemática.

1.Introdução

O CLM (*Council of Logistics Management*, 2010), define logística como um processo para atender as exigências dos clientes. Através do planejamento, da implementação e do controle eficiente e eficaz, a um custo justo, do fluxo e da armazenagem, das matérias primas até o produto acabado, assim como as informações inerentes aos processos que ocorrem nesse caminho. A logística é composta por dois tipos de canais de distribuição: o direto e o reverso. O canal de distribuição direto realiza o fluxo de produtos e informações no sentido do produtor ao cliente por diversos meios, como distribuidores, lojas de atacado e varejo, etc. O canal de distribuição reverso é o fluxo oposto, a partir do consumidor final até o ponto de origem (*Council Of Logistics Management*, 2010).

A prática de reutilização de produtos e materiais não é um fenômeno recente. Há algum tempo já era realizada a reciclagem de metais, papéis e garrafas de bebidas. Esses eram os produtos cuja reciclagem trazia grandes benefícios econômicos. A crescente preocupação ambiental, as ideias sobre redução e os esforços para ciclos de vida mais econômicos ganharam maior dimensão no fim do século XX (FLEISCHMANN et al., 1997). Há também uma crescente preocupação acadêmica com este problema que é demonstrada pela quantidade de trabalhos recentes sobre temas como: Gerenciamento sustentável de redes de suprimento (*Sustainable Supply Network Management*); Gerenciamento ambiental de cadeias de suprimento (*Supply Chain Environmental Management*); Logística Verde (*Green Logistics*); Cadeias de Suprimento Verde (*Green Supply Chain*); e, Gerenciamento de Cadeias de Suprimento Verde (*Green Supply Chain Management*) (DEKKER; BLOEMHOF; MALLIDIS, 2012; LAMBERT; RIOPEL; ABDUL-KADER, 2011; SARKIS; ZHU; LAI, 2011; SBIHI; EGGLESE, 2009; SRIVASTAVA, 2007). Particularmente os trabalhos de (DEKKER; BLOEMHOF; MALLIDIS, 2012) e (SBIHI; EGGLESE, 2009) apontam direções e oportunidades de pesquisas acadêmicas sobre aplicações de Pesquisa Operacional para Logística Verde. Segundo estes mesmos autores, dentre as oportunidades de pesquisa relevantes destacam-se os problemas de configuração de rede logística.

Com o rápido desenvolvimento tecnológico houve um aumento da frequência das trocas de equipamentos eletrônicos, como computadores, celulares, impressoras, televisores, etc. O resultado deste novo padrão de consumo é a geração de um tipo de resíduo: o resíduo eletroeletrônico, também conhecido como lixo *high tech*, e-lixo ou Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE).

Ao mesmo tempo em que representam um enorme risco para o meio ambiente, os REEE tem um potencial de reaproveitamento bastante lucrativo. Estudos indicam que até 2020 o mercado global de recuperação de lixo eletroeletrônico pode lucrar cerca de 21 bilhões de dólares. Para evitar o risco de contaminação pelos resíduos gerados, alguns países exportam grande parte de seu lixo eletroeletrônico para reciclagem, enquanto outros reprocessam estes produtos, atingindo taxas de mais de 80% de reciclagem. No Brasil, relatórios da Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica (ABIEE, 2012) mostram que os resíduos compostos por aparelhos de telefones fixos e celulares, televisores e computadores atingem o patamar de 200 mil toneladas ao ano, o que significa mais de 1 kg por habitante do país. No ritmo de crescimento atual, as estimativas são de que até 2030 serão geradas 6,6 milhões de toneladas deste tipo de lixo no Brasil..

2.Descrição do problema

O objetivo deste trabalho é o estudo da configuração da cadeia de logística reversa pós-consumo de equipamentos de informática, no estado do Rio Grande do Sul. Uma motivação para este estudo são os desafios logísticos inerentes ao descarte de resíduos sólidos urbanos, que envolvem comprometimento entre sociedade, governo e empresas privadas. No caso de equipamentos eletroeletrônicos, além dos aspectos legais previstos no Plano Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), as oportunidades de recuperação de valor para os produtos são

relevantes e podem aumentar sua vida útil. Particularmente no caso de equipamentos de informática, uma forma de recuperação é através dos Centros de Recondicionamento de Computadores (CRCs), que são locais onde equipamentos de informática são recondicionados e posteriormente disponibilizados para a utilização em Telecentros comunitários, escolas públicas, bibliotecas e outros projetos com impacto social nas comunidades nas quais estão inseridos. Os CRCs fazem parte do projeto 'Computadores para Inclusão' do Governo Federal. Uma das dificuldades para planejamento neste projeto é a configuração da rede logística, que consiste: (i) na definição de pontos de descarte dos computadores; (ii) na localização dos centros de recondicionamento (considerando os locais existentes e possibilidades de expansão); e (iii) na localização de Telecentros, que são locais para acesso digital para comunidade carente.

No Rio Grande do Sul temos cinco Telecentros em funcionamento, dois em Porto Alegre, um em Santa Maria, um em Caxias do Sul e um em São Leopoldo. No estado há apenas um CRC instalado, na capital Porto Alegre. Os Telecentros recebem material eletrônico da comunidade na qual estão inseridos. Em cada local onde existe um Telecentro há a possibilidade de instalarmos um CRC. Os CRC's abertos recebem material de Telecentros e de Órgãos Governamentais, cada CRC pode receber material de quantos Telecentros forem necessários para a factibilidade do modelo desde que não exceda sua capacidade máxima de recebimento de material.

Após o processamento do material pelos CRC é feito um processo de recondicionamento de material, o que é passível de aproveitamento formam Computadores que são direcionados a Telecentros, de acordo com a necessidade, e o excesso é encaminhado para escolas públicas e bibliotecas.

3.Métodos e abordagens

Foi desenvolvido um Modelo Multiperíodo com Taxas de Retorno direcionadas, onde o material que a comunidade descarta nos Telecentros é encaminhado para os CRC e processados. Os computadores reformulados são encaminhados aos Telecentros que são monitorados a fim de que exista uma quantidade mínima de computadores para que os mesmos mantenham seu funcionamento ao longo do horizonte de planejamento, e também não se exceda uma quantidade máxima de computadores que eles possuem instalações para comportar. O material não passível de reciclagem é encaminhado para empresas recicladoras. Os computadores reformulados que não forem encaminhados para os Telecentros são enviados para instituições de acesso digital gratuito.

A função objetivo pode ser dividida em três partes. A primeira visa minimizar os custos de abertura dos CRC's da rede, a segunda minimiza o funcionamento da rede, minimizando a multiplicação entre as distâncias percorridas pelo material na rede e o fator que representa o custo por quilômetro percorrido de material. Por último temos as penalizações do modelo que garante que o máximo possível de material será processado e impede que o material depois do processo de recondicionamento se acumule para a destinação à órgãos públicos ao invés de retornar a Telecentros.

4.Resultados

O CRC 1-Porto Alegre já está em funcionamento, o CRC 3-Caxias do Sul foi selecionado para a abertura. Note que, durante todo o horizonte de planejamento esses CRC's não utilizam com toda a sua capacidade, a porcentagem de ocupação de cada um deles durante os períodos está representado na Tabela 1.

Tabela 1. Porcentagem de Utilização

CRC	Períodos											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1-Porto Alegre	65	65	66	66	66	66	66	66	66	66	77	77
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
3-Caxias do Sul	42	42	44	44	44	44	44	44	44	44	33	33
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%

Analisando a tabela percebemos que o CRC que já estava em funcionamento, 1-Porto Alegre, não trabalha com a sua plena capacidade, mesmo assim é aberta uma nova instalação, 3-Caxias do Sul, isso ocorre porque os custos de transporte são muito altos, sendo mais vantajoso a abertura de uma nova unidade do que o transporte de material.

Esse material processado é encaminhado para Telecentros ou para instituições públicas. Os Telecentros necessitam de uma faixa entre 83% e 100% de sua capacidade para que possam operar, ou seja, uma faixa entre 25 e 30 máquinas. Nos primeiros dois períodos do horizonte de planejamento ele estão com a capacidade mínima, a partir do período três é que passam a receber o material retornável.

Na Tabela 2 temos a porcentagem de ocupação de computadores em cada Telecentro ao longo dos períodos.

Tabela 2. Porcentagem de Ocupação de Computadores nos Telecentros

Telecentros	Períodos											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1-Porto Alegre	83%	83%	83%	100%	90%	100%	90%	83%	100%	90%	83%	100%
2-Porto Alegre	83%	83%	83%	100%	90%	100%	90%	83%	100%	90%	83%	100%
3-Caxias do Sul	83%	83%	83%	93%	83%	100%	90%	100%	93%	83%	100%	100%
4-Santa Maria	83%	83%	83%	93%	83%	100%	90%	100%	90%	83%	83%	83%
5-São Leopoldo	83%	83%	83%	100%	90%	100%	90%	83%	100%	90%	93%	83%

Os computadores reformulados que não foram encaminhados para Telecentros, cerca de 200 máquinas por mês, serão encaminhados para instituições públicas de acesso digital.

O CRC 1-Porto Alegre, recebe material de três Telecentros, 1 e 2-Porto Alegre durante todo o horizonte de planejamento e do Telecentro 5-São Leopoldo nos dois últimos períodos. O CRC 3-Caxias do Sul, recebe material de três Telecentros, os de 3-Caxias do Sul e 4-Santa Maria, mandam seu material total durante todo o horizonte de planejamento, já o 5-São Leopoldo envia material nos dez primeiros períodos.

Ocorre também o fluxo de computadores prontos. Há a necessidade de retornar computadores para os Telecentro, mantendo assim a quantidade mínima necessária em cada um deles para seu funcionamento. Na

Tabela 3 temos qual CRC fornece material para cada Telecentro no horizonte de planejamento.

Tabela 3 .Fluxo de Computadores Reformulados CRC Telecentros

		Períodos							
		3	5	7	8	9	10	11	12
1-Porto Alegre	1-Porto Alegre	8	6	1	8		1	8	124
	2-Porto Alegre	8	6	1	8		1	8	
	5-São Leopoldo	8	6	1	8		4		
3-Caxias do Sul	3-Caxias do Sul	6	8	6	1		8	3	84
	4-Santa Maria	6	8	6		1	3	3	

5. Conclusões e perspectivas futuras

O Modelo matemático implementado no estado do Rio Grande do Sul, será implementado novamente com os dados do programas Computadores para a Inclusão no Brasil todo.

Referências

ABINEE. Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica. Disponível em: <http://www.abinee.org.br/> Acessado em: 10 de fevereiro de 2013.

Council Of Logistics Managemen. Disponível em: http://cscmp.org/sites/default/files/user_uploads/resources/downloads/glossary-2013.pdf. Acessado em: 10 de fevereiro de 2013.

DEKKER, R.; BLOEMHOF, J.; MALLIDIS, I (2012). Operations Research for green logistics – An overview of aspects, issues, contributions and challenges. *European Journal of Operational Research*, v. 219, n. 3, p. 671–679.

E-Waste. Disponível em: <<http://svtc.org/our-work/e-waste/>>. Acessado em: 10 de fevereiro de 2013.

FLEISCHMANN, M. et al. (1997). Quantitative models for reverse logistics: A review. *European Journal of Operational Research*, v. 103, n. 1, p. 1–17.

LAMBERT, S.; RIOPEL, D.; ABDUL-KADER, W. (2011). A reverse logistics decisions conceptual framework. *Computers & Industrial Engineering*, v. 61, n. 3, p. 561–581.

SARKIS, J.; ZHU, Q.; LAI, K. (2011). An organizational theoretic review of green supply chain management literature. *International Journal of Production Economics*, v. 130, n. 1, p. 1–15.

SBIHL, A.; EGGLESE, R. W. (2009). Combinatorial optimization and Green Logistics. *Annals of Operations Research*, v. 175, n. 1, p. 159–175.

SRIVASTAVA, S. K. (2007). Green supply-chain management: A state-of-the-art literature review. *International Journal of Management Reviews*, v. 9, n. 1, p. 53–80.