

Estudo das Rotas de Coleta de Recicláveis em uma Cooperativa Popular de Coleta e Seleção de Recicláveis

Marcos R. R. Georges*, Paula G. Lhama, Rai M. Amorim, Dimas A. Gonçalves

*Centro de Economia e Administração
Pontifícia Universidade Católica de Campinas – PUC-Campinas,
marcos.georges@puc-campinas.edu.br*

Resumo

Este trabalho apresenta um estudo das rotas de coleta de materiais recicláveis realizada por uma cooperativa popular de coleta e seleção de recicláveis incubada pelo CRCA (Centro de Referência em Cooperativo e Associativismo). Esta cooperativa popular chamada Reciclar, possui um caminhão que diariamente realiza dois itinerários (um no período matutino e outro no período vespertino) em busca de materiais recicláveis fornecidos por mais de 200 empresas públicas e privadas, além de condomínios e outros locais que destinam o resultado de suas coletas seletivas às cooperativas populares. O estudo das rotas de coleta consiste na comparação do custo total despendido para realizar um dado itinerário e o valor coletado pelo caminhão neste itinerário, determinando desta maneira, quais itinerários são mais rentáveis e quais são menos rentáveis. Uma breve revisão teórica sobre logística e detalhes sobre o cálculo do custo do frete completam o artigo.

Palavras-chave: Logística Empresarial, Cadeias de Suprimentos Reversas, Sustentabilidade, Coleta e Seleção de Recicláveis, Cooperativas Populares, Roteirização.

1 Introdução

A busca por uma sociedade sustentável se apresenta como o principal desafio da civilização atual, e neste contexto a reciclagem de materiais constitui uma atividade necessária para a sustentabilidade. Além da preocupação ambiental, a reciclagem de materiais também desperta interesse social, pois na maioria dos casos a mão-de-obra empregada é tipicamente, de pessoas excluídas que encontram uma ocupação em separar o que é re-aproveitável naquilo que foi descartado.

Atualmente, as cooperativas populares tem se mostrado com um dos principais agentes no processo de reciclagem dos materiais, atuando na coleta, separação, enfardamento e destinação do material reciclado aos recicladores para a conversão destes materiais.

Em Campinas, as cooperativas populares de coleta e seleção de recicláveis configuraram-se num interessante modelo de gestão que pode ser enquadrado no conceito de cadeia de suprimentos. Incubados pelos CRCA – Centro de Referência em Cooperativismo e Assistencialismo – as cooperativas populares de coleta e seleção de recicláveis evoluíram de simples grupos de catadores de lixo para se tornarem uma verdadeira indústria que recicla cerca de 300 toneladas de material por mês.

E este trabalho, detalha e analisa o processo de coleta de parte deste material. Trata-se do processo de coleta realizado por uma das cooperativas apoiadas pelo CRCA que realiza a coleta por meios próprios e que segundo a percepção dos gestores desta cooperativa popular, parece que nem sempre “valeu a viagem do caminhão”.

Estudar as rotas pré estabelecidas e percorridas todos os dias pelo caminhão desta cooperativa popular e descobrir de fato se “valeu a viagem” é o propósito deste trabalho.

2 Breve Referencial Teórico

2.1 A Logística Empresarial, a Função Transportes e a Roteirização de Veículos

“Logística, é parte da cadeia de suprimentos, que planeja, implementa, controla de modo eficiente o fluxo direto e reverso a armazenagem de bens, serviços e informações relativas entre o ponto de origem até o ponto de consumo de modo a atender os requisitos do cliente” (CSCMP, 2009).

Ballou (2006) apresenta uma figura muito simples, mas com enorme capacidade de síntese, que simboliza a Logística Empresarial. Nesta figura (figura 1 a seguir), a Logística é entendida como uma função empresarial que tem por objetivo atender o cliente em um Nível de Serviço especificado, e para isso são necessárias tomadas de decisão em todos os níveis (estratégico, tático e operacional), nas três áreas que compõe a Logística: Transportes, Estoques e Localização.



Figura 1 – Logística Empresarial segundo Ballou (2006)

Esta visão da Logística apresentada por Ronald Ballou posiciona a função transporte como um subsistema logístico e internamente a função transporte é apresentada pelo mesmo autor em diversas atividades a serem realizadas, são elas: a programação de veículos, a definição de rotas de entrega e coleta, a determinação do ponto de consolidação do embarque, a seleção de modal, a decisão de ter frota própria ou terceirizada, são alguns exemplos de decisões logísticas relacionadas a função transportes.

Naturalmente algumas destas decisões são pertinentes ao nível tático-estratégico, como a seleção de modal ou a decisão de ter frota própria ou terceirizada, por outro lado, decisões de programação de veículos, definição de rotas e escala de motoristas são decisões tipicamente operacionais.

A roteirização (ou roteamento) de veículos é uma atividade tipicamente operacional que tem o objetivo de determinar a seqüência de paradas que um veículo deverá realizar de modo a obter a menor distância total percorrida, ou o menor tempo de trajeto ou ainda o menor custo total.

A roteirização de veículos não é uma tarefa simples. Matematicamente é uma decisão de grande complexidade, pois o número de possíveis soluções é uma função fatorial do número de paradas. Há ainda, vários outros fatores que aumentam a complexidade do problema, como variáveis relacionadas ao trânsito (congestionamentos, tráfego excessivo, lentidão, rodízios, etc.) ou então variáveis relacionadas com a malha viária (caminhos tortuosos, trechos não bidirecionais, zoneamento, etc.) ou ainda relacionadas ao cliente (horários de atendimento, condições especiais de embarque, etc.) e que quando consideradas, tornam o problema de determinação de rotas extremamente complexo e desafiador para o administrador ou engenheiro responsável pela logística.

Os problemas de roteirização podem ser classificados em três grupos distintos em função do número de pontos de origem e destinos.

O grupo mais simples de problemas de roteirização é constituído por uma única origem e um único destino e neste caso o problema de roteirização se reduz em determinar a melhor

maneira de ir da origem para o destino. Para este problema de determinar o caminho mínimo existem métodos bem conhecidos, como o PERT/CPM (*Program Evaluation Recursive Technique/Critical Path Method*) e também a programação linear.

O segundo grupo de problemas é o caso onde há uma origem e vários destinos, devendo o veículo retornar a origem após visitar todos os destinos. Esta classe de problemas é bem mais complexa que os problemas do grupo anterior e é o caso das rotas de coleta de materiais reciclados descrito neste trabalho. Para este problema existem formulações clássicas como problema do caixeiro viajante e do carteiro chinês (GOLDBARG; LUNA, 2005), ambos resolvidos por programação linear.

Há também algumas heurísticas para se obter boas rotas, pois quando o problema possui um grande número de pontos de parada, este se torna demasiadamente exigente em termos de esforço computacional para ser resolvido por programação linear, sendo mais conveniente encontrar uma boa rota em pouco tempo que esperar muito para se ter uma rota ótima. São exemplos de métodos heurísticos o método da varredura e o método das economias (NOVAES, 2007)

O último grupo de problemas de roteirização é quando há diversas origens e diversos destinos, sendo o objetivo encontrar quanto enviar de cada origem para cada destino de modo a obter o menor custo total. Trata-se do problema clássico de transportes da programação linear largamente apresentado na literatura de pesquisa operacional.

2.2 O Custo do Transporte Rodoviário

Segundo Lima (2001) e Figueiredo et al. (2003) o custo do veículo é calculado a partir de itens de custeio que são fixos e outros que são variáveis. Por custos fixos entende-se aquele que não depende da distância percorrida, são eles: impostos, seguro, depreciação, salário do motorista, limpeza, custo de capital empenhado, entre outros.

Por outro lado, os custos variáveis são aqueles que dependem da distância percorrida, são eles: combustíveis, pneus, lubrificantes, manutenções, etc.

Para os custos fixos deve-se encontrar o quanto é custoso manter um veículo ao longo de um mês e depois calcular o custo da hora dividindo o custo mensal pelo número de horas trabalhadas no mês.

O custo de depreciação mensal é obtido subtraindo do valor de aquisição do veículo novo o valor do veículo usado e dividindo esta subtração pelo número de meses de depreciação, como na equação 1 a seguir.

$$C_{dep} = \frac{V_{aquisição} - V_{residual}}{n^{\circ} \text{ de meses}} \quad (1)$$

O custo de capital é calculado aplicando-se ao valor pago pela aquisição do veículo a taxa básica do aplicada pelo mercado (em geral se usa a selic). Note que na equação 2 a seguir a raiz duodécima é para transformar uma taxa anual em uma taxa mensal.

$$C_{oport} = V_{aquisição} \cdot \left(\sqrt[12]{1 + taxa_{anual}} - 1 \right) \quad (2)$$

O custo de seguro do veículo, seguro obrigatório e impostos são calculados de modo simples, apenas dividindo o valor mensal por doze para se obter o quanto este item custa mensalmente.

$$C_{IPVA/seg} = \frac{\text{Valor anual}}{12} \quad (3)$$

Para os custos variáveis deve-se encontrar qual o custo por quilometro de cada item de custeio e depois somar para se obter o custo total por quilometro. Para alguns itens de custeio, basta dividir o custo gasto pela periodicidade com que este item de custeio ocorre, como no caso do custo de óleo lubrificante, onde o custo por quilometro é obtido dividindo o custo total gasto em uma troca de óleo pelo intervalo entre trocas (em geral a cada 10.000 km).

$$C_{\text{óleo}} = \frac{\text{preço}_{\text{litro}} \cdot \text{capacidade}}{\text{intervalo entre trocas}} \quad (4)$$

O custo do pneu é calculado de modo análogo, porém deve-se considerar a toda a vida útil de um pneu, incluindo-se suas recapagens, que em geral são duas. A equação 5 a seguir apresenta o cálculo do custo do pneu.

$$C_{\text{pneu}} = \frac{n_{\text{pneu}} \cdot (c_{\text{pneu novo}} + n_{\text{recapagens}} \cdot c_{\text{recapagem}})}{\text{vida útil do pneu c/ recapagem}} \quad (5)$$

Por fim, há o custo do combustível, calculado dividindo-se o preço do litro pelo rendimento do veículo, como na equação 6 a seguir.

$$C_{\text{combustível}} = \frac{\text{preço por litro}}{\text{rendimento}} \quad (6)$$

Depois de obtido o custo de cada item consolida-se os dados numa tabela onde é dado o custo por quilometro rodado e o custo por hora de uso de um dado veículo. A tabela 1 a seguir extraída de Pimenta Lima ilustra o cálculo do custo de um dado veículo.

Tabela 1 – Exemplo de cálculo do custo de um veículo. Fonte: Lima, 2001

<i>Input de dados</i>			<i>Output</i>		
Custos da empresa			Itens de custo fixo		
Salário do motorista	R\$/mês	750,00	Depreciação	R\$/mês	833,33
Horas de trabalho/mês	h.h./mês	176	Remuneração de capital	R\$/mês	1.565,65
Encargos e benefícios do motorista	R\$/mês	562,50	Mão de obra	R\$/mês	1.312,50
Taxa de oportunidade	% a.a.	12%	IPVA/Seguro Obrigatório	R\$/mês	100,00
Custos administrativo	R\$/mês	500,00	CF	R\$/mês	3.811,48
Dados do veículo			Custos administrativo	R\$/mês	500,00
Consumo de combustível	Km/litro	2,53	CF c/custos administrativos	R\$/mês	4.311,48
Intervalo entre troca de óleo	Km	10000	Itens de custo variável		
Litros de óleo por troca	litro	30	Combustível	R\$/Km	0,26
Número de pneus		18	Óleo	R\$/Km	0,01
Intervalo entre troca de pneu/recapagem	Km	80000	Pneu	R\$/Km	0,07
Número de recapagens		2	Manutenção	R\$/Km	0,13
Custos de manutenção	R\$/Km	0,13	Custo variável	R\$/Km	0,47
Intervalo entre lubrificações	Km	2000	Custos fixos (R\$/hora)		
Dados de mercado			Custos fixos (R\$/hora)	R\$/hora	24,50
Valor de aquisição do veículo	R\$	165000	Custos variáveis (R\$/Km)	R\$/Km	0,47
Vida útil do veículo	meses	120			
Valor residual do veículo	R\$	65000			
Preço do óleo	R\$/litro	2,7			
Preço do combustível	R\$/litro	0,65			
Preço do pneu	R\$	620			
Preço da recapagem		180			
IPVA/Seguro Obrigatório	R\$/ano	1200			

3 Metodologia

Trata-se de uma pesquisa aplicada cujo procedimento principal adotado foi a pesquisa

documental nos registros existentes na cooperativa popular Reciclar localizada no município de Campinas.

Com base nos estudos dos registros de itinerário dos veículos, foi possível conhecer detalhadamente as rotas percorridas em cada um dos dias da semana. Informações como número de pontos de coleta, a localização destes pontos, a distância total percorrida e o tempo total de trajeto puderam ser obtidos a partir deste registro dos itinerários percorridos.

Outro registro pesquisado foi o registro de recebimento de material, onde conta a quantidade de material coletado em cada dia da semana, podendo conhecer a quantidade média coleta por rota.

Por fim, utilizou uma metodologia de cálculo do custo do transporte rodoviário apresentado por Maurício Pimenta Lima (FLEURY et al, 2001) e se chegou ao valor do custo por hora e por quilometro percorrido pelo veículo.

De posse do valor médio da tonelada de material vendido pela cooperativa, já foi estudado cada uma das rotas e se chegou a conclusão de quais rotas são mais rentáveis e quais rotas precisam ser repensadas por não “valer a viagem”.

Os resultados desta análise estão apresentados a seguir, assim como o cálculo do custo do veículo usado na cooperativa.

4 Análise dos Resultados

4.1 Caracterização das Rotas de Coleta

O primeiro passo foi conhecer as rotas utilizadas pela cooperativa popular de coleta e seleção de recicláveis em estudo. Nesta cooperativa as rotas são preestabelecidas, havendo duas rotas de coleta para cada dia da semana, sendo uma para a manhã e uma o período vespertino.

Na segunda-feira de manhã o caminhão vai até um único ponto e retorna a cooperativa. Trata-se de uma grande indústria do segmento farmacêutico, que sozinha é capaz de preencher a gaiola do veículo usado para a coleta dos materiais recicláveis doados por esta. Nesta manhã de segunda-feira o caminhão percorre em média 74 km, coleta em média 1745 kg e leva em média 4:56h. para realizar o percurso. Na segunda-feira a tarde o caminhão faz a coleta em sete condomínios residenciais, percorrendo em média 25 km, coletando em média 1180 kg e levando 3:30h em média.

Na terça-feira pela manhã o caminhão coleta material em 15 pontos, entre bancos, empresas e escola. Percorre uma média de 47 km, coleta em média 1383 kg e demora cerca de 5:31h. para realizar o percurso (em média). Na terça-feira a tarde o caminhão passa por 23 estabelecimentos, percorre uma média de 20 km, coleta cerca de 1047 kg e demora cerca de 3:15h. (valores médios).

Na quarta-feira pela manhã o caminhão passa por 27 estabelecimentos, percorre uma média de 27 km, coleta uma média de 1650 kg e demora uma média de 5:30h. para fazer todo o percurso. Na quarta-feira pela tarde o caminhão passa por 13 estabelecimentos, percorre uma média de 23 km, coleta uma média de 798 kg e demora uma média de 3:14h. para fazer todo o percurso.

Na quinta-feira pela manhã o caminhão passa por somente 4 estabelecimentos, percorre uma média de 46 km, coleta uma média de 2527 kg e demora uma média de 5:50h. para fazer todo o percurso. Na quinta-feira pela tarde o caminhão passa por 29 pontos, na maioria residências, percorre uma média de 29 km, coleta uma média de 673 kg e demora uma média de 3:36h. para fazer todo o percurso.

Na sexta-feira pela manhã o caminhão passa por 26 pontos, condomínios residenciais em maior parte, percorre uma média de 28 km, coleta uma média de 1633 kg e demora uma média de 5:52h. para fazer todo o percurso. Na sexta-feira pela tarde o caminhão passa por 17 pontos, percorre uma média de 17 km, coleta uma média de 807 kg e demora uma média de 3:19h. para fazer todo o percurso.

No sábado o caminhão passa por 38 pontos, em maioria residências e condomínios próximos entre si, percorre uma média de 17 km, coleta uma média de 1313 kg e demora uma média de 4:24h. para fazer todo o percurso

4.2 O Custo do Caminhão

O próximo passo foi conhecer o quanto custa o caminhão utilizado pela cooperativa popular Reciclar para fazer as coletas. Utilizando a metodologia proposta por Pimenta Lima e aplicando os dados provenientes do tipo de veículo utilizado pela cooperativa Reciclar se obtém a tabela 2 a seguir.

Tabela 2 - Cálculo do custo do veículo usado na coleta de materiais recicláveis

Dados da Empresa			Itens Custo Fixo		
Salário do motorista/ajudante	R\$/mês	2250	Depreciação	R\$/mês	329,4583333
Hoas de Trabalho no Mês	horas/mês	176	Custo de Capital	R\$/mês	754,6911461
Encargos e benefícios	R\$/mês	123,75	Mão de Obra	R\$/mês	2769,75
Refeições	R\$/mês	396	impostos/seguro	R\$/mês	670,29
Taxa de oportunidade	%/ano	12,00%	Tacógrafo	R\$/mês	9
Custos Administrativos	R\$/mês		Lubrificação	R\$/mês	20
			Extintor	R\$/mês	1,25
			Caixa Ferramenta	R\$/mês	3,333333333
Dados do Veículo			TOTAL		4557,772813
Consumo de Combustível	Km/l	2,8	TOTAL por hora		25,89643644
intervalo de Troca de óleo	Km	15000			
Litros de Óleo Motor/Carter	litros	18			
Número de Pneus		6			
Vida útil dos Pneus	Km	40000	Itens Custo Variável		
número de Recapagens		2	Combustível	R\$/Km	0,682142857
Vida útil da Recapagem	Km	20000	Óleo	R\$/Km	0,0084
Custos de manutenção	R\$/Km		pneu	R\$/Km	0,09223275
número de Lubrificações	ao ano	4	Filtros	R\$/Km	0,012
intervalo alinh./balanc./rodizio	Km	10000	Filtro Freio	R\$/Km	0,0036
duração do refill tacógrafo	semanas	10			
Intervalo troca Filtro Freio	Km	50000	TOTAL por Km		0,798375607
Dados de mercado					
Valor de Aquisição do Veículo	R\$	69000	TOTAL por hora		25,90
Valor de Aquisição da Gaiola	R\$	10535	TOTAL por Km		0,80
Vida Útil do Veículo	mês	120			
Valor Residual do Veículo	R\$	35000			
Valor da Gaiola Usada	R\$	5000			
Preço do óleo	R\$/litro	7			
Preço dos Filtros	R\$	180			
Preço do Pneu	R\$	709,77			
Preço do Combustível	R\$/litro	1,91			
Preço da Recapagem	R\$	260			
IPVA/DPVAT/licenciamento	R\$/ano	1155,6			
Seguro do Veículo	R\$/ano	6887,88			
Custo da Lubrificação	R\$	60			
Custo Alinh./Balanc./Rodizio	Km				
Custo Filtro Freio	R\$	180			
Extintor de incendio	R\$	15			
Caixa de Ferramentas	R\$	40			

4.3 A Viabilidade das Rotas

De posse do custo fixo e do custo variável do veículo e também sabendo qual a distância percorrida, o peso coletado e o tempo demorado por cada rota, foi possível elaborar uma

tabela comparativa onde, para cada rota, foi calculado o qual foi o custo total e o valor do material coletado. Para calcular o valor do material coletado foi utilizado o valor médio de R\$ 0,442 por quilo de material e também se aplicou um fator de 0,85 para descontar 15% de dejetos comumente encontrados no material coletado. A tabela 3 apresenta os resultados das rotas de coleta estudadas na cooperativa popular de coleta e seleção de recicláveis.

Tabela 3 – Viabilidade econômica das rotas de coleta de material recicláveis

ROTA	\$ FIXO	\$ VAR	\$ Total	\$ Coletado	%
Quinta M	151,00	36,53	187,53	1005,11	18,66%
Segunda T	90,64	19,96	110,60	443,33	24,95%
Terça T	84,18	16,27	100,44	393,23	25,54%
Sábado	113,96	13,80	127,76	493,11	25,91%
Quarta M	142,45	21,16	163,61	619,91	26,39%
Segunda M	127,75	59,28	187,03	694,16	26,94%
Sexta M	151,77	22,13	173,91	613,64	28,34%
Sexta T	85,73	13,33	99,06	303,06	32,69%
Quarta T	84,18	18,56	102,74	299,62	34,29%
Terça M	142,45	37,60	180,05	519,72	34,64%
Quinta T	93,24	22,93	116,17	252,97	45,92%

Por fim, foi feito o cálculo do percentual que o custo de se fazer a coleta representa sobre o valor do material coletado. Para a rota mais rentável, o custo de se fazer a coleta representa 18,66 % do valor do material coletado, ao passo que, na rota menos rentável o custo de se fazer a coleta representa quase 46% do valor do material coletado.

Por decisão da cooperativa, todas as rotas que tiveram o percentual de custo superior a 30% do valor coletado serão repensadas de modo a aumentar a rentabilidade destas rotas.

6 Conclusões

Este estudo forneceu a cooperativa popular que realiza por meios próprios a coleta de mais de 80% dos materiais que recebe uma visão mais crítica e pragmática da função logística.

Esta visão evidenciou quais rotas estão pouco viáveis, necessitando de uma reformulação nestas rotas, seja pela busca de novas fontes de suprimentos próximas que possa aumentar a quantidade sem onerar muito a distância e o tempo gasto, ou então, na divisão ou fusão de rotas que possam produzir um resultado mais viável que as rotas atuais.

Mais além, este estudo mostrou que um caminhão mesmo parado, custa dinheiro. Esta informação gerou maior atenção por parte do motorista que passou a evitar desperdícios de tempo em manobras e no carregamento e descarregamento dos materiais. Também forneceu a cooperativa elementos que permite a cooperativa decidir se faz ou não a coleta esporádica num determinado ponto. A partir de informações como a distância e o volume a ser coletado é possível saber antecipadamente se compensará ou não realizar esta coleta esporádica.

Por fim, foi feito o cálculo do percentual que o custo de se fazer a coleta representa sobre o valor do material coletado. Para a rota mais rentável, o custo de se fazer a coleta representa 18,66 % do valor do material coletado, ao passo que, na rota menos rentável o custo de se fazer a coleta representa quase 46% do valor do material coletado.

Por decisão da cooperativa, todas as rotas que tiveram o percentual de custo superior a 30% do valor coletado serão repensadas de modo a aumentar a rentabilidade destas rotas.

A busca pela eficiência das rotas de coleta de materiais recicláveis é mais que um mero problema de natureza logística. Para as cooperativas populares de coleta e seleção de recicláveis sobreviver integralmente a partir da coleta própria significa não depender mais do poder público para fornecer material reciclado. Atualmente, na maioria das cooperativas populares os materiais são provenientes da coleta realizada pelo departamento de limpeza urbana, situação pouco confortável dado a frequência com que o poder público muda de mãos, trazendo insegurança às cooperativas.

Portanto, contribuir para perspectiva de se ter uma cooperativa popular que realiza integralmente a coleta por meios próprios dos materiais reciclados e realizar tal coleta de modo economicamente eficiente torna este trabalho gratificante e condizente com os ideais de um mundo sustentável e mais justo socialmente.

7 Referências Bibliografia

BALLOU, ronald H. *Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos: planejamento, organização e logística empresarial*. 5ªed., Porto Alegre: Bookman, 2006.

LIMA, Maurício Pimenta. O Custeio do Transporte Rodoviário – *Revista Tecnológica, São Paulo, jan. de 2001*.

GOLDBARG, M. C.; LUNA, H. P. *Otimização Combinatória e Programação Linear*. Ed. Campus, Rio de Janeiro, 2005.

NOVAES, Antonio Galvão *Logística e Gerenciamento da Cadeia de Distribuição*. 3ed. Ed. Campus. Rio de Janeiro, 2007.