

## Roteirização das entregas de uma empresa panificadora localizada em Viçosa-MG

Leandro Sobreira Vieira (UFV) lesobreira@gmail.com  
Ronaldo Custódio de Souza (UFV) nanau\_custodio@yahoo.com.br  
Danielle Dias Sant'Anna Martins (UFV) danielledias@ufv.br  
Marcelo Feijó Martins (UFV) m\_feijo@yahoo.com.br

### Resumo

*O presente estudo foi realizado a partir de dados coletados em uma indústria de panificação localizada em Viçosa, Minas Gerais. O objetivo geral foi roteirizar as entregas dessa empresa, a fim de reduzir os custos associados à atividade. Especificamente, buscou-se identificar as rotas adotadas, visualizar quais seriam as melhores mediante a estrutura que a empresa possuía, e propor cenários com diferentes combinações de frotas. Os dados foram coletados junto ao diretor da empresa através de reuniões, observações e anotações, obtendo-se informações sobre os clientes e as rotas adotadas. Assim, com o auxílio do software Google Earth<sup>®</sup> foram definidas as coordenadas geográficas dos clientes. A elaboração das melhores rotas foi feita através do módulo ROUTER do software Logware Version 4.0. Dois cenários foram definidos, um com a terceirização da frota e outro com a utilização de frota própria, para a análise de viabilidade. De acordo com os resultados obtidos, a empresa poderia atender seus clientes utilizando apenas dois caminhões em duas rotas, reduzindo consideravelmente seus custos logísticos. Em relação aos cenários, ela poderia terceirizar as entregas, o que diminuiria sua responsabilidade com a logística de transportes. Dessa forma, poderia se concentrar exclusivamente no setor de produção e ainda diminuir custos.*

*Palavras-chave: Roteirização; Custos; Indústria de Panificação; ROUTER.*

### 1. Introdução

O setor de panificação está presente em todo o país, o que equivale a um total de mais de 52.000 estabelecimentos comerciais registrados (4513 empresas só no estado de Minas Gerais), com faturamento anual de cerca de R\$ 25 bilhões, possibilitando a criação de mais de 580.000 empregos diretos e 1,5 milhões de indiretos. Além disso, 10% do que é consumido de alimentos no Brasil são produtos da panificação, e cerca de 35% das contratações feitas pelas padarias correspondem ao primeiro emprego (PROPAN, 2007).

Dada a relevância desse segmento de mercado à economia e à sociedade, melhores formas devem ser obtidas para o escoamento da produção. Neste quadro, situa-se a logística, que, segundo a pesquisa realizada pelo Centro de Estudos em Logística do COPPEAD (MARINO, 2003), movimenta aproximadamente R\$ 160 bilhões ao ano. A pesquisa também revelou que os gastos logísticos equivalem a 7% do faturamento das empresas pesquisadas.

Para que a gerência logística de uma empresa seja eficiente e eficaz, a distribuição física dos produtos deve ser feita de forma otimizada. Dessa forma, as empresas aumentam seu poder de atuação em um mercado tão competitivo, agregando valor de confiabilidade e rapidez ao produto. Segundo Bodin et al. (1983), em pesquisas que realizou, foi observado que os custos relacionados ao transporte constituíam cerca de 16% do valor final de uma mercadoria.

Existem diversas formas de se expressar as decisões de transporte a serem tomadas,

uma delas consiste da roteirização do transportador. Segundo Cunha (1997) apud Farkuh Neto & Lima (2006), o termo roteirização, ou roteamento, vem sendo utilizado como uma adaptação do original em inglês “*routing*” para a designação do processo em que são definidos um ou mais roteiros ou seqüência de paradas que um veículo deverá cumprir, para que um conjunto de pontos dispersos geograficamente e em locais pré-definidos seja atendido.

O Sindicato das Empresas de Transporte de Cargas de São Paulo e Região (SETCESP) divulgou a variação de todos os custos de carga fracionada para distâncias médias, incluindo transferência, administração, terminais, coleta e entrega e impostos indiretos, sendo medida pelo INCT-FR (Índice Nacional da Variação do Custo de Transporte de Carga Fracionada – Operações Rodoviárias). Tal índice apresentou variação de 25,52% para os últimos 36 meses, o que explicita a importância de se otimizar tais custos, visto que podem corresponder até dois terços dos custos logísticos totais (BALLOU, 2006).

Um tema de grande interesse para as empresas e objeto de pesquisa incessante tem sido a minimização dos custos logísticos gerados nas atividades relacionadas à distribuição. Segundo o ANTT (2007) apud Erhart & Palmeira (2007), o modal rodoviário é utilizado em cerca de 58 % das operações de transporte de cargas, dada a dependência do Brasil nesse tipo de transporte, evidenciando a importância das empresas distribuidoras optarem por otimizar os custos incorridos neste setor. Um caminho escolhido pelas empresas é a integração de *softwares* computacionais nas atividades de transporte, que tem se mostrado uma ótima ferramenta para a diminuição de custos.

Assim, é evidente a importância dos problemas relacionados ao transporte e à roteirização das entregas para o setor de panificação, dado a necessidade de atendimento de uma massa consumidora, a magnitude dos custos envolvidos na atividade e o ganho na qualidade do serviço prestado pelas empresas, proporcionado por um roteamento eficiente e otimizado.

### **1.1. Objetivo**

O objetivo geral deste trabalho é proceder à roteirização das entregas de uma pequena empresa de panificação localizada na cidade de Viçosa-MG, visando à redução dos custos associados à atividade. Especificamente buscou-se:

- Identificar as rotas utilizadas atualmente pela empresa com saída de Viçosa – MG;
- Obter rotas ótimas através de um *software* de roteirização (ROUTER); e
- Propor cenários e verificar sua viabilidade.

## **2. Revisão de literatura**

### **2.1. Logística**

A necessidade de movimentação de tropas, alimentos, medicamentos e armamentos de guerra contribuíram para o surgimento da logística durante a Segunda Guerra Mundial. Segundo a Agência Nacional de Transportes Terrestres (2004) apud Hallal (2004), uma definição atual para logística é: “[...] a logística considera todas as movimentações e armazenagens, que facilitam o fluxo de produtos desde o ponto de aquisição de matéria-prima até o ponto de consumo final, assim como todos os fluxos e informações que colocam os produtos em movimento, com o propósito de providenciar níveis de serviços adequados aos clientes a um custo razoável.”

O relacionamento entre as atividades primárias e de apoio agrega valor ao produto à medida que aumenta o nível do serviço prestado. Segundo Christopher (1997), no

relacionamento entre comprador e vendedor, tal fato consiste do acréscimo de valor dado ao produto devido ao tempo e lugar nas transferências de mercadorias e serviços, haja vista que a mercadoria não tem valor até que o cliente a tenha em mãos na hora e lugar desejado.

O nível de serviço logístico torna-se, então, uma vantagem competitiva de suma importância, fazendo com que o produto seja diferente dos concorrentes aos olhos do consumidor, bem como possibilita reduzir custos e, por conseguinte, o preço de venda. Portanto, a Logística adquire a função de planejar, integrar e coordenar as atividades de diferentes áreas da empresa, de forma que as informações circulem constantemente de maneira que o fluxo de materiais seja eficiente e eficaz, com isso pode-se reduzir os desperdícios e custos desnecessários e assim garantir um alto nível de serviço aos clientes (VERÍSSIMO, 2001).

## **2.2. Transportes**

Segundo MAGEE (1985), em uma empresa, as atividades de distribuição abrangem o transporte e a armazenagem de bens a partir de sua instalação, o que representa de um a dois terços dos custos logísticos. Desta forma, quando se fala em áreas geográficas dispersas, o transporte rodoviário tem como diferencial a flexibilidade do serviço, ao manipular lotes de vários tamanhos a diferentes distâncias, ao prestar serviço a domicílio, e ao minimizar a necessidade de remanipulação de carga.

Transportes se referem aos vários métodos de movimentar os produtos, cuja forma varia de país a país, como consequência da infra-estrutura existente. Em um país como o Brasil, de grande extensão territorial, predomina o transporte rodoviário, com quase 70% de incidência (BALLOU, 2006). Esse mesmo autor observa que à medida que o transporte se torna mais eficiente e oferece melhor desempenho, a empresa se beneficia e se torna mais competitiva.

Normalmente, os processos de distribuição das empresas são organizados tendo como referência suas atividades de acordo com níveis de decisão. Primeiramente, têm lugar as decisões de longo prazo que envolve a definição da configuração global do sistema, tais como quantidade e localização de unidades industriais, armazenagem e centros de distribuição (CASTRO JUNIOR, 2000).

Segundo Castro Junior (2000), em um nível de prazo médio, as decisões podem definir o tamanho e a composição da frota a ser utilizada na distribuição; e no curto prazo, englobam-se as atividades cotidianas ligadas à definição dos roteiros e de programação das atividades dos veículos a serem empregados para atender à demanda específica do dia.

## **2.3. O problema de roteirização de veículos**

O problema de roteamento (ou roteirização) de veículos (PRV) é um dos componentes da cadeia de suprimentos. Neste problema, o fornecedor deve decidir a quantidade de produtos a ser entregue e a rota que o veículo deve seguir, com horários de saída e chegada fixos, minimizando os custos, já que rotas bem definidas podem contribuir com vantagens econômicas, devido ao aumento de produtividade e controle mais eficiente da gestão de transportes (SHIGUEMOTO, 2004).

Segundo Cunha (1997), o acréscimo de aspectos temporais aos espaciais e geográficos como, por exemplo, restrições de horário de atendimento nos destinos a serem visitados, caracterizam o problema como roteirização e programação de veículos.

O clássico problema do caixeiro viajante foi o primeiro a ser estudado. Tal problema tem por objetivo definir um roteiro de visitas que um caixeiro viajante deve seguir para atender as cidades, de forma que a distância total percorrida por ele seja a mínima possível,

todavia, garantindo que cada cidade seja atendida uma única vez e que ele saia e retorne para o ponto de origem (CUNHA, 2007).

### **2.3.1. Descrição do problema**

Segundo Lorena (2007), para o problema de roteamento, os  $m$  clientes são distribuídos espacialmente, cada um apresentando uma demanda de mercadorias. As entregas originam-se de um depósito, carregadas em veículos homogêneos. Os veículos saem do depósito e seguem para um conjunto de clientes específicos e, após o atendimento, retornam para o depósito.

Este mesmo autor diz que existem diversas restrições que os veículos devem atender. Entre elas estão a quantidade de mercadoria, que não deve exceder a capacidade do veículo, e o tempo limite para a realização de uma rota, que não deve ser ultrapassado. Logo, é objetivo do problema de roteamento definir rotas a serem seguidas e quais clientes devem ser atendidos, de maneira que atendam as restrições e otimizem a função objetivo.

Segundo Laporte (1992), as funções objetivo podem ser orientadas para a minimização da distância total percorrida, ou do tempo total gasto, por todos os veículos; para a minimização da quantidade de veículos; e para a minimização do *mix* entre custo de veículos e distância percorrida.

### **2.3.2. Metodologia de resolução**

#### **2.3.2.1. Métodos heurísticos**

Segundo Schopf et al. (2007), os métodos heurísticos têm por objetivo alcançar uma solução, não necessariamente a melhor, em um tempo computacional hábil, dividindo-se em heurísticas construtivas, heurísticas de melhoramento e metaheurísticas. Este método é muito aplicado para situações em que um método exato gera solução dispendiosa por meio de um *software*.

Segundo Ballou (2006), os benefícios advindos do menor tempo de processamento gasto para resolução computacional, a razoável necessidade de memória, as representações de boa qualidade e a solução satisfatória compensam a utilização deste método no roteamento.

#### **2.3.2.2. Métodos exatos**

Os problemas de roteirização podem ser resolvidos pelos métodos exatos, todavia, a implementação em *software* desses problemas é limitada, sendo passíveis de aplicação somente a problemas de ordem pequena, ou seja, com poucas restrições e variáveis (ZAMBONI, 1997). Segundo Baba et al. (2004), os modelos exatos consistem da construção de modelos de otimização, baseados em conceitos matemáticos, para alcançarem a solução ótima de um problema, sendo que existem algoritmos conhecidos que auxiliam na obtenção desta solução.

Segundo Sacramento & Holanda (2004), existem três algoritmos básicos para a solução de problemas de roteirização, os quais são: programação inteira mista, programação dinâmica e *branch and bound*.

## **3. Materiais e métodos**

### **3.1. Local de estudo**

O presente estudo foi realizado em uma empresa de panificação, situada na cidade de Viçosa – MG a 20° 45,234' de latitude sul e a 42° 52,667' de longitude oeste, que realiza entregas para as regiões de Barbacena – MG, Juiz de Fora – MG e Petrópolis – RJ.

### **3.2. Identificação das rotas adotadas pela empresa**

As rotas utilizadas pela empresa para a entrega de seus produtos, bem como os procedimentos para a distribuição e os clientes a serem atendidos, foram identificadas junto ao setor de transportes, por meio de visitas e repasse de informações impressas em planilhas.

Juntamente com o setor de transporte, ainda foram obtidas informações sobre quais os veículos que a empresa tinha à disposição e quais suas respectivas capacidades. Como o produto transportado é pão, o fator peso não influencia no transporte. Assim, a capacidade dos veículos será definida em função do volume que os pães ocupam no caminhão. Os pães são alocados, em média, na proporção de 10 sacolas de pão para cada caixa, as quais são em dispostas dentro dos caminhões. Portanto, para contabilização da capacidade de cada veículo, foi escolhida como base de dados a quantidade de sacolas de pão que cabe no veículo, assim, um veículo com capacidade de 280 caixas pode transportar 2800 unidades (sacolas de pão).

A determinação das coordenadas geográficas de todos os clientes a serem visitados foi obtida através do *software* Google Earth<sup>®</sup>, o qual possui os dados de todas as cidades brasileiras armazenadas em seu banco de dados, em unidades geodésicas (latitude e longitude) e em unidades UTM – Universal Transverse Mercator – (com unidade em metros). Para utilização desses dados no módulo ROUTER do programa computacional Logware version 4.0, as coordenadas foram transformadas da unidade UTM em metros para coordenadas em milhas.

O *software* Google Earth<sup>®</sup> também permite localizar pontos dentro de uma cidade a partir de uma pesquisa por empresas ou endereços. Dessa forma, foram estabelecidas as coordenadas geográficas de todos os clientes das rotas de Juiz de Fora - MG, Barbacena - MG e Petrópolis - RJ.

### 3.3. Elaboração das rotas ótimas

As rotas ótimas foram obtidas através da otimização das distâncias de cada uma, sem violação das restrições de janela de tempo dos clientes e do motorista, além da consideração da capacidade de transporte do veículo. Para tanto, foi utilizado o módulo ROUTER, pois, apesar deste apresentar um nível maior de dificuldade ao manuseá-lo, quando comparado a outros *softwares*, retorna informações confiáveis, dado que utiliza várias restrições na montagem da rota ótima, tais como:

- Número de clientes e veículos;
- demanda de entrega que deve ser satisfeita;
- depósito ou garagem de onde os veículos partem e retornam após a operação;
- capacidade máxima de cada veículo;
- tempo máximo de duração da rota;
- tempo de serviço em cada ponto de demanda;
- janelas de tempo de clientes e motoristas;

Algumas informações não puderam ser disponibilizadas pela empresa, como os custos de manutenção, salários dos motoristas, custos com combustível, bem como o valor pago pelas horas extras de trabalho.

Devido às dificuldades em se obter os custos com manutenção na empresa em questão, considerou-se que este custo corresponde a 2,5% do valor do veículo por semana, baseado em estudos realizados por outros autores, como Mendes (2000). Com isso, segundo pesquisas no site de vendas “Mercado Livre”, o valor do veículo Iveco 4912 baú era de R\$ 45.800,00, resultando em um custo de manutenção semanal de R\$ 1.145,00. Para o veículo Mercedes

1214, o valor encontrado naquele site de vendas foi de R\$ 88.000,00, o que equivale a um custo semanal de manutenção de R\$ 2.200,00.

O salário médio dos motoristas adotado foi de R\$ 1.019,00, conforme dados da pesquisa salarial do Instituto de Pesquisas Datafolha para o mês de junho de 2007. A esse valor, devem ser acrescidos 88% referente aos encargos sociais, resultando em custo final para a empresa de R\$ 1.915,72 por motorista. De acordo com a CLT – Consolidação das Leis Trabalhistas, artigo 64, o valor da hora extra paga ao trabalhador é igual ao salário-hora acrescido de 50%. Na situação proposta, o salário-hora do trabalhador era de R\$ 4,64, assim, a hora extra utilizada foi de R\$ 6,95. O veículo Iveco 4912 pertencente à empresa rodava em média 7 km por litro de combustível, e o caminhão Mercedes-Benz 1214 rodava em média 3,5 km por litro de combustível.

As restrições da rota englobam diversas variáveis, entre elas destacam-se:

- *Zonas de velocidade* → Compreendem uma caixa que delimita uma região da rota onde a velocidade do veículo é diferente das demais. No presente estudo foi considerado que a velocidade no trajeto do veículo entre cidades é de 80 km/h. No entanto, existem muitos pontos dentro de uma mesma cidade, como na rota de Juiz de Fora, na qual a velocidade de deslocamento entre um ponto e outro é menor, sendo de 40 km/h.
- *Fator de escala* → As informações geradas pelo *software* ROUTER consideram distâncias lineares entre os pontos, ou seja, em linha reta. Dessa forma, torna-se necessário aproximá-las da escala rodoviária real; para tanto, conforme descreve Ballou (2006), para deslocamento entre cidades, deve-se utilizar um fator de escala de 1,21. Assim, aumenta em 21% o valor observado em linha reta.
- *Tempo de descarregamento* → Durante as entregas, foram considerados tempos pré-definidos para realizar o descarregamento dos produtos. Assim, para a faixa de até 300 unidades entregues no cliente, este tempo foi de 10 minutos, entre 300 e 600 unidades, o tempo foi de 15 minutos, e para clientes com demanda acima de 600 unidades, o tempo considerado foi de 20 minutos.
- *Horário de saída* → O horário de saída dos motoristas do depósito da empresa ocorria preferencialmente de madrugada, diante da fragilidade do produto em relação ao calor. Assim, considerou-se que todos os veículos saíam do depósito às quatro horas da manhã.
- *Janela de tempo do motorista* → Também foram consideradas as paradas do motorista para descanso e lanche, que eram de 15 minutos e podiam ocorrer após quatro horas depois de sua saída do depósito, ou seja, a partir de oito horas da manhã. Quanto à parada para almoço, esta podia ocorrer a partir do meio-dia, ou seja, quatro horas depois de ter lanchado.

Os custos com combustível foram definidos de acordo com o preço médio do óleo diesel praticado no Estado de Minas Gerais na época, que era de R\$ 1,90 por litro. Os custos com o veículo terceirizado, obtidos junto à empresa, correspondiam a um valor mensal que girava em torno de R\$ 10.000,00, o que corresponde a um valor médio semanal de R\$ 2.500,00.

### 3.4. Proposição de alternativas

A proposição de rotas alternativas com distâncias e custos menores foi feita através da simulação de cenários. Para tanto, adotou-se uma quantidade de veículos maior do que os que a empresa tem à disposição, porém com as mesmas características, para que o ROUTER

retorne qual seria a quantidade ideal de veículos e quais tipos de veículos a empresa deveria contar para que a rota seja interessante.

Para avaliação de cenários, foram consideradas duas situações. Na primeira, utilizou-se somente a frota própria (Mercedes 1214 e Iveco 4912), com uma quantidade de veículos disponíveis superior ao que realmente existia, para que o *software* determine o tipo e a quantidade de veículos ideais, conforme já descrito. Na segunda situação, foi considerada a utilização somente de frota terceirizada (Mercedes 710) com uma quantidade de veículos disponíveis superior ao que existia à disposição da empresa. Essas situações possibilitam visualizar o que seria mais interessante para a empresa em termos financeiros, ter a frota própria ou terceirizada.

Os resultados obtidos através do programa ROUTER foram apresentados como alternativas para a empresa na entrega dos produtos. Com isso, pôde-se verificar se é possível para a empresa realizar suas entregas com uma distância total percorrida menor ou um custo total menor.

## **4. Resultados e discussão**

### **4.1. Identificação das rotas adotadas pela empresa**

A empresa contemplada nesse estudo dispunha de três veículos para a realização das entregas de seus produtos: dois próprios e um terceirizado. O primeiro deles é um caminhão Mercedes 1214 com capacidade para transportar 6000 unidades, que pertence à empresa. Esse veículo faz entregas de segunda-feira à sexta-feira, sendo que inicia suas atividades às quatro horas da manhã, seguindo a rota 8 de Viçosa (MG) à Petrópolis (RJ).

A rota 2, que sai de Viçosa (MG) para Barbacena (MG) é atendida pelo veículo Iveco 4912, também pertencente à empresa, o qual possuía capacidade para transportar até 2800 unidades de pão, e também inicia suas atividades às quatro horas da manhã. No entanto, a disponibilidade de trabalho durante a semana era de segunda-feira a quinta-feira.

Para atender aos clientes da cidade de Juiz de Fora, que correspondem à rota 7, a empresa terceiriza o serviço de entregas. O veículo utilizado é um Mercedes – Benz 710 com capacidade de transporte de 3600 unidades e disponibilidade para entregas de segunda-feira a sexta-feira. No Anexo A, são apresentadas as coordenadas geográficas, já convertidas para milhas, e a quantidade de pães que são entregues para cada cliente.

As rotas identificadas mostram que a empresa divide as entregas de acordo com sua disponibilidade de veículos e região de entrega. Todas as rotas saem do depósito localizado em Viçosa-MG em três rotas principais: a rota 8 segue para Petrópolis-RJ e região e atende oito clientes ao longo do caminho; a rota 2 segue para Barbacena-MG e região e conta com dezesseis clientes, o maior contingente dos dados observados; por fim, a empresa utiliza a rota 7 que segue exclusivamente para Juiz de Fora, já que existem muitos clientes nesse local, porém, junto à empresa foram conseguidas informações de somente nove clientes.

### **4.2. Elaboração das rotas ótimas**

Os dados obtidos junto à empresa para os clientes em questão, juntamente com as considerações para as variáveis que não foram informadas, foram lançados no *software* ROUTER. Assim, utilizando os três veículos à disposição da empresa, 01 Mercedes 1214, 01 Iveco 4912 e 01 Mercedes 710, o programa calculou qual seria a melhor rota para essa situação. Os principais resultados em relação a tempo, custo e distância estão apresentados nas Tabelas 1 e 2.

TABELA 1 – Resultados para tempo de rota, custos e distância dos veículos disponíveis na empresa

Rota	Tempo de rota (horas)	Hora de saída	Hora de chegada	Nº de paradas	Distância (milhas)	Custo (R\$/sem.)
1	12,3	4:00	16:15	19	397	4.494,37
2	11,4	4:00	15:25	14	392	2.500,00
<b>Total</b>				33	789	6.994,37

TABELA 2 – Informações sobre os veículos necessários para roteirização da empresa

Rota	Veículo	Capacidade	Qtde. entregue	% utilizada
1	Mercedes 1214	6.000	3.557	59,3
2	Mercedes 710	3.600	3.424	95,1
<b>Total</b>		9.600	6.981	72,7

Esses resultados mostraram que, segundo o *software*, para que os custos e as distâncias totais sejam minimizados, a empresa deve utilizar apenas dois caminhões: 01 Mercedes 1214, próprio, e 01 Mercedes 710, terceirizado. Dessa forma, o custo total incorrido nas rotas para a empresa seria de R\$ 6.994,37 por semana, com uma distância total percorrida de 789 milhas. Embora não tenha sido possível obter o valor real dos custos referentes às rotas que a empresa adota, essa nova programação dos veículos se mostra viável e interessante, já que a empresa utiliza os três caminhões disponíveis para realizar as mesmas entregas que os dois caminhões selecionados pelo *software* realizariam caso seguissem as rotas propostas.

A Figura 1 mostra as rotas ótimas para essa situação.

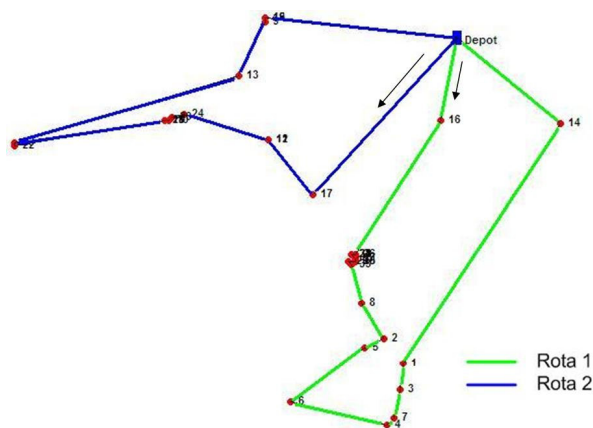


FIGURA 1 – Roteirização das entregas da empresa.

### 4.3. Proposição de cenários

#### 4.3.1. Situação 1

O primeiro cenário considerou somente a utilização da frota própria e sem restrição de quantidade de veículos, ou seja, admitindo-se uma quantidade de 5 veículos de cada tipo, para que o ROUTER retorne a quantidade ótima e necessária para que os clientes sejam atendidos. Dessa forma, foi possível obter as informações apresentadas nas Tabelas 3 e 4.

TABELA 3 – Resultados para tempo de rota, custos e distância para a situação 1

Rota	Tempo de rota (horas)	Hora de saída	Hora de chegada	Nº de paradas	Distância (milhas)	Custo (R\$/sem.)
1	10,7	4:00	14:39	13	366	4.456,31
2	12,9	4:00	16:56	20	418	4.518,19
<b>Total</b>				33	784	8.974,50



TABELA 4 – Informações sobre os veículos necessários para a situação 1

Rota	Veículo	Capacidade	Qtde. entregue	% utilizada
1	Mercedes 1214	6.000	2.965	49,4
2	Mercedes 1214	6.000	4.016	66,9
<b>Total</b>		12.000	6.981	58,2

Esses resultados mostram que sem utilizar veículos do tipo terceirizado (Mercedes – Benz 710), a empresa teria que adquirir mais um veículo com as características do Mercedes – Benz 1214 para realizar todas as entregas. Essa situação apresenta uma distância total percorrida de 784 milhas e um custo total de R\$ 8.974,50 por semana.

A diferença entre as rotas adotadas pela empresa, de acordo com o *software*, e as rotas para a situação em que a empresa utiliza somente a frota própria foi insignificante, já que a redução na distância total percorrida foi de apenas 5 milhas. Contudo, o custo total aumentou significativamente, passando de R\$ 6.994,37 para R\$ 8.974,50, mostrando-se uma alternativa fora de cogitação. Além disso, essa situação seria ainda mais inviável, pois a empresa teria que adquirir um novo veículo, o que aumentaria o nível de investimentos.

As rotas para essa situação são apresentadas na Figura 2.

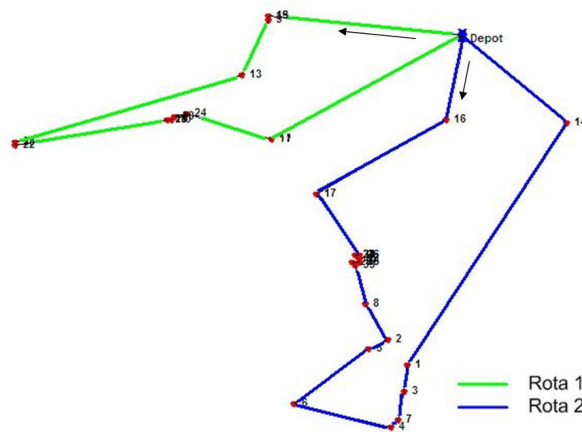


FIGURA 2 – Roteirização das entregas da empresa para o cenário 1.

#### 4.3.2. Situação 2

Para o segundo cenário, considerou-se que seriam utilizados somente veículos terceirizados, com as características do Mercedes 710. Para que o programa retorne a quantidade ideal de veículos a serem usados, adotou-se uma quantidade ilimitada de caminhões. Conforme mostram as Tabelas 5 e 6.

TABELA 5 – Resultados para tempo de rota, custos e distância para a situação 2

Rota	Tempo de rota (horas)	Hora de saída	Hora de chegada	Nº de paradas	Distância (milhas)	Custo (R\$/sem)
1	12,3	4:00	16:15	19	397	2.500,00
2	11,4	4:00	15:25	14	392	2.500,00
<b>Total</b>				33	789	5.000,00

TABELA 6 – Informações sobre os veículos necessários para a situação 2

Rota	Veículo	Capacidade	Qtde. entregue	% utilizada
1	Mercedes 710	3.600	3.557	98,8
2	Mercedes 710	3.600	3.424	95,1
<b>Total</b>		7.200	6.981	97,0

Esses resultados mostram que, para a situação 2, a utilização de frota terceirizada com as características do Mercedes 710 seria mais viável e interessante. Isso porque os custos totais com a frota terceirizada, R\$ 5.000,00 por semana, foram menores do que os que foram calculados pelo software, R\$ 6.994,37, os quais compreendiam a utilização dos veículos que a empresa tinha à disposição, e as rotas obtidas se mostraram idênticas. Além disso, a empresa evitaria os custos com manutenção de veículos, os quais são imprevisíveis e imediatos quando ocorrem, e os custos com salários e encargos sociais dos motoristas.

A Figura 3 mostra as rotas ótimas para essa situação.

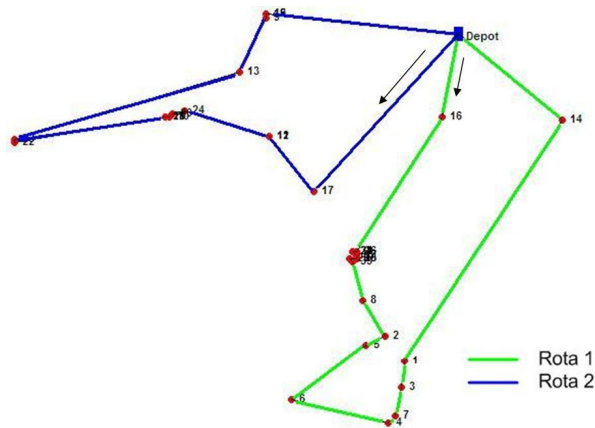


FIGURA 3 – Roteirização das entregas da empresa para o cenário 2.

## 5. Conclusão

A Engenharia de Produção proporciona um vasto campo de conhecimentos. Alguns destes foram aplicados no desenvolvimento desse projeto, como conceitos de logística e pesquisa operacional, dos quais se destaca a roteirização de veículos, ferramenta de grande importância no auxílio à redução de custos e na tomada de decisão.

Diante de tudo que foi visto, este presente estudo alcançou seus objetivos, propondo uma programação para a frota de veículos da empresa em estudo com os menores custos e distâncias possíveis, baseando-se nos dados que foram fornecidos pela própria empresa. Assim, ela poderia fazer suas entregas utilizando somente dois veículos em duas rotas, diferente do que foi observado na realidade, na qual ela utiliza três veículos em três rotas para atender aos mesmos clientes.

Outro sucesso foi a verificação da viabilidade dos cenários propostos, dos quais se mostrou viável a situação em que a empresa terceiriza seu serviço de entregas. Isso não só apresentou um custo total menor, como algumas vantagens, entre elas a redução da responsabilidade sobre o transporte dos produtos e a eliminação dos custos referentes à manutenção e empregados, o que permite à empresa concentrar-se exclusivamente no setor de produção e aumentar sua competitividade à medida que diminui custos.

As principais dificuldades encontradas durante a realização desse estudo, foram a falta de informações específicas em relação aos custos operacionais, dado a dificuldade de mensuração dessa variável, já que isso consumia um tempo considerável e a empresa não tinha disponibilidade para tanto; e o *software* utilizado, que, por ser de uso didático, apresenta uma interface de trabalho limitada. Portanto, sugerimos que em trabalhos futuros sejam utilizados *softwares* mais apropriados, de fácil manipulação e com maior capacidade de análise de dados para obtenção de informações mais precisas.

## 6. Referências Bibliográficas

- ANTT – Agência Nacional de Transportes Terrestres. Disponível em: <<http://www.antt.gov.br>>. Acesso em 23 de jan. 2007.
- BABA, C. M.; CORRÊA, F. H. M.; SOUZA, S. A. C.; WAHBA, T. M.; MEDINA, A. C. Otimização da colônia de formigas aplicada ao problema da programação e roteirização de veículos para o transporte de pessoas portadoras de deficiência. XXIV Encontro Nac. de Eng. de Produção - Florianópolis, SC, Brasil, 03 a 05 de nov. de 2004.
- BALLOU, Ronald H. - Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos/Logística Empresarial; Tradução Raul Rubenich. - 5. ed. - Porto Alegre: Bookman, 2006.
- BODIN, L. D., GOLDEN, B., ASSAD, A., BALL, M. Routing and Scheduling of Vehicle and Crews: The State of the Art. Computers and Operations Research, v. 10, n. 2, p.63-211, 1983
- CASTRO JUNIOR, J. C. Processo de Entrada e Roteirização de Pedidos: um Estudo do Caso de Empresas Atacadistas da Cidade de Uberlândia – MG. São Carlos: Universidade Federal de São Carlos – UFSCAR. Departamento de Engenharia de Produção, 2000.
- CHRISTOFIDES, N. Graphs Theory: an Algorithmic approach. New York: Academic Press Inc, London, 1982.
- CHRISTOFIDES, N. Vehicle Routing, in: the Traveling Salesman Problem: a Guide Tour of Combinatorial Optimization, Wiley - 1985
- CHRISTOPHER, M. Logística e Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos – Estratégias para a Redução de Custos e Melhoria dos Serviços. Editora Pioneira, São Paulo, 1997.
- CUNHA, C. B. Aspectos Práticos da Aplicação de Modelos de Roteirização de Veículos a Problemas Reais. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Transportes. Disponível em: <<http://www.ptr.usp.br>>. Acesso em 18 de jan. 2007.
- CUNHA, C.B. Uma contribuição para o problema de roteirização de veículos com restrições operacionais. São Paulo: EPUSP, Departamento de Engenharia de Transportes. 222p, 1997.
- DATAFOLHA, Instituto de Pesquisas. Bolsa de Salários. Consulta de Cargos e Salários. Disponível em: <<http://datafolha.folha.uol.com.br>>. Acesso em 19 de jul. 2007.
- ERHART, S.; PALMEIRA, E. M. Análise do Setor de Transportes. Disponível em: <<http://www.eumed.net>>. Acesso em 07 de fev. 2007.
- FARKUH NETO, A.; LIMA, R. S. Roteirização de Veículos de uma Rede Atacadista com o Auxílio de Sistemas de Informações Geográficas (SIG). Revista Pesquisa e Desenvolvimento Engenharia de Produção n.5, p. 18 – 39, 2006.
- LAPORTE, G. The vehicle routing problem: an overview of exact and approximate algorithms. European Journal of Operational Research, 59: 345-358, 1992.
- MAGEE, J. F.; COPACINO, W. C.; ROSENFELD, D. B. Modern logistics management : integrating marketing, manufacturing, and physical distribution. New York: Wiley, 1985.
- MARINO, Silvia. *A voz e a vez dos embarcadores*. Revista Tecnológica, ano IX, nº 95, 2003.
- MENDES, S.V. Gestão Financeira de um Sistema Logístico. 71p. Monografia - Universidade de Taubaté, 2000.
- PROPAN – Programa de Apoio à Panificação. Perfil do Setor de Panificação no Brasil. Disponível em: <<http://www.propan.com.br>>. Acesso em 22 de jan. 2007.
- SACRAMENTO & HOLANDA. Roteirização Viária Utilizando Banco De Dados Geográfico. Universidade da Amazônia – UNAMA. Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas – CCET, Curso de Ciência da Computação: Belém – PA, 2004. Disponível em: <<http://www.cci.unama.br>>. Acesso em 03 de fev. 2007.
- SCHOPF, E. C.; SCHEPKE, C.; SILVA, M. L.; SILVA, P. F. Avaliação de Heurísticas de Melhoramento e da Metaheurística Busca Tabu para Solução de PRV. Centro de Eletrônica e Tecnologia - Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Disponível em: <<http://www.inf.ufrgs.br>>. Acesso em 02 de fev. 2007.
- SHIGUEMOTO, A. L. Heurísticas para o Problema de Estoque e Roteamento de Veículos. Campinas: Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP – São Paulo: [s.n.], 2004.
- VERÍSSIMO, N. Análise da Aplicação de um *Software* Roteirizador em um Sistema Milk-Run. São Carlos: Universidade Federal de São Carlos – UFSCAR. Departamento de Engenharia de Produção, 2001.

ZAMBONI, L.V.S., Técnicas de Roteirização de Veículos Aplicadas na Otimização dos Serviços Postais. Dissertação de Mestrado, UFPR, 1997.

## 7. ANEXO A – Coordenadas geográficas dos clientes

Número	Rota	Local	Longitude em milhas (O)	Latitude em milhas (S)	Quantidade (un./sem)
1	8	Cereais Bramil Ltda. PV01	431,04	4682,43	44
2	8	Cereais Bramil Ltda. PV02	425,21	4690,50	529
3	8	Cereais Bramil Ltda. PV03	426,90	4663,58	179
4	8	Cereais Bramil Ltda. PV04	430,73	4674,40	902
5	8	Cereais Bramil Ltda. PV05	419,99	4687,42	137
6	8	Cereais Bramil Ltda. PV07	396,13	4670,89	213
7	8	Cereais Bramil Ltda. PV09	428,55	4665,18	88
8	8	Padaria Pão Nosso	418,71	4701,09	17
9	2	EPA Loja 51	388,49	4789,13	10
10	2	Sales - Loja 01	358,05	4758,47	373
11	2	Sales - Loja 02	389,69	4752,69	664
12	2	Sales - Loja 03	389,56	4752,09	422
13	2	Sales - Loja 04	380,45	4772,29	535
14	2	Sales - Loja 08	480,67	4757,49	252
15	2	Sales - Loja 09	388,98	4790,95	175
16	2	Sales - Loja 10	443,51	4758,95	80
17	2	Sales - Loja 12	403,86	4735,44	459
18	2	Sempre Minas	357,63	4758,24	7
19	2	Superm. BH Loja 16	388,12	4790,74	63
20	2	Superm. Fredezan L1	359,68	4759,16	170
21	2	Superm. Fredezan L2	357,99	4758,33	259
22	2	Superm. Fredezan L3	310,14	4750,90	98
23	2	Superm. Fredezan L4	310,97	4751,36	94
24	2	Superm. Fredezan L5	363,59	4760,20	54
25	7	Superm. Bahamas A	416,55	4714,65	100
26	7	Superm. Bahamas B	416,19	4716,13	110
27	7	Superm. Bahamas C	416,54	4715,26	85
28	7	Superm. Bahamas D	415,02	4716,35	70
29	7	Superm. Bahamas E	414,56	4714,40	96
30	7	Superm. Bahamas F	416,67	4714,13	115
31	7	Superm. Bretas A	415,19	4716,46	180
32	7	Superm. Bretas B	415,91	4713,64	140
33	7	Superm. Bretas C	416,43	4715,50	220

Fonte: Elaboração própria