

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE TRANSPORTES E GEOTECNIA
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM LOGÍSTICA ESTRATÉGICA E
SISTEMAS DE TRANSPORTE

SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO FÍSICA DE GARRAFA DE 500ML PARA UMA
EMPRESA DE ÁGUA MINERAL

Monografia

Luisa Martins da Costa Machado

Belo Horizonte, 2012

Luisa Martins da Costa Machado

SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO FÍSICA DE GARRAFA DE 500ML PARA UMA
EMPRESA DE ÁGUA MINERAL

Trabalho apresentado ao Curso de Especialização em Logística Estratégica e Sistemas de Transporte, da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do Título de Especialista em Logística Estratégica e Sistemas de Transporte.

Orientadora: Professora Dra. Leise Kelli de
Oliveira

Belo Horizonte, 2012

SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO FÍSICA DE GARRAFA DE 500ML PARA UMA
EMPRESA DE ÁGUA MINERAL

Luisa Martins da Costa Machado

Este trabalho foi analisado e julgado adequado para a obtenção do título de Especialista em Logística Estratégica e Sistemas de Transporte e aprovado em sua forma final pela Banca Examinadora.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dra. Leise Kelli de Oliveira
Orientador

Prof. Dr. Nilson Tadeu Ramos Nunes
Avaliador

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais e ao Daniel pelo apoio e pela torcida. Ao empreendedor e meu querido avô Thomazinho, pelo exemplo. E à professora Leise, pela orientação na elaboração desse trabalho.

RESUMO

O presente estudo tem como objetivo analisar, do ponto de vista da distribuição, o impacto da inserção de uma nova linha de produtos em uma empresa de extração e envasamento de água mineral. A empresa opera desde o final de 2008 com a produção de galões de 20L e pretende expandir o seu negócio com o envasamento de descartáveis, inicialmente embalagens de 500mL. O interesse da empresa nessa nova linha de produtos surgiu devido à crescente demanda de água mineral no país, à localização estratégica da fonte e à diversidade do mercado de descartáveis, o que permite maior possibilidade de venda do produto. Fatores como espaço físico da indústria, capacidade nominal da fonte de água mineral e tecnologia envolvida no processo não restringem a inserção da linha de produção de água mineral em garrafas de 500mL. Dessa forma, a empresa já adotou como premissa para o próximo ano a atuação nesse novo mercado e, portanto, o estudo não contempla a análise da viabilidade de produção do novo produto. O problema consiste em definir a melhor forma de distribuição de garrafas de água mineral de 500mL. O objetivo do trabalho é determinar o melhor veículo para distribuição de garrafas de 500mL de água mineral, para atender um mercado com demanda a ser determinada, a partir da indústria. Para cumprir o objetivo, duas análises foram realizadas, com enfoque em redução no custo total. A primeira, indicada para a fase de planejamento do negócio, buscou definir qual o veículo adequado para atender à demanda específica, considerando custos fixos e variáveis e a capacidade do veículo. Posteriormente, foi realizado um estudo para otimizar a utilização do veículo e definir as rotas de distribuição, voltada para a fase operacional da distribuição.

Palavras-Chave: Distribuição física, Gerenciamento da Frota, Roteirização

ABSTRACT

The present study aims to analyze, from the standpoint of distribution, the impact of inserting a new product line in a mineral water company. The company has been operating since 2008 producing gallons of 20 liters and intends to expand its business to the bottling of disposable packaging, initially of 500 milliliters. The company's interest in this new product line came about due to growing demand for mineral water in the country, the strategic location of the source and the diversity of the disposable market, allowing greater possibility of selling the product. Factors such as physical space industry, rated capacity of the source of mineral water and technology involved in the process does not restrict the insertion of the production line for mineral water in 500 milliliters bottles. Thus, the company has adopted as a premise for the next year working in this new market and therefore the study does not include the analysis of the feasibility of producing the new product. The problem is to define the best way to distribute bottled mineral water. The objective is to determine the suitable vehicle for distribution of bottles from the industry, in order to meet a market demand to be determined. To fulfill the objective, two analyzes were performed, with a focus on reducing the total cost. The first, indicated for the planning phase of the business, which sought to define the appropriate vehicle to meet the specific demand, considering fixed and variable costs and capacity of the vehicle. Later, a study was conducted to optimize the use of the vehicle and set the distribution routes, aimed at the operational phase of the distribution.

Key-words: Physical distribution of products, Fleet Management, Routing

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 –	Vista Geral da Empresa.....	21
Figura 5.1 –	Mapa Geral da Região.....	30

LISTA DE TABELAS

Tabela 5.1 –	Demanda média mensal estimada por zona de entrega.....	32
Tabela 5.2 –	Distância média (km) entre a indústria e as cidades da região....	32
Tabela 5.3 –	Distância média (km) interna e número de clientes.....	34
Tabela 5.4 –	Características dos Veículos Analisados.....	35
Tabela 5.5 –	Demanda média semanal.....	36
Tabela 5.6 –	Número de visitas mensais para o veículo A.....	37
Tabela 5.7 –	Custo mensal – Veículo A.....	38
Tabela 5.8 –	Número de visitas mensais para o veículo B.....	38
Tabela 5.9 –	Custo mensal – Veículo B.....	39
Tabela 5.10 –	Número de visitas mensais para o veículo C.....	39
Tabela 5.11 –	Custo mensal – Veículo C.....	40
Tabela 5.12 –	Número de visitas mensais para o veículo D.....	40
Tabela 5.13 –	Custo mensal – Veículo D.....	41
Tabela 5.14 –	Comparativo entre os custos das opções de veículos.....	41
Tabela 5.15 –	Distâncias entre as zonas de entregas.....	42
Tabela 5.16 –	Ganhos ou Economias de Percurso entre os Nós.....	43
Tabela 5.17 –	Método Clarke e Wright: 20 maiores ganhos.....	44
Tabela 5.18 –	Tempo Médio de Ciclo – Proposta.....	45
Tabela 5.19 –	Tempo Médio de Ciclo – Roteiro 1.....	46
Tabela 5.20 –	Tempo Médio de Ciclo – Roteiro 2.....	47
Tabela 5.21 –	Tempo Médio de Ciclo – Roteiro 3.....	47

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABINAM -	Associação Brasileira de Indústria de Água Mineral
EMBRAPA-	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
IBGE-	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IEF -	Instituto Estadual de Florestas
IGAM -	Instituto Mineiro de Gestão das Águas
GIS -	Sistema de Informação Geográfica
Km -	Quilometragem
L -	Litro
mL -	Mililitro
Kg -	Quilograma

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
1.1 Objetivos	13
1.2 Objetivos Específicos	13
1.3 Limitações	13
1.4 Estrutura do trabalho.....	14
2. DISTRIBUIÇÃO FÍSICA DE PRODUTOS	15
2.1 Conceito	15
2.2 Gerenciamento da Frota	16
2.3 Roteirização	17
2.4 Custos Logísticos.....	19
3. O PROBLEMA DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA: A EMPRESA SANTA HELENA	
21	
3.1 Processo de Produção de Galões de 20L.....	21
3.2 Análise do Mercado	22
3.3 Necessidades.....	23
3.4 Processo de Produção de Garrafinhas de 500mL	24
3.5 Inclusão de Linha de Produção de Descartáveis na Água Mineral Santa Helena	26
3.5.1 Instalações	26
3.5.2 Planejamento da Produção	27
3.5.3 Marketing.....	27
3.5.4 Distribuição.....	27
4. METODOLOGIA	29
5. RESULTADOS.....	30
5.1 Potenciais Clientes.....	30
5.2 Demanda	31
5.3 Distância	32
5.3.1 Distância da Indústria às Zonas de Entrega.....	32
5.3.2 Distância Percorrida Dentro da Zona de Entregas	33
5.4 Custos.....	34
5.5 Determinação da Frota	35

5.5.1	Custo Mensal Veículo A	37
5.5.2	Custo Mensal Veículo B	38
5.5.3	Custo Mensal Veículo C	39
5.5.4	Custo Mensal Veículo D	40
5.5.5	Comparativos dos Custos.....	41
5.6	Roteirização	42
6.	CONCLUSÃO	49
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51

1. INTRODUÇÃO

O mercado de água mineral tem se tornado pulverizado, com inúmeras pequenas e médias empresas atuando no setor. De acordo com a Associação Brasileira de Águas Minerais (ABINAM, 2011), 35 empresas respondem por 50% da produção nacional. Observa-se um interesse cada vez maior de investidores, acompanhando o aumento da demanda, e a possibilidade de se investir em um recurso que se tornará escasso e, por isso, muito valorizado. Dados da Associação Internacional de Águas Engarrafadas (2010) indicam que o Brasil ocupa o 4º lugar no ranking mundial de produtores, consumindo mais água que países como Itália, Alemanha, França e Espanha. O país fica atrás apenas dos Estados Unidos, México (que crescem, em média, 8,5% ao ano) e da China, cuja demanda aumenta 17,5% a cada ano.

A empresa escolhida para a realização do trabalho de conclusão de curso, Água Mineral Santa Helena, está localizada na Fazenda Rio do Peixe no município de Nova Era (MG), próximo à região do Vale do Aço. A empresa opera desde outubro de 2008 com produção exclusiva de galões de 20L de água mineral.

A escolha do local se deu com o objetivo de dar continuidade ao estudo iniciado em 2009 sobre a viabilidade de operação de uma nova linha de produção de descartáveis de 500mL. Esse estudo foi focado na viabilidade econômica do projeto, ou seja, determinar a melhor forma de obtenção da embalagem plástica para a produção de garrafinhas de 500mL, comprando de um fornecedor externo ou produzindo nas próprias instalações industriais da empresa. O resultado indicou que os esforços da empresa deveriam ser focados em entrar no mercado de 500 mL, pois o envasamento de embalagens menores pode ajudar na diluição dos custos fixos e aumentar a margem, além de aproveitar ao máximo a capacidade nominal da fonte. A linha de água mineral em embalagens descartáveis agrega valor à marca, uma vez que esse produto apresenta mercado mais diversificado como bares, lanchonetes, supermercado, hotéis e, por isso, maior viabilidade de produção e venda, o que aumentaria a rentabilidade do negócio.

A partir disso, mudanças significativas na fábrica devem ser consideradas, pois o processo de 500mL se distingue em muito do de 20L, principalmente em

relação à armazenagem e distribuição, foco deste novo estudo. Os galões de 20L, apresenta um processo de produção e distribuição bastante característicos, realizado através do sistema *just in time*, ou seja, a produção é iniciada quando o distribuidor chega na indústria com seus galões vazios a serem higienizados e envasados.

O problema a ser tratado diz respeito à forma de distribuição de garrafas de água mineral de 500mL, pois, nesse caso, a venda é feita diretamente pela empresa sem o intermédio de distribuidores.

1.1 Objetivos

O objetivo do trabalho é determinar o veículo adequado para a distribuição de água mineral em garrafas de 500mL, visando atender a um mercado com demanda a ser determinada, a partir de uma indústria. O enfoque é a análise das opções de veículos mais utilizados e indicados para o caso e de seus custos, de forma que o objetivo geral é minimizar o custo total de transporte.

1.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos ou intermediários são aqueles necessários para alcançar os objetivos principais. Dessa forma, os objetivos intermediários do trabalho incluem o estudo do potencial de mercado para o produto na região, a identificação de clientes, suas localizações e demandas. Além desses, o entendimento da necessidade da empresa e do processo produtivo da água mineral em garrafas descartáveis de 500mL são objetivos específicos.

1.3 Limitações

As limitações do trabalho se relacionam ao desconhecimento do processo produtivo de água mineral em embalagens descartáveis de 500mL pela empresa, já que atualmente opera apenas a linha de galões de 20L. A alternativa encontrada foi recorrer aos processos de licenciamento para a produção de água mineral em garrafas de 500mL, disponíveis no banco de dados do Instituto Estadual de Florestas (IEF).

Outra dificuldade refere-se a obtenção de dados para a previsão de demanda já que o mercado de galão se difere do mercado de garrafa de 500mL de água mineral e nenhum estudo de mercado foi realizado pela empresa até o momento. A revisão de demanda foi, então, baseada em dados do mercado, fornecidos pelos distribuidores, restaurantes e atacadistas da região.

A localização da empresa Água Mineral Santa Helena foi um fator limitante na elaboração do estudo devido à possibilidade de visitar a empresa em Nova Era (MG) apenas nos finais de semana. Assim, como a indústria não opera aos sábados e domingos, o processo produtivo só pôde ser acompanhado durante o período de férias.

1.4 Estrutura do trabalho

Nos próximos capítulos serão apresentados a introdução bibliográfica sobre a Distribuição Física de Produtos e temas que serão abordados no trabalho, o cenário e as necessidades da empresa em que foi realizado o estudo de caso, a apresentação dos resultados e a conclusão do trabalho.

2. DISTRIBUIÇÃO FÍSICA DE PRODUTOS

2.1 Conceito

O objetivo principal da distribuição física de produtos é entregar o produto certo para o cliente certo e em tempo certo, de acordo com o nível de serviço adequado e com o menor custo possível (NOVAES, 2004). A relação entre responsividade e eficiência é um *trade-off* logístico, pois um alto nível de atendimento representa um alto custo de estoque, armazenagem e transporte, o que geralmente não pode ser bancado pela empresa. É necessário buscar o equilíbrio entre custo e benefício, que depende de diversos fatores, como características de produto e do mercado, modalidade de transporte, demanda etc. Assim, a distribuição física de produtos é um fator crucial para a competitividade das empresas.

Os componentes do sistema de distribuição física de produtos se resumem a: instalações fixas, estoques de produtos, veículos, informações, *softwares*, custos e pessoal (NOVAES, 2004). As instalações fixas são os centros de distribuições, depósitos ou armazéns, que abrigam produto acabado até a transferência para as lojas ou a entrega aos clientes. O estoque de produtos representa todo o estoque ao longo do processo produtivo e não apenas ao final dele. Já os veículos são componentes importantes na distribuição física de produtos, uma vez que implica em deslocamento espacial entre indústria, depósitos, varejistas e clientes. E, para se operar um sistema de distribuição física são necessárias diversas informações, como identificação dos clientes, localização, demanda por produto e rotas, além de sistemas computacionais para compilação de dados, planejamento, programação e controle. Ainda segundo Novaes (2004), o sexto componente necessário para a competitividade do sistema de distribuição física é a adoção de uma estrutura de custos adequada e eficaz. Por fim, a mão de obra é um item crucial para a distribuição e, por isso, cada vez mais se faz necessária a qualificação e capacitação do pessoal que atua em um dos elos do processo distributivo.

Além dos componentes da distribuição física, a sua configuração determina diversos fatores específicos. No caso da distribuição “um para muitos”, ou simplesmente compartilhada, o veículo carregado na indústria ou no armazém é destinado a diversos destinos, executando um roteiro de entregas predeterminado (NOVAES, 2004). Do ponto de vista logístico, a distribuição compartilhada é

influenciada por diversos fatores, especialmente zona de entrega, distância percorrida, velocidades médias, tempos de parada e de ciclo, frequência de visitas, quantidade de mercadoria, valor unitário, tipo de acondicionamento, grau de fragilidade e custo global.

O desafio da distribuição física de produtos é equilibrar o atendimento adequado ao cliente ao menor custo possível e, na prática, outros fatores influenciam esse equilíbrio, como o fracionamento da carga, as restrições de circulação de veículos de carga impostas em cidades, horários carga e descarga, velocidades máxima, condições do tráfego, dentre outros.

2.2 Gerenciamento da Frota

Na distribuição física compartilhada de produtos a definição das características do veículo deve ser influenciada pelas seguintes variáveis:

- distância percorrida entre o depósito e a zona de entrega;
- número de pontos visitados por km²;
- tempo médio de parada;
- quantidade média de mercadoria entregue;
- velocidade média de percurso.

Entretanto, além dessas variáveis, é necessário identificar as condições e restrições para a distribuição. A situação ideal é aquela em que o veículo é utilizado em sua plena capacidade, ou seja, maximizando a carga, e durante todas as horas úteis do dia, ou seja, minimizando as paradas (NOVAES, 2004). Dessa forma, a definição da frota, etapa fundamental na fase de planejamento e dimensionamento do sistema de distribuição, depende da determinação dos custos. A metodologia apresentada por Novaes (2004) se baseia na análise inicial das restrições de tempo e capacidade área definir a zona de entrega. A partir dessas definições, é calculado o custo unitário para cada veículo candidato, escolhendo o veículo que apresentar menor custo.

2.3 Roteirização

Quando o enfoque da distribuição física de produtos for operacional, ou seja, na fase de execução, um problema muito frequente é o da roteirização de veículos. Um problema real de roteirização é definido por três fatores:

- Decisões;
- Objetivos;
- Restrições.

As decisões em um sistema de distribuição física são os clientes a serem visitados, os veículos a serem utilizados, as rotas e as programações das entregas. O objetivo principal da roteirização é efetuar a entrega ou visita, buscando o nível de atendimento adequado, com foco na minimização dos custos totais. Para finalizar, as restrições são as regras a serem obedecidas na distribuição, como restrições de tráfego e jornadas de trabalho.

O método de Clarke e Wright (Clarke e Wright, 1963) é um dos modelos matemáticos para resolução de problemas de roteirização. O objetivo do método é gerar rotas com a menor distância total percorrida, buscando a otimização dos recursos utilizados e obedecendo às restrições de tempo e capacidade. O modelo se inicia com a análise de todas as combinações possíveis de distâncias percorridas entre clientes (nós), dois a dois. A partir disso, é calculada a economia de percurso (ganho) do roteiro compartilhado entre esses dois clientes em relação a uma entrega separada para esses clientes (entrega a um único cliente a partir do depósito). Os ganhos devem ser organizados de forma decrescente e o desempenho global é melhorado a partir das trocas de combinações de rotas em cada nó, caso seja possível ou desejável.

A heurística de Clarke e Wright consta das seguintes etapas (NOVAES, 2004):

- **Etapa 1:** Combinam-se todos os pontos dois a dois (ou nós, que representam os clientes, i e j) e calcula-se o ganho ($g_{i,j}$) para cada combinação através da equação 2.1:

$$g_{i,j} = L - L' = d_{D,i} + d_{D,j} - d_{i,j} \quad (\text{Eq 2.1})$$

Onde:

$d_{D,i}$ = Distância entre o depósito e o cliente i ;

$d_{D,j}$ = Distância entre o depósito e o cliente j ;

$d_{i,j}$ = Distância entre o cliente i e o cliente j .

- **Etapa 2:** Ordenam-se os ganhos g de todas as combinações (i, j) , de forma decrescente.
- **Etapa 3:** Inicia-se com a combinação de dois nós (i, j) que apresentou maior ganho $(g_{i,j})$. Depois, segue a ordem decrescente de ganhos, analisando outras combinações entre nós.
- **Etapa 4:** Para cada par de nós (i, j) , verificar se os dois pontos já fazem parte do roteiro:
 - (a) Se i e j ainda não foram incluídos em nenhum dos roteiros iniciados, criar uma nova rota com esses dois nós;
 - (b) Se o ponto i já pertence a um roteiro iniciado, verificar se esse ponto é o primeiro ou o último. Se sim, acrescentar o par de nós (i,j) em uma das extremidades. Fazer a mesma análise para o ponto j . Se nenhum dos dois pontos satisfizer essa condição separadamente, passar para o item (c);
 - (c) Se ambos os nós i e j fazem parte, cada um deles, de roteiros iniciados, mas diferentes, verificar se ambos são extremidades dos respectivos roteiros. Se sim, unir os dois roteiros em um só, caso contrário, passar para a Etapa 5;
- **Etapa 5:** Cada vez que se acrescentar um ou mais pontos em um roteiro, ou sempre que unir duas rotas em uma só, verificar se a nova configuração satisfaz as restrições definidas de tempo e capacidade. Se atender aos limites das restrições, a nova configuração é aceita.

Etapa 6: O processo termina quando todos os nós (clientes) estiverem incluídos no roteiro.

Segundo Ballou (2006), o método de Clarke e Wright produz um erro médio de apenas 2% e, com isso, apresenta uma precisão superior aos demais modelos estudados. Por esse motivo, esse modelo é bastante difundido e utilizado, inclusive embutidos em *softwares* de roteirização (NOVAES, 2004).

Além disso, existem estudos realizados em a partir da aplicação da heurística do modelo em diversas áreas, como uma pesquisa realizada pela EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) para determinar a roteirização para a coleta de produtos agropecuários (LOBO et al, 2005).

2.4 Custos Logísticos

Em decorrência da forte competitividade entre as empresas, a gestão de custos assumiu um papel fundamental na logística. Com a evolução do conceito de cadeia de suprimentos, passou-se a buscar a redução de custos em todos os níveis e de forma sistemática (NOVAES, 2004). A seguir, estão descritos os principais custos logísticos a serem considerados.

O custo do transporte representa uma parcela do custo logístico e deve ser decomposto em duas parcelas: o custo fixo e o custo variável. Segundo Novaes (2004), o custo fixo inclui a amortização do veículo, o salário do motorista e operador, despesas com tributo do veículo e seguro e, também, despesas com manutenção. Já a parcela variável do custo, calculada em R\$/km, inclui combustível, pneus, lubrificantes e peças de reposição.

Outra parcela importante do custo logístico é o custo de estoque. Esse, na verdade, é o somatório de diversos outros custos, pois na distribuição física existem estoques em diferentes pontos da cadeia, ora na fábrica, ora no armazém ou depósito do varejista e também temos estoque em trânsito. O custo total de estoque na fábrica é calculado multiplicando o estoque médio na fábrica pelo valor de uma unidade de produto e pela taxa de juros, pois o estoque é capital imobilizado da empresa. O valor do produto acabado (v) é a soma dos custos de materiais, mão de obra direta e despesas indiretas. O cálculo do custo total de estoque no varejista é similar ao do custo de estoque na fábrica, leva-se em consideração o estoque médio, o custo do produto para o varejista (que pode ser diferente do valor na fábrica) e a taxa de juros. Já o custo de estoque em trânsito é diretamente

proporcional ao valor do produto e ao tempo em que permanece transportado (NOVAES, 2004).

Por último, existe a parcela do custo de armazenagem que representa as instalações físicas do armazém, os equipamentos para estocagem e movimentação, o pessoal envolvido etc. O custo de armazenagem se difere do custo de estoque, pois está relacionado às operações necessárias para manter o estoque físico de produtos na fábrica ou armazéns.

3. O PROBLEMA DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA: A EMPRESA SANTA HELENA

A empresa em estudo, localizada na Fazenda Rio do Peixe no município de Nova Era, região central do Estado de Minas Gerais, é caracterizada como uma empresa de pequeno porte de extração e envasamento de água mineral.

A empresa iniciou suas operações em outubro de 2008 e atua no ramo de água mineral sem gás em galões de 20L. A fonte de captação de água tem vazão de 1.864 litros/hora e a indústria tem capacidade produtiva de 50.000 galões por mês. Atualmente opera com oito funcionários: um Gerente Comercial, um Coordenador Industrial e os demais destinados às atividades operacionais na indústria e no apoio.

A estrutura física da empresa é composta pela Casa de Proteção da Fonte, Reservatório com capacidade para 50.000L, Indústria, Escritório e Área de Proteção Ambiental conforme figura 3.1.

Figura 3.1 - Vista Geral da Empresa



Fonte: Material de Divulgação Santa Helena (2011)

3.1 Processo de Produção de Galões de 20 litros

O processo de produção visa a extração e captação de água mineral a partir da fonte e o envasamento em galões de 20L. O galão é uma embalagem retornável de propriedade dos distribuidores, que são os responsáveis pelo seu fornecimento.

O processo se inicia com a chegada do caminhão dos distribuidores e descarga do galão vazio que passa pela etapa de análise e higienização antes da etapa de envasamento. Ao final, o galão é inspecionado, rotulado e transportado pela esteira para o carregamento do caminhão. Todo o processo tem duração média de 4 horas.

Os distribuidores têm papel fundamental no processo de produção da Água Mineral Santa Helena, pois o seu produto, galão de 20L, chega ao consumidor final através desses parceiros. Por esse motivo, além de conquistar o cliente final, a empresa precisa, primeiramente, realizar um trabalho comercial focado nos distribuidores. No caso de galões de 20L, cada distribuidor retira água de uma determinada fonte, considerando a proximidade, a fidelização, o atendimento e a aceitação do consumidor pelo produto de determinada empresa. Portanto, a consolidação de uma empresa nova no mercado, como é o caso da Santa Helena, encontra barreiras.

A área de atuação da empresa concentra-se na região do Médio Piracicaba e do Vale do Aço, onde também atuam as empresas Aguaí, Igarapé, Ingá, Aqualeve e Viva, principais concorrentes da Santa Helena. A carteira atual de clientes compreende 45 distribuidores em 22 diferentes cidades.

3.2 Análise do Mercado

O consumo de água mineral acompanha a tendência de aumento de consumo observada para outras bebidas não alcoólicas, como os isotônicos, chás e suco de frutas. Mesmo nas classes de menor renda, que há alguns anos não tinham acesso a esse produto, observa-se um crescimento de consumo especialmente através dos galões de 5, 10 e 20 litros. O clima quente e a má qualidade da água de abastecimento público, em algumas cidades, também são considerados fatores que contribuem para o aumento de consumo desse bem mineral, dotados de um caráter sazonal. A crescente preferência do consumidor por um produto naturalmente puro e saudável explica a expansão do mercado brasileiro.

Segundo dados da Associação Brasileira de Águas Minerais (ABINAM, 2011), o mercado nacional de águas engarrafadas cresceu cerca de 10% ao ano nos últimos três anos. Dados da Associação Internacional de Águas Engarrafadas (2010) indicam que o Brasil ocupa o 4º lugar no ranking mundial de produtores, consumindo

mais água que países como Itália, Alemanha, França e Espanha. O país fica atrás apenas dos Estados Unidos, México (que crescem, em média, 8,5% ao ano) e da China, cuja demanda aumenta 17,5% a cada ano.

O mercado de água mineral tem se tornado pulverizado, com inúmeras pequenas e médias empresas atuando no setor. De acordo com a ABINAM (2011), 35 empresas respondem por 50% da produção nacional. Observa-se um interesse cada vez maior de investidores, acompanhando o aumento da demanda, e a possibilidade de se investir em um recurso que se tornará escasso e, por isso, muito valorizado.

3.3 Necessidades

O objeto de estudo desse trabalho surgiu a partir de uma demanda sugerida pela empresa, que, após iniciar a produção de galões de 20L, sentiu a necessidade de investir na linha de produtos descartáveis, inicialmente garrafas de 500mL. Diversos fatores observados e estudados indicam a viabilidade dessa alternativa para o crescimento da empresa.

A produção de galões de 20L não é regular e a vazão da água mineral é espontânea e constante, portanto nos dias sem carregamento a água é desperdiçada. Existe a possibilidade de se estocar a água mineral no reservatório cuja capacidade é de 50.000L, entretanto isso não garante o aproveitamento máximo da fonte (1.846L / hora). A proposta de produção de descartáveis não é feita através do sistema *just in time* como dos galões, ou seja, o produto final pode ser estocado. Dessa forma, enquanto a água mineral não estiver sendo utilizada no envasamento de galões de 20L, ela poderá ser aproveitada no envasamento de garrafas descartáveis, evitando o desperdício do bem mineral e agregando valor.

Além disso, o mercado de galões de 20L é consolidado e restrito devido à dependência de distribuidores e ao grande número de concorrentes. Segundo estimativa da Gerente Comercial, a carteira de clientes poderá chegar, no máximo, a 60 distribuidores, que consumirão cerca de 25.000 galões por mês. Pode-se dizer então que a demanda regional não deverá absorver toda a capacidade produtiva da indústria, de 50.000 galões por mês, o que gera capacidade ociosa dos trabalhadores, maquinário e da fonte.

A linha de produtos descartáveis apresenta maior facilidade de vendas porque não depende exclusivamente de distribuidores, já que existe a possibilidade de distribuição pela própria empresa. Os descartáveis de 500mL apresentam mercado mais diversificado como bares, lanchonetes, restaurantes, supermercado, hotéis e, por isso, maior leque de comercialização. Além disso, nenhum distribuidor ou comércio é exclusivo de marca na venda de produtos descartáveis, o que geralmente acontece no caso de galões de 20L em que há uma fidelização grande entre a fonte e o distribuidor.

Outro fator importante é que o processo produtivo de descartáveis minimiza a possibilidade de contaminação. No caso de galões, a embalagem é reutilizada e, por isso, a qualidade do produto depende da higienização e limpeza do galão. O gargalo de produção nesse caso é a pré-lavagem para garantir a condição de envase da embalagem. Qualquer descuido nessa etapa pode acarretar em uma imagem negativa da marca.

Como o projeto arquitetônico foi concebido exclusivamente para contemplar a linha de produção de galões de 20L, a decisão de investir em uma linha de produção de descartáveis deverá considerar a construção de novas instalações. Entretanto, há espaço físico disponível dentro da própria fazenda, inclusive com uma área adequada para a construção e instalação, já aterrada ao lado do galpão da linha de produção existente.

Por todos esses fatores, o nosso estudo não abordará a análise da viabilidade de inserir a linha de produtos descartáveis de 500mL na empresa. Essa é uma decisão já tomada pela empresa e justificada acima.

3.4 Processo de Produção de Garrafinhas de 500mL

O processo produtivo de garrafas de 500mL pode ser abordado de duas formas. A primeira considera a compra da garrafa plástica descartável de um fornecedor externo, ou seja, o processo de produção se resume ao envase e à distribuição feitos pela empresa. O outro processo considera a produção da embalagem plástica realizada pela empresa, normalmente na própria planta industrial.

O processo produtivo de água mineral de 500mL com a compra da embalagem descartável de um fornecedor externo envolve as seguintes etapas:

- **Compra e Armazenamento de Embalagens:** A embalagem plástica de 500mL é comprada de um fornecedor externo. As especificações da embalagem já são pré-definidas e adequadas ao equipamento de envase. É necessária uma área de armazenamento desse insumo que são comprados em grandes volumes.
- **Limpeza e Higienização das garrafas:** As garrafas plásticas são posicionadas na esteira transportadora, de onde seguem para a Rinsagem, etapa destinada à higienização e limpeza interna e externa das embalagens, que é feita por água mineral. Em seguida, são conduzidas em esteira, passando por um túnel germicida e seguem para o envase.
- **Envase / Tampador:** A envasadora enche a garrafa e a seguir, elas são transportadas através de uma esteira para a colocação da tampa.
- **Rotulagem / Embalagem:** Com a garrafa tampada, o rótulo termoplástico é colocado automaticamente por uma máquina Rotuladora. Ao final da esteira, há mesa acumuladora que auxilia a formação dos fardos dos produtos com embalagem plástica.
- **Armazenamento do produto final:** A água mineral em garrafas de 500mL deverá ser estocada em local apropriado para ser distribuída posteriormente.
- **Distribuição:** A distribuição é realizada pela própria empresa que pode optar por ter uma estrutura logística própria com caminhão frota e motorista ou terceirizar esse serviço através do pagamento de frete.

O processo produtivo com a produção da embalagem realizada na empresa difere do processo descrito anteriormente por envolver a etapa de fabricação da garrafa plástica através do equipamento de sopragem. A matéria-prima para o processo de sopragem é um material plástico, denominado preforma, que funciona como uma forma, destinado à produção de embalagens plásticas de 500mL. As etapas do processo são descritas a seguir.

- **Compra e Armazenamento de Preforma:** A compra da preforma é realizada de um fornecedor externo em grandes volumes e são armazenadas em local apropriado nas instalações da indústria.
- **Sopragem:** A máquina sopradora é abastecida por preformas e por um sistema de injeção de ar, as garrafinhas plásticas são produzidas e depois resfriadas por água. As garrafinhas devem permanecer em descanso por 48 horas para evitar a contaminação da água.

As demais etapas correspondentes ao processo de enchimento das garrafinhas são idênticas ao processo com a terceirização da embalagem plástica: Limpeza e Higienização das Garrafas, Envase / Tampador, Rotulagem / Embalagem, Armazenamento do produto final e Distribuição.

3.5 Inclusão de Linha de Produção de Descartáveis na Água Mineral Santa Helena

A inclusão de uma nova linha de produção de garrafinhas de 500mL na empresa requer tanto adaptações financeiras, quanto físicas e gerenciais. Como a empresa já decidiu pela inserção no mercado de descartáveis, por motivos já detalhados nesse trabalho, foram levantadas as mudanças necessárias e apresentadas as alternativas para a viabilidade do negócio.

3.5.1 Instalações

Adaptações nas instalações da empresa são necessárias para abrigar a nova linha de produção. A estrutura física da planta foi projetada considerando a possibilidade de expansão dos negócios e, por isso, é viável a utilização de um espaço ao lado dos galpões da linha de produção atual para construção da nova estrutura.

3.5.2 Planejamento da Produção

Na produção dos galões de 20L a demanda é instantânea, ou seja, os distribuidores ofertam seus galões e a empresa realiza o envase imediato. A produção é puxada pela ordem de serviço do distribuidor. No caso das garrafas de 500mL, a empresa será responsável integralmente pelo planejamento da produção, da demanda do cliente, o processo de compra dos insumos e o planejamento de distribuição e venda.

3.5.3 Marketing

Na produção de galões de 20L, o processo de marketing é, principalmente, focado nos distribuidores, que são os responsáveis pela venda e divulgação do produto ao cliente final. Com a inclusão da linha de produtos descartáveis, a empresa deverá adotar ações de marketing voltadas para o consumidor da água mineral e investir na criação de um veículo de comunicação para atingir o seu cliente.

O mercado de garrafas é mais diversificado e envolve um maior número de clientes, como postos de gasolina ao longo da rodovia, bares, lanchonetes, restaurantes, hotéis. Dessa forma, é necessária a estruturação de uma equipe de vendas para atuar na divulgação e venda do produto e no atendimento desses clientes.

3.5.4 Distribuição

A distribuição da água mineral é um fator que apresenta mudança significativa com a inclusão da linha de produtos descartáveis e, por isso, é o foco desse novo estudo. No caso de galões de 20L, a distribuição é realizada integralmente pelos distribuidores de água, os quais são responsáveis pelo planejamento da demanda, pelos galões e pelo transporte. Os distribuidores são, na maioria dos casos, exclusivos de uma única marca. Para os produtos descartáveis de 500mL a distribuição é feita principalmente pela própria fonte, que inclusive passa a concorrer com os distribuidores. Nesse caso, é necessária a criação de uma estrutura logística

com caminhões (frota) e serviços de entrega ou, em um primeiro momento, a contratação desse serviço de uma empresa especializada.

4. METODOLOGIA

O trabalho foi baseado em um estudo de caso. Para o desenvolvimento foi realizado, primeiramente, um levantamento dos dados necessários. Essa etapa foi muito importante, pois todas as informações de possíveis clientes e demandas foram definidas em conversas com a Gerente Comercial e com os distribuidores, já que ainda não foi realizado um estudo formal de mercado. A partir da obtenção dos dados necessários, foram feitas duas análises, a primeira para definir qual o perfil da frota para esse sistema de distribuição física de produtos e, posteriormente foi analisado o melhor roteiro para as entregas, de acordo com o mercado potencial.

O primeiro passo foi definir a lista dos potenciais clientes, com base na atual área de atuação da empresa e no cadastro de clientes. A partir deles, foi pesquisada a demanda por água mineral em garrafas de 500mL e estimado um valor de venda para a empresa, considerando também a capacidade produtiva de uma linha de produção a ser implantada. De posse das informações dos clientes, foram estudadas as suas localizações em cada município da região e, assim, foi possível calcular as distâncias necessárias para a realização das análises. Seguindo, foi necessário o levantamento dos veículos de carga leves e médios indicados para esse sistema de distribuição e ainda da composição dos custos fixos e variáveis de cada um deles, além da carga útil e do volume.

A partir das informações obtidas e considerando algumas premissas para o trabalho, as análises para definição da frota e do roteiro de entrega indicaram os resultados apresentados e detalhados no Capítulo 5.

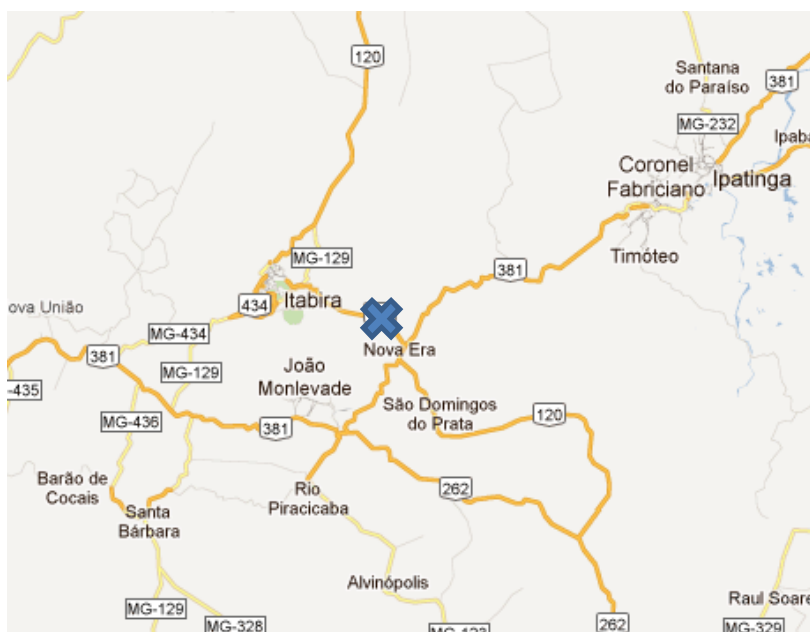
5. RESULTADOS

A tomada de decisão relacionada à distribuição física de água mineral em embalagens de 500mL envolve a definição da frota e a otimização do roteiro de entregas. Para a realização do estudo, devem-se analisar os potenciais clientes, suas demandas e distâncias em relação à indústria e calcular o custo unitário para cada situação. O objetivo é minimizar o custo total de transporte, considerando algumas restrições.

5.1 Potenciais Clientes

A lista com os potenciais clientes foi elaborada, principalmente, através de informações disponibilizadas pelos distribuidores que fazem parte da carteira de clientes da empresa. A área de atuação da empresa com produtos da linha descartáveis será, inicialmente, a mesma do galão de 20L, ou seja, as regiões do Médio Piracicaba e do Vale do Rio Doce. No mapa a seguir é possível localizar a empresa (marcada por um sinal azul) no mapa geral da região.

Figura 5.1 - Mapa Geral da Região



Fonte: Google Maps (2012)

5.2 Demanda

A definição do nível de vendas baseada nas informações disponibilizadas pelos distribuidores de bebidas da região e, como não foi realizado ainda um estudo detalhado do mercado, esses dados apresentam baixo grau de confiabilidade. Por exemplo, um distribuidor que se localiza no município de Coronel Fabriciano, e apresenta uma demanda elevada de produtos descartáveis, relatou que tem interesse e potencial no consumo de aproximadamente 25.000 unidades do produto por semana, o que representa um volume mensal de 100.000 garrafas de água mineral. Existem ainda vários outros distribuidores na região, além de inúmeros bares, restaurantes, hotéis e postos de gasolina que poderiam também absorver a produção de descartáveis de 500mL. Essa demanda não necessariamente é elevada como no distribuidor analisado, mas já pode indicar um volume bem maior de vendas para a empresa.

Outro ponto importante é que, inicialmente no mercado de água em embalagens descartáveis, a empresa poderia optar por trabalhar apenas com distribuidores em um primeiro momento. A margem, nesse caso, é menor, pois o distribuidor seria um intermediador para o cliente final, mas a complexidade logística e comercial seria reduzida. Essa foi a estratégia considerada para esse estudo. A demanda foi focada nos distribuidores de bebidas e esse custo adicional da venda deve ser considerado na análise econômica do negócio.

Por último, foi considerado um fator limitador da demanda obtida. No estudo sobre a inclusão da nova linha de produção (500mL), o dimensionamento da indústria (uma linha de produção inicialmente) resultou em uma capacidade de produção de 440.000 garrafas por mês, considerando um único turno de trabalho, com 176 horas trabalhadas e a produtividade das máquinas de 2.500 garrafas/hora. Por isso, a demanda total dos distribuidores foi reduzida de forma a limitar a venda ao limite mensal de produção e considerando um rendimento operacional de 85% da indústria, ou seja, 370.000 garrafas / mês. Esse é um ponto importante, pois se considera que os dados de demanda, então, estão bem conservadores e, também, o estudo de distribuição física atende a toda capacidade produtiva a ser instalada. Os resultados estão consolidados na Tabela 5.1.

Tabela 5.1 – Demanda média mensal estimada por zona de entrega

Demanda por Região de Entrega		
Cidade	N° Clientes	(mensal)
Nova Era	3	15.000
Itabira	2	25.000
João Monlevade	2	35.000
São Gonçalo do Rio Abaixo	1	20.000
Coronel Fabriciano	2	50.000
Ipatinga	3	70.000
Guanhães	2	40.000
Caratinga	2	45.000
Governador Valadares	3	70.000
	TOTAL	370.000 unid.

Fonte: Luisa Machado (2012)

5.3 Distância

5.3.1 Distância da Indústria às Zonas de Entrega

As distâncias entre a indústria e as cidades dos potenciais clientes estão listadas na tabela a seguir. Para esses dados não foi necessária a utilização de um fator de aproximação, pois as distâncias reais foram obtidas através de roteirização, considerando o caminho mais rápido, ou seja, as principais estradas de acesso, em que é possível transitar com veículos de carga.

Tabela 5.2 – Distância média (km) entre a indústria e as cidades da região

Distância entre a Indústria e os Bolsões	
Cidade	Dist. (km)
Nova Era	5
Itabira	25
João Monlevade	40
São Gonçalo do Rio Abaixo	62
Coronel Fabriciano	62
Ipatinga	78
Guanhães	138
Caratinga	165
Governador Valadares	180

Fonte: Luisa Machado (2012)

Durante o levantamento de dados e elaboração do estudo, optou-se por considerar cada cidade como uma zona de entrega, pois como o levantamento de potenciais clientes foi estimado, assim como a demanda de cada cliente, foi feita uma análise do número médio de visitas em cada cidade (de acordo com a quantidade de clientes). Além disso, o deslocamento dentro dessas cidades não foi considerado crítico, pois em sua grande maioria são cidades bem pequenas e sem incidência de problemas no tráfego. As maiores cidades, como Ipatinga e Governador Valadares, são também aquelas que apresentam maiores demandas identificadas, ou seja, essas regiões deverão ser atendidas por veículos em rotas dedicadas, pois o volume justifica um atendimento apenas para essa zona de transporte durante um período definido.

5.3.2 Distância Percorrida Dentro da Zona de Entregas

A distância percorrida dentro da zona de entregas pode ser definida por alguns métodos, como medir diretamente a distância pelo odômetro ao percorrer o trajeto, utilizar um Sistema de Informações Geográficas (GIS) ou ainda utilizar fórmulas aproximadas que consideram a área da zona em km² e o número de clientes visitados no roteiro.

Esse foi um ponto importante do trabalho, pois ao analisar as opções para obter um valor mais preciso para a distância percorrida dentro das zonas de entregas, nenhum dos métodos foi considerado adequado à situação em estudo. Percorrer todo o trajeto para medir pelo odômetro foi inviável, considerando que os clientes se localizam em 9 cidades diferentes, com grandes distâncias entre elas. A base de dados de informações GIS no Brasil ainda é ruim, especialmente em cidades do interior. A maioria dessas cidades, por exemplo, não têm o mapa detalhado nos *softwares* de roteirização disponíveis. Por último, ao consultar o Portal IBGE, as informações de Área Unidade Territorial não se mostraram adequadas para serem utilizadas através da fórmula matemática, pois a informação disponível diz respeito a toda área do município, incluindo rodovias, zonas rurais. Por exemplo, a área do município de Nova Era é 361 km² de área e 17.528 habitantes, segundo o IBGE. Realizando uma comparação simples com o município de Belo Horizonte, este é menor em área (331km²) com uma população de 2.375.151 habitantes. Ou seja, utilizando os dados de área do município, seriam obtidos valores elevados para

as distâncias dentro das zonas de entrega, pois nesse dado está toda área da unidade territorial do município e não apenas a área urbana, onde especialmente se concentram os clientes.

O critério adotado, então, para a definição da distância percorrida dentro das zonas de transporte foi obter a distância média aproximada dentro de cada zona. Esse valor foi estimado através da visualização dos mapas das cidades disponíveis pelo GoogleMaps (2012) e do cálculo da distância entre dois pontos extremos da área urbana do município. Apesar de ser um valor aproximado, esse item não foi considerado crítico, pois em geral as cidades são pequenas e possuem poucos clientes (muitas delas, com apenas um distribuidor) e, além disso, a distância da indústria para o bolsão é maior que a distância interna percorrida e, por isso, possui um peso maior para a precisão dos dados.

Tabela 5.3 – Distância média (km) interna e número de clientes

Distância percorrida dentro do bolsão		
Cidade	Dist (km)	Clientes
Nova Era	4	3
Itabira	8	2
João Monlevade	10	2
São Gonçalo do Rio Abaixo	2	1
Coronel Fabriciano	8	2
Ipatinga	15	3
Guanhães	9	2
Caratinga	5	2
Governador Valadares	14	3

Fonte: Luisa Machado (2012)

5.4 Custos

O levantamento dos custos fixos e variáveis para os diversos veículos analisados foi feito com base em informações do mercado. Diversos portais disponibilizam planilhas com cálculos de custos que consideram a remuneração do capital, salário do motorista, licenciamento, seguro, combustíveis, peças de reposição, etc. As bases de dados pesquisadas apresentavam informações similares, por isso, foi feita uma pesquisa com foco em veículos leves e médios. Como o foco do estudo é a comparação entres os custos totais, apenas os custos

diferenciais de cada alternativa foram considerados. A estrutura logística necessária, como estocagem e movimentação, não faz parte da análise já que será a mesma independente do tipo de veículo indicado. Na tabela a seguir, estão apresentadas as informações resumidas dos veículos considerados na análise. Os custos detalhados para cada opção de veículo estão apresentados no Anexo A do trabalho.

Tabela 5.4 – Características dos Veículos Analisados

Alternativas de Veículos para a Distribuição				
Veículo		Carga Útil (Kg)	Custo Fixo (R\$/mês)	Custo Variável (R\$/km)
A	Iveco Daily 49.12	3.250	5.199,95	0,5334
B	MB L 710/37	6.700	5.799,57	0,5418
C	MB L 1315/48	8.420	7.026,43	0,7216
D	Cargo 4331	15.000	10.187,79	1,0997

Fonte: Guia do Transportador (2011)

A escolha dos veículos para a análise considerou a restrição de tempo existente na distribuição física de produtos. Um veículo com grande capacidade de carga, por exemplo, carreta, não seria capaz de atender a todas as regiões no período de tempo, pela distância física entre elas. Além disso, veículos de menor capacidade apresentam menor restrição de tráfego urbano, especialmente nesse caso, que algumas das cidades não comportam circulação de grandes veículos.

A característica Carga Útil em massa foi adotada em detrimento ao volume, pois realizando cálculos de capacidade em cada um desses casos, observa-se que a massa é o que restringe a utilização do veículo nesse caso. Por exemplo, para o veículo A, a sua carga útil em Kg é aproximadamente 3.200Kg e o volume é 17m³ (17.000L). Considerando que uma garrafa tem massa aproximadamente igual a 500gr, em 3.200Kg poderíamos transportar 6.400 garrafas de 500mL, ou aproximadamente, 13.000 L, inferior ao limitador de volume do veículo. O mesmo cálculo foi realizado para as demais opções.

5.5 Determinação da Frota

A partir da etapa de levantamento dos dados necessários, a escolha do veículo mais adequado será determinada pelo cálculo do custo total de transporte

para cada opção de veículo. Como a equação de custo total é composta pela parcela de custo fixo (mensal) mais a parcela de custo variável (R\$/km), basta que seja definida a quilometragem total percorrida no período de um mês para que se obtenha o custo para cada veículo. Para isso, a demanda mensal teve de ser levantada, já que determina a frequência de atendimento e deslocamento para cada cliente.

Dessa forma, os dados foram tratados, especialmente a demanda, com o objetivo de se calcular a frequência de atendimento. Nos distribuidores contatados, o recebimento de mercadoria com alto giro de estoque, como é considerado água mineral em embalagens descartáveis, o recebimento do produto ocorre, preferencialmente, semanalmente ou quinzenalmente. Nas zonas com demandas maiores, essa frequência deve ser aumentada, de forma a otimizar a utilização dos veículos. Os clientes das cidades de Ipatinga e Governador Valadares apresentam maiores demandas do produto, o que resultaria em uma necessidade semanal de 17.500 unidades para cada um desses municípios e, nesse caso, o atendimento aos pedidos deve ocorrer com maior frequência. As cidades menores como Nova Era e São Gonçalo sinalizaram menores necessidades e, para esses casos, os pedidos devem ser consolidados de forma a evitar deslocamento com baixa utilização da capacidade do veículo.

Tabela 5.5 – Demanda média semanal

Demanda por Região de Entrega		
Cidade	Demanda (Semanal)	
	Unidades	Kg
Nova Era	3.750	1.875
Itabira	6.250	3.125
João Monlevade	8.750	4.375
São Gonçalo do Rio Abaixo	5.000	2.500
Coronel Fabriciano	12.500	6.250
Ipatinga	17.500	8.750
Guanhães	10.000	5.000
Caratinga	11.250	5.625
Governador Valadares	17.500	8.750
TOTAL	92.500	46.250

Fonte: Luisa Machado (2012)

Para a realização dos cálculos, foi considerado que o veículo atende separadamente cada zona de entrega, ou seja, sempre parte da indústria. Posteriormente será feito uma análise de roteirização para propor sinergias entre as rotas.

5.5.1 Custo Mensal Veículo A

O veículo A analisado é um Iveco Daily, com capacidade de transportar 3.250Kg por viagem. Nesse caso, para atender à demanda levantada o número de viagens realizadas é a divisão da demanda de cada zona pela capacidade do veículo. O número de visitas é um número inteiro, positivo e, por esse motivo, o resultado obtido foi arredondado pra cima, o que na prática representa que em algumas viagens o veículo não roda em sua plena capacidade.

Tabela 5.6 – Número de visitas mensais para o veículo A

Veículo: A - Iveco Daily 49.12				
Carga Útil (Kg): 3.250				
	Demanda mensal (Kg)	Nº visitas (mês)	Km/visita	Km total mensal
Nova Era	7.500	3	9	27
Itabira	12.500	4	33	132
João Monlevade	17.500	6	50	300
São Gonçalo do Rio Abaixo	10.000	4	64	256
Coronel Fabriciano	25.000	8	70	560
Ipatinga	35.000	11	93	1.023
Guanhães	20.000	7	147	1.029
Caratinga	22.500	7	170	1.190
Governador Valadares	35.000	11	194	2.134

Fonte: Luisa Machado (2012)

A quilometragem mensal percorrida pelo veículo é, então, a soma da distância entre a indústria e a distância percorrida dentro de cada zona, multiplicada pelo número de entregas (ou visitas) por mês para cada destino. Multiplicando o custo variável do veículo A, R\$ 0,5334, pela quilometragem mensal e depois somando o custo fixo, R\$ 5.199,95, tem-se o custo mensal do veículo A, apresentado na tabela seguinte e o processo se repete para os outros tipos de veículo.

Tabela 5.7 – Custos mensal – Veículo A

A - Iveco Daily 49.12	
Custo Fixo Mensal (R\$)	5.199,95
Custo Variável (R\$/km)	0,5334
Km Mensal	6.651
Número de Visitas	61
Custo Mensal - A (R\$)	8.747,44

Fonte: Luisa Machado (2012)

5.5.2 Custo Mensal Veículo B

O veículo B analisado é um Mercedes Benz 710/37, com capacidade de transportar até 6.700Kg por viagem. O custo fixo mensal desse veículo é de R\$ 5.799,56 e o custo variável por km é R\$ 0,5418. A seguir estão detalhados os cálculos de quilometragem total percorrida e custo mensal.

Tabela 5.8 – Número de visitas mensais para o veículo B

Veículo: B - MB L 710/37				
Carga Útil (Kg): 6.700				
	Demanda mensal (Kg)	Nº visitas (mês)	Km/visita	Km total mensal
Nova Era	7.500	2	9	18
Itabira	12.500	2	33	66
João Monlevade	17.500	3	50	150
São Gonçalo do Rio Abaixo	10.000	2	64	128
Coronel Fabriciano	25.000	4	70	280
Ipatinga	35.000	6	93	558
Guanhães	20.000	3	147	441
Caratinga	22.500	4	170	680
Governador Valadares	35.000	6	194	1.164

Fonte: Luisa Machado (2012)

Tabela 5.9 – Custos mensal – Veículo B

B - MB L 710/37	
Custo Fixo Mensal (R\$)	5.799,57
Custo Variável (R\$/km)	0,5418
Km Mensal	3.485
Número de Visitas	32
Custo Mensal - B (R\$)	7.687,87

Fonte: Luisa Machado (2012)

5.5.3 Custo Mensal Veículo C

O veículo C analisado é um Mercedes Benz 1315/48, com capacidade de transportar até 8.420Kg, por viagem. O custo fixo mensal desse veículo é de R\$ 7.026,43 e o custo variável por km é R\$ 0,7216. A seguir estão detalhados os cálculos de quilometragem total percorrida e custo mensal.

Tabela 5.10 – Número de visitas mensais para o veículo C

Veículo: C - MB L 1315/48 Carga Útil (Kg): 8.420	Demanda mensal (Kg)	Nº visitas (mês)	Km/visita	Km total mensal
Nova Era	7.500	1	9	9
Itabira	12.500	2	33	66
João Monlevade	17.500	3	50	150
São Gonçalo do Rio Abaixo	10.000	2	64	128
Coronel Fabriciano	25.000	3	70	210
Ipatinga	35.000	5	93	465
Guanhães	20.000	3	147	441
Caratinga	22.500	3	170	510
Governador Valadares	35.000	5	194	970

Fonte: Luisa Machado (2012)

Tabela 5.11 – Custo mensal – Veículo C

C - MB L 1315/48	
Custo Fixo Mensal (R\$)	7.026,43
Custo Variável (R\$/km)	0,7216
Km Mensal	2.949
Número de Visitas	27
Custo Mensal - C (R\$)	9.154,52

Fonte: Luisa Machado (2012)

5.5.4 Custo Mensal Veículo D

O último veículo analisado é um Ford Cargo 4331 com capacidade máxima 15.000Kg por viagem. O custo fixo mensal desse veículo é de R\$ 10.187,79 e o custo variável por km é 1,099. A seguir estão detalhados os cálculos de quilometragem total percorrida e custo mensal para o veículo D.

Tabela 5.12 – Número de visitas mensais para o veículo D

Veículo:	D - Cargo 4331			
Carga Útil (Kg):	15.000			
	Demanda mensal (Kg)	Nº visitas (mês)	Km/visita	Km total mensal
Nova Era	7.500	1	9	9
Itabira	12.500	1	33	33
João Monlevade	17.500	2	50	100
São Gonçalo do Rio Abaixo	10.000	1	64	64
Coronel Fabriciano	25.000	2	70	140
Ipatinga	35.000	3	93	279
Guanhães	20.000	2	147	294
Caratinga	22.500	2	170	340
Governador Valadares	35.000	3	194	582

Fonte: Luisa Machado (2012)

Tabela 5.13 – Custo mensal – Veículo D

D - Cargo 4331	
Custo Fixo Mensal (R\$)	10.187,79
Custo Variável (R\$/km)	1,0997
Km Mensal	1.841
Número de Visitas	17
Custo Mensal - D (R\$)	12.212,42

Fonte: Luisa Machado (2012)

5.5.5 Comparativos dos Custos

Com os custos mensais calculados para cada veículo, a comparação entre eles permite identificar a opção de menor custo total para a distribuição de garrafas de água mineral em garrafas de 500mL, para o cenário apresentado no estudo.

Tabela 5.14 – Comparativo entre os custos das opções de veículos

	N° entregas mensais	Km total Mensal	Custo Mensal
A - Iveco Daily 49.12	61	6.651	8.747,44
B - MB L 710/37	32	3.485	7.687,87
C - MB L 1315/48	27	2.949	9.154,52
D - Cargo 4331	17	1.841	12.212,42

Fonte: Luisa Machado (2012)

A melhor opção de veículo para a distribuição física do produto é o veículo B – Mercedes Benz 710/37, com capacidade útil de 6.700Kg, pois apresenta o menor custo mensal total. É válido lembrar que o que determinou a escolha foi a capacidade do veículo (para que fosse determinado o número médio de visitas) e os custos fixos e variáveis desse veículo. Dessa forma, a marca e o modelo foram indicados apenas pela disponibilidade das informações necessárias. Qualquer outro veículo com as mesmas características atende à frota proposta nesse estudo.

5.6 Roteirização

Com o perfil da frota para o sistema de distribuição física de produtos definido, a análise seguinte tem o objetivo de otimizar as rotas de entrega de produto. Até aqui, a análise foi feita considerando que o veículo sai da indústria, visita os clientes de uma zona de entrega, retorna para a indústria e, assim, segue atendendo aos demais bolsões. A ideia é buscar sinergias entre essas rotas, de forma que o veículo se desloque de um bolsão para o outro, sem necessidade de retornar à indústria. Isso resulta em uma minimização dos custos, já que a utilização da capacidade do veículo é maximizada, além de reduzir a distância total percorrida.

Os modelos mais indicados de roteirização se baseiam no método matemático de Clarke e Wright, que gera rotas com a menor distância total percorrida, buscando a otimização dos recursos utilizados e obedecendo às restrições de tempo e capacidade. Aplicando a heurística de Clarke e Wright no caso apresentado no estudo pode-se propor o melhor roteiro para o cenário planejado.

O primeiro passo da heurística de Clarke e Wright é calcular as distâncias ($D_{i,j}$) entre todos os clientes, aqui representados pelas zonas ou bolsões de entregas. Essas distâncias estão apresentadas em km na tabela a seguir.

Tabela 5.15 – Distâncias entre as zonas de entregas (km)

Distância entre as zonas de entrega (km)									
i \ j	Nova Era	Itabira	João Monlevade	São Gonçalo	Coronel Fabriciano	Ipatinga	Guanhães	Caratinga	Gov. Valadares
Nova Era	–	30	34	55	60	75	140	165	180
Itabira	30	–	64	32	87	103	122	190	205
João Monlevade	34	64	–	31	97	112	178	183	215
São Gonçalo	55	32	31	–	120	135	153	205	237
Coronel Fabriciano	60	87	97	120	–	15	151	102	116
Ipatinga	75	103	113	135	15	–	138	91	106
Guanhães	140	122	178	153	151	138	–	261	145
Caratinga	165	190	183	205	102	91	261	–	123
Governador Valadares	180	205	215	237	116	106	145	123	–

Fonte: GoogleMaps (2012)

A partir desses dados, é possível percorrer as etapas da heurística. A primeira etapa consiste em calcular os ganhos obtidos em cada combinação de clientes. Nesse caso, temos 72 combinações possíveis (eliminando os arcos em que $i = j$), pois são considerados 9 zonas de entrega. O ganho para cada combinação foi calculado através da equação (2.1) e os resultados obtidos estão apresentados a seguir.

Tabela 5.16 Economias de Percurso entre as cidades clientes

Economia de Percurso das Combinações de Clientes									
i \ j	Nova Era	Itabira	João Monlevade	São Gonçalo	Coronel Fabriciano	Ipatinga	Guanhães	Caratinga	Gov. Valadares
Nova Era	–	0	11	12	7	8	3	5	5
Itabira	0	–	1	55	0	0	41	0	0
João Monlevade	11	1	–	71	5	6	0	22	5
São Gonçalo	12	55	71	–	4	5	47	22	5
Coronel Fabriciano	7	0	5	4	–	125	49	125	126
Ipatinga	8	0	5	5	125	–	78	152	152
Guanhães	3	41	0	47	49	78	–	42	173
Caratinga	5	0	22	22	125	152	42	–	222
Governador Valadares	5	0	5	5	126	152	173	222	–

Fonte: Luisa Machado (2012)

A segunda etapa da heurística consiste em ordenar de forma decrescente os ganhos de todas as combinações i, j .

Tabela 5.17 – Método Clarke e Wright: 20 maiores ganhos

nº	i	j	Ganho
1	Caratinga	Gov. Valadares	222
2	Guanhães	Gov. Valadares	173
3	Ipatinga	Caratinga	152
4	Ipatinga	Gov. Valadares	152
5	Gov. Valadares	Cel. Fabriciano	126
6	Ipatinga	Coronel Fabriciano	125
7	Coronel Fabriciano	Caratinga	125
8	Ipatinga	Guanhães	78
9	João Monlevade	São Gonçalo	71
10	São Gonçalo	Itabira	55
11	Guanhães	Coronel Fabriciano	49
12	São Gonçalo	Guanhães	47
13	Guanhães	Caratinga	42
14	Guanhães	Itabira	41
15	João Monlevade	Caratinga	22
16	São Gonçalo	Caratinga	22
17	São Gonçalo	Nova Era	12
18	Nova Era	João Monlevade	11
19	Ipatinga	Nova Era	8
20	Coronel Fabriciano	Nova Era	7

Fonte: Luisa Machado (2012)

O maior ganho corresponde a atender em uma rota as cidades de Caratinga e Governador Valadares. O segundo maior ganho corresponde à junção dos nós Guanhões e Governador Valadares. Como Governador Valadares já faz parte o primeiro roteiro, o modelo prevê a junção do nó Guanhões no roteiro inicial. Seguindo a mesma lógica, o próximo arco com maior ganho também pode ser incluído no roteiro inicial, juntando a cidade de Ipatinga com a extremidade Caratinga. Percorrendo os demais arcos, pode-se observar que o próximo nó a ser incluído nesse roteiro deve ser a cidade de Coronel Fabriciano. Todos os demais pontos, até então, já estão incluídos nesse roteiro. Dessa forma, tem-se o primeiro roteiro com as seguintes cidades e seus clientes: Coronel Fabriciano, Ipatinga, Caratinga, Governador Valadares e Guanhões.

Passando para o próximo ganho em que os nós ainda não foram incluídos, iniciamos um novo roteiro a partir do ganho 9 com o arco inicial entre as cidades de João Monlevade e São Gonçalo do Rio Abaixo. O décimo ganho permite a junção da cidade de Itabira nesse roteiro. Percorrendo a ordem decrescente de ganhos

possíveis dos nós que ainda não foram alocados, chegamos ao ganho 17 que deve ser eliminado, pois o ponto São Gonçalo não faz parte de uma extremidade do roteiro que está sendo montado e, portanto, a cidade de Nova Era não pode ser ligada nesse ponto. Por sua vez, o ganho 18 permite a inclusão do nó Nova Era nesse roteiro, que fica definido com as seguintes cidades: Nova Era, João Monlevade, São Gonçalo do Rio Abaixo e Itabira.

A próxima etapa é verificar as configurações atendem aos limites de capacidade do veículo e de tempo. A análise foi feita em relação ao tempo, pois a capacidade do veículo será influenciada pelo tamanho do pedido (a demanda foi calculada com base mensal, mas a entrega dos pacotes de água nos clientes ocorre de forma fracionada ao longo de mês). Ou seja, a otimização do roteiro seria interessante para compor cargas fracionadas dessas cidades. Entretanto, o limite de tempo será sempre o mesmo, pois diariamente o veículo opera no máximo durante 10 horas ou 500km, sendo que ele parte da indústria e deve retornar ao mesmo local ao final de um dia.

Para verificar a restrição de tempo dos roteiros propostos ao utilizar a heurística de Clarke e Wright, foi considerada uma velocidade média do caminhão de 60km/h para trechos em rodovias e de 30km/h para trechos intramunicipais. O tempo médio dentro de cada cidade, considerando deslocamento interno e entrega foi estimado em 45 minutos. Sendo assim, no primeiro roteiro proposto no estudo (Coronel Fabriciano, Ipatinga, Caratinga, Governador Valadares e Guanhães) o tempo médio de ciclo é apresentado na tabela abaixo.

Tabela 5.18 – Tempo Médio de Ciclo – Proposta

Origem	Destino	Distância (km)	Tempo Médio (h)
Indústria	Cel. Fabriciano	62	01:15
Cel. Fabriciano	Ipatinga	15	00:18
Ipatinga	Caratinga	91	03:00
Caratinga	Gov. Valadares	123	02:30
Gov. Valadares	Guanhães	145	02:55
Guanhães	Indústria	138	02:45
Total			12:43

Fonte: Luisa Machado (2012)

Se analisado apenas as distâncias intermunicipais, fica claro que esse roteiro não atende à restrição de tempo. Considerando isso, essa rota deveria ser dividida em outras com tempo de ciclo reduzido. Dessa forma, os cálculos de restrição foram incorporados na análise e os seguintes roteiros foram definidos:

- Roteiro 1: Governador Valadares - Guanhães

O primeiro roteiro proposto, que respeita à restrição de tempo, envolve as cidades de Governador Valadares e Guanhães. Caso os pedidos dessas duas cidades combinados respeitem ao limite de capacidade do veículo, o veículo deve atender às duas cidades na mesma rota. O tempo médio de ciclo desse roteiro está apresentado na tabela 5.19.

Tabela 5.19 – Tempo Médio de Ciclo – Roteiro 1

Origem	Destino	Distância (km)	Tempo Médio (h)
Indústria	Gov. Valadares	180	03:00
	Tempo Médio de Entrega	14	00:45
Gov. Valadares	Guanhães	145	02:25
	Tempo Médio de Entrega	9	00:45
Guanhães	Indústria	138	02:15
Total			09:10

Fonte: Luisa Machado (2012)

- Roteiro 2: Coronel Fabriciano – Ipatinga – Caratinga

O segundo roteiro proposto é formado pelas demais cidades que formaram o roteiro inicial resultante da heurística, antes da análise da restrição de tempo de ciclo. Assim, uma rota sugerida para o sistema de distribuição da empresa deve incluir as cidades de Coronel Fabriciano, Ipatinga e Caratinga. O tempo médio de ciclo desse roteiro, considerando desde a saída da indústria até o retorno do veículo, está detalhado na tabela 5.20.

Tabela 5.20 – Tempo Médio de Ciclo – Roteiro 2

Origem	Destino	Distância (km)	Tempo Médio (h)
Indústria	Cel. Fabriciano	62	01:00
	Tempo Médio de Entrega	8	00:45
Cel. Fabriciano	Ipatinga	15	00:15
	Tempo Médio de Entrega	15	00:45
Ipatinga	Caratinga	91	01:30
	Tempo Médio de Entrega	5	00:45
Caratinga	Indústria	165	02:45
Total			07:45

Fonte: Luisa Machado (2012)

- Roteiro 3: João Monlevade – São Gonçalo – Itabira – Nova Era

O terceiro e último roteiro proposto contempla todas as demais cidades dos potenciais clientes. Em uma mesma rota seria possível criar uma sinergia entre os clientes das cidades de João Monlevade, São Gonçalo do Rio Abaixo, Itabira e Nova Era. Na tabela 5.21 estão apresentados os tempos de deslocamento entre esses pontos e o tempo total do ciclo.

Tabela 5.21 – Tempo Médio de Ciclo – Roteiro 3

Origem	Destino	Distância (km)	Tempo Médio (h)
Indústria	João Monlevade	40	00:40
	Tempo Médio de Entrega	10	00:45
João Monlevade	São Gonçalo	31	00:30
	Tempo Médio de Entrega	2	00:45
São Gonçalo	Itabira	55	01:00
	Tempo Médio de Entrega	8	00:45
Itabira	Nova Era	30	00:30
	Tempo Médio de Entrega	4	00:45
Nova Era	Indústria	5	00:06
Total			05:46

Fonte: Luisa Machado (2012)

A melhor configuração obtida através da heurística propõe 3 roteiros de entrega para a distribuição de água mineral em garrafas de 500mL. É importante ressaltar que o resultado obtido pela heurística é um resultado aproximativo e que

pode não ser o resultado ótimo global, uma vez fornece soluções para o algoritmo de otimização sem um limite formal de qualidade.

6. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

O estudo realizado na empresa Água Mineral Santa Helena teve o propósito de analisar o sistema de distribuição física para água mineral em garrafas descartáveis de 500mL em um cenário específico, com o objetivo de identificar a melhor frota e o melhor roteiro para a distribuição do produto.

O trabalho foi estruturado em duas etapas distintas de análise, sob a perspectiva de minimização dos custos. A primeira parte envolveu a definição da frota para a distribuição de água, ou seja, qual o veículo mais adequado, dado a demanda de potenciais clientes. Os resultados obtidos mostram que a melhor opção dentre aquelas analisadas é um veículo de carga com capacidade útil de 6.700Kg, custo fixo mensal aproximado de R\$ 5.800,00 e custos variáveis médios de R\$ 0,5418. A referência utilizada no estudo foi um veículo Mercedes Benz 710/37. Esse veículo atenderia à toda demanda com 32 visitas mensais, rodando 3.485 km, o que resultou em um custo total de transporte de R\$ 7.687,82 por mês. Esse valor obtido serve para comparação entre as demais opções de veículo e não deve ser analisada como o gasto mensal da empresa com transporte. Ou seja, essa informação é fundamental na fase de planejamento do sistema de distribuição física de produtos, especificamente para a tomada de decisão sobre a frota, mas na fase operacional a gestão de custos será baseada pela realização das entregas, através dos roteiros estabelecidos.

A segunda análise, voltada para a fase de execução da distribuição de produtos, resultou em 3 roteiros de entrega, que foram definidos buscando os ganhos de deslocamento na combinação de cidades em comparação com os deslocamentos diretos da indústria para cada uma das zonas de entrega. Os roteiros que permitem maiores ganhos de deslocamento e ainda respeitam as restrições definidas são:

- Roteiro 1: Governador Valadares - Guanhães
- Roteiro 2: Coronel Fabriciano – Ipatinga - Caratinga
- Roteiro 3: João Monlevade – São Gonçalo – Itabira – Nova Era

Ao longo da realização do trabalho foram identificadas algumas possibilidades de melhorias que podem ser incorporadas nessa pesquisa ou abordadas em estudos futuros, como elaboração da análise de mercado, a construção de um plano de negócios completo, a definição da estrutura de armazenagem e dos níveis de estoque de água mineral em 500mL.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Associação Brasileira de Indústria de Água Mineral. Notícias. Disponível em: <<http://www.abinam.com.br/home.php>>. Acesso em: 13 out. 2011.

BALLOU, R. H. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos: logística empresarial.** 5.ed. Porto Alegre: Bookman, 2006

GoogleMaps. Mapas. Disponível em <www.googlemaps.com> Acesso em: 15 mar 2012

Guia do Transportador. Central de Custos e Formação de Preços de Transportes. Assinantes. Disponível em <<http://www.guiadotrc.com.br>> Acesso em: 14 abr 2012

HORNGREN, Charles T; FOSTER, George; DATAR, Srikant M. **Contabilidade de Custos.** 11. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall.,2004a. Vol 1 e 2

Intituto Brasileiro de Geografia e Estatística. IBGE Cidades. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat>> Acesso em: 07 abr 2012

Instituto Estadual de Florestas. Consulta ao Acervo de Dados. Belo Horizonte. Acesso em: 08 ago. 2011.

Instituto Mineiro de Gestão das Águas. Consulta ao Acervo de Dados. Belo Horizonte. Acesso em: 08 ago. 2011.

LOBO, D. S.; OLIVEIRA, H.; ROCHA, W. F.; MARTINS R. S.; YAMAGUCHI, L. C.; MARTINS, P. C. **Uma aplicação da heurística de Clarke e Wright para a captação de produtos de agronegócios.** Em: CNMAC (Congresso Nacional de Matemática Aplicada e Computacional, 2005, Santo Amaro, SP. Anais do XXVIII CNMAC. SBMAC (Sociedade Brasileira de Matemática Aplicada e Computacional), 2005.

NOVAES, A. G. Logística e gerenciamento da cadeia de distribuição: estratégia, operação e avaliação. 3 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004

ANEXO A - Planilha de Custos dos Veículos Mais Utilizados

	Iveco Daily	MBL 710/37	MBL 1315/48	Cargo 4331
Custos apurados em 28/10/2011	49.12	c/Furgão	s/3º eixo	c/SR 2 eixos
	Furgão	Duralumínio	Furg.Dural.	Furg. Dural
CUSTOS FIXOS MENSAIS	5,199.95	5,799.57	7,026.43	10,187.79
Custo por dia parado (30 dias, sem administração)	173.33	193.32	234.21	339.59
Custo por hora parada (230 h/mês, sem administração)	22.61	25.22	30.55	44.29
a - Remuneração de capital	965.22	1,089.70	1,582.96	1,608.20
b - Salário do motorista	2,193.02	2,193.02	2,193.02	2,739.11
c - Salário de oficina	160.58	445.11	556.38	741.84
d - Reposição do veículo	1,167.67	1,168.24	1,382.09	1,516.11
e - Reposição da carroceria	0.00	176.13	305.46	1,028.56
f - Licenciamento	160.36	124.21	171.94	219.11
g - Seguro do casco do veículo	458.19	516.59	748.00	1,536.77
h - Seguro do Equipamento	0.00	0.00	0.00	686.41
i - Seguro de responsabilidade civil facultativa	94.92	86.58	86.58	111.67
CUSTOS VARIÁVEIS POR KM	0.533	0.542	0.722	1.100
a - Peças, acessórios e materiais de manutenção	0.218	0.245	0.156	0.246
b - Combustíveis	0.245	0.230	0.483	0.706
c - Lubrificantes	0.002	0.005	0.005	0.012
d - Lavagem e lubrificação	0.023	0.019	0.024	0.036
e - Pneus	0.046	0.043	0.053	0.099

Fonte: Departamento de Custos Operacionais e Pesquisas Econômicas - DECOPE/NTC (2011)