



LOGÍSTICA SUSTENTÁVEL COM ANÁLISE NA COOPERATIVA DE CATADORES DE EMBALAGENS PET EM PIRAPORA – MINAS GERAIS

Diego Henrique Pereira Barbosa^a, Narciso Ferreira dos Santos Netto^b

^a Instituto Educacional Santo Agostinho, Montes Claros, MG, Brasil

^a Universidade Estadual de Montes Claros (Unimontes), Montes Claros, MG, Brasil - Centro de Ciências Sociais Aplicadas, Departamento de Ciências da Administração

Resumo

A Logística sustentável trabalha com a melhoria de processos inversos agregando valor a um produto ou embalagem que foi descartado pelo usuário final. Com auxílio do SIG-T, sistema de informação geográfico para transporte, foi possível criar um banco de dados correto com a localização precisa das ruas e locais da cidade. Utilizando os dados da cooperativa de coleta seletiva de PET na cidade de Pirapora – MG, estimou-se e simulou situações diversas. A pesquisa apresenta uma ferramenta muito poderosa para melhoria no processo e planejamento de canais logísticos, o software TransCAD. Com este aplicativo, foi e é possível criar rotas alternativas para coleta de acordo com a restrição pré-estabelecida, que podem vir a ser custo, tempo, capacidade do veículo entre outros. Desta forma, gerando sugestões para minimizar a ineficiência ocorrida no processo de coleta na cidade.

Palavras-chave: Logística, Coleta, Roteirização, SIG.

Abstract

The sustainable logistics work with process improvement inverse adding value to a product or packaging that has been discarded by the end user. With the aid of GIS-T, geographic information system for transportation was possible to create a database with the correct precise location of streets and places in town. Using data from the cooperative separate collection of PET in the city of Pirapora - MG, was estimated and simulated different situations. The research presents a very powerful tool for process improvement and channel planning logistics, software TransCAD. With this application it was possible to create alternative routes for collection in accordance with the predetermined restriction which may come to be cost, time, vehicle capacity among others. Thereby generating suggestions to minimize the inefficiencies that occurred in the process of collecting the city.

Keywords: Logistics, Collection, Routing, GIS.

1 INTRODUÇÃO

Com aumento do consumo de produtos e serviços também ocorreu o aumento descarte dos mesmos ao meio ambiente. Este aumento acarreta certa preocupação, pois a natureza não é capaz de absorver com rapidez a imensa quantidade de material que é descartado todos os dias. Para resolver problemas deste tipo é necessário recorrer a soluções que minimizem o máximo o lançamento de produtos ao meio ambiente, é nesse ponto que a logística sustentável entra.

Para Bartholomeu *et* Caixeta-Filho (2011), quando se

trata de logística sustentável dos canais de distribuição sustentáveis é necessário primeiro entender o que são os canais de distribuição diretos. Os canais de distribuição diretos são aqueles que integram diversas atividades, de agentes, locais, tecnologias por onde os produtos são comercializados até chegar ao cliente final. Já o canal sustentável é o caminho contrário onde o ponto inicial é a coleta após o descarte do cliente, o final é o retorno à fábrica.

Ter uma base geográfica correta é de extrema importância para efetuar um correta programação da coleta. Um dos pontos iniciais para que a pesquisa possa ser realizada de forma precisa é o georreferenciamento da cidade, algo que até então não obtem na cidade.



Coletando os dados corretamente procura-se conseguir minimizar o impacto dos resíduos a natureza, de forma planejada, para isso busca-se auxílio de tecnologias de informação, tanto para criação de uma base geográfica com as informações básicas quanto para realização de itinerários de rotas alternativas as rotas que existentes hoje na cidade de Pirapora / MG. Gerando assim possíveis sugestões de melhoria no processo de planejamento e evitando muitos erros de programação.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Logística Sustentável

A logística sustentável, chamada também de logística reversa, simboliza os conteúdos que envolvem as atividades logísticas executadas a fim de reduzir a reciclagem, reutilizando os materiais e sua disposição final. O caráter com visão ambiental tem grande influência nas atividades que cercam o fluxo logístico. O meio de disposição sustentável apresenta um ciclo que começa na coleta dos produtos ou bens após o descarte do consumidor final até a sua reutilização. Todo e qualquer produto apresenta uma vida útil pré-estabelecida, sendo inutilizados e jogados fora após este período. (Caixeta-Filho *et* Martins, 2001).

Novaes (2007) vê a logística sustentável como responsável pela movimentação de materiais que começa no momento da utilização dos produtos e conclui-se no momento que chega à origem, tendo por meta agregar novamente valor ou disposição final. Para ilustrar, temos o exemplo da utilização das latas de refrigerantes que são coletadas, compactadas e retornam para a indústria sendo um simples processo sustentável.

A logística sustentável engloba todas as atividades que a logística aborda, mas faz com que essas atividades sejam realizadas de maneira inversa. De modo prático, ela é o processo de alteração do final típico das mercadorias dando um novo sentido, de forma a trazer novamente o valor para o produto ou uma maneira correta para o descarte do mesmo. Atividade de remodelagem também entra na definição de logística sustentável, em que trazer a sustentabilidade da logística vai além da reciclagem e reaproveitamento dos materiais de embalagem (Rogers *et* Tibben-Lembke, 1998).

Leite (2009) conceitua a logística sustentável como uma sendo uma área da logística empresarial onde é utilizada como ferramenta de planejamento, operação e controle do fluxo logístico, retorno dos produtos pós-venda e pós-consumo na cadeia produtiva de forma a agravar valor em diversas possibilidades: ecológica, econômica, logística, social, imagem da empresa, entre outras.

2.2 Logística Sustentável no Mundo

Para Leite (2009), no mundo houve uma crescente preocupação com a característica do equilíbrio ecológico. Tendo por base algumas pesquisas de opinião pública, vemos exemplos de uma melhoria na consciência ecológica da sociedade atual, principalmente quando se trata dos países com um maior desenvolvimento social e econômico. Utilizando-se dessa preocupação ambiental da sociedade, empresas e governos fazem desta sensibilidade do povo uma maneira de se destacar estrategicamente com os seus produtos e serviços de forma a suprir seus interesses políticos, assim conseguem uma boa posição no mercado.

Leite (2009) ainda comenta que no Japão vemos a realização de legislação para o uso da rede reversa para reciclagem de automóveis de modo direto dos fabricantes. Em 1996, os governos da França, Alemanha e Holanda fizeram um acordo de responsabilidade da coleta, reciclagem e reaproveitamento dos automóveis descartados. Um pouco mais recentemente, os países da Europa estabeleceram uma nova responsabilidade referente aos produtos elétricos e eletrônicos para que os fabricantes desses produtos possam retornar com os mesmos após o descarte a fim de que evitem a contaminação e uso das substâncias nocivas à saúde que obtêm os produtos eletrônicos.

Rogers *et* Tibben-Lembke (1998) comenta as questões ambientais, em que a Europa está à frente dos Estados Unidos, mas se compararmos com as práticas da logística sustentável o quadro se inverte. Na Europa, vemos que há uma grande preocupação com o que se fazer com os produtos que alcançam o fim do seu ciclo de vida. Muitos dos países europeus estão realizando legislações que se assemelham com as adotadas nos Estados Unidos. Podemos citar com exemplo o que tem ocorrido na Alemanha, que obtém a Lei das Embalagens, em que todas as embalagens reutilizáveis são de responsabilidades das indústrias que tem por objetivo lidar com o reuso ou reciclagem do mesmo e os outros resíduos que não forem possíveis de serem reutilizados ficam a cargo das autoridades locais em recolher e colocar em local devido.

O conteúdo da logística sustentável no Brasil é de extrema preocupação, de forma que temos no país um Conselho de Logística Reversa Brasileira (CLRB). O reverso da logística é entendido com uma atividade de grande importância para sobrevivência do país. Muitas empresas que obtêm plantas industriais no Brasil já estabelecem formas de exercerem atividades relativas ao fluxo reverso, entre elas temos a Phillips, Dell, Hp, Itaútec. Todas trabalham com foco na sustentabilidade, realizando operações que contribuem para bom andamento da logística. (Green Nation, [20--?]).



2.3 Ciclo de Vida na Logística Sustentável

Figueiredo et al. (2003) conceituam a logística sustentável de forma inteiramente ligada ao ciclo de vida dos produtos. Na visão da logística, a vida de um produto não se finda após a entrega para o consumidor final. Os produtos, após o descarte do cliente, em bom estado ou não, devem voltar para o ponto de origem, onde possivelmente será dado o seu destino correto, seja reaproveitando, reciclando ou até mesmo reprocessando quando possível. Mas todo esse processo deve ser analisado pelos diversos aspectos que envolvem, como o financeiro, em que temos bem claro que este retorno do produto só acarreta mais custos, é um gerenciamento que se torna caro. Já na visão ambiental, é uma forma de verificar se o produto tem influência sobre o meio ambiente durante seu ciclo de vida.

A abordagem de Leite (2009) traz o conceito de ciclo de vida de produtos ligado a produtos de pós-consumo, que nada mais são que os meios dos produtos e bens após fim do ciclo de vida dos mesmos. Esses bens ou produtos podem ser destinados a uma variedade de opções que vão desde a incineração ou até mesmo um aterro sanitário, mas temos caminhos mais viáveis que são aqueles destinados aos fluxos reversos, ou seja, a reciclagem, o reuso e retorno ao ciclo produtivo. A vida útil de um produto é conhecida como sendo o período total a partir da sua produção até o descarte do usuário. O fato de pegar o produto ou bem após o descarte do usuário é uma das condições para que se utilize o pós-consumo.

2.4 Roteirização

Gomes et Ribeiro (2004) dizem que a roteirização nada mais é que o planejamento dos produtos em trânsito levando em conta os custos e restrições para cada tipo de rota. Nos problemas relacionados a custos, se procura reduzir os mesmos, nos relacionados a distâncias se tem a necessidade de minimizar a distância e o tempo da rota a ser realizada pelo veículo. Desta forma, uma roteirização é baseada em três pontos: decisões em relação aos clientes, objetivos a serem alcançados e limites a serem respeitados.

Novaes (2007) diz que os problemas relativos à roteirização de veículos podem ocorrer em diversas áreas, como na distribuição de produtos em geral, coleta de lixo, entrega de correspondências, entre outros. Quando se trata de resolver problemas de roteirização sem restrições, à questão se resume a encontrar o menor percurso dentro dos pontos que se devem passar o veículo. À medida que aumentamos a quantidade de pontos a serem visitados, pode-se chegar em uma atividade mais robusta, em que, para se chegar a uma conclusão mais precisa, necessitam-se de auxílio de maneira mais pertinente, via sistemas computacionais.

Na roteirização com restrições, temos alguns itens que, além do trajeto a ser feito, deve-se tomar cuidado, onde podemos ter restrições de tempo e capacidade do veículo que está carregando o produto a ser entregue. Para resolução destes tipos de problemas, temos dois métodos mais usuais, o método de varredura e o método de Clark e Wright. O método de varredura é simples e é de fácil assimilação, porém não é tão eficaz se comparado com o outro método. Já o método de Clark e Wright é muito utilizado e seus resultados são bastante positivos, sua adequação com os softwares tem sido muito boa. Este método é constituído a partir da referência de ganho. O ganho cresce sempre que se afasta do centro de distribuição. (Novaes, 2007).

Guarnier (2011) relata que os sistemas de roteirização são um fator muito importante da cadeia de suprimento, no qual a logística sustentável faz parte e, desta forma, faz com que as indústrias colem e analisem as informações que são essenciais para tomada de decisão.

2.5 SIG-T - Sistema de Informações Geográficas em Transportes

Segundo o Mistério do Transporte Brasileiro [20--?], o SIG-T é um conjunto de informações geográficas para melhor distribuir e planejar os transportes utilizando do banco de dados georreferenciados. O SIG-T permite um melhor planejamento em diversos setores, como meio ambiente, comércio, sociedade civil, etc. A informação deve ser sempre mantida atualizada, pois seu conteúdo é de grande relevância para o governo. Seu objetivo é na utilização para resolução de problemas futuros, com análises feitas em simulações para questões que abordam planejamento regional de transporte de forma eficiente.

2.6 TransCAD

O TransCAD é o único aplicativo de Sistema de Informações Geográficas (SIG) destinado ao uso exclusivamente para profissionais de transporte de modo a exibir, administrar e explorar dados relativos a transporte. O aplicativo é um sistema que combina a habilidade de modelar em plataforma única e integrada fornecendo inúmeras informações dos dados explorados, podendo ser utilizado para todos os tipos de modais (Transcad..., 20--?).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da Pesquisa

A pesquisa será realizada com base em um estudo de caso que, de acordo com o autor Miguel (2010), é de feito experimental que analisa fatos reais, utilizados os dados coletados com comprovação dos eventos analisados,



podendo trazer diversas contribuições, como a possibilidade de criação de novas teorias e também um melhor entendimento de problemas reais.

3.2 Caracterização do Município

Pirapora, como mostra a Figura 1, situa-se no norte mineiro, cuja área é de 581 Km², tendo o nome de origem indígena: “Pira (peixe) – Poré (salto)” na língua tupi-guarani significa “salto do peixe” ou “onde o peixe salta”, seus primeiros habitantes foram os índios Cariris. (Saae, 20--?).

Pirapora situa-se na região do médio São Francisco, microrregião alto médio São Francisco, na margem direita do rio, limitando-se com os municípios de Várzea da Palma e Buritizeiro, obtendo aproximadamente 53.368 habitantes (IBGE, 2010). O desenvolvimento econômico da cidade começou a partir de 1894, com a chegada Companhia Cedro e Cachoeira. Após isto, outras empresas se instalaram na cidade movimentando muito a economia local. (Saae, 20--?).



Figura 1. Mapa de Pirapora

Fonte: http://www.saaepirapora.com.br/dir/uploads/conteudo/280px-MinasGerais_Municip_Pirapora.svg_.png

3.3 Procedimento Metodológico

O trabalho terá como ação inicial a realização de uma revisão bibliográfica, focada principalmente no levantamento e na análise das melhores práticas de métodos e processos de planejamento e desenvolvimento de modelos de cadeia de coleta de resíduos de embalagem PET. Esta etapa indicará os procedimentos de coleta dos dados necessários e norteadores aos objetivos do estudo.

Tal coleta de dados (obtenção das coordenadas geográficas) será realizada com auxílio de um receptor GPS (Global Positioning System), o qual se faz imprescindível para um georreferenciamento e construção de banco de dados precisos.

Para resolver o problema de roteirização de veículos no TransCAD, três importantes passos precisam ser seguidos: preparar a entrada dos dados, criar a matriz de roteirização e resolver o problema de roteirização de veículos.

A partir do georreferenciamento, será possível preparar a entrada de dados, criando o banco de dados (Dataview) dos pontos de coleta, representados pelos estabelecimentos dispostos a contribuir com informações como, além das já extraídas com GPS (coordenadas geográficas), nome do estabelecimento, endereço, constando nome da rua e o bairro, sua produção diária (ou mensal) de embalagens PET, como também seus horários de atendimento para coleta, informações estas obtidas a partir do cadastramento e questionário a ser aplicado.

Depois de inseridos todos os dados nos arquivos geográficos, serão utilizados o procedimento Vehicle Routing Matriz para criar a matriz de distâncias e tempo de viagem entre o depósito de reciclagem e os pontos de coleta de embalagem.

Localizados os estabelecimentos e conhecidas suas informações básicas, serão feitas simulações de roteirização aleatoriamente com diferentes números de caminhões e quantidade de horas trabalhadas, utilizando o procedimento Vehicle Routing, a fim de identificar uma solução que mais se aproxime da ótima.

3.3.1 Organização da Coleta Através de Associações e/ou Cooperativas

Definidas as estruturas logísticas mais adequadas para a coleta do material, a etapa seguinte será a identificação e organização do processo de coleta a ser realizado através de organizações associativas ou cooperativas, conforme o caso. Buscar-se-á identificar as associações existentes que realizam o trabalho de coleta de material reciclável e, através de uma metodologia de planejamento estratégico participativo, serão reestruturadas e integradas tais associações em uma central cooperativa ou associativa de acordo com o interesse dos integrantes de forma a viabilizar economicamente o empreendimento a partir da escala.

3.3.2 Construção da Base Geográfica

Para realizar o roteamento da coleta, foi necessário seguir três passos. Primeiro criar a base geográfica da cidade, algo que não obtinha. Segundo realizar uma simulação roteirizada da coleta por arco, ou seja, uma simulação de coleta de porta em porta. Por último, a simulação da coleta por pontos (Vehicle Routing), em que a coleta será realizada em pontos pré-definidos.



Percebendo-se que a cidade de Pirapora – MG não obtinha uma base georreferenciada, foi necessária a construção da mesma, onde era imprescindível para realizar-se as simulações com o TransCAD.

Para construção da base, foi necessária a utilização de alguns programas que auxiliaram na realização do mesmo, como AutoCAD e o ArGIS e posteriormente o TransCAD. O AutoCAD versão 2013 foi o aplicativo utilizado para construir os vetores que compõem a base geográfica da cidade.

Não foi possível georreferenciar a base com o próprio AutoCAD, pois o georreferenciamento do aplicativo não posicionava a cidade no local correto. Para tal procedimento, foi necessário a utilização do ArcGIS versão 10, com o qual conseguiu-se georreferenciar a base de forma correta.

Com base pronta e georreferenciada, utilizou-se o TransCAD para corrigir os problemas de conexões para assim deixar tudo de acordo com o necessário para realizar as simulações de roteamento na base da cidade de Pirapora. A Figura 2 ilustra a base no aplicativo TranCAD, versão 4.5.

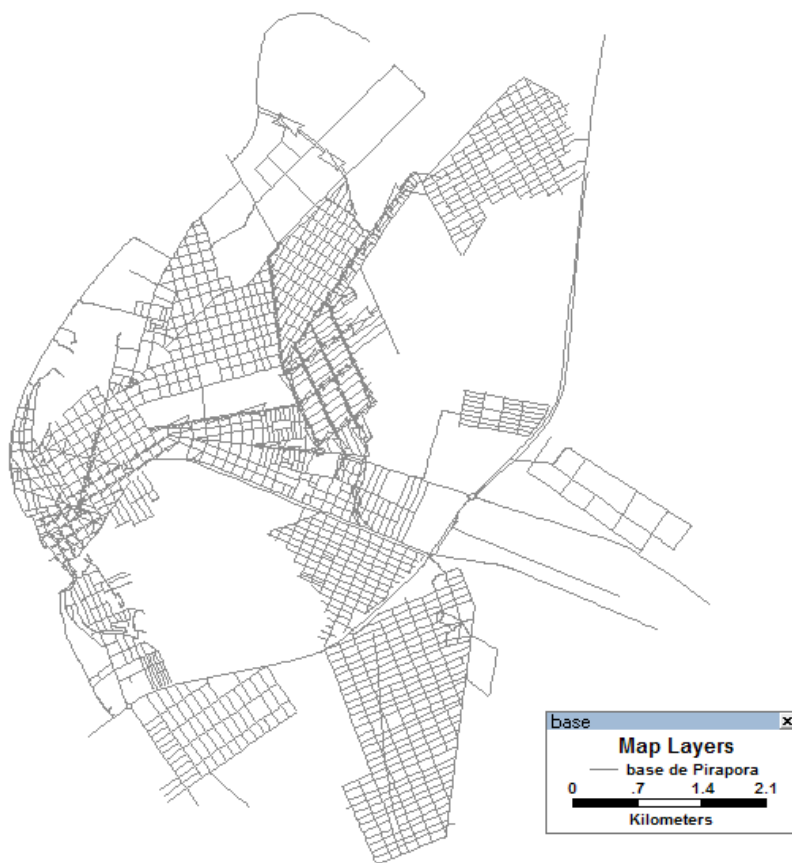


Figura 2. Base de Pirapora no TransCAD

Fonte: Elaborado pelo autor, 2012

Após a construção da base, foi necessário criar um banco de dados de toda malha viária com nome das vias, bairro, velocidade do caminhão, quantidade de resíduo gerado, e outras informações necessárias para aplicar no processo das duas roteirização.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Pesquisa e coleta de dados

Primeiramente é apresentada a situação da cidade de

Pirapora / MG, qual a condição dos coletores de embalagem, como é realizada a coleta, qual é a cooperativa que realiza a coleta, quais são os pontos positivos e negativos do processo e como hoje é o cenário do descarte de embalagens PET na cidade.

Após está fase, analisa-se os dados da cooperativa a fim realizar as simulações no aplicativo utilizado, dando algumas sugestões da forma que a coleta poderia ser realizada, após as simulações são apresentados os dados obtidos com os mesmos.



4.2 Coletores de Embalagens PET na Cidade de Pirapora

Observaram-se os coletores disponíveis na cidade, concluindo que não encontrasse nenhum tipo de coletor apropriado para coleta dos resíduos gerados pelas embalagens PET.

Nos bairros, a forma de acondicionamento do lixo tanto para recicláveis como para lixo domiciliar é realizado em latas e/ou tambores. Nas regiões centrais, esta situação é caracterizada pelo uso de sacolas plásticas. Nas praças e no centro da cidade, podemos encontrar algumas lixeiras destinadas para população a fim de colocar o lixo gerado nas mesmas. Mas, partindo da situação atual, notou-se que há um grande descuido com a situação dos mesmos, onde muitos estão quebrados, sendo que grande parte das lixeiras são bem antigas (Figura 3). Além de que não se encontram em nenhum ponto da cidade coletores específicos para coleta seletiva. (PREFEITURA..., 2010).



Figuras 3. Lixeiras públicas

Fonte: Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos Urbanos de Pirapora. (PMP, 2010)

4.3 Coleta Seletiva

A coleta seletiva na cidade não funciona como o planejado, pois em tese sua coleta deveria ocorrer sempre 30 minutos antes da coleta convencional, algo que não acontece. Existem atualmente na cidade 2 caminhões para realização da coleta seletiva, além de 3 triciclos que também deviam realizar a coleta.

Teoricamente, a coleta devia acontecer em paralelo com a coleta convencional, de acordo com os dados e roteiros pré-estabelecido pela Secretaria de Infraestrutura e Urbanização da cidade.

Conforme a Prefeitura da Pirapora, a coleta seletiva é realizada em três turnos: manhã, tarde e noite. Sendo os

seguintes horários, de 07:00 às 13:00 horas, de 13:00 às 19:00 horas e de 19:00 à 01:00 horas, respectivamente.

4.3.1 Cooprarte - Cooperativa de Produção Artesanal de Pirapora

A Cooprarte é uma das cooperativas de catadores que realiza o trabalho de coleta e triagem do material reciclado na cidade, tendo duas sedes: uma situada na rua H, sem número, bairro Cidade Jardim, onde é acondicionado todo material e realizada a triagem do mesmo.

A outra sede fica localizada na Rua Bernardino Barbosa nº 22, bairro Nossa Senhora Aparecida, onde é realizada a produção de vassouras de PET. Essa é uma atividade em que se pode ver a utilização do conceito da logística sustentável, onde o material está sendo reaproveitado e voltando para mercado com seu valor agregado. A cooperativa conta com 20 colaboradores, os quais trabalham nos horários de 07:00 às 11:00 horas, e de 13:00 às 17:00 horas.

A cooperativa realiza um planejamento correto do que é processado e o que não é processado na sua triagem. O fluxo de material é muito desordenado, gerando uma grande ineficiência no seu processo. Os caminhões descarregam o material coletado no pátio aberto, sem ter um local adequado para a tarefa. Existe somente uma baía onde são armazenados os materiais que já foram triados.

Existe um grande volume de materiais que são rejeitados durante a triagem, os quais são destinados para o Aterro Sanitário da cidade. Grande causa dos rejeitos é o sistema operacional da cooperativa e a conscientização da população, que coloca os materiais recicláveis junto com outros rejeitos. É retirado em média 10m³/dia (02 caçambas), 4 a 5 dias na semana, obtendo um peso específico de 220 kg/m³, em média chega a 50 a 55 t/mês. É quase o dobro que a cooperativa recicla e vende.

A ineficiência da cooperativa também ocorre em seu processo de registro do que realmente obtém no pátio e o que foi processado. A Tabela 1 abaixo mostra registro da própria cooperativa com dados do que foi reciclado, rejeitado, com enfoque na produção de PET, dados pertinentes a produção do ano de 2011.

Os meses de agosto até dezembro, que não obtém dados de rejeitos, não significam que não houve rejeito, foi somente falta de operação na própria cooperativa que não contabilizou e registrou a quantidade de rejeito que obteve nos respectivos meses. A ineficiência da produção é tão alta que os rejeitos são quase duas vezes maior do que é reciclado.

A retirada dos rejeitos é realizada praticamente todos os dias, mas mesmo assim o pátio de triagem mantém-se obstruído de materiais que podem ser reciclados e rejeitados.



Não é possível processar todo material que é processado com as condições estabelecidas atuais. Em média, é obtido de R\$7000,00 a R\$9000,00/ano com a venda dos materiais

reciclados na cooperativa, valor o qual é dividido com os cooperados em função das horas de trabalho de cada um.

Tabela 1. Produção da Cooparte

MÊS	LIXO (REJEITO) – Kg	PRODUZIDO REICLADO (Kg)	PRODUZIDO PET (Kg)	PERCENTUAL PRODUÇÃO DE PET
JANEIRO	28196,025	23830	1190	4,9937%
FEVEREIRO	19653	25010	1550	6,1975%
MARÇO	29923,264	42437	2593	6,1102%
ABRIL	24873,24	20880	1280	6,1303%
MAIO	30170	41520	2490	5,9971%
JUNHO	21032	28250	890	3,1504%
JULHO	14816,66	28250	780	2,7611%
AGOSTO	0	29880	1190	3,9826%
SETEMBRO	0	18040	1060	5,8758%
OUTUBRO	0	10490	530	5,0524%
NOVEMBRO	0	10070	500	4,9652%
DEZEMBRO	0	11100	170	1,5315%
TOTAIS	168664,189	289757	14223	4,9086%

Fonte: Adaptada pelo autor do demonstrativo de produção da Cooparte do ano de 2011.

Os meses de agosto até dezembro, que não obtêm dados de rejeitos, não significam que não houve rejeito, foi somente falta de operação na própria cooperativa que não contabilizou e registrou a quantidade de rejeito que obteve nos respectivos meses. A ineficiência da produção é tão alta que os rejeitos são quase duas vezes maior do que é reciclado.

A retirada dos rejeitos é realizada praticamente todos os dias, mas mesmo assim o pátio de triagem mantém-se obstruído de materiais que podem ser reciclados e rejeitados. Não é possível processar todo material que é processado com as condições estabelecidas atuais. Em média, é obtido de R\$7000,00 a R\$9000,00/ano com a venda dos materiais reciclados na cooperativa, valor o qual é dividido com os cooperados em função das horas de trabalho de cada um.

4.3.2 Situação do Descarte do PET em Pirapora – MG

Com os dados da cooperativa da cidade, pode-se estimar a real situação do PET em Pirapora / MG. Dessa forma, chegou-se a informações necessárias para montagem do banco de dados na base geográfica.

Pirapora descarta cerca de 22,66 toneladas de PET por ano, 1,88 toneladas por mês e cerca de 63 quilogramas por dia. Considerando que uma garrafa PET de 2 litros obtém

uma massa de 54 gramas, isso corresponde a um descarte aproximado de 1167 garrafas de PET por dia.

Pelo TransCAD, foi possível pegar as medidas dos arcos viários da cidade possibilitando, assim, calcular a malha viária total da cidade, que se estima ser de 420,68 Km. Através desse dado e da quantidade de habitantes da cidade que, segundo o IBGE (2010), é em torno de 53.368 habitantes, calculou-se a quantidade de PET descartado por habitante, num período de um dia, valor que correspondente a 0,00118 Kg por habitante. Ainda fazendo uso dos dados da malha viária e do descarte por dia, calculou-se a quantidade de PET descartado por quilômetro nas vias da cidade, em que se obteve o valor de 0,15 Kg por quilômetro, isso corresponde a aproximadamente 3 garrafas PET de 2 litros.

Não foi possível estimar a quantidade descartada por bairro, pois a cooperativa não realiza esse tipo de controle. Para realizar rotinas de roteamento pelo TransCAD, dividiu-se a quantidade de resíduo PET gerado pela quantidade de bairros da cidade que obtém geração de resíduo.

4.4. Roteirização da Coleta

A roteirização foi realizada com dois procedimentos, primeiramente o roteiro por arco, de porta em porta, e após a roteirização por pontos supostos pelo autor da pesquisa.



4.5 Roteirização por Arco

Atualmente, a rota de coleta seletiva é realizada com o caminhão da cooperativa. No entanto, pela pesquisa se tratar somente da coleta de PET, sugere-se a realização da coleta através de bicicletas com carrinho acoplado para armazenagem dos resíduos, Figura 4.



Figura 4. Sugestão de bicicleta para coleta de PET

Fonte: http://2.bp.blogspot.com/_bsQovRvFVdk/TFNM89FJZl/AAAAAAAAI_8/4jhHuutvcMQ/s1600/bike+de+lixo.png

A bicicleta tem uma capacidade aproximadamente de 136 quilos, além de a vantagem de redução de custo com transporte para a coleta. (COLETA..., 2012).

4.5.1 Resultados da Roteirização por Arco

Para realizar o roteamento por arco, considerou-se que a coleta de bicicleta obtém aproximadamente uma velocidade média de 5 km/h, que sua capacidade é de 136 kg e que o resíduo gerado por km nas vias é estimado em 0,15 kg. Desta forma, com o objetivo de minimizar o comprimento da rota, o TransCAD gerou um mapa com as subdivisões do roteamento (Figura 5) realizado para toda cidade.

O TransCAD gera o um itinerário completo da rota e das subdivisões. As entradas e saídas também podem ser verificadas pelo relatório gerado pelo aplicativo e o resumo das operações do roteamento, como se pode ver na Tabela 2.

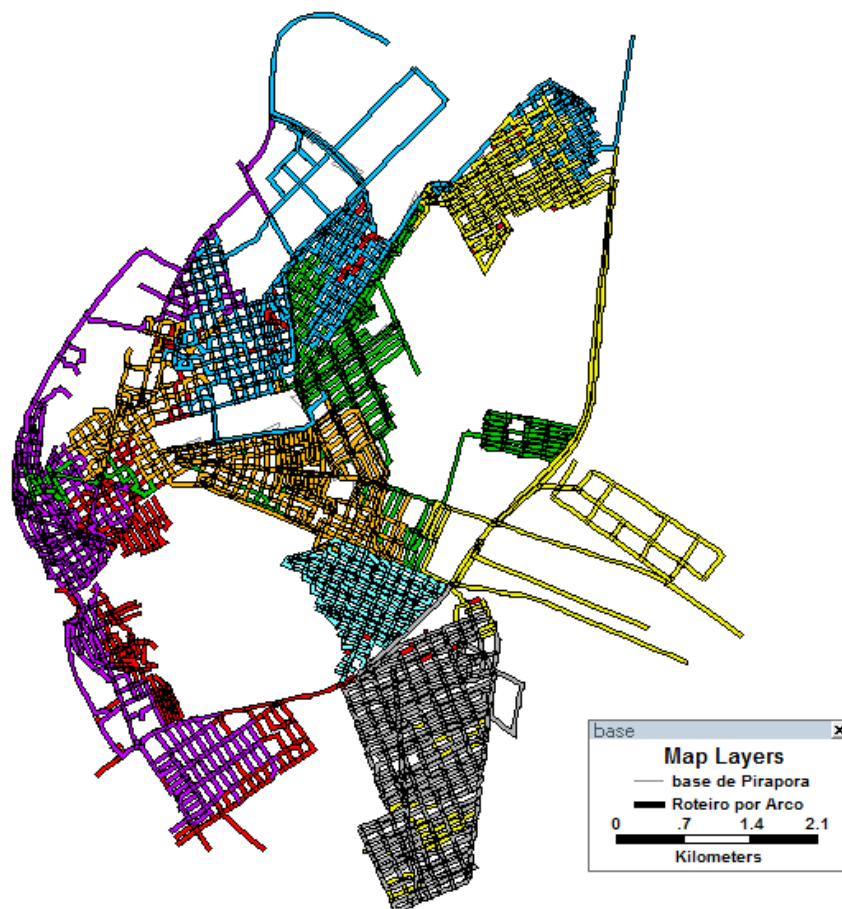


Figura 5. Mapa do roteamento, com as subdivisões das rotas de coleta

Fonte: Elaborado pelo autor, 2012



Tabela 2. Resumo dos resultados de roteamento por arco

Subdivisão	Quantidade de resíduos coletados (kg)	Distância percorrida (km)
1ª Subdivisão	17,00	113,51
2ª Subdivisão	16,99	113,45
3ª Subdivisão	16,99	113,47
4ª Subdivisão	16,87	112,67
5ª Subdivisão	16,99	113,43
6ª Subdivisão	16,97	113,35
7ª Subdivisão	17,00	113,49
8ª Subdivisão	7,15	47,75
TOTAL	125,96 Kg	841,12 Km

Fonte: Elaborado pelo autor, 2012

Com a roteirização por arco da malha viária da cidade, agora é possível realizar a roteirização nos pontos de coleta escolhidos aleatoriamente. Já que a coleta está sendo simulada de forma integrada por coletores de bicicletas, reduzindo os custos e ficando apenas os custos de manutenção das bicicletas, o custo do transporte como, por exemplo, de combustível não será necessário.

O TransCAD subdividiu a cidade em 8 setores, onde em cada setor um funcionário da cooperativa supostamente

realizaria a coleta com bicicletas.

4.6 Roteirização por Pontos (Vehicle Routing)

Vendo que Pirapora não obtém nenhum tipo de coletor específico para PET, se propõe a implantação de tais coletores. Os quais terão um coletor em cada bairro da cidade. A fim de realizar os testes no TransCAD, colocou-se os pontos de coleta de modo aleatório, aproximadamente no meio de cada bairro (Figura 6).

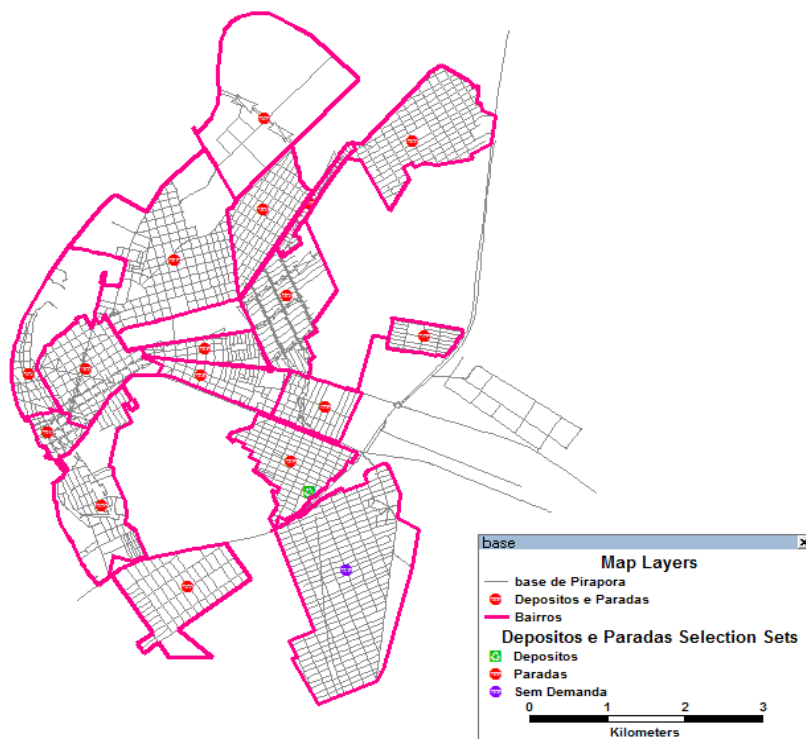


Figura 6. Divisão dos bairros e pontos de coleta

Fonte: Elaborado pelo autor, 2012



A cidade de Pirapora obtém 17 bairros, sendo que um deles ainda não é habitado, somente loteado. Desta forma, sua demanda de resíduo PET é nula. Para estimar a demanda de resíduos gerados, utilizaram-se como base os bairros habitados, que correspondem a 16 bairros.

Para realização da coleta, foi necessário alguns dados referentes à demanda e capacidade de cada depósito e os pontos de coleta. A simulação adotou a demanda semanal de resíduo PET da cidade, o qual corresponde a 510 unidades de PET por bairro.

Com o banco de dados pronto, realizou-se a roteirização nos pontos de coleta com a ferramenta Vehicle Routing, onde se procurou diminuir o percurso realizado pelo caminhão ao passar em cada ponto, observando que a cooperativa começa a funcionar às 7:00 horas e fecha às 17:00 horas. Já todos os outros pontos podem ser atendidos até às 24:00 horas.

O tempo de atendimento até o ponto de coleta foi estimado em 5 minutos, já o tempo de coleta de cada unidade estima-se serem 2 segundos. Devido à falta de informação, não foi possível calcular o custo de transporte até os pontos.

4.6.1 Resultados de Roteamento por Pontos

Simulou-se a rota com 1 caminhão e com 2 caminhões. Apesar do foco não ser a minimização do tempo de coleta devido à quantidade de material a ser recolhido, pode-se realizar a coleta em toda a cidade apenas 6 horas e 54 minutos. Um ganho bem significativo. Com a roteirização, conseguiu-se chegar há um percurso de somente 31,12 Km para coletar todo resíduo PET nos pontos de coleta.

Pelo próprio TransCAD, obteve-se um relatório das operações de entrada e saída do processo de roteirização, Tabela 3.

Tabela 3. Relatório de entradas e saídas do roteamento com 1 caminhão.

Entrada	
Operação	Coleta
Minimizando	Distância
Paradas	17
Demandas (unidades)	8160
Capacidade Total do Veículo	37608
Duração Limite da Rota	Nenhum
Saída	
Tempo Total	6:54 (414,2 min)
Tempo de Espera	1:02 (62,2 min)
Total de Espera	0:00 (0:00 min)
Total de Tempo de Serviço	5:52 (352,0 min)
Tempo da Maior Rota	6:54 (414,2 min)
Distância Total (Km)	31,1
Números de Rotas	1
Total de Bairros Visitados	16
Total da Demanda Servida	8160
Paradas não Visitadas	1
Demanda não Servida	0
Utilização do Veículo (capacidade)	21,70%



Temos somente a tabela com 1 veículo, pois a tabela com 2 veículos é praticamente a mesma, em que quantidade de tempo e a distâncias percorridas permanecem as mesmas alterando somente o percentual de utilização da capacidade

do caminhão. Observando os dois casos, gerou-se somente uma única rota (Figura 7), o que nos leva a concluir que, para o atual cenário da cidade, 1 caminhão é capaz de suprir a demanda.

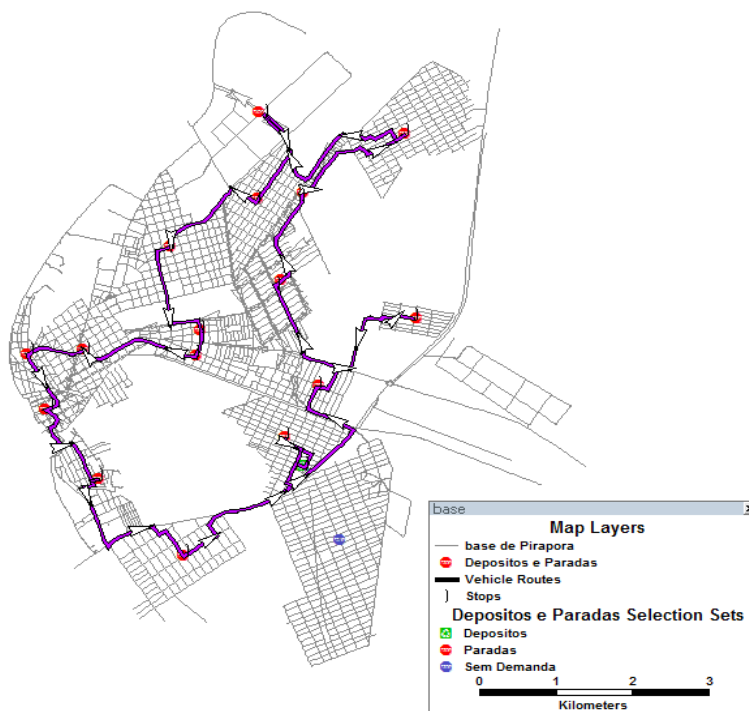


Figura 7. Mapa da rota de coleta nos pontos estabelecidos

Fonte: Elaborado pelo autor, 2012

4.6.2 Pontos de Coleta

A cidade de Pirapora não possui pontos de coleta específicos. Para que a roteirização possa ser efetiva,

necessita-se a implantação de pontos onde os resíduos possam ser depositados. Dessa forma, sugere-se colocação de coletores grandes de forma a contribuir com a melhor disposição. A Figura 8 retrata um tipo de coletor específico.



Figura 8. Sugestão de coletor para embalagens PET

Fonte: http://onix.hotvia.net/video/morumbi/thumbs/THUMB_PEVs.jpg



5. CONCLUSÃO

A crescente preocupação com resíduos que são lançados no meio ambiente torna a logística sustentável uma ferramenta poderosa no combate ao desperdício dos materiais que podem voltar à cadeia produtiva. O SIG-T pode auxiliar muito para análise de diferentes cenários realizando simulações com as mais diversas variáveis.

Utilizando-se do aplicativo TransCAD, foi possível abastecer a base geográfico criada, como as informações necessárias para realização das simulações de rota, onde pode-se ver que é possível melhorar o cenário de coleta não somente de PET, mas também de todos os materiais que a cooperativa trabalha.

No entanto, a grande conquista desta pesquisa foi a construção da base georreferenciada, algo que não se obtinha na cidade. Com ela foi possível realizar a simulação da coleta seletiva, assim como também é possível realizar simulações de outros cenários, como acidentes, transporte público, coleta convencional. Podendo obter vários resultados de diferentes variáveis que podem ser alocadas no programa, assim auxiliam muito no processo de tomada de decisão em transportes.

Para que a pesquisa fique completa, necessitam-se alguns estudos mais aprofundados como, por exemplo, análise de custo que deve ser realizada com dados precisos para que possa realizar novas simulações na rede logística de coleta. É interessante realizar posteriormente uma pesquisa abordando todas as matérias recicláveis que a cooperativa obtém. Dessa forma, podem melhorar ainda mais a eficiência da mesma.

7. REFERÊNCIAS

BARTHOLOMEU, D. B. et CAIXETA-FILHO, J. V. (2011), Logística ambiental de resíduos sólidos, Atlas, São Paulo, SP.

CAIXETA-FILHO, J. V. et MARTINS, R. S. (2001), Gestão logística do transporte de cargas, Atlas, São Paulo, SP.

“Coleta de lixo com bicicletas”, disponível em: <http://www.carroinline.com/M00,109nbic,coleta-de-lixo-com-bicicletas.aspx> (Acesso em 10 outubro de 2012).

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2010), “População de Pirapora, MG”, disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1> (Acesso em 27 de setembro de 2012).

FIGUEREDO, K. F., FLEURY, P. F. et WANKE, P. (2003), Logística e gerenciamento da cadeia de suprimentos: planejamento do fluxo de produtos e dos recursos, Atlas, São Paulo, SP.

GOMES, C. F. S. et RIBEIRO, P. C. C. (2004), Gestão da cadeia de suprimentos integrada à tecnologia da informação, Pioneira Thomson Learning, São Paulo, SP.

.GREEN NATION, “Logística reversa no Brasil”, disponível em: <http://www.greennation.com.br/pt/dica/85/Equipe-GreenNation/Log-stica-Reversa-no-Brasil> (Acesso em 26 abril de 2012).

GUARNIER, P. (2011), Logística Reversa: em busca do equilíbrio econômico e ambiental, 1 ed., Clube dos autores, Recife, PE.

LEITE, P. R. (2009), Logística reversa: meio ambiente e competitividade, Person Prentice Hall, São Paulo, SP.

MIGUEL, P. A. C. (2010), Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações, Elsevier, Rio de Janeiro, RJ.

Ministério dos Transportes. “Sistema de informações geográficas em transportes”, disponível em: <http://www.sig-t.com.br/> (Acesso em 26 abril 2012).

NOVAES, A. G. (2007), Logística e gerenciamento da cadeia de distribuição, 10. Reimpressão. Elsevier, Rio de Janeiro, RJ.

PMP, Prefeitura Municipal de Pirapora (2010), Plano de gerenciamento integrado de resíduos sólidos urbanos, Pirapora, MG.

ROGERS, D. S. et TIBBEN-LEMBKE, R. S. (1998), Goind backwards: reverse logistics trends and practices, Reno: Reverse Logistics Executive Council.

SAAE, “História de Pirapora”, disponível em: <http://www.saaepirapora.com.br/index.php/conteudo/visualizar/15> (Acesso em 17 junho de 2012).

TransCAD, disponível em: <http://www.software.com.br/transcad.html> (Acesso em 18 junho 2012).