

Modelagem Matemática da Rede de Logística Reversa Pública de Computadores Pós-Consumo

Maritha Gomes Silva de Oliveira
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção
Universidade Federal de São Carlos
marithasilva@yahoo.com.br

Eli Angela Vitor Toso
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção
Universidade Federal de São Carlos
eli@ufscar.br

Resumo

O objetivo deste artigo é propor uma abordagem através de um modelo matemático para o problema de configuração da rede logística de condicionamento e reutilização de computadores do programa do Governo Federal Computadores para a Inclusão. Este problema está inserido no contexto da crescente busca pela inclusão digital da população, o que gera um novo resíduo com o qual o país não está totalmente apto a reciclar ou dar destinação final de maneira correta. Será apresentada uma contextualização do problema de inclusão digital brasileiro, em seguida detalhado o projeto intitulado 'Computadores para Inclusão', que é base para desenvolvimento deste trabalho e serão apresentadas as problemáticas do projeto. Finalmente a abordagem matemática será proposta e seus resultados computacionais expostos.

Palavras Chaves: Logística Reversa, Modelagem Matemática, Lixo Eletroeletrônico.

Mathematical Modeling of Reverse Logistics Network of Public Computer Post Consumer

Abstract

The objective of this paper is to propose an approach through a mathematical model for the configuration problem of logistics network reconditioning and reuse of computers the program of the Federal Government Computers for Inclusion. This problem is seen in the context of the growing demand for digital inclusion, which creates a new residue with which the country is not fully able to recycle or to dispose of properly. You will see a contextualization of the problem of digital inclusion in Brazil, then detailed the project entitled 'Computers for Inclusion', which is the basis for development of this work will be presented and the issues of the project. Finally the mathematical approach is proposed and its computational results exposed.

Key Words: Reverse Logistics, Mathematical Modeling, Waste Electrical and Electronic.

1. Introdução

A indústria de equipamentos eletroeletrônicos cresce cada vez mais rápida. Segundo uma pesquisa do Programa Ambiental das Nações Unidas, a taxa de equipamentos eletroeletrônicos gerados pelo mundo chega a atingir 50 milhões de toneladas ano (KUEHR, WILLIAMS, 2003). Miguez (2007) afirma que, aproximadamente, 75% dos equipamentos eletroeletrônicos antigos pelo mundo ainda encontram-se nas residências, pois a maior parte dos proprietários acredita que eles ainda podem ser úteis no futuro ou desconhecem uma forma de descartá-los.

Diversas medidas para reverter essa situação têm surgido pelo mundo. Desde 1997 existe um projeto para a implementação internacional da Logística Reversa, o REVLOG (*The European Working Group On Reverse Logistics*). Sobre a coordenação *Erasmus University Rotterdam*, na Holanda, pesquisadores de várias universidades pelo mundo defendem que se as empresas adotarem os conceitos de Logística Reversa isso levaria: ao cumprimento das legislações ambientais; a um gerenciamento de qualidade do processo reverso de produtos e/ou matérias primas; e, a uma diminuição de desperdícios (CONCEIÇÃO; PACHECO, 2012). Na União Europeia criou-se, em 2004, um programa para reduzir a quantidade de material eletroeletrônico que chega aos aterros sanitários através de metas para coleta, tratamento, recuperação e reciclagem dos produtos (GOOSEY, 2004).

No Brasil a Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS, foi criada em 2010 e se destaca pela proposta de elaboração de um plano de resíduos sólidos para as cidades, pelo incentivo a coleta seletiva, e pela implementação de sistemas de logística reversa e outras ferramentas relacionadas à responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos. A PNRS está em fase de implantação, uma das metas estabelecidas é que até 2015 não existam mais os chamados lixões no Brasil.

Mesmo antes da PNRS, em 1992, já havia uma preocupação ambiental no país. Empresas, como: AMBEV, DELL, Carrefour, Coca-Cola, Danone, etc. criaram uma associação denominada CEMPRE (Compromisso Empresarial para Reciclagem). Esta associação promove os conceitos de reciclagem e ideias sobre o gerenciamento de lixo, conscientizando a sociedade da importância do processo de reciclagem. Desde 1994 o CEMPRE realiza uma pesquisa, denominada Ciclosoft, que abrange todo o território nacional, e reuni diversas informações sobre programas de coleta seletiva, dados sobre a composição do lixo reciclado. Esta pesquisa envolve a participação governamental, de diversas empresas e da própria população. A última pesquisa realizada em 2010 apontou que apenas 443 municípios brasileiros, ou seja, aproximadamente 8% do total, possuem algum programa de coleta seletiva.

A Figura 1 apresenta a composição gravimétrica do material recolhido por coleta seletiva em 2010, constatada pela da pesquisa CICLOSOFT 2010. Note que a maior parte dos resíduos coletados é composta por papel/papelão (39,9%), seguido pelos plásticos (19,5%), podemos observar que apenas 0,2% do total de material coletado são resíduos eletroeletrônicos.

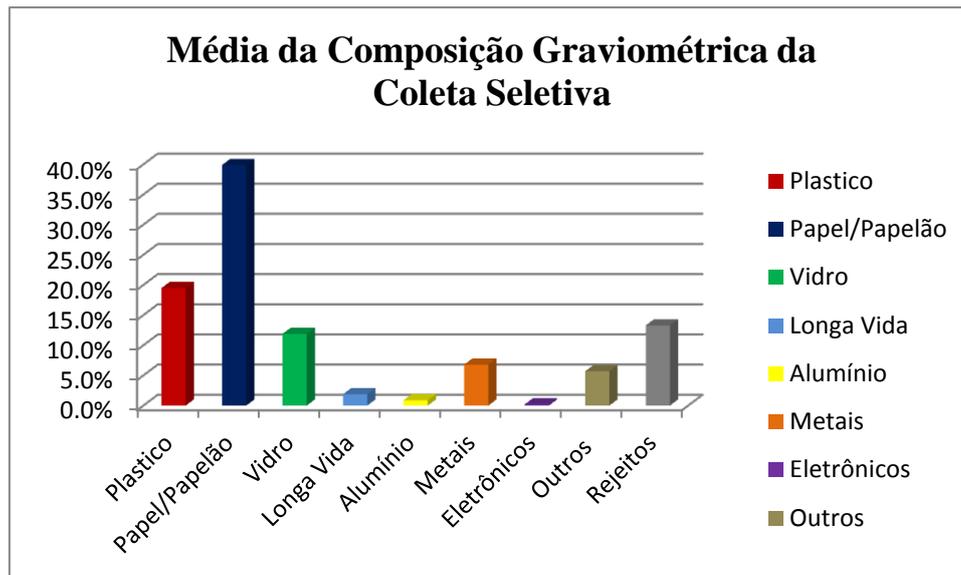


Figura 1- Composição Gravimétrica dos Resíduos Sólidos Urbanos

Há uma crescente preocupação acadêmica com o problema dos resíduos sólidos isso pode ser percebido 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 & Eglese, 2009; Srivastava, 2007). Particularmente os trabalhos de Dekker et al. (2012) e Sbihi e Eglese (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.

2. Revisão Bibliográfica

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).

A Alemanha, em 1991, criou exigências para que a indústria de embalagens reciclasse um determinado percentual mínimo de embalagens. Já em 1996 surgiram metas para reciclagem de produtos eletroeletrônicos. Nos Países Baixos a indústria automobilística é responsável pela reciclagem dos carros que produzem desde 1992. Em 1994 a Europa reciclou 27,7 milhões de toneladas de papel, o que corresponde a 43% da produção total de papel no continente naquele ano, e 7 milhões e toneladas de vidro, o correspondente a 60% da produção continental. Com essas medidas de conscientização a imagem "verde" passou a ser um excelente elemento de marketing (FLEISCHMANN et al., 1997).

Nos EUA a motivação econômica foi o principal elemento de incentivo para o surgimento da cadeia reversa. Por volta de 1996 a indústria de peças e máquinas, com o objetivo de recuperar valor ainda incorporado em produtos usados e esse valor não para de aumentar (Fleischmann et al., 1997). Estimativas do governo americano apontam que são vendidos cerca de 60 milhões de computadores por ano, e esse valor não para de crescer. Na outra ponta da cadeia logística dos computadores americanos temos a logística reversa de apenas 12% do material vendido anualmente, ou seja, 12 milhões de computadores descartados por ano passam pelo processo de reciclagem ("E-Waste," 2013).

A EPA (Agencia de Proteção Ambiental Americana) estima que a taxa de lixo eletroeletrônico cresça de duas a três vezes mais rápido do que qualquer outro material. Ainda segundo dados da EPA, apenas de 15% a 20% desse material são reciclado dentro do território americano. A grande maioria do lixo eletroeletrônico americano é exportado para países em desenvolvimento, como: Índia, Nigéria e China. Para termos uma dimensão dessa lucratividade em 2008 o estado da Califórnia lucrou 20 milhões de libras com a exportação desse material. ("E-Waste", 2013; RAVI; SHANKAR; TIWARI, 2005).

Srivastava (2007) define logística reversa como um processo que permeia a mesma definição da logística direta, porém dedicada ao fluxo no sentido oposto, a partir do ponto de consumo de um determinado produto até o seu ponto de origem, com o objetivo de recapturar valor ou dar destinação adequada ao mesmo. A logística reversa pode ser considerada como um segmento, dentro da logística convencional especializada em devoluções de produtos para o reparo ou agregação de valor, movimentando e gerenciando o pós-venda e o pós-consumo (BUDGETING; COSTING, 2010).

Para Rogers e Tibben (1999) a logística reversa é um processo que ocorre do ponto de consumo até o ponto de origem, envolvendo planejamento, implementação, controle de fluxo de matérias primas, estoque, produtos acabados e informações. Desta forma a logística reversa passou a ser uma realidade em termos de investimento estratégico, modificando a visão das empresas que pararam de vê-la como um gerador de altos custos internos para se tornar um diferencial competitivo.

Particularmente em relação à logística reversa de equipamentos eletroeletrônicos, existem poucos trabalhos na literatura que abordam as varias questões envolvidas no processo: (i) o custo de transporte, (ii) a periculosidade dos componentes, (iii) o valor agregado de algumas peças, (iv) os impactos ambientais que o processo pode causar, etc.

3. O Programa Computadores Para Inclusão

O Brasil tem investido em práticas para a reciclagem eletroeletrônicas. O programa Computadores para Inclusão (CI) foi proposto em 2004 e começou a ser realizado em 2005, pela Secretaria de Logística e Tecnologia da Informação do Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, como parte da política de Inclusão Digital do Governo Federal. O

principal objetivo desse projeto é promover a inclusão digital e a formação de jovens de baixa renda, que se encontra em situação de vulnerabilidade social.

Para estruturar esse programa o Governo desenvolve parcerias com diversos órgãos, entidades e/ou empresas. O programa funciona através de uma rede composta por cerca de 2.000 Telecentros espalhados por várias comunidades. Desses Telecentros, oitenta são considerados principais, chamados de Telecentros nucleadores. Na Tabela 1 temos as quarenta e cinco cidades do país que possuem Telecentros nucleadores, e o número de Telecentros nucleadores em cada uma.

Número de Telecentros Nucleadores por Cidade	Cidades
Um	Salvador-BA, Vila Velha-ES, Uberaba-MG, Foz do Iguaçu-PR, Niteroi-Rj, Nova Iguaçu-RJ, Caxias do Sul-RS, Santa Maria-RS, São Leopoldo-RS, Amparo-SP, Bragança Paulista-SP, Campinas-SP, Diadema-SP, Guarulhos-SP, Indaiatuba-SP, Osasco-Sp, Piracicaba-SP, Santos-SP, Santo André-SP.
Dois	Rio Branco-AC, Macapá-AM, Manaus-AM, Vitória-ES, Goiania-Go, São Luís, Cuiabá-MT, Campo Grande-MS, Belem-PA, João Pessoa-PB, Curitiba-PR, Teresina-PI, Natal-RN, Porto Alegre-RS, Porto Velho-RO, Boa Vista-RR, São Paulo-SP, Aracaju-SE, Palmas-TO.
Três	Belo Horizonte-MG, Recife-PE, Rio de Janeiro-RJ, Florianopolis-SC.
Quatro	Fortaleza-CE, Brasília-DF

Fonte - Elaborado pela Autora

Tabela 1- Quantidade de Telecentros Nucleadores por Cidade

Outro órgão envolvido diretamente nesse processo são os CRC's - Centro de Recondicionamento de Computadores. O país conta atualmente com seis CRC's: CESMAR (em Porto Alegre), GAMA (em Brasília), Belo Horizonte Digital (em Belo Horizonte), Lauro de Freitas (na Bahia), Recife e Belém, todos instalados em periferias.

Os CRC's surgiram como um espaço onde os jovens em situação de vulnerabilidade social pudessem ter acesso a oficinas com cursos profissionalizantes no setor de tecnologia digital. Para que os cursos sejam oferecidos existe demanda por computadores, desde máquinas em boas condições até máquinas cujo recondicionamento seja improvável. Para suprir essa demanda o governo planeja encaminhar para os CRC's os computadores descartados por comunidades, usando os Telecentros Nucleadores como pontos de coleta de materiais.

A Figura 2 esquematiza a rede logística referente ao projeto Computadores para a Inclusão.



Figura 2- Funcionamento do Projeto Computadores para a Inclusão

O Brasil conta com poucas empresas capacitadas e que cumprem as exigências governamentais para tratar os produtos eletroeletrônicos. No total são dezenove empresas, todas na região sudeste.

4. Considerações para a Modelagem

Consideramos os 80 Telecentros nucleadores não apenas como pontos de descarte, mas também como possíveis local de abertura de um CRC.

A geração de resíduos eletroeletrônicos de cada Telecentro foi estimada pela quantidade de habitantes em cada cidade, a quantidade de lixo tecnológico gerado por cada brasileiro, pelo índice de recuperação nacional desse material e dividido pelo número de Telecentros existentes em cada cidade. A capacidade de cada CRC que será aberto foi baseada na capacidade real média dos CRC's já existentes no país. Os custos de abertura leva em consideração a renda per capita da região em que ele será implantado, pois a renda per capita está direcionalmente ligada ao custo de vida da região. Os CRC's já existentes, foram considerados com custos de abertura iguais a zero. Os custos de levar o material entre um Telecentro a um CRC, e os custos entre os CRC's e as empresas recicladoras, foram baseados na multiplicação das distâncias rodoviárias entre eles pelo valor de Km rodado de um caminhão Basculante Toco.

O valor dos parâmetros de orçamento foram retirados do documento Catálogo de Dados do Governo elaborado pelo Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão que retrata os gastos da administração 2003-2010 do país.

O segundo modelos que será apresentado possui considerações sobre a taxa de retorno que ocorre entre os CRC's e os Telecentros. Pelo funcionamento do programa os computadores reformulados pelos CRC's devem retornar aos Telecentros. Dados reais apontam que de cada 10 computadores que chegam nos CRC's, para o processo de reciclagem, 3 retornam aos telecentros. Os outros 7 são enviados para as empresas recicladoras. Para que o retorno se aproximasse da realidade foi considerado um tempo de 2 períodos para que o acondicionamento ocorresse.

5. Modelo Matemático Proposto

O modelo aborda a logística reversa multi-períodos com taxas de retorno dos CRC's para os Telecentros. Na rede apresentada, 30% dos computadores avariados que chegam em cada CRC, a partir do período 3, retorna a um Telecentro como concertados.

Conjuntos

- i Posto de coleta a partir do cliente (Telecentros).
- j CRC's.
- k Empresas que realizam a destinação final ambientalmente corretas.
- t Períodos em Meses
- u Períodos em Meses

Parâmetros

- C_{ij} Custo de transportar de i para j .
- F_j Custo de abrir um CRC
- a_i Quantidade de produtos em i .
- B_j Capacidade máxima de j (CRC's).
- o_t Orçamento para a manutenção do programa no período t
- w_t Orçamento para a abertura de instalações no período t
- b_{jt} Capacidade da instalação j no período t
- a_{it} Quantidade de material que a instalação i recebe da população no período t
- β Custo intangível de não processamento de material
- s Porcentagem de material que é encaminhado para k
- e_{ji} Custo de se transportar material de j para i
- r Custo da não se processar um eletroeletrônico
- l Percentual mínimo de material a ser processado

Variáveis

- x_{ijt} Quantidade de material que se origina em i é encaminhado a j no tempo t
- y_{ikt} Quantidade de material que se origina em j e é encaminhado a k no tempo t
- p_{jt} Indica se j for aberto no instante t ($p_{jt} = 1$) ou ($p_{jt} = 0$) caso contrário
- z_{jt} Indica se j está aberto no tempo t ($z_{jt} = 1$) ou ($z_{jt} = 0$) caso contrário
- n_{jit} Quantidade de material que se origina em j é encaminhado a i no tempo t

$$\min : \sum_t \sum_j p_{jt} f_j + \sum_t \sum_j \sum_i c_{ij} x_{ijt} + \sum_j \sum_k \sum_t g_{jk} y_{jkt} + \sum_i \sum_{t=3}^T \sum_j e_{ji} n_{jit} + (r + \beta) * \left(\sum_i \sum_t (a_{it} - \sum_j x_{ijt}) \right) \quad (1.1)$$

$$\sum_j x_{ijt} \geq la_{it}, \forall i \in I, \forall t \in T \quad (1.2)$$

$$\sum_j x_{ijt} \leq a_{it} + \sum_j n_{jit}, \quad \forall i \in I, \forall t \in T \quad (1.3)$$

$$\sum_i x_{ijt} \leq b_j z_{jt}, \quad \forall j \in J, \forall t \in T \quad (1.4)$$

$$\sum_t p_{jt} \leq 1, \quad \forall j \in J \quad (1.5)$$

$$z_{jt} = \sum_{u=1}^t p_{ju}, \quad \forall j \in J, \forall t \in T \quad (1.6)$$

$$\sum_k y_{jkt} = s * \sum_i x_{ijt}, \quad \forall j \in J, \forall t \in T. \quad (1.7)$$

$$\sum_i n_{jit} = (1-s) * x_{ij(t-q)}, \quad \forall j \in J, \forall t \in (q+1)..T \quad (1.8)$$

$$\sum_j p_{jt} f_j \leq w_t, \quad \forall t \in T \quad (1.9)$$

$$\sum_i \sum_j c_{ij} x_{ijt} + \sum_j \sum_k g_{jk} y_{jkt} + \sum_i \sum_j e_{ji} n_{jit} \leq o_t, \quad \forall t \in T \quad (1.10)$$

$$z_{jt}, p_{jt} \in \{0,1\}; x_{ijt}, y_{jkt}, n_{jit} \geq 0. \quad (1.11)$$

A função objetivo (1.1) visa minimizar os custos de funcionamento da rede, que são os custos: (i) de instalação das facilidades, (ii) de mover o material dos Telecentros (i) para os CRC's (j), (iii) de mover o material dos CRC's (j) para as empresas de destinação correta (k), (iv) do material que retorna dos CRC's (j) para os Telecentros (i) e (v) representa os custos de não se tratar um material, que é o valor real mais o intangível.

As restrições (1.2) e (1.3) tratam da quantidade de material processado. A primeira garante que uma quantidade mínima de material será processado, já a segunda garante que a quantidade não excederá a máxima, a quantidade máxima é a fornecida pela comunidade acrescida dos materiais que retornam dos CRC's.

A restrição (1.4) garante que a capacidade máxima de processamento de cada CRC aberto não será excedida. Para garantir que um CRC só seja aberto uma única vez (1.5) se faz necessária. Já (1.6) diz respeito a operação de um CRC, ela determina se ele está em operação em um determinado período e garante também que uma vez colocado em operação ele estará operando até o fim do horizonte de planejamento.

Para determinar a quantidade de material que é enviado para as empresas de destinação final e a quantidade que retorna para os Telecentros, depois do período de condicionamento, temos as restrições (1.7) e (1.8), respectivamente.

A garantia orçamentária, para a instalação de novos CRC's e manutenção do programa, fica por conta das restrições (1.9) e (1.10), respectivamente. Finalmente temos o domínio das variáveis pela restrição (1.11).

6. RESULTADOS

O modelo foi implementado utilizando a linguagem de modelagem algébrica GAMS (*General Algebraic Modeling System*) versão 23.5.1 e resolvidos através do *solver* CPLEX 12.2, em um computador com processador *Intel Core i5 2.20 GHz*. e memória RAM instalada de 6Gb. O

GAMS foi programado para utilizar três dos quatro núcleos do computador para resolver o problema, além de trabalhar com o GAP igual a zero.

O resultado do modelo aponta a necessidade de se abrir trinta e quatro CRC's, de acordo com a tabela 2.

Estado	Cidade Seleccionada para Abertura de CRC
Acre	Rio Branco
Bahia	Salvador
Ceará	Fortaleza
Distrito Federal	Brasília
Espírito Santo	Vila Velha
Goiás	Goiânia
Maranhão	São Luís
	São Luís
Mato Grosso	Cuiabá
Mato Grosso do Sul	Campo Grande
Minas Gerais	Belo Horizonte
	Uberaba
Pará	Belém
Paraná	Curitiba
	Foz do Iguaçu
Pernambuco	Recife
Rio de Janeiro	Rio de Janeiro
	Nova Iguaçu
	Porto Alegre
Rio Grande do Sul	Caxias do Sul
	São Leopoldo
Rondônia	Porto Velho
Roraima	Boa Vista
	São Paulo
São Paulo	São Paulo
	Amparo
	Diadema

São Paulo	Guarulhos
	Indaiatuba
	Osasco
Sergipe	Santo André
Amapá	Aracaju
	Macapá

Fonte - Elaborado pela Autora

Tabela 2-Cidades Seleccionadas para a Abertura de CRC's

O Modelo foi copilado para um período de 4 anos, durante esse tempo foi utilizada uma taxa de crescimento de demanda de 10% . Pelos resultados gerados pelo modelo, relacionados a abertura de novos CRC's, essa taxa é demasiadamente pequena. Isso justifica a abertura das instalações no primeiro período e apenas mais uma abertura ao longo do tempo.

O orçamento total gasto foi de R\$726.962.403,13, esse valor se refere aos gastos de abertura de instalações mais a manutenção da rede. Os gastos de abertura somam R\$11.750.000, deste valor R\$11.500.000,00 são utilizados para abrir novas instalações no período um, e apenas mais R\$250.000,00 são necessários no período treze para mais uma abertura de mais uma unidade.

A análise geral dos dados concluiu que o modelo tende a abrir CRC's mais próximos das empresas recicladoras, concentrando o fluxo de material. Com os dados rodoviários reais utilizados, pode-se perceber, que muitas vezes, é mais barato deslocar o material de um Telecentro a um CRC em outra cidade, e desse CRC para uma das empresas recicladoras do que deslocar o material diretamente das cidades desses Telecentros para as empresas.

Temos CRC's que foram abertos para atender apenas a demanda dos Telecentros da própria cidade, é o caso dos de Boa Vista e Rio Branco que utilizam apenas 3% e 4% , respectivamente, da sua capacidade. Outro CRC que trabalha com baixa capacidade é o de Aracaju. Durante os primeiros três anos, ou seja, os primeiros 36 períodos, processa apenas o material oriundo dos Telecentros da própria cidade. Porém no período 37 a demanda do Telecentro Maceió aumenta e existe a necessidade de que outro CRC receba o que São Luís não consegue processar, assim o de Aracaju passa a receber esse material.

Temos a situação contrária também. São onze os CRC's que foram instalados trabalhando com a capacidade máxima (100%), são eles: São Luis, São Luís, Rio de Janeiro, São Leopoldo, São Paulo, Amparo, Diadema, Guarulhos, Indaiatuba, Santo André. Para analisarmos esse comportamento precisamos também conhecer para quais empresas os material desses CRC's são destinados.

Os CRC's em São Luís trabalham em capacidade máxima para suportar processar o material de diversos Telecentros do Norte e Nordeste. Durante alguns períodos há variação de qual deles recebe material dos Telecentros, mas durante os 48 períodos os dois juntos cuidam das mesmas dezesseis unidades. Esses dois CRC's devem retornar material, no caso, 30% do material total que chega nesses dois CRC's retornam para os Telecentros localizados na própria cidade.

Esse comportamento, dos Telecentros de uma cidade em que um CRC foi aberto recebe o material reverso da unidade acontece em todos os casos. Isso se deve ao fato de que a priorização do retorno é diminuir os custos logísticos.

Temos alguns casos particulares como é o caso do de Amparo, no interior de São Paulo. Essa unidade começa com a capacidade máxima, mas logo sua capacidade cai e depois vai aumentando de acordo com o aumento da demanda de São Paulo. A ocorrência disso se deve ao fato de que por ser o estado mais populoso e os Telecentros estarem localizados em cidades onde o aumento da taxa de lixo é mais significante, isso pode ser percebido na taxa de capacidade de ocupação dos CRC's.

7. Conclusão

Os resultados iniciais desta pesquisa indicam que no Brasil os custos de transporte rodoviário fazem com que seja economicamente mais vantajoso abrir novas instalações para acondicionamento de computadores do que transportar material entre elas. No que diz respeito ao retorno de materiais é necessário um estudo mais detalhado da demanda do retorno de computadores reformulados

8. Referencias Bibliograficas

Conceição, R. D. P. da., & Pacheco, E. B. A. V. (2012). A IMPLEMENTAÇÃO DA LOGÍSTICA REVERSA NAS ORGANIZAÇÕES MEDIANTE A APLICAÇÃO DO CONCEITO DE REDES INTERORGANIZACIONAIS. *Gestão & Sociedade*, 1–13. Retrieved from http://www.uniabeu.edu.br/publica/index.php/gs/article/download/832/pdf_320

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*, 219(3), 671–679. doi:10.1016/j.ejor.2011.11.010

E-Waste. (2013). Retrieved from <http://svtc.org/our-work/e-waste/>

Fleischmann, M., Bloemhof-Ruwaard, J. M., Dekker, R., van der Laan, E., van Nunen, J. a. E. E., & Van Wassenhove, L. N. (1997). Quantitative models for reverse logistics: A review. *European Journal of Operational Research*, 103(1), 1–17. doi:10.1016/S0377-2217(97)00230-0

Goosey, M. (2004). End-of-life electronics legislation – an industry perspective. *CIRCUIT WORLD*, 30(2), 41–45. doi:10.1108/03056120410512235

Governo, C. de D. (n.d.). Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão.

KUEHR, R., WILLIAMS, E. (2003). *Computers and the environment – understanding and managing their impacts* (1^o ed., p. 300). KLUWER ACADEMIC. Retrieved from [http://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=t0WgI5w1clsC&oi=fnd&pg=PR7&dq=Computers+and+the+environment+-+understanding+and+managing+their+impacts&ots=dIWIIaJ0df&sig=3cOOfu1NGwsAPRK_ii-cWxOJE88#v=onepage&q=Computers and the environment – understanding and managing their impacts&f=false](http://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=t0WgI5w1clsC&oi=fnd&pg=PR7&dq=Computers+and+the+environment+-+understanding+and+managing+their+impacts&ots=dIWIIaJ0df&sig=3cOOfu1NGwsAPRK_ii-cWxOJE88#v=onepage&q=Computers+and+the+environment+-+understanding+and+managing+their+impacts&f=false)

Lambert, S., Riopel, D., & Abdul-Kader, W. (2011). A reverse logistics decisions conceptual framework. *Computers & Industrial Engineering*, 61(3), 561–581. doi:10.1016/j.cie.2011.04.012

Miguez, E. (2007). *Logística Reversa de Produtos Eletrônicos: Benefícios Ambientais e Financeiros*. Vasa. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Retrieved from <http://medcontent.metapress.com/index/A65RM03P4874243N.pdf>

Ravi, V., Shankar, R., & Tiwari, M. K. (2005). Analyzing alternatives in reverse logistics for end-of-life computers: ANP and balanced scorecard approach. *Computers & Industrial Engineering*, 48(2), 327–356. doi:10.1016/j.cie.2005.01.017

Sarkis, J., Zhu, Q., & Lai, K. (2011). An organizational theoretic review of green supply chain management literature. *International Journal of Production Economics*, 130(1), 1–15. doi:10.1016/j.ijpe.2010.11.010

Sbihi, A., & Eglese, R. W. (2009). Combinatorial optimization and Green Logistics. *nnals of Operations Research*, 175(1), 159–175. doi:10.1007/s10479-009-0651-z

Srivastava, S. K. (2007). Green supply-chain management: A state-of-the-art literature review. *International Journal of Management Reviews*, 9(1), 53–80. doi:10.1111/j.1468-2370.2007.00202.x