

## 5 Análise dos Dados

### 5.1. Considerações Gerais

Segundo entrevistas realizadas com membros do Paraná Rodando Limpo, o programa tomou proporções não calculadas. Inicialmente, a principal intenção da reciclagem dos pneus era para a erradicação da dengue, que no ano de 2001 causou enormes transtornos ao país, pois contaminou grande parcela da sociedade.

Os ganhos obtidos com o programa, primeiramente realizado em Curitiba, viriam em longo prazo. Por se tratar de um grande projeto, esses ganhos são difíceis de serem calculados. Considerados ganhos não tradicionais, são de difícil percepção e cálculo por parte das autoridades e empresas privadas.

Com a inclusão do resto dos municípios do estado, a incidência de dengue reduziu a quase zero na região. Com o trabalho preventivo, mais barato que o trabalho reativo, muitos gastos da saúde nessa área puderam ser redirecionados.

A população de baixa renda encontrou mais uma fonte de renda, comercializando os pneus coletados. O Programa foi reconhecido internacionalmente, sendo elogiado nas Nações Unidas e com planos de ser implantado em países latino americanos, como é o caso da Costa Rica.

Apesar de aumentar a quantidade de óleo com a adição dos pneus, A Petrobrás afirma que tem prejuízo no processo, pois a receita extra não cobre os novos custos de operação. Entretanto, os próprios coordenadores do programa na empresa entendem que os ganhos com o projeto vêm de formas menos tradicionais. A imagem da empresa, participando de um projeto tão benéfico para a sociedade e o meio ambiente, fica exposta como socialmente responsável.

Além disso, como a PETROSIX compreende uma unidade de testes, o pneu serve como um recurso a mais de pesquisa, beneficiando os resultados dos trabalhos, e propiciando a realização de novos estudos.

A BS COLWAY, considerada o elo logístico do projeto, apesar de ajudar nos custos da coleta dos pneus, de pagar pelo transporte e processamento dos

pneus inservíveis na Petrobrás, consegue reaproveitar, por meio de recauchutagem e remoldagem, todos os pneus que ainda apresentam alguma condição de reutilização.

Essa seleção ocorre assim que os pneus chegam na empresa. Após a recauchutagem, quando for pneu de caminhão, ou remoldagem, quando se tratar de pneu de automóvel, a empresa os revende no mercado secundário.

Os produtos provenientes da reciclagem apresentam condições satisfatórias para consumo. Para cada saída de material, existe mercado consumidor. Os níveis de contaminação dos materiais gerados são bastante satisfatórios, ajustando-se às normas de qualidade.

Entretanto, não há nenhum projeto ou estudo que nunca possa ser melhorado. Ao analisar o fluxo reverso realizado pelo pneu, pode-se notar que algumas melhorias poderiam ser realizadas. A seguir estarão sendo mostradas algumas análises sobre o fluxo e possíveis alterações.

## **5.2. Estrutura da Cadeia Reversa de Pneus Descartados**

### **5.2.1. Integração entre cadeia direta e reversa de pneus**

Diferentemente da cadeia reversa pós-venda, que na maior parte das vezes possui um pouco da estrutura da cadeia direta integrada no fluxo reverso, a logística reversa pós-consumo geralmente possui uma estrutura própria de rede reversa. No estudo de caso, essa rede é constituída por agentes especializados em suas diversas etapas. A especialização das empresas refere-se ao tipo de atividade desempenhada e à natureza do bem de pós-consumo trabalhado.

Os agentes coletores, a BS COLWAY, as instituições de incentivo ao projeto de reciclagem e a Petrobrás não fazem parte em nenhum momento da fabricação, importação e distribuição de pneus novos no Brasil.

A Figura 11 mostra a estrutura da rede reversa do estudo de caso. Essa figura é uma boa representação do que seria o modelo de distribuição reversa de um bem de pós-consumo.

### Coletores Locais – Catadores de Lixo

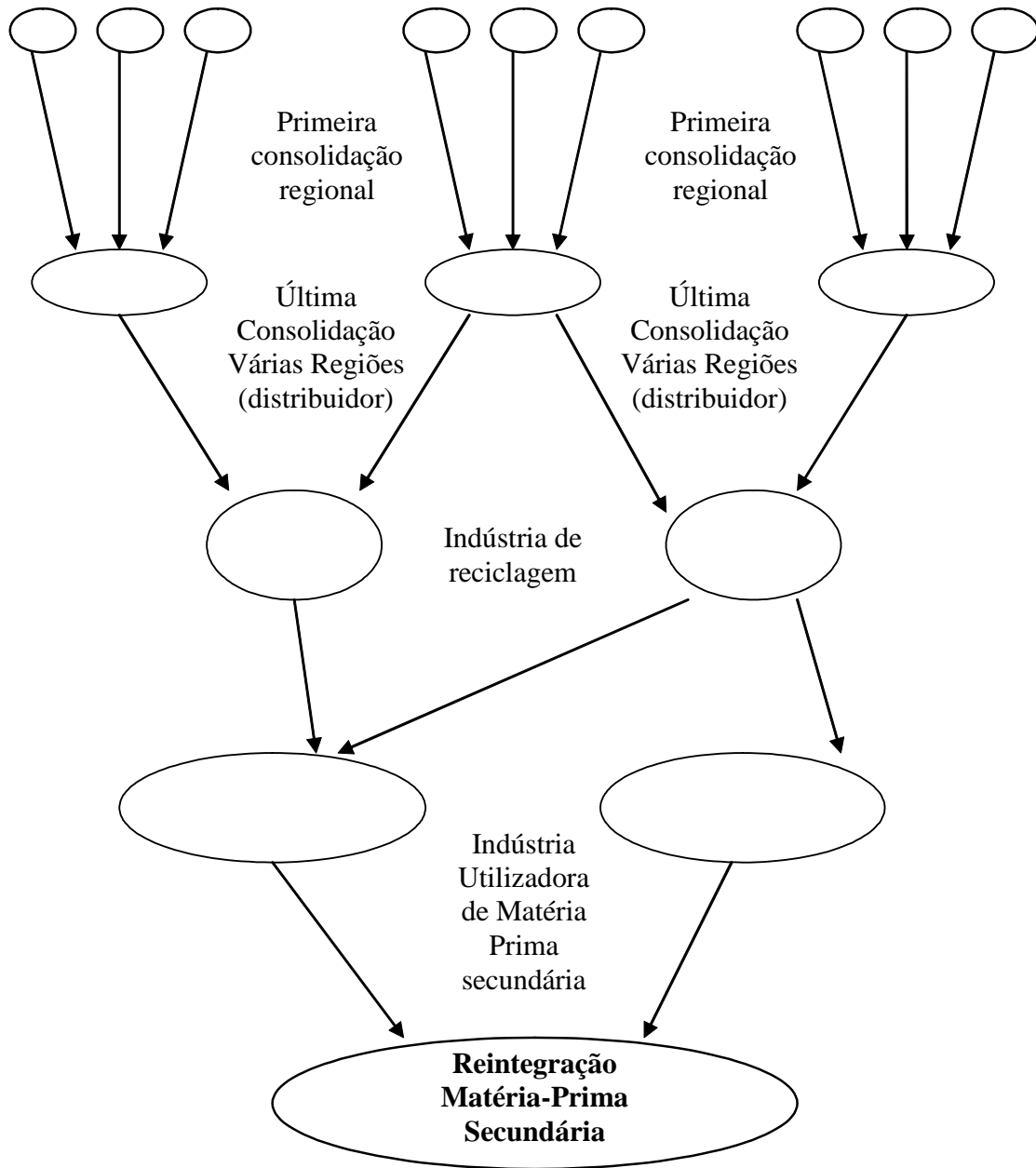


Figura 11 : Estrutura da rede reversa no Estudo de Caso (Leite, 2003).

Os coletores locais, representados pelos catadores de lixo, comercializam produtos provenientes de uma região geográfica englobando poucos bairros. Daí surge o primeiro contato com o bem descartado.

A consolidação é feita por associações de catadores de papel, as OSCIPs do Paraná, que orientam, registram e determinam o local de coleta. Essas associações podem ser chamadas de distribuidor-processador. Esse processo é chamado de

consolidação intermediária. Geralmente, a empresa que realiza essa função possui maior porte, bem como maiores recursos tecnológicos para a manipulação e planejamento do fluxo de materiais. É extraído o material de interesse, preparando-o para a etapa seguinte. No caso presente, não existe tratamento realizado no pneu. O produto que é entregue pelos coletores são somente consolidados e enviados para a etapa seguinte.

Leite (2003) afirma que, embora representem importante parcela da economia direta, as empresas participantes da logística reversa possuem alta dispersão geográfica e, em consequência, porte muito inferior ao das empresas das cadeias produtivas diretas. No estudo de caso, essa teoria se confirma, tendo em vista que as empresas participantes do programa, com exceção da Petrobrás, que possui outras atividades fim, são consideradas de pequeno porte. Um dos motivos para isso seria a natureza logística, uma vez que o retorno dos bens de pós-consumo se dá em diferentes regiões, passando por sucessivas consolidações até chegar na fase de reintegração do material reciclado.

### **5.2.2. Integração das empresas participantes do fluxo reverso com o mercado secundário**

As empresas que utilizam material reciclado podem apresentar diferentes níveis de integração com a cadeia reversa. No programa Paraná Rodando limpo, esse tipo de integração é inexistente. A Petrobrás vende os sub produtos, oriundos da reciclagem, para empresas que nada tem a ver com a logística reversa do pneu.

Além disso, pode-se dizer que a rede de distribuição reversa de pneus descartados constitui-se em um ciclo aberto. Ou seja, as empresas que se beneficiam dos produtos reciclados não possuem qualquer ligação com a fabricação de pneu. A não ser no caso do enxofre, que é entregue algumas vezes para empresas de vulcanização de pneumáticos, a Petrobrás entrega o aço para indústrias siderúrgicas da região, entrega o óleo para indústrias de piche, para a fabricação de asfalto, e o gás obtido pelo processo serve como combustível das máquinas em diversas indústrias, por exemplo, a cimenteira, que demanda forte quantidade de energia.

Isso se deve pelas características do material reciclado. O óleo, uma vez vulcanizado no processo de fabricação de pneus, destrói definitivamente as

cadeias químicas do petróleo, e impossibilita sua reutilização para a mesma finalidade.

Portanto, os materiais extraídos do pneu são reintegrados em produtos de naturezas diferentes, e as empresas da cadeia reversa não apresentam tendência à integração.

Nos ciclos abertos, não existe diferença sobre os produtos que irão ser reaproveitados, e sim a natureza da matéria prima que as constitui.

Atualmente, a intenção de estudo da Petrobrás, com relação a PETROSIX, é aumentar ao máximo o rendimento no aproveitamento dos materiais recuperados. Por isso, eles mantêm o projeto como unidade de teste.

### **5.2.3.**

#### **Modelo de distribuição reverso de pneus inservíveis do Paraná Rodando Limpo**

Como mostra a Figura 12, as atividades relacionadas ao fluxo reverso na reciclagem de pneus no Paraná Rodando Limpo podem ser divididas em 5 partes: a coleta, a consolidação, a trituração, o processamento e a destinação final. As Coordenadorias, em conjunto com a Federação das Associações Comerciais, Industriais e Agropecuárias do Paraná e suas respectivas associações – ACIAs – triam e cadastram os caminhos que os pneus levam quando são descartados.

Em seguida, por meio de um trabalho de conscientização proporcionado pelo Governo do Estado, as Associações Municipais, a Itaipu Binacional e a sociedade civil organizada, o descarte de pneus é instruído para ser realizado em pontos de coleta, facilitando ao máximo o trabalho dos coletores.

A coleta propriamente dita é realizada pelos catadores, com a ajuda das Organizações de Catadores e das Cooperativas de Coletores de Resíduos Sólidos - SICOOB. Os pneus são consolidados nos municípios, e encaminhados para a BS COLWAY, que se encarrega de pagar pelos pneus coletados e pelo transporte até Piraquara, sede da empresa.

Uma vez na BS COLWAY, os pneus são separados, e os inservíveis são imediatamente triturados. Após a trituração, os pneus seguem para São Matheus do Sul, onde está instalada a fábrica de reciclagem da SIX.

Após a reciclagem, os materiais aproveitados são encaminhados para os locais adequados.

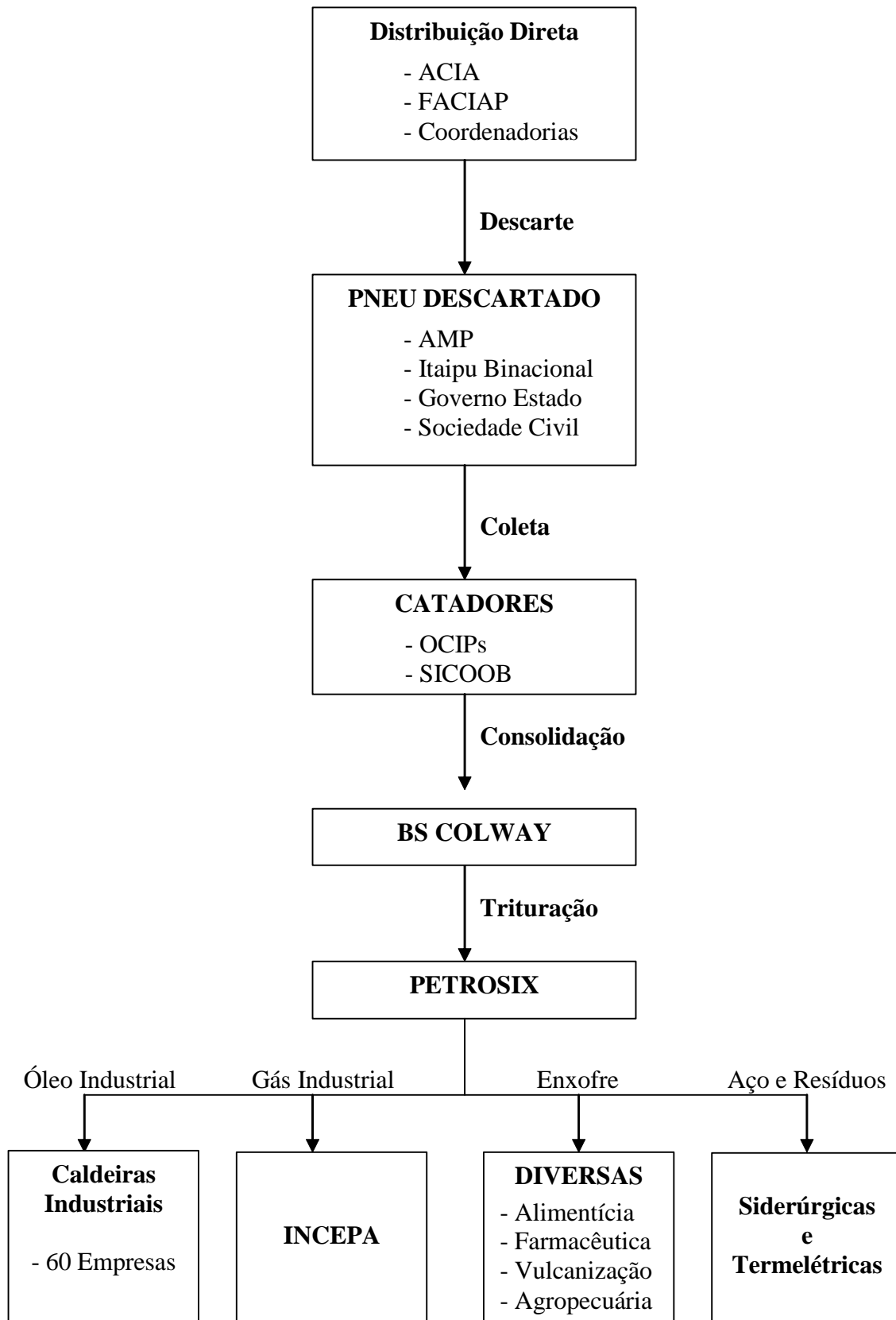


Figura 12 : Distribuição reversa do Paraná Rodando Limpo

#### **5.2.4. Valor Econômico na Reciclagem de Pneus**

É lógico pensar que uma cadeia de distribuição reversa só será estruturada caso os agentes que nela fazem parte obtiverem ganhos financeiros. O não retorno financeiro em qualquer uma das etapas do fluxo reverso, já mencionado anteriormente, resultaria numa interrupção imediata de todo o processo, resultando em desequilíbrios entre o fluxo direto e reverso. Com isso, o interesse pela cadeia reversa recairá sobre os produtos de maior valor agregado.

Os materiais de maior interesse são os de melhor acesso e custo de posse, bem como a quantidade e valor intrínseco do material. Materiais como papéis e metais ferrosos permitem uma estruturação do canal reverso somente pelo fator econômico, isentando os fatores ecológicos e de legislação.

Como já foi mencionado, a relevância da rede reversa de pneus no Paraná Rodando Limpo vai muito além dos fatores econômicos. Não se trata simplesmente do lucro auferido por cada empresa em suas operações. Por se tratar de um projeto muito mais ecológico e social do que econômico, alguns elos da cadeia são incentivados por ações governamentais.

Não é fácil a avaliação econômica de uma cadeia reversa. No caso de ciclo fechado, essa medida pode ser melhor estimada, pois existe a substituição da matéria-prima primária pela secundária na fabricação do mesmo produto. O cálculo desse valor estará relacionado com o fluxo direto e reverso de um mesmo material. Leite (2003) exemplifica esse caso na produção de latas de alumínio. A economia reversa representa cerca de 70% na economia direta da fabricação de latas. Ou seja, a cada 100 latas novas produzidas, 70 seriam em função de materiais retornados ao ciclo produtivo, num prazo de 45 a 90 dias, após reciclagem da liga de alumínio constituinte. O mesmo ocorre com o canal de distribuição reverso de baterias de veículos em geral, que representam cerca de 80% da economia direta da fabricação do produto.

No caso dos pneus inservíveis, calcular esse percentual se torna um trabalho mais complexo. Além disso, por se tratar de um canal aberto, os materiais são entregues a vários setores da economia, sendo muito difícil calcular o quanto se economiza com o reaproveitamento de cada matéria-prima.

Ainda que se soubesse, nem todos os pneus inservíveis são encaminhados para setores de reciclagem industrial. Existem, como já foi descrito no trabalho, diversas outras formas de reaproveitamento.

### 5.3.

#### Otimização de rotas de coleta – Algoritmo de Clarke e Wright

De acordo com as entrevistas realizadas, existe muito pouco ou quase nenhuma troca de informações entre as associações de coletores dos diversos municípios do Paraná. Isso significa que as coletas dos pneus se dão de forma independente, bem como a entrega do material para a BS.

Ocorre que, com isso, cada município transporta a quantidade de pneus coletados para a BS isoladamente, tornando muitas vezes o processo desnecessário, tendo em vista que outros coletores poderiam coletar sua carga se o local fizesse parte da rota.

Pode esse motivo, será apresentado um estudo para otimização de rotas para a coleta dos pneus até a BS COLWAY.

O algoritmo de Clarke e Wright, descrito em Larson & Odoni (1981) se mostra pertinente e eficiente para tratar desse assunto. Chamado de algoritmo de economias, o método otimiza rotas de coleta de uma determinada região, por meio de um ou mais veículos saindo de um ponto, chamado de depósito, passando pelos pontos de coleta e retornando a esse ponto de origem novamente.

#### 5.3.1.

##### Heurística do Single Depot - VRP

A idéia do algoritmo é simples. Considere o centro de coleta  $C$ , representado pela BS COLWAY, em São Matheus do Sul, e os  $n$  demais pontos de coleta, representados pelos demais municípios do estado. Suponha que a solução inicial do problema consiste de utilizar um veículo para cada ponto de coleta. O total percorrido na solução é :

$$2 \times \sum_{i=1}^n d(D, i)$$



onde  $d(D, i)$  é a distância de um dos  $n$  pontos  $i$  ao depósito  $D$ . Suposta simétrica para ida e volta.

Agora, se for utilizado um único veículo para coletar dois pontos, ditos  $i$  e  $j$ , em uma única viagem, o total da distância percorrida é reduzida em:

$$\begin{aligned} s(i, j) &= 2d(D, i) + 2d(D, j) - [d(D, i) + d(i, j) + d(D, j)] \\ &= d(D, i) + d(D, j) - d(i, j) \end{aligned}$$

onde  $d(i, j)$  é a distância entre  $i$  e  $j$  – simétrica – e a quantidade  $s(i, j)$ , chamada de “economia”, é o resultado da combinação dos pontos  $i$  e  $j$  em uma mesma viagem de coleta. Quanto maior a economia na combinação, mais prioritário será esse rearranjo. Entretanto, a combinação em uma única viagem dos  $n$  pontos não poderá violar as restrições pré-estabelecidas.

Dessa forma, o algoritmo poderá ser descrito a seguir :

1. Calcular as economias  $s(i, j) = d(D, i) + d(D, j) - d(i, j)$  para cada par  $(i, j)$  dos pontos de coleta.
2. Ordenar as economias  $s(i, j)$  e listá-las por ordem decrescente. Estará criada a “lista de economias”.
3. Para as economias  $s(i, j)$  consideradas, inclua o arco  $(i, j)$  em uma rota se nenhuma restrição de rota ou capacidade for violada na inclusão de  $(i, j)$  na rota, e também :
  - a.  $i$  e  $j$  não fazem parte de uma rota já criada. Nesse caso uma nova rota é iniciada incluindo os pontos  $i$  e  $j$ .
  - b. Ou, somente um dos dois pontos, ( $i$  ou  $j$ ), já tenham sido incluídos em uma rota e o ponto não corresponde ao interior dessa rota. Nesse caso o arco  $(i, j)$  é incluído nessa mesma rota.

- c. Ou, ambos  $i$  e  $j$  já tenham sido incluídos em duas rotas diferentes e nenhum dos pontos representam o interior da rota. Nesse caso as duas rotas são mescladas.
4. Se a lista de economias  $s(i, j)$  não tiver sido toda verificada, retornar ao Passo 3, para processar a próxima entrada da lista. Em outro caso, pare. A solução para o problema consiste nas rotas criadas durante o Passo 3. Qualquer ponto que não tenha sido inserido em alguma rota, deverá fazer parte de uma rota sozinho, ligando o ponto à central de coleta.

### 5.3.2.

#### Execução do algoritmo no Paraná Rodando Limpo

O objetivo do trabalho é indicar uma possível otimização do sistema de coleta com a intenção de cortar desperdícios e conseqüentemente aumentar a eficiência do Programa. Como a coleta de dados não permitiu a elaboração de um trabalho mais detalhado, foram feitas algumas simplificações com o intuito de descrever a idéia básica da otimização.

Para isso, foram consideradas apenas as 10 cidades mais significativas no que diz respeito à quantidade de pneus coletados. Além disso, com base nas informações coletadas e em dados pesquisados sobre a frota de veículos dos municípios do Paraná, é possível estimar a frequência e quantidade de entregas do material para a BS COLWAY.

Para a adaptação do algoritmo descrito acima, algumas considerações foram feitas:

1. Os veículos partem inicialmente de Piraquara, município onde está instalada a BS COLWAY, coletam os pneus e os descarregam novamente em Piraquara.
2. Os veículos possuem todos as mesmas capacidades, rendimento, e tempo de viagem para o transporte de pneus.

3. O peso de cada município, na elaboração das rotas, estará associado à quantidade de pneus coletados e a distância até Piraquara.
4. Os pneus devem ser coletados de uma só vez, não havendo possibilidade de um segundo caminhão auxiliar na coleta, a não ser quando um caminhão vazio não conseguir transportar a carga de um só município.

As restrições do problema são descritas abaixo:

1. Um veículo não consegue transportar mais de 2160 pneus de uma vez

O mapa indicando as cidades do Paraná relevantes no estudo está ilustrado na Figura 13.

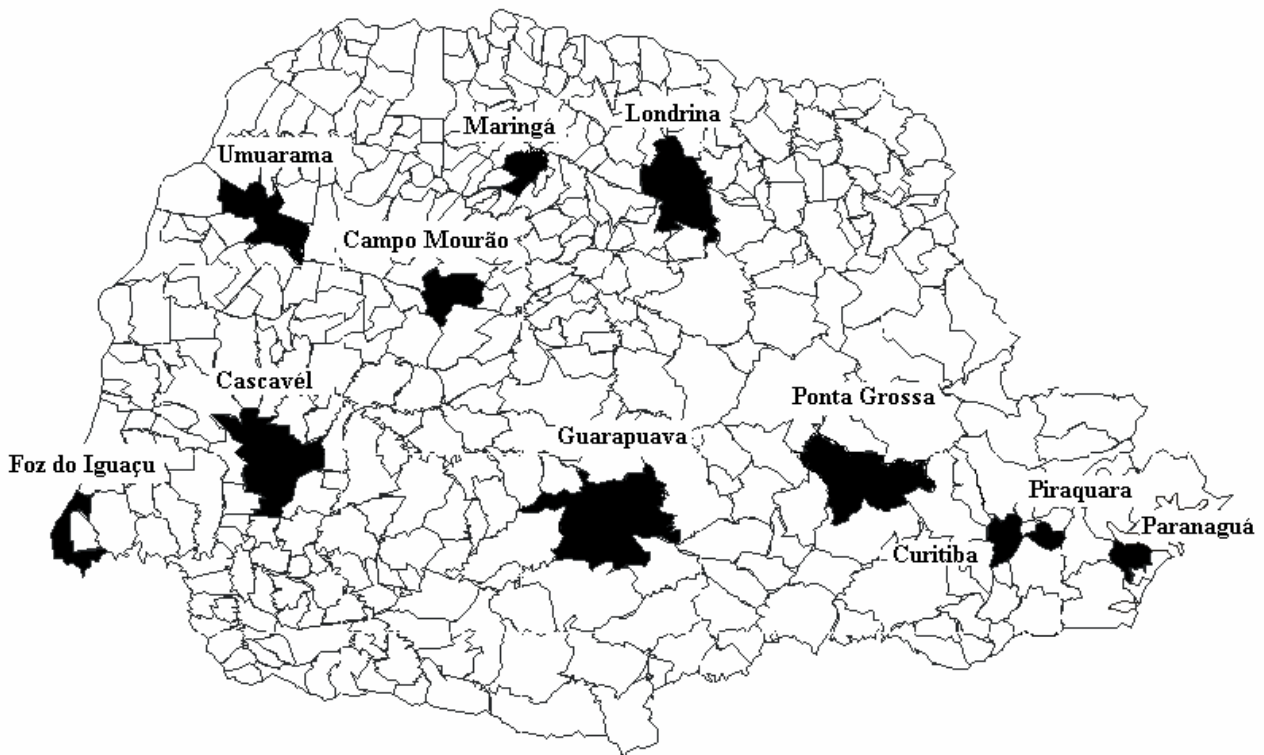


Figura 13 : Cidades paranaenses utilizadas no estudo de otimização.

Na Tabela 6 é mostrada a distância das cidades até Piraquara.

	<b>Piraquara</b>
<b>Curitiba</b>	13
<b>Paranaguá</b>	93
<b>Ponta Grossa</b>	149
<b>Guarapuava</b>	324
<b>Cascavel</b>	584
<b>Mourão</b>	524
<b>Maringá</b>	436
<b>Londrina</b>	519
<b>Umuarama</b>	617
<b>Foz do Iguaçu</b>	734

Tabela 6 : Distância das cidades indicadas até Piraquara.

Para a execução do algoritmo é mostrada a Tabela 7 contendo as economias das rotas atuais com as rotas sugeridas.

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
		Piraquara	Curitiba	Paranaguá	Ponta Grossa	Guarapuava	Cascavel	Campo Mourão	Maringá	Londrina	Umuarama	For Iguaçú
1	Piraquara	/	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Curitiba	13	/	26	26	26	26	26	26	26	26	26
3	Paranaguá	93	80	/	26	26	26	26	26	26	26	26
4	Ponta Grossa	149	136	216	/	298	298	298	298	298	298	298
5	Guarapuava	324	311	391	175	/	648	417	298	298	417	648
6	Cascavel	584	571	651	435	260	/	933	757	757	933	1168
7	Mourão	524	511	591	375	431	175	/	872	872	1234	933
8	Maringá	436	423	503	287	462	263	88	/	872	872	757
9	Londrina	519	506	586	370	545	346	171	83	/	872	757
10	Umuarama	617	604	684	468	524	268	93	181	264	/	933
11	Foz do Iguaçú	734	721	801	585	410	150	325	413	496	418	/

Tabela 7 : Tabela de economias e distância entre as cidades

As distâncias  $d(i, j)$  e as economias  $s(i, j)$  podem ambas ser exibidas na matriz  $10 \times 11$ . Como exemplo, a economia  $s(i, j)$  é calculada da seguinte forma:

$$s(5, 7) = d(1, 5) + d(1, 7) - d(5, 7) =$$

$$s(5, 7) = 324 + 524 - 431 = 417$$

As quantidades de pneus coletados semanalmente nos municípios estão indicadas na Tabela 8. Essa quantidade foi estimada baseada na frota total de veículos, no percentual de pneus coletados da cidade e no número total de pneus reciclados até o momento pela BS COLWAY.

	<b>Frota</b>	<b>Coleta / Semana</b>
<b>Curitiba</b>	780620	4062
<b>Paranaguá</b>	25122	130
<b>Ponta Grossa</b>	79185	412
<b>Guarapuava</b>	37841	197
<b>Cascavel</b>	87887	453
<b>Campo Mourão</b>	26329	135
<b>Maringá</b>	138124	718
<b>Londrina</b>	180556	937
<b>Umuarama</b>	32176	166
<b>Foz do Iguaçu</b>	72644	375

Tabela 8 : Total da frota e coleta estimada nas cidades paranaenses.

Estima-se um caminhão de dimensões razoáveis, por exemplo, 3 metros de altura – coberto com lona -, 3 metros de largura e 15 de comprimento. O volume médio de um pneu também pode ser aproximado com as medidas 50 centímetros de diâmetro por 25 centímetros de largura. Fazendo as contas para calcular a capacidade máxima do veículo, chega-se em um total de 2160 pneus.

A ordenação da lista de economias está indicada na Tabela 9.

<b>Rota</b>	<b>Economia</b>	<b>Rota</b>	<b>Economia</b>
(7, 10)	1234	(4, 5)	298
(6, 11)	1168	(4, 10)	298
(6, 10)	933	(4, 7)	298
(6, 7)	933	(5, 9)	298
(10, 11)	933	(5, 8)	298
(7, 11)	933	(2, 9)	26
(7, 8)	872	(2, 8)	26
(7, 9)	872	(2, 6)	26
(8, 9)	872	(2, 4)	26
(8, 10)	872	(2, 11)	26
(9, 10)	872	(2, 5)	26
(6, 9)	757	(2, 10)	26
(6, 8)	757	(2, 7)	26
(9, 11)	757	(2, 3)	26
(8, 11)	757	(3, 9)	26
(5, 6)	648	(3, 8)	26
(5, 11)	648	(3, 6)	26
(5, 10)	417	(3, 4)	26
(5, 7)	417	(3, 11)	26
(4, 9)	298	(3, 5)	26
(4, 8)	298	(3, 10)	26
(4, 6)	298	(3, 7)	26
(4, 11)	298		

Tabela 9 : Lista ordenada de economias.

O link associado à maior economia é o (7, 10), portanto a rota {1,7,10,1} é criada. O próximo link a ser processado é o (6, 11), e a ele é criado a rota {1,6,11,1}. O próximo link, (6,10), como os pontos estão em extremidades de rotas, as rotas são mescladas, formando o percurso {1, 7, 10, 6, 11, 1}. O total de

pneus coletados está em 1129, portanto não há restrições para impedir o agrupamento das rotas.

Prosseguindo com o algoritmo, o próximo link na fila de economias é o (10, 11). Entretanto os links já pertencem à mesma rota e nada é feito. O mesmo acontece com o link (7, 11). O link seguinte, (7, 8), permite a inclusão do ponto 8 à rota pertencente ao ponto 7, visto que esse ponto se encontra na extremidade da rota. Forma-se a rota {1, 8, 7, 10, 6, 11, 1} com um total de pneus de 1847.

Prosseguindo com o raciocínio, e respeitando as condições de restrições, será encontrada como solução ótima três rotas distintas, que são elas.

1. A rota {1, 8, 7, 10, 6, 11, 1} com um total de pneus de 2044
2. A rota {1, 4, 9, 3, 1} com um total de pneus de 1515
3. A rota {1, 2, 1} com um total de pneus de 4062

No caso de Curitiba, o link sobrou pois a quantidade de pneus supera a capacidade do caminhão. Nesse caso, duas viagens seriam feitas.

Depois de executadas todas as filas de economias de rotas, as rotas sugeridas estão dispostas na Figura 14.



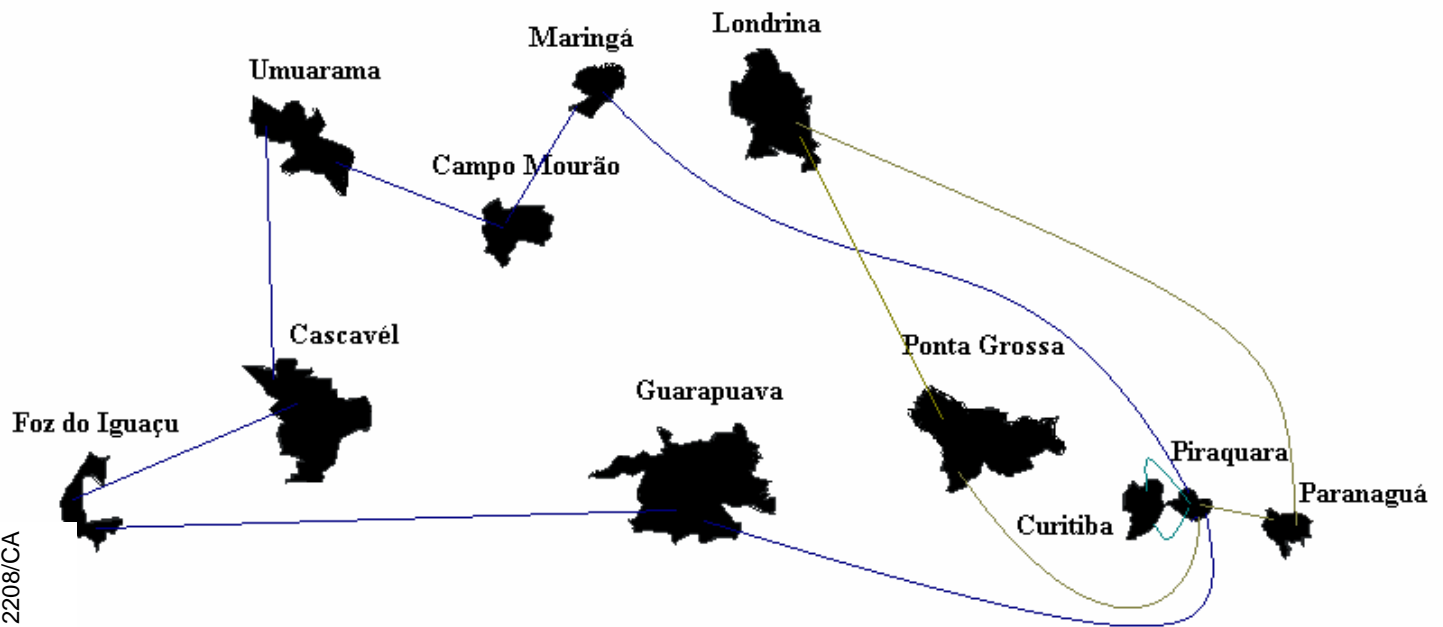


Figura 14 : Rota ótima sugerida pelo algoritmo Clarke – Wright.

Para calcular a economia com o estudo do melhor percurso, basta calcular o total de distância percorrida no modelo atual e subtrair pela distância total percorrida na rota ótima calculada acima, o que dá:

$$\begin{aligned}
 & 2 \times (13 + 93 + 149 + 324 + 584 + 524 + 436 + 519 + 617 + 1468) - \\
 & (436 + 88 + 93 + 268 + 150 + 410 + 324 + 93 + 586 + 370 + 149 + 26 + 26) \\
 & = 7986 - 3019 = 4967
 \end{aligned}$$

Trata-se de um algoritmo simples, entretanto altamente eficiente para o caso em questão.

A contratação de mais de um veículo dependerá da necessidade de produção da BS COLWAY. Ou seja, caso seja interessante financeiramente uma coleta

mais rápida, dependendo do custo do capital – estoque -, pode-se percorrer duas ou mais rotas simultaneamente, basta contratar tantos veículos quanto necessário.

#### **5.4. Proposta de modelo de distribuição reversa**

O processo de pirólise para reciclagem de pneus já está consolidado e vem sendo amplamente utilizado em países da Europa. Esse processo é considerado ambientalmente adequado, pois reaproveita mais de 90% dos materiais que compõem o produto. Além disso, são processos que não emitem poluentes atmosféricos ou efluentes líquidos, nem resíduos sólidos nocivos, e demandam apenas água industrial recirculada para resfriadores, trocadores de calor e lavagem dos gases.

Por esses e outros motivos que serão mencionados abaixo, esse trabalho propõe o aprofundamento de um estudo de viabilidade econômica, logística e ambiental para a instalação de um fábrica recicladora de pneus, por meio do processo de pirólise.

A reciclagem por pirólise trata de um processo ajustável a diferentes quantidades de demanda, pois a modularidade na sua implementação permite a variação de capacidade.

Bastante compactas, as plantas de pirólise não necessitam de grandes áreas para a instalação de seus reatores pirolíticos. Assim como na PETROSIX, a empresa operaria no sistema *just in time*, triturando e reciclando de modo instantâneo todos os pneus que chegassem na empresa. Isso reduziria o espaço para o armazenamento de pneus e de seus materiais reciclados.

Dados analisados nos EUA afirmam que, nas condições de custos e tributos brasileiros, as receitas de vendas proporcionadas pelos materiais recuperados numa planta de pirólise de 100 toneladas por dia – excluindo o gás não condensável e incluindo um pagamento fixo de US\$ 0.30 por tonelada de pneus a reciclar - atingiria US\$8 milhões/ano, com retorno anual de 16%, ou um pay-back de cinco anos, sobre um investimento de US\$12 milhões - sem a produção de energia elétrica / vapor (Andrietta, 2002).

Para otimizar a produção, é aconselhável a instalação de duas plantas gêmeas, alternando suas operações enquanto uma entra em manutenção, e ambas

alimentando uma central geradora de energia. A estimativa de investimento chegaria em US\$ 40 milhões de dólares, com um retorno anual de 21% e *pay back* em 4 anos, decorrentes também da venda de energia.

Do ponto de vista logístico, sua localização se daria dentro ou em torno dos grandes centros metropolitanos, pois aliaria tanto a proximidade das fontes geradores de pneus descartados, quanto os consumidores dos produtos recuperados e da energia gerada.

Conforme já foi descrito, o projeto SIX possui capacidade para reciclar cerca de 40 milhões de pneus. A área de coleta, além de toda a região Sul, poderia abranger parte da região sudeste, como São Paulo e Minas Gerais.

Por essa razão, a sugestão do estudo seria a instalação de uma usina em alguma região baiana, por exemplo, perto do Pólo Petroquímico de Camaçari. Além de estar em uma região metropolitana, poderia coletar pneus provenientes do resto da região sudeste e toda a região nordeste.

Uma outra forma de escolha da localização da planta seria analisar as fontes geradoras de pneus descartáveis, representadas pelos municípios de interesse para coleta, traçar uma rede contendo esses municípios e encontrar o menor ponto, dentre esses vértices, que possui a menor soma de distâncias ponderadas dentre todos os outros municípios de coleta. Ou seja, resolveríamos um problema de localização em uma rede de acordo com o teorema de Hakimi, em Pizzolato (2003).