

UNIVERSIDADE CANDIDO MENDES – UCAM
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PESQUISA OPERACIONAL E
INTELIGÊNCIA COMPUTACIONAL
CURSO DE MESTRADO EM PESQUISA OPERACIONAL E INTELIGÊNCIA
COMPUTACIONAL

Daniel Clarismundo Borges

ROTASORV®, UMA FERRAMENTA WEB PARA AUXÍLIO NA
ROTEIRIZAÇÃO DOS VEÍCULOS DE UMA INDÚSTRIA DE
SORVETES E PICOLÉS, SORVEPLUS LTDA, NA CIDADE DE
CAMPOS DOS GOYTACAZES/RJ

CAMPOS DOS GOYTACAZES, RJ

Abril de 2013

UNIVERSIDADE CANDIDO MENDES – UCAM
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PESQUISA OPERACIONAL E
INTELIGÊNCIA COMPUTACIONAL
CURSO DE MESTRADO EM PESQUISA OPERACIONAL E INTELIGÊNCIA
COMPUTACIONAL

Daniel Clarismundo Borges

ROTASORV®, UMA FERRAMENTA WEB PARA AUXÍLIO NA
ROTEIRIZAÇÃO DOS VEÍCULOS DE UMA INDÚSTRIA DE
SORVETES E PICOLÉS, SORVEPLUS LTDA, NA CIDADE DE
CAMPOS DOS GOYTACAZES/RJ

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-
Graduação em Pesquisa Operacional e Inteligência
Computacional, da Universidade Candido Mendes
– Campos/RJ, para a obtenção do grau de
MESTRE EM PESQUISA OPERACIONAL E
INTELIGÊNCIA COMPUTACIONAL.

Orientador: Prof. Ítalo de Oliveira Matias, D. Sc.

CAMPOS DOS GOYTACAZES, RJ

Abril de 2013

DANIEL CLARISMUNDO BORGES

ROTASORV®, UMA FERRAMENTA WEB PARA AUXÍLIO NA
ROTEIRIZAÇÃO DOS VEÍCULOS DE UMA INDÚSTRIA DE
SORVETES E PICOLÉS, SORVEPLUS LTDA, NA CIDADE DE
CAMPOS DOS GOYTACAZES/RJ

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-
Graduação em Pesquisa Operacional e Inteligência
Computacional, da Universidade Candido Mendes
– Campos/RJ, para a obtenção do grau de
MESTRE EM PESQUISA OPERACIONAL E
INTELIGÊNCIA COMPUTACIONAL.

Aprovada em: 20 de Abril de 2013

BANCA EXAMINADORA

Prof. Ítalo de Oliveira Matias – D.S.c
Universidade Candido Mendes

Prof. Dalessandro Soares Vianna – D.S.c
Universidade Candido Mendes

Prof. Angelus Giuseppe Pereira da Silva – D.S.c
Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro

CAMPOS DOS GOYTACAZES, RJ

2013

Dedico esse trabalho a DEUS, em primeiro lugar. DEUS está sempre em primeiro lugar na minha vida.

Dedico a todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização desse trabalho.

Dedico à memória de meus Pais, que infelizmente não estão mais presentes para assistires a essa minha vitória.

Dedico à minha família, por ter tido toda a paciência para comigo nos momentos mais difíceis dessa caminhada.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, DEUS, ELE está no controle da minha vida. Tudo o que tenho, que sou, devo somente a ELE. Sem ele, certamente eu não estaria aqui, neste exato momento.

Em seguida vem minha família, esposa e filhos, que por muitas vezes suportaram a minha ausência, a minha falta de paciência, quantas noites dormidas fora de casa, para concretizar esse sonho, sem o apoio deles seria impossível a conclusão desse sonho.

Família é a razão de tudo, e eu tenho uma família maravilhosa. Agradeço a DEUS todos os dias por ter me dado uma família tão maravilhosa.

Agradeço aos meus professores da Graduação, pois foi onde tudo se iniciou, todos foram muito importantes na minha formação.

Enfim, todos foram muito importantes na finalização desse estudo: professores, colegas de trabalho, alunos. Dizer nomes de todos aqui agora poderia ser indelicado, pois com certeza alguns nomes eu iria esquecer, então, todos, absolutamente todos, sintam-se homenageados nesse instante.

"Bom mesmo é ir à luta com determinação, abraçar a vida com paixão, perder com classe e vencer com ousadia, pois o triunfo pertence a quem se atreve... A vida é muita para ser insignificante."

Charlie Chaplin

RESUMO

ROTASORV®, UMA FERRAMENTA WEB PARA AUXÍLIO NA ROTEIRIZAÇÃO DOS VEÍCULOS DE UMA INDÚSTRIA DE SORVETES E PICOLÉS, SORVEPLUS LTDA, NA CIDADE DE CAMPOS DOS GOYTACAZES/RJ

O Problema de Roteamento de Veículos, na área de Logística, é um dos que ocorre com maior frequência nos dias de hoje, por se tratar de um problema estritamente operacional. Toda empresa produtora de bens e serviços necessita entregar seus produtos a seu cliente/consumidor final. O conjunto de estratégias responsável pelo planejamento, transporte, entrega de todos os produtos de uma empresa ao consumidor final é a Logística. Várias empresas entregam seus próprios produtos através de frota própria. Sistemas de Informação Geográfica – SIG vem ganhando espaço ultimamente em diversas áreas de atuação. O principal objetivo desse trabalho é mostrar a implementação de uma ferramenta *Web*, a **RotaSorv®**, com o auxílio do SIG, utilizando-se a API (Interface de Programação Aplicada) do Google e o *Google Maps*, para auxiliar a empresa Sorveplus Ltda., da cidade de Miracema/RJ, a melhorar e agilizar a entrega de seus produtos na cidade de Campos dos Goytacazes/RJ, onde a mesma possui, aproximadamente, 115 clientes cadastrados e ativos. É mostrado o processo de desenvolvimento da ferramenta e também todo o funcionamento do sistema implementado, onde é utilizada a heurística do vizinho mais próximo. Apresentam-se ainda testes realizados com a ferramenta, onde é demonstrada que este pode ser um importante aliado na roteirização dos veículos da empresa citada, além de mostrar uma comparação com a heurística *Simulated Annealing*, muitas vezes já utilizada, e com sucesso, na resolução do Problema de Roteamento de Veículos. Os resultados obtidos mostram que o SIG pode ser utilizado para resolução do Problema do Roteamento de Veículos, pelo menos no que tange ao estudo que foi proposto, visto que a empresa é considerada de médio porte. Testes continuam sendo realizados pela empresa, mas já é nítida a melhora nos processos de entrega da empresa com a utilização da ferramenta, mesmo que forma experimental.

PALAVRAS-CHAVE: Roteirização, Sistemas de Informação Geográfica, *Simulated Annealing*, *Google Maps*

ABSTRACT

ROTASORV®, A WEB TOOL TO AID IN THE ROUTING OF A VEHICLE INDUSTRY ICE CREAM AND POPSICLES, SOVERPLUS LTD, THE CITY OF GOYTACAZES/RJ

The Vehicle Routing Problem, in the area of logistics, is one that occurs more frequently these days, because it's strictly operational. Every company producing goods and services need to deliver their products to your customer / consumer. The technology responsible for planning, transport, delivery of all products of one company to the ultimate consumer is the logistics. Several companies deliver their own products through its own fleet. Geographic Information Systems - GIS has been gaining ground lately in several areas. The main objective of this paper is to show the implementation of a Web tool, the RotaSorv®, with the help of GIS, using the API programming interface (Applied) Google and Google Maps to help the company, Soverplus Ltd., the city of Miracema / RJ to improve and streamline the delivery of its products in the city of Campos dos Goytacazes / RJ, where it has approximately 115 registered customers and assets. Shown is the development process of the tool and also the whole system operation implemented. This publication also some tests performed with the tool, where it is demonstrated that it can be combined in routing an important vehicle of the mentioned company, and also shows a comparison with the heuristic Simulated Annealing, often already used and successful in the solving the Vehicle Routing Problem. The results show that GIS can be used for solving the Vehicle Routing Problem, at least in regard to the study that was proposed, as the company is considered a medium-sized business. Tests are still being made by the company, but it is a clear improvement in the delivery processes of the company using the tool, even a trial.

KEYWORD: Routing, Geographic Information Systems, Simulated Annealing, Google Maps

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 – Matriz de transportes no Brasil.....	15
Figura 2.1 – Componentes e funções fundamentais de um SIG.....	31
Figura 2.2 – Componentes de um SIG.....	32
Figura 4.1. Tela de cadastro dos clientes (pontos no mapa)	52
Figura 4.2. Parte do cadastro dos clientes (pontos no mapa)	53
Figura 4.3. Parte do cadastro dos clientes (pontos no mapa), onde é feito o georreferenciamento	54
Figura 4.4. Parte do cadastro dos clientes (pontos no mapa) – Cálculo da distância do ponto de origem	55
Figura 4.5. Parte do cadastro dos clientes (pontos no mapa) – Parte final, onde se grava os dados na base.....	55
Figura 4.6. Visualização de alguns pontos já cadastrados no mapa.....	56
Figura 4.7. Visualização dos pontos cadastrados, em forma de tabela, com opção de busca por determinado ponto.....	57
Figura 4.8 – Tela onde o usuário marca os clientes que serão roteirizados.....	58
Figura 4.9 – Clientes marcados para roteirização.....	59
Figura 4.10 – Clientes roteirizados e rota gerada.....	59
Figura 5.1. Marcação dos pontos, já com a rota pronta. Visão Satélite.	63
Figura 5.2. Marcação dos pontos, alguns clientes, já com a rota pronta. Utilizado zoom.	64
Figura 5.3 – Imagem do resultado com Simulated Annealing	66
Figura 5.4 – Marcação dos clientes no mapa do sistema. Função mapa.....	68
Figura 5.5. Marcação dos pontos, já com a rota pronta.	68
Figura 5.6. Marcação dos pontos, alguns clientes, já com a rota pronta. Utilizado zoom. Em destaque o entroncamento na entrada de Campos, mostrando o sentido da via.....	69
Figura 5.7. Detalhe destacado, da Figura 6.6, mostrando o entroncamento na chegada de Campos, aproximado com o zoom do sistema, mostrando o sentido da via.....	70
Figura 5.8 – Imagem do resultado com Simulated Annealing	72
Figura 5.9. À direita os clientes escolhidos, e à esquerda os pontos já demarcados	74
Figura 5.10. Clientes demarcados, já aproximados	74
Figura 5.11. Alguns clientes demarcados, com uma aproximação maior	75
Figura 5.12 – Imagem do resultado com Simulated Annealing	76
Figura A.1 – Consumo em milhões de litros.....	92
Figura A.2 – Produção em milhões de litros.....	93
Figura A.3 – Crescimento per capita em litros/ano.....	94
Figura A.4 – Valores nutricionais do sorvete.....	95

LISTA DE QUADROS

QUADRO 5.1 – Clientes e respectivas distâncias do ponto de origem	63
QUADRO 5.2 – Rota gerada pelo SIG	65
QUADRO 5.3 – Matriz de distâncias utilizadas no cálculo das rotas	66
QUADRO 5.4 – Rota gerada pela heurística SA	67
QUADRO 5.5 – Clientes e respectivas distâncias do ponto de origem	67
QUADRO 5.6 – Rota gerada pelo SIG	70
QUADRO 5.7 – Matriz de distâncias utilizadas no cálculo das rotas.....	71
QUADRO 5.8 – Rota gerada pela heurística AS.....	72
QUADRO 5.9 – Clientes e respectivas distâncias do ponto de origem.....	73
QUADRO 5.10. – Rota gerada pelo SIG.....	75
QUADRO 5.11 – Clientes e respectivas distâncias do ponto de origem....	77
QUADRO 5.12 – Matriz de distâncias utilizadas no cálculo das rotas.....	77
QUADRO 5.13 – Comparativo entre os métodos aplicados.....	78

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABIS – Associação Brasileira das Indústrias de Sorvete

AJAX - *Asynchronous JavaScript and XML*

ALL - América Latina Logística

ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária

API - Application Programming Interface (Interface de Programação de Aplicativos)

CSS - *Cascading Style Sheets™*

DHL - Dalsey, Hillblom and Lynn

DOM's - *Document Object Model* ou Modelo de Objeto de Documentos

EUA – Estados Unidos da América

FOSS – *Free Open Source Software*

GPL - *General Public License*

GPS - Global Positioning System

GRASS - Geographic Resources Analysis Support System

GUI - *Graphical User Interface*

HTML - Hiper Text Markup Language

LTL – less than truckload

MPVVBT – Método de Pesquisa em Vizinhança Variável e Busca Tabu

NCGIA - National Centre for Geographical Information and Analysis

PCV - Problema do Caixeiro Viajante

PHP - *Personal Home Page*

PPT - Problema de Programação de Tripulações

PRV – Problema de Roteamento de Veículos

PRVJT - Problema de Roteamento de Veículos com Janela de Tempo

SA - Simulated Annealing

SIG – Sistemas de Informação Geográfica

SQL - *Structured Query Language*

TL - Truckload

TSP - Traveling Salesman Problem

UoD – Universe of Discourse

VRP - Vehicle Routing Problem

W3C - *World Wide Web Consortium*

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	14
1.1 OBJETIVOS	17
1.1 Geral.....	17
1.2 Específico	17
1.2 MOTIVAÇÃO.....	18
1.3 A SORVEPLUS.....	19
1.3.1 A Sol & Neve	19
1.4 RELEVÂNCIA DO TEMA	20
1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	21
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	23
2.1 PROBLEMA REAL ABORDADO.....	23
2.2 PROBLEMA DE DISTRIBUIÇÃO	25
2.3 PROBLEMA DE ROTEAMENTO DE VEÍCULOS	26
2.4 MÉTODO DE CONSTRUÇÃO	28
2.5 REVISÃO DE LITERATURA	28
2.5.1 Sistemas de Informação Geográfica – SIG	28
2.5.2 Vantagens e desvantagens do SIG	33
2.5.3 Outros sistemas baseados em SIG.....	34
2.5.4 <i>Simulated Annealing</i>.....	35
2.6 TRABALHOS RELACIONADOS COM SIG E SA.....	35
3 DESENVOLVIMENTO DE UMA FERRAMENTA WEB PARA AUXÍLIO NA ROTEIRIZAÇÃO DE VEÍCULOS – ROTASORV®.....	40
3.1 ROTASORV®.....	40
3.2 TECNOLOGIAS <i>OPEN SOURCE</i> UTILIZADAS EM CONJUNTO COM O SIG	42
3.2.1 PHP	42
3.2.2 MySQL	43
3.2.3 <i>Javascript</i>.....	44
3.2.4 CSS	45
3.2.5 <i>jQuery/Ajax - Asynchronous JavaScript and XML</i>	45
3.2.6 HTML	46
3.3 IMPLEMENTAÇÃO DA HEURÍSTICA <i>SIMULATED ANNEALING</i>	47
3.4 API – <i>APPLICATION PROGRAMMER INTERFACE</i>	48
4 FUNCIONAMENTO DO ROTASORV®.....	50

4.1 NOVO PONTO	51
4.1.1 Cadastro	52
4.1.2 Georreferenciamento	54
4.1.3 Cálculo de distância – Melhor caminho	54
4.1.4 Gravação no banco de dados	55
4.2 VISUALIZAR PONTOS	56
4.3 ADMINISTRAR PONTOS.....	56
4.4 MELHOR CAMINHO	57
5 TESTES COMPUTACIONAIS.....	60
5.1 APRESENTAÇÃO	60
5.2 RECURSOS UTILIZADOS	61
5.3 TESTES REALIZADOS.....	62
5.3.1 Primeira situação	62
5.3.2 Segunda situação	67
5.3.3 Terceiro Cenário	73
5.4 COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS.....	77
6 CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS.....	80
6.1 APLICAÇÕES FUTURAS.....	82
REFERÊNCIAS.....	84
ANEXO A – O SORVETE	90
ANEXO B – ARTIGOS PUBLICADOS.....	96
APÊNDICE A – CÓDIGO FONTE DO SA EM C#. 1ª PARTE.....	97
APÊNDICE B – CÓDIGO FONTE DO SA, EM C#. 2ª PARTE.....	101
APÊNDICE C - FUNÇÃO MELHOR CAMINHO - JAVASCRIPT	103
APÊNDICE D – CÓDIGO FONTE: MELHOR CAMINHO NO PHP ...	106
APÊNDICE E – RELAÇÃO DE CLIENTES.....	112

INTRODUÇÃO

Roteirização e roteamento de veículos são alguns dos temas que estão em ascensão no mundo globalizado de hoje em dia. Muitas empresas entregam seus produtos com frota própria, sendo que outras terceirizam esse trabalho. É nesse ponto que entram as transportadoras de cargas. Um dos modais de transporte mais utilizado no Brasil é o Modal Rodoviário.

O gerenciamento logístico, do ponto de vista sistêmico, é o meio pelo qual as necessidades dos clientes são satisfeitas mediante coordenação dos fluxos de materiais e de informação que se estendem do mercado, passando pela empresa e suas operações, até os fornecedores. Para conseguir essa ampla integração da empresa, é preciso uma orientação bem diferente daquela que geralmente se encontra na organização convencional. (CHRISTOPHER, 2010, p.14)

As rodovias brasileiras são responsáveis por, aproximadamente, 52% de toda a carga que circula no Brasil, Figura 1.1, de acordo com o último levantamento do Ministério dos Transportes realizado (BRASIL, MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES 2011). Empresas especializadas e grandes multinacionais possuem alternativas, como o Modal Aéreo, Ferroviário, Aquaviário e Aeroviário, citando como exemplos a DHL (Dalsey, Hillblom and Lynn, prenome de seus fundadores, em 1969, Adrian Dalsey, Hillblom Larry e Robert Lynn), empresa do setor logístico mundial, e ALL (América Latina Logística).

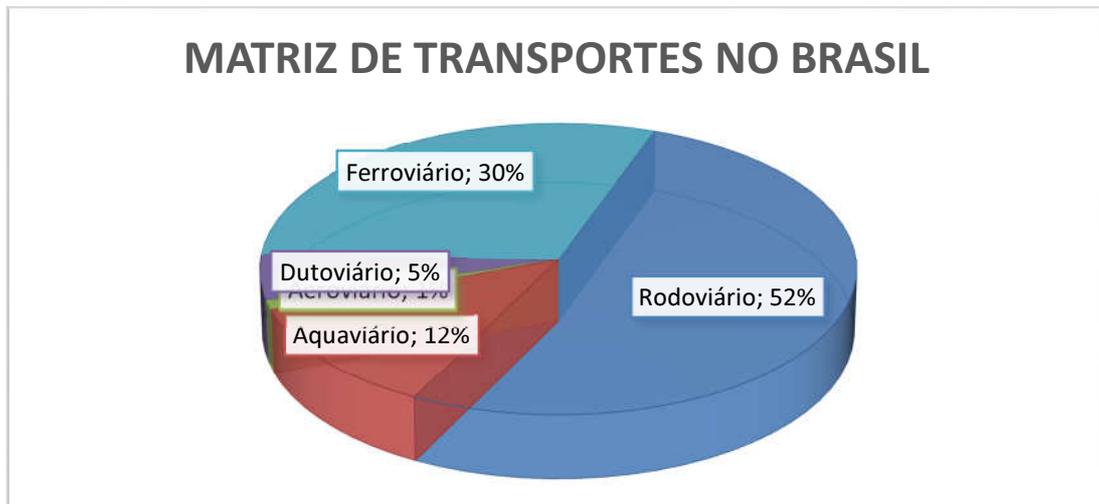


Figura 1.1 – Matriz de transportes no Brasil – Fonte: MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES, 2011 - Adaptado

Muitas das empresas transportadoras não possuem essas condições, por isso a concentração maior é mesmo nas nossas estradas, que como bem se sabe, não são bem conservadas. Frequentemente aparecem problemas, que podem ser tratados como sendo de Otimização Combinatória, na área de Logística.

A tecnologia responsável pela entrega e distribuição dos produtos fabricados por uma empresa é a Logística¹. Não só responsável pela entrega, mas de todo um planejamento que vai desde a coleta do produto, armazenamento e a consequente distribuição do mesmo, quer seja a entrega no consumidor final ou para grandes empresas clientes. Segundo BALLOU (2006), “o transporte normalmente representa o elemento mais importante em termos de custos logísticos para inúmeras empresas.”

Ainda segundo BALLOU (2006), “os custos da linha de transporte rodoviário representam entre 50% e 60% dos custos totais, não relacionando, necessariamente, se estes custos tem redução de acordo com distância ou volume.” E segundo CHRISTOPHER (2010)

¹ Logística é o processo de planejamento, implantação e controle do fluxo eficiente e eficaz de mercadorias, serviços e das informações relativas desde o ponto de origem até o ponto de consumo com o propósito de atender às exigências dos clientes.

Logística é o processo de gerenciamento estratégico da compra, do transporte e do armazenamento de matérias-primas, partes e produtos acabados (além dos fluxos de informação relacionados) por parte da organização e de seus canais de marketing, de tal modo que a lucratividade atual e futura sejam maximizadas mediante a entrega de encomendas com o menor custo associado.

Então, BALLOU (2006) destaca que,

Em contraste com a ferrovia, o serviço rodoviário é o transporte de produtos semi prontos ou acabados com linha de alcance médio de 717 milhas para carga fracionada (LTL – *less than truckload*) e de 286 milhas para cargas complementares (TL - *truckload*).

Com relação aos custos, em transporte rodoviário, os custos fixos são os mais baixos dentre todos os transportadores, pois as rodovias onde as empresas operam não as pertencem. O veículo representa uma pequena unidade econômica e as operações em terminais, em sua maioria das vezes, não necessita de equipamentos dispendiosos, diferentemente dos custos variáveis, que são elevados, pois a construção e manutenção das rodovias são altos e cobrados nos impostos, como por exemplo nos combustíveis, pedágios e muitas das vezes por peso. Portanto, argumenta (BALLOU, 2006)

Uma nova modalidade de verificar as rotas mais curtas é a que se inspira no comportamento coletivo das formigas. Batizada de “inteligência agregada” é a observação da auto-organização, ambiente de trabalho sem supervisão específica e interação entre as formigas num formigueiro que leva a soluções eficazes para complicados problemas de roteirização. 0

O problema de Roteamento de Veículos (PRV) (*Vehicle Routing Problem* (VRP)) e o Problema do Caixeiro Viajante (PCV), ou (*Traveling Salesman Problem* (TSP)) são 2 variantes do problema de roteirização (CHIBANTE, 2010). Dentro dessas duas variantes ainda podem ser encontradas diversificações, cada uma com suas particularidades.

1.1 OBJETIVOS

1.2 Geral

Auxiliar a empresa Soverplus Ltda., fabricante dos produtos Sol & Neve, a melhorar a distribuição de seus produtos na cidade de Campos dos Goytacazes/RJ. Por ser uma cidade onde a empresa tem o maior número de cliente ativos faz-se necessário que a entrega de seus produtos seja feita de forma mais ágil, com eficiência, para que os produtos cheguem mais rápido aos pontos de venda. É uma necessidade e também uma realidade essa agilidade nas entregas, pois todas as empresas hoje em dia buscam uma melhor eficiência em seus produtos e serviços.

1.3 Específico

- Melhorar e otimizar a entrega dos produtos, para que a empresa possa ganhar tempo nessas entregas, o que certamente será replicado para outras regiões onde a empresa atua;
- Mostrar a grande utilidade dos SIG's – Sistemas de Informação Geográfica – no roteamento de veículos, neste caso específico utilizando *API's do Google* e o *Google Maps*, uma vez que essa tecnologia já vem sendo utilizada em diversos segmentos;
- Apresentar outros sistemas, *Open Source* e Proprietário, que também podem ser utilizados em roteamento de veículos;
- Efetuar uma comparação, utilizando dois métodos de roteamento, uma utilizando *API's específicas* para esse fim com o uso do *Google Maps* e a outra, a heurística *Simulated Annealing*;

1.2 MOTIVAÇÃO

A motivação para desenvolver esse trabalho surgiu da própria necessidade da empresa citada acima, onde em conversas com um dos proprietários e também diretor dessa empresa observou-se a necessidade de melhorar a distribuição de seus produtos na cidade de Campos dos Goytacazes-RJ. Pelo menos nessa primeira fase, a cidade de Campos dos Goytacazes será utilizada como teste, entretanto, dependendo dos resultados alcançados com esse trabalho, será utilizado para toda a área de atuação da empresa. A cidade de Campos é o local hoje, onde a empresa possui uma carteira de clientes muito grande, sendo esses clientes divididos em loja, *mini-self* ou simplesmente o que se denomina pontos de venda.

É também um desafio, pois da forma como as entregas são feitas hoje não se tem nenhum tipo de controle; o que se propõe é controlar, ordenar, organizar a entrega dos produtos para que os colaboradores tenham uma definição de entrega, ou seja, qual o caminho a ser seguido para que as entregas destes produtos sejam feitas de forma ordenada, para que esse serviço tenha uma melhor qualidade no final.

Segundo Christopher (2010, p. 28), “no mercado atual, é mais provável que os critérios para se fazer um pedido se baseiem no serviço, e não no produto.”

Ainda de acordo com Christopher (2010, p. 36) “no mercado de hoje, o cliente é mais exigente, não só em relação à qualidade do produto, mas também quanto ao serviço.”

1.3 A SORVEPLUS

A Sorveplus Ltda. é uma empresa que está situada no município de Miracema, Rio de Janeiro, que de acordo com o último Censo realizado, em 2010, tem uma população de 26.813 pessoas. (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010)

A Sorveplus Ltda. foi fundada em 2009, e produz sorvetes (Apêndice A) e picolés da marca Sol & Neve. A empresa possui, hoje, aproximadamente 30 empregados em seu parque industrial, sendo responsável por todo o abastecimento do estado do Rio de Janeiro.

1.3.1 A Sol & Neve

Com o nome de Sorveteria Bola de Neve, nascia em 1994, na cidade de Leopoldina, e algum tempo depois adotou o nome de Sol & Neve, está instalada na cidade de Leopoldina, na Zona da Mata Mineira, município que é referência nacional na produção de leite e derivados e na fruticultura.

O sabor inigualável, a qualidade e o contínuo investimento em equipamentos e processos fizeram da Sol & Neve referência na região onde atua. Hoje, são mais de 35 lojas e centenas de pontos de venda nos estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro e Espírito Santo.

A Sol & Neve emprega atualmente cerca de 100 funcionários, nas duas unidades industriais, sendo a unidade localizada na cidade de Leopoldina, a que possui o maior número de funcionários. A fábrica de Leopoldina fica responsável por toda a área de Minas Gerais, onde a empresa possui pontos de venda, franquizados, ou mesmo lojas, e o estado do Espírito Santo, nas mesmas condições, estando presente hoje, em aproximadamente 220 municípios, nos estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro e Espírito Santo, atendendo uma população estimada em 2,5 milhões de pessoas.

1.4 RELEVÂNCIA DO TEMA

Roteirização é um tema muito frequente nas empresas hoje em dia. Toda empresa que possui a sua própria logística de entrega dos produtos necessita de um esquema onde possa ser aprimorado o tempo de entrega, sem, no entanto comprometer a qualidade de seus serviços.

É nesse ponto que a Programação Matemática vem auxiliar, pois com seus modelos e suas técnicas de programação é possível modelar e esquematizar todo esse processo, de forma que os serviços efetuados se tornem mais eficientes, aumentando assim a produtividade e a efetividade dos serviços apresentados.

O ato de distribuição e entrega tanto por quem produz, ou por empresas terceirizadas para esse fim, as transportadoras, fazem uso desse serviço, uma vez que é de fundamental importância que os produtos sejam entregues, intactos e no tempo certo, para que os consumidores, ou clientes finais, fiquem satisfeitos com o serviço prestado. A Logística é uma área em franco crescimento nos dias atuais, e as estradas são o principal meio utilizado para transportar os produtos fabricados no País, onde, aproximadamente, 52% das cargas transportadas no Brasil utilizam o Modal Rodoviário, como já visto anteriormente. (BRASIL, MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES, 2011)

De acordo com o censo 2010 (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), a cidade de Campos dos Goytacazes possui uma população de 463.731 habitantes, em uma área de 4.027 km². Destacam-se a sua bacia petrolífera, a cultura de cana-de-açúcar entre outras. A Sol & Neve, marca fabricada pela Sorveplus Ltda. possui hoje, somente na cidade de Campos, incluindo aí os distritos, aproximadamente 150 clientes, sendo que, especificamente no município são 115 clientes cadastrados e ativos.

Segundo Christopher (2010, p. 73), “os clientes de todos os mercados, seja organizacional, seja de consumidores finais, estão se tornando cada vez mais sensíveis ao tempo.”

Christopher (2010, apud CORSTEN; Gruen. 2004, p. 48) diz que um estudo recente identificou um significativo custo de não-atendimento dos clientes, tanto para os fabricantes quanto para os revendedores, naquelas ocasiões em que falta um produto na prateleira do estoque, de acordo com o gráfico 1.1.

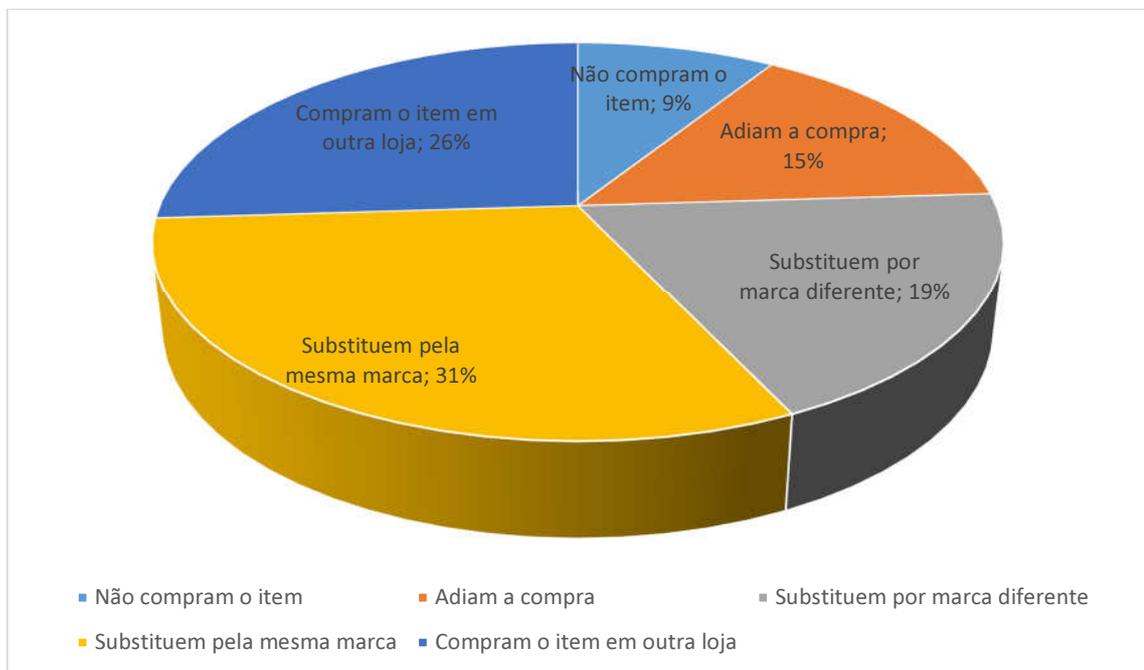


Gráfico 1.1 - Comportamento do consumidor diante da falta de estoque – (CORSTEN; GRUEN, 2004)
- Adaptado

1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

O capítulo 2 apresenta a fundamentação teórica para a realização do trabalho, com definições do SIG, *Simulated Annealing*, além de apresentar alguns trabalhos com as duas técnicas apresentadas nesse trabalho. O capítulo 3 descreve o desenvolvimento da fermenta **RotaSorv®** e as tecnologias utilizadas. No capítulo 4

são mostradas as características da ferramenta assim como todo o seu funcionamento. O capítulo 5 mostra os testes computacionais realizados e os resultados obtidos, sendo que ao final do capítulo é mostrado uma tabela e um gráfico comparativo com esses resultados. O capítulo 6 traz as considerações finais, mostrando como estão os testes hoje, assim como os futuros trabalhos que serão realizados após a implantação da ferramenta na empresa citada.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 PROBLEMA REAL ABORDADO

O problema abordado neste trabalho, é típico das empresas que entregam os produtos fabricados por elas mesmos, sem depender de terceiros, ou seja, de empresas especializadas em transportes, como as transportadoras.

Da forma como as entregas são feitas hoje na empresa não se tem, de fato, uma noção de precisão, quer dizer, não se tem como apontar se o método utilizado é o melhor para esse tipo de serviço.

A empresa pertence a uma classe específica, que é a de produção de alimentos, nesse caso, gelados, a base de água e/ou leite. A Sorveplus Ltda. fabrica sorvetes e picolés, com a marca Sol & Neve.

A empresa possui um vendedor na cidade de Campos, onde o mesmo tem uma rota a ser seguida, no sentido de visitar os clientes na semana, de segunda-feira a quinta-feira, para coletar os pedidos. Vale ressaltar que esses pedidos podem ser repassados em qualquer dia da semana para o faturamento, mas as entregas são feitas somente as sextas-feiras, já combinadas com os clientes. Eventualmente pode

ocorrer uma exceção, mas isso somente em raras ocasiões, como grandes eventos, por exemplo.

Após isso os pedidos são imediatamente faturados e enviados cópias desses pedidos para o setor de expedição, onde serão preparados os embarques dos produtos no caminhão. Existe uma equipe específica para esse fim.

Normalmente os pedidos são separados no caminhão por bairros, mas não se pode afirmar se esta é melhor forma, uma vez que a empresa não possui ferramentas que possam ser utilizadas para essa finalidade, por isso a importância desse estudo. De acordo com CHRISTOPHER (2010).

Como o gerenciamento logístico é um conceito orientado para os fluxos, e tem como objetivo integrar recursos ao longo de um canal que se estende desde os fornecedores até os clientes finais, é desejável dispor de um meio pelo qual os custos e o desempenho dos fluxos no canal possam ser avaliados.

Definindo uma rota de entrega, até a arrumação da carga no veículo fica melhor, pois a carga passa a ser arrumado de acordo com a ordem de entrega. Dessa forma evita-se até perda de tempo na entrega, pois sem uma ordem correta há uma procura pelo produto dentro do caminhão, e como o produto é altamente perecível, por ser um produto gelado, estando arrumado, facilita em muito a descarga dos mesmos.

Em época de pico, ou seja, no alto verão, a Soveplus Ltda. faz uma média de 50 a 60 entregas² por semana na cidade de Campos.

A forma de entrega hoje, segundo os diretores, é equivocada, uma vez que o caminhão sai da fábrica para as entregas e o motorista é quem resolve onde vai ser

² Esse número é uma média, considerando todo o período que a empresa atende à cidade de Campos dos Goytacazes. Esses dados foram obtidos na própria empresa, baseados nos dados do setor de vendas, publicados com autorização da mesma.

feita a primeira entrega e assim sucessivamente com as demais, o que, na visão da empresa, e realmente é uma verdade, não é lá muito funcional.

O que se pretende com esse trabalho é exatamente organizar essas entregas, e tentar mostrar uma maneira mais organizada de realizar essa tarefa, fazendo com que os colaboradores tenham uma definição clara do trajeto a ser percorrido.

Espera-se com esse estudo uma profunda modificação nos conceitos de entrega dos produtos fabricados pela empresa de agora em diante, até porque os próprios colaboradores estarão contribuindo para um melhor aperfeiçoamento do trabalho, tendo em vista que ninguém melhor do que eles para mostrar o que deve ser melhorado e o que tem que ser evitado nos trajetos a serem percorridos.

2.2 PROBLEMA DE DISTRIBUIÇÃO

O problema de distribuição é muito constante nas empresas hoje em dia. Toda empresa produtora de bens e serviços, de alguma forma, tem que entregar o seu produto final a quem se destina, seja ele cliente final consumidor pessoa física ou mesmo pessoa jurídica.

Como então realizar essa entrega? Como já visto anteriormente, a alternativa mais utilizada no Brasil é o modal rodoviário. Por vários fatores esse modal é o mais utilizado, onde encontram-se N empresas transportadoras de cargas e também as próprias empresas produtoras quando elas mesmo fazem a entrega de seus produtos.

Existem 2 formas muito conhecidas de entrega dos produtos, que são a carga fracionada, onde os veículos de carga entregam os produtos em diversos clientes e a chamada carga fechada, onde o veículo sai do produtor direto para o cliente, sem paradas, ou seja, de porta a porta. (BALLOU, 2006)

Infelizmente as estradas brasileiras carecem de um melhor investimento, pois é sabido que também o excesso de carga transportado pelos veículos contribui para a deterioração das estradas, que como já dito, não são muito boas.

As estradas em melhores condições de circular no Brasil são as que foram entregues à iniciativa privada, na modalidade de privatização, onde as mesmas tem a concessão de explorar comercialmente determinados trechos, com a cobrança de pedágio. Em contrapartida há o compromisso de se investir na conservação das mesmas, e é exatamente o que se observa nas viagens. Os trechos privatizados são os mais bem conservados no Brasil, havendo casos, inclusive, de rodovias federais que nem pavimentação asfáltica têm, casos esses de rodovias da região norte do Brasil.

O modal rodoviário caracteriza-se por ser de fácil alocação de recursos e a chamada entrega porta-a-porta, pois a carga sai da origem e chega no destino, muitas das vezes sem precisar trocar de veículo. (BALLOU, 2006)

2.3 PROBLEMA DE ROTEAMENTO DE VEÍCULOS

O Problema de Roteamento de Veículos (PRV) (*Vehicle Routing Problem* (VRP)) e o Problema do Caixeiro Viajante (PCV), ou (*Traveling Salesman Problem* (TSP)) são 2 variantes do problema de roteirização (GILLET e MILLER, 1974). Dentro dessas duas variantes ainda encontramos diversificações, cada uma com suas particularidades. BALLOU (2006) afirma que:

Alguns princípios para uma boa Roteirização e Programação: Carregar caminhões com volumes destinados a paradas que estejam mais próximas entre si; Paradas em dias diferentes devem ser combinadas para produzir agrupamentos concentrados; Comece os roteiros a partir da parada mais distante do depósito; O sequenciamento das paradas num roteiro de caminhões deve ter forma de lágrima; os roteiros mais eficientes são aqueles que fazem uso dos maiores veículos disponíveis; A coleta deve ser combinada nas rotas de entrega em vez de reservada para o final dos roteiros; Uma parada removível de um agrupamento de rota é uma boa

candidata a um meio alternativo de entrega; As pequenas janelas de tempo de paradas devem ser evitadas;

A variabilidade e a imprevisibilidade de problemas de programação de veículos e roteirização são elevadas quanto às restrições e a quantidade aplicadas a ele. Para cada problema, pode ser encontrada uma solução diferente e exclusiva, isso devido às diversas restrições que podem ser incorporadas ao problema. (BALLOU, 2006)

O PRV, proposto inicialmente por Golden e Wong em 1981, pertence à classe dos problemas de otimização combinatória NP-difíceis. Sobre o PRV com um depósito apenas, como é o caso deste estudo, existem vários trabalhos e diversas literaturas com abordagens diferentes como Ho e Gendreau (2006), Braysi; Dullaert e Gendreau (2004), entre outros. Segundo NETTO (2006).

Resolver um problema de roteamento (PRV) significa procurar a forma de distribuir a um ou mais veículos uma determinada lista de compromissos de entrega, coleta ou execução de algum serviço, associados a determinados pontos (clientes), devendo os veículos retornar ao ponto de origem ao final do trabalho.

Sobre o problema de Roteamento de Veículos diversas soluções têm sido apresentadas, utilizando-se das mais variadas técnicas, entretanto a técnica de Sistema de Informação Geográfica (SIG), no uso de Roteamento de Veículos ultimamente vem ganhando espaço e dependendo da complexidade do problema, já se torna uma solução viável.

O problema apresentado se assemelha ao Problema do Caixeiro Viajante (Reinelt, 1991), onde um veículo deve percorrer todos os clientes previamente determinados e retornar a sua base, levando-se em conta que a capacidade do veículo, nesse problema, atende à demanda necessária, assim como a heurística *Simulated Annealing* tem obtido bons resultados, pelo menos quando utilizada em problemas menores, onde se utiliza a técnica do vizinho mais próximo.

2.4 MÉTODO DE CONSTRUÇÃO

Inicialmente o esboço de uma solução desse problema se assemelha ao problema do Caixeiro Viajante. A partir de uma solução inicial, movimentos são executados gerando um conjunto de novas soluções, denominado de vizinhança da solução.

A Solução Inicial é gerada através da heurística do Vizinho mais Próximo. Uma vez que esta solução está disponível, inicia-se o processo de busca de uma solução que otimize a função objetivo definida no modelo.

Neste trabalho são utilizadas duas tecnologias: o SIG – Sistema de Informação Geográfica e a Heurística Simulated Annealing, como forma de comparação dos resultados obtidos pelo SIG, mas a ênfase maior do trabalho é sobre a funcionalidade e aplicabilidade dos SIG no problema de roteamento, especificamente na empresa já mencionada.

2.5 REVISÃO DE LITERATURA

Apresenta-se a seguir algumas considerações sobre os Sistemas de Informação geográfica, assim como algumas utilizações dessa tecnologia, em áreas diversas, assim como também um breve relato sobre a heurística *Simulated Annealing*. É mostrado também alguns trabalhos realizados com essas duas tecnologias, utilizadas conjuntamente, ou apenas com uma ou outra somente.

2.5.1 Sistemas de Informação Geográfica – (SIG)

De acordo com Cosme (2012) “os SIG nascem da necessidade humana de analisar a informação georreferenciada.” .

Os Sistemas de Informação Geográfica deixaram de ser mais uma nova tecnologia de manipulação da informação espacial e entraram nas mais diversas áreas da atuação humana no espaço. A necessidade de conhecer a posição atual e de qual o melhor percurso a efetuar para atingir um destino deriva diretamente da própria capacidade de movimento do ser humano. (Cosme 2012).

Segundo Cosme (2012, apud ARONOFF 1989, p. 17), “sistema de apoio à decisão que integra dados referidos espacialmente num ambiente de resolução de problemas.”

De acordo com Cosme (2012, apud ARONOFF 1989, p. 17) “qualquer sistema informático ou manual baseado num conjunto de procedimentos utilizados pra armazenar e manipular informação georreferenciada.”

O SIG tem por base informações espaciais, georreferenciada por satélite, com a utilização do GPS (*Global Positioning System*). Nota-se claramente um grande avanço na utilização dos SIG's em diversas áreas, sejam elas Exatas, Humanas ou mesmo Sociais (ARONOFF 1991).

A utilização, ou forma de se utilizar essa tecnologia depende de cada funcionalidade a ser explorada pela aplicação a ser desenvolvida (ASSAD e SANJO 1993). Esse estudo aborda a utilização do SIG em Roteamento de Veículos, com a utilização do *Google Maps* onde diversos trabalhos utilizando essa tecnologia já estão sendo feitos no mercado. Segundo COSME (2012, p.45) “os sistemas de informação geográfica deixaram de ser mais uma nova tecnologia de manipulação da informação espacial e entraram nas mais diversas áreas da atuação humana no espaço.”

A necessidade de conhecer a posição atual e de qual o melhor percurso a efetuar para atingir um destino deriva diretamente da própria capacidade de movimento do ser humano. O constante esforço do desenvolvimento de ferramentas que permitem gerir o posicionamento e navegação materializou o *Global Positioning System* (GPS). E na abordagem de COSME (2012, p.14), “O GPS é um sistema global

de posicionamento geográfico que identifica as coordenadas de um ponto à superfície da terra, com base numa constelação de satélites a orbitar em torno da terra”.

De acordo com SCHOLTEN & STILLWELL (1990) três funções principais podem ser disponibilizados por um SIG, requerendo alguns componentes, variando assim de acordo com o que se pretende obter.

- Armazenamento – manejar e integrar as grandes quantidades de dados que são referenciados.
- Proporcionar formas de serem realizadas análises, especificamente que estiverem relacionadas aos componentes geográficos.
- Manejar e organizar grandes quantidades de dados, e também de que forma as informações obtidas podem ser acessadas, de modo mais fácil, por quem vai utilizá-la.

Na literatura existem algumas definições do que são SIG, entre estas encontra-se a seguinte definição:

Existem diversas definições do que são SIG. Nestas definições encontram-se traços comuns. Como foi apresentado, a percepção dos SIG enquanto ferramenta e, até apenas, como equipamento e programas (hardware e software) opõe-se à percepção do SIG enquanto ferramenta ou projeto (COSME, 2012 p. 18).

As Figuras 2.1 e 2.2 apresentam os componentes e funções fundamentais de um SIG.

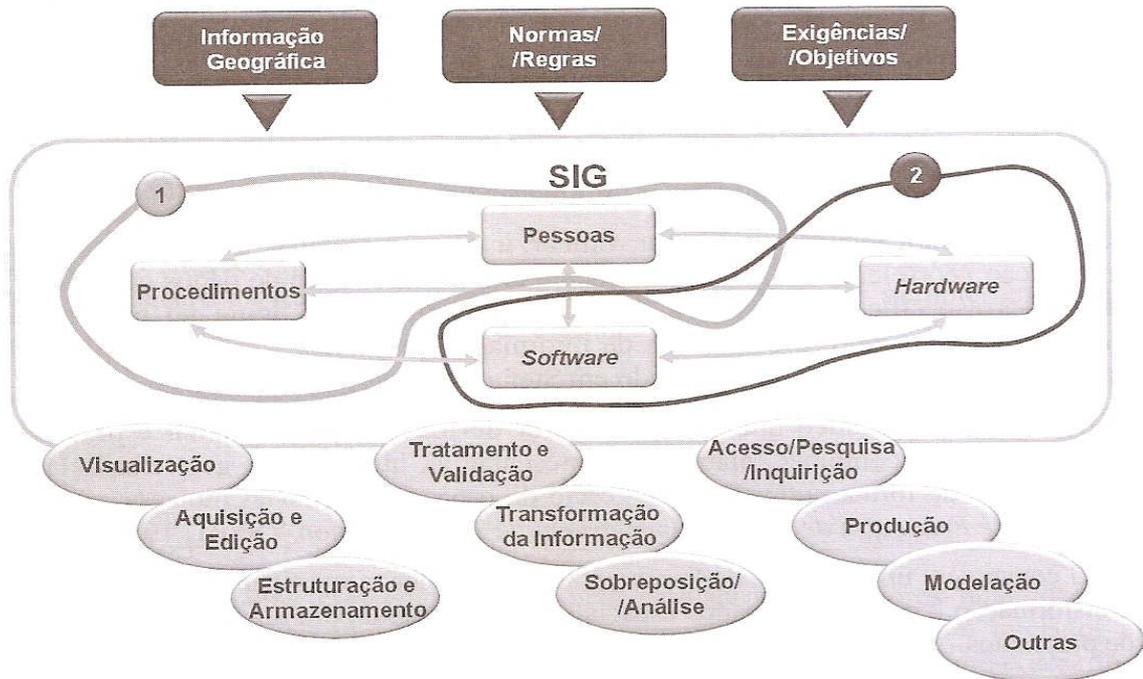


Figura 2.1 – Componentes e funções fundamentais de um SIG: 1. Pessoas e procedimentos como centro do SIG; 2. Hardware e software como centro do SIG. Fonte: COSME, 2012.

Os SIG's nasceram da necessidade humana de analisar a informação georreferenciada. As mais diversas atividades têm uma importante componente espacial georreferenciada e utilizam SIG (COSME 2012).

Pode-se assumir que existe um SIG sempre que exista um conjunto de componentes que gerem os dados e a informação geográfica num dado circuito que permite, entre outras funções fundamentais, as que se destacam a seguir (COSME 2012):

- Analisar
- Interpretar
- Decidir
- Agir
- Monitorizar
- Disponibilizar

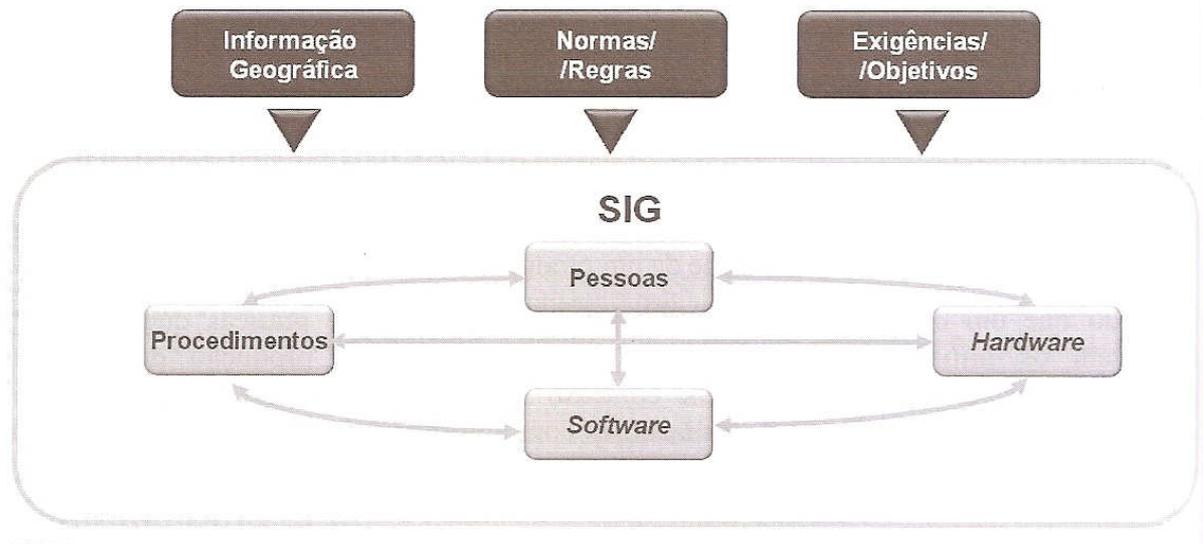


Figura 2.2 – Componentes de um SIG – Fonte: (COSME, 2012).

COSME(2012), descreve em sua abordagem que,

Os SIG's foram-se tornando mais especializados, tendo, muitas vezes, evoluído para sistemas de apoio à decisão espacial (SADE), suportando decisões de localização de novos equipamentos, alocação de recursos, gestão de estruturas e priorização de intervenções e investimentos. Adicionalmente, podem sustentar a produção de itinerários e percursos ótimos, suportando de forma efetiva o planejamento territorial e/ou a gestão de redes tão diversas como as de recolha de lixo ou de distribuição de encomendas (COSME, 2012, p. 19).

Um projeto é um conjunto único de atividades que se desenvolvem num dado intervalo de tempo com objetivos definidos, com riscos conhecidos, previstos e estabelecidos e com certa aceitação também definida com critérios de aceitação definidos e com riscos conhecidos. (COSME 2012 *apud* HUXHOLD *et al.*, 1995, p. 20)

Segundo Cosme (2012) as algumas questões centrais no desenvolvimento de um projeto SIG podem ser:

- Missão, visão e objetivo geral;
- Estratégia, metodologia e objetivos a serem atingidos;
- Implementação, monitorização, avaliação e manutenção;
- Experiências, possíveis (in)sucessos e melhores práticas no terreno.

Hoje em dia, a utilização de sistemas geo-referenciados constitui-se num importantíssimo auxílio para ações governamentais, de todas as formas, com uma

enorme abrangência geográfica. Em diversas áreas há a utilização do SIG como uma forma de administração, controle, ou outra forma que se tenha para administração. Segundo ASSAD E SANJO (1993).

O SIG é um sistema que usa procedimentos para armazenar e manipular dados geo-referenciados, tendo seu funcionamento estruturado na seguinte forma:

- Entrada de dados (*input*);
- Gerenciamento de dados (armazenamento e recuperação de dados);
- Manipulação e análise;
- Produção (*output*). (ARONOFF, 1989, p. 26)

De acordo com França (2004,) a utilização do SIG tem se tornado uma prática constante nas mais variadas áreas:

Os Sistemas de Informações Geográficas têm sido empregados de maneira crescente nas áreas de cartografia, análise de recursos naturais, transportes, comunicações, energia e planejamento urbano e regional. Recentemente, eles têm sido aplicados nas práticas que envolvem a documentação gráfica digital, a investigação, o tratamento, o diagnóstico e o monitoramento do estado de conservação de bens culturais. (FRANÇA, 2004, p. 2)

2.5.2 Vantagens e desvantagens do SIG

Uma grande vantagem dos SIG's é que eles podem trabalhar em conjunto com variados softwares com diversas interfaces ou até mesmo com outros sistemas onde funções podem ser agregadas, desta forma com acentuada melhora nos resultados. (COSME, 2012).

Por outro lado uma grande desvantagem para se trabalhar com SIG são os altos custos de sistemas proprietários, pois as licenças de utilização são caras, por se tratarem de programas específicos, mas por outro lado existem diversos projetos oferecendo sistemas na condição *free*, agregados sobre a licença *Open Source*, que vem surgindo para suprir esse deficiência, e com grande participação da comunidade, seja em fóruns ou mesmo com materiais disponibilizados na *Web*. (COSME, 2012).

2.5.3 Outros sistemas baseados em SIG

Um dos sistemas mais famosos de SIG – GIS é o ArcGIS, que é proprietário e é uma ferramenta para se trabalhar com todas as variantes em um ambiente de utilização de Informação Geográfica. Outros sistemas proprietários também podem ser encontrados no mercado, sendo: (COSME, 2012)

- Geomedia (Intergraph);
- Bentley Map (Bentley)

Paralelamente a esses sistemas proprietários existem algumas distribuições gratuitas de sistemas, conhecidos como FOSS – *Free Open Source Software* (Software Livre de Código aberto) que ainda carecem de mais material de apoio, o que está sendo feito pela comunidade que ajuda a manter os sistemas no ar. Por serem enquadradas na filosofia de Software Livre diversas comunidades trabalham em função de aumentar o material de ajuda para esses sistemas (COSME, 2012).

Dentre alguns desses softwares disponíveis podem ser destacados os seguintes:

- Geographic Resources Analysis Support System – GRASS
- gvSIG
- Quantum Gis;
- GvSIG
- Open Jump
- uDIG
- SAGA

Cada um desses sistemas tem suas particularidades, mas todos eles têm a mesma função, que é trabalhar com dados georreferenciados, proporcionando assim, aos mais diversos segmentos, uma eficiente ajuda às tomadas de decisões.

2.5.4 Simulated Annealing

Simulated Annealing, ou Arrefecimento simulado, ou Têmpera simulada, são alguns dos nomes por qual essa heurística é conhecida. Proposta originalmente por Kirkpatrick, *et al.* (1983), e largamente utilizada em diversos problemas de otimização, como roteirização, simulação, entre outras áreas.

A técnica de SA se assemelha com o processo de têmpera do metal, onde um metal é aquecido a determinada temperatura, e logo em seguida resfriado, causando uma alteração em suas moléculas, tornando-o mais forte. Essa técnica, que é da indústria mecânica é utilizada para modificar as características químicas do metal tornando-o mais resistente, entretanto ao se efetuar o resfriamento, caso a temperatura seja errada, o metal se torna quebradiço, pois as moléculas ficam desordenados tornando o metal impróprio para utilização. (BUSSETI, 2001a)

Segundo Busseti (2001a) o Simulated Annealing (SA) se assemelha a uma técnica de busca aleatória, e faz uma analogia entre esse processo de aquecimento e resfriamento da estrutura dos átomos do metal, com a busca para uma solução eficaz, em um sistema geral.

Alguns autores trazem a história do SA como sendo uma atribuição ao O algoritmo de integração de Monte Carlo Metrópoles (Metropolis *et al.*, 1953) e que Kirkpatrick, *et al.* (1983) incluiu uma programação de temperatura tornando-o eficiente. Uma revisão mais abrangente sobre a metodologia Simulated Annealing pode ser obtida em Kirkpatrick, *et al.* (1983).

2.6 TRABALHOS RELACIONADOS COM SIG E SA

Diversos são os trabalhos relacionados com as duas tecnologias, SIG e SA, e alguns desses trabalhos estão relacionados abaixo.

Na área da Saúde uma importante utilização do SIG é o que foi feita por Barbosa e Alvim (2010), com a utilização do SIG para monitoramento e controle da Dengue, no município de Carangola/MG, isso porque o município, em Janeiro de 2010 sofreu uma grande epidemia de Dengue. Com a ferramenta apresentada é possível monitorar todos os casos da doença no município separados por bairros e ruas, sendo um importante aliado da área de saúde para o controle e prevenção da doença.

Dias, Dias e Nobre (2005) mostrando também a grande utilização dos SIG na área de Saúde, utilizaram-se dessa importante ferramenta para realizarem um levantamento e determinar a localização espacial da Hanseníase, no município de Mossoró/RN, onde os mesmos, com esse trabalho, buscaram conseguir um melhor entendimento da doença nesse respectivo município. Com os resultados obtidos pelo trabalho puderam ajustar ações preventivas contra a doença.

Santos *et. al* (2004) apresentaram informações geográficas sobre a Tuberculose, utilizando-se de dados levantados pela Secretaria Municipal de Saúde do município de Ribeirão Preto, no período de 1990 a 2000, com o objetivo de contribuir para o entendimento dessa doença que ainda mata muito no Brasil, assim como para obterem informações adicionais para a área de saúde do município.

Brasileiro e Lacerda (2007) realizaram um trabalho para analisar o uso de SIG no planejamento de rotas de coleta de resíduos sólidos domiciliares em uma cidade de pequeno porte.

Reis e Granja (2011) também realizaram um trabalho, em que propuseram a utilização do SIG em uma empresa que recolhe e processa materiais recicláveis na cidade do Rio de Janeiro.

Oliveira, Telhada e Carvalho (2010) propuseram a integração do SIG e WEB no planejamento do transporte público a pedido, em Portugal, como forma de sistema de apoio e propor uma correta adequação dos parâmetros funcionais do transporte a pedido.

Galvão *et. al* (1997) utilizaram o SIG, em conjunto com a heurística Simulated Annealing e implementaram um sistema, para *desktop*, integrando as duas tecnologias para um programa de entregas simulado, no bairro de Copacabana, no Rio de Janeiro. Ainda segundo Galvão *et. al* (1997, p. 25) “o potencial da utilização comercial da integração de algoritmos de roteamento a SIG’s é bastante grande”.

Dantas, Taco e Yamashita (1996) realizaram um trabalho onde os mesmos, sabendo que os Sistemas de Informações Geográficas estão se tornando um grande aliado na resolução dos problemas de transporte, mostram as definições e conceitos dos SIG e como aplica-los.

Os autores trabalharam: Análise Evolutiva e Crítica dos principais conceitos de SIG; Aplicações do SIG-T; Análise Descritiva das Aplicações do SIG-T. Com isso esperam contribuir cientificamente aos estudiosos em transportes para que se tenham uma melhor utilização dessa importante ferramenta.

Assad e Sano (1993) utilizaram-se de um Sistema de Informações Geográficas com aplicações na Agricultura, onde os mesmos apontam os ganhos obtidos com as informações disponibilizadas pelo SIG. Ainda segundo Assad e Sano (1993, p. 21) “esses sistemas manipulam dados de diversas fontes e formatos, dentro de um ambiente computacional ágil e capaz de integrar as informações espaciais temáticas e gerar novos dados derivados dos originais”

Rodrigues, Zimback e Piroi (2001) utilizaram o SIG-IDRISI, para poderem verificar a adequação do uso da terra em 1977 e 1978 na parte inicial da Bacia do Rio Pardo, na cidade de Botucatu/SP, para verificarem as condições de obterem subsídios como forma de um planejamento adequado de uso da área estudada. Observa-se que os autores utilizaram um SIG específico, o SIG-IDRSI, que é um software que integra funcionalidades direcionadas às aplicações em SIG e também ao processamento de imagens.

Felgueiras (2001, p. 11) apresenta “uma proposta de sistematização, baseada no paradigma da modelagem geoestatística por indicação, para uso em modelagem computacional desenvolvida em ambiente de SIG”. O autor apresenta algumas técnicas e métodos apontados pela sistematização proposta, que são explorados na forma teórica e prática, através de implantação, além de demonstradas em estudos de caso.

Marques, Parpinelli e Salazar (2008) propuseram um modelo para o PRV em plataformas SIG, integrando e manipulando informações geográficas, onde aplicaram a meta heurística de Otimização por Colônias de Formigas, como técnica para a resolução de problemas computacionais buscando encontrar melhores caminhos. Os resultados que os autores obtiveram demonstraram ser bastante competitivos.

Mauri e Lorena (2006), utilizaram o Simulated Annealing em um problema de roteirização e programação de veículos, onde o modelo proposto pelos autores trata o problema de forma estática, com multiplicidade de veículos, frota heterogênea e múltiplas garagens, onde cada veículo começa e termina sua rota em garagens específicas.

Oliveira, Mauri e Lorena (2010) utilizaram o Simulated Annealing para resolver um problema de alocação de berços, na área marítima, para alocação de navios em área de atracação ao cais. Os autores modelaram o problema como Roteamento de Veículos com Múltiplas Garagens e Janelas de Tempo.

Júnior, Souza e Martins (2005) utilizaram o Simulated Annealing (SA), para resolver o Problema de Roteamento de Veículos com Janela de Tempo (PRVJT), onde o objetivo é determinar rotas, com custo mínimo, onde o cliente só pode receber em um horário pré-determinado, pré-definido, e onde a frota de veículos possui a mesma capacidade. Os autores também utilizaram a técnica de refinamento com os resultados obtidos, procurando melhorar a solução inicial.

Souza *et. al* (2012) utilizaram-se da meta heurística Simulated Annealing para tratar do Problema de Programação de Tripulações (PPT) no Sistema de Transporte Público. Ainda de acordo com Souza *et. al* (2012, p. 18) “[...] tal problema consiste em atribuir um conjunto de tarefas aos tripulantes de uma dada empresa participante do sistema de forma que todas as viagens das linhas sob responsabilidade desta sejam executadas com o menor custo possível”. Além da meta heurística Simulated Annealing os autores utilizaram também Método de Pesquisa em Vizinhança Variável e Busca Tabu (MPVVBT). Os testes foram realizados em uma empresa que opera na cidade de Belo Horizonte.

Mauri (2006) apresentou um modelo matemático geral e multi objetivo para resolução do problema de roteirização e programação de veículos, onde o mesmo aplicou o *Simulated Annealing* para resolução desse problema.

Como pode ser observado, diversos são os trabalhos com a utilização do SIG e da heurística *Simulated Annealing*, e até mesmo das duas em conjunto, o que corrobora com a opção de escolha pelas duas tecnologias. A possibilidade de integração do SIG com outra tecnologias possibilita uma maior utilização e análise das mais variadas informações que se procura.

3 DESENVOLVIMENTO DE UMA FERRAMENTA WEB PARA AUXÍLIO NA ROTEIRIZAÇÃO DE VEÍCULOS – ROTASORV®

3.1 ROTASORV®

A utilização de mapas do Google em sítios da Web vem se tornando comum ultimamente, muito em função das empresas que mantêm seus sites oferecerem a facilidade de oferecerem sua localização física aos usuários/consumidores, de uma forma geral. No uso de rotas, por exemplo, o Google Maps é capaz de traçar uma rota de um ponto A para o ponto B, e em sua quase totalidade dos resultados apresentados, o caminho sugerido é o melhor.

Diante do problema apresentado, foi implementada uma ferramenta *Web*, RotaSorv®, integrada com o SIG, neste caso específico utilizando uma *API* do Google, para auxiliar a empresa citada acima a melhorar e agilizar a entrega de seus produtos na cidade de Campos dos Goytacazes. A ferramenta foi implementada de forma a ser utilizada em qualquer navegador *Web* e em qualquer Sistema Operacional.

Foram utilizados os recursos de PHP - *Personal Home Page*, uma linguagem de criação de *scripts*, de código-fonte aberto no servidor e vinculada à *HTML (Hiper Text Markup Language)* usadas para criar páginas *Web* geradas dinamicamente.

O diferencial da ferramenta RotaSorv® é exatamente utilizar o Google Maps, integrado a uma plataforma *Web*, onde é possível não apenas roteirizar de A para B,

e sim de um ponto (A), passando por vários outros (B, C, D ... N) e retornando ao ponto de origem (N), ou a um outro ponto qualquer definido pelo usuário (Z), desde que planejado dessa forma.

A ferramenta aqui apresentada trata a origem (base) e destino como sendo os mesmos pontos, sendo que ao sair da origem o veículo tem uma série de clientes a percorrer entregando os sorvetes e picolés antes de retornar ao ponto de partida, ou seja, a fábrica da Sorveplus.

No aplicativo desenvolvido, o AJAX estará trabalhando em conjunto com o *jQuery*, para realizar as requisições e a gravação dos dados na base. O *jQuery* é uma biblioteca *JavaScript*, que foi desenvolvida para simplificar os scripts que interagem com a linguagem *HTML*. Como conexão de Banco de Dados optou-se por utilizar o *MySQL*, por ser um dos bancos de dados mais utilizados em aplicações *Web* e pela sua comprovada eficácia nas aplicações *Web*, pois como o aplicativo desenvolvido necessita de arquivamento de dados em uma base, justifica-se a escolha dessa tecnologia. A grande vantagem da utilização dessas ferramentas é que todas são de uso livre, ou seja, não se tem custo com licenciamento de *software* para o desenvolvimento da ferramenta proposta.

Em face do desenvolvimento proposto, e a necessidade de se manipular elementos DOM's³ (*Document Object Model* ou Modelo de Objeto de Documentos) referenciados pela W3C⁴ (*World Wide Web Consortium*), dispostos numa página *web*, torna necessária a utilização da linguagem *JavaScript*. Com a integração de várias tecnologias no aplicativo proposto, voltado para a plataforma *Web*, torna-se necessário a utilização do *Cascading Style Sheets*TM, *CSS*, o que torna a página mais dinâmica, possibilitando uma maior interação entre o usuário e o aplicativo.

³ DOM (*Document Object Model* ou Modelo de Objeto de Documentos) definidos pela W3C como uma multi-plataforma que representa como as marcações em *HTML*, *XHTML* e *XML* são organizadas e lidas pelo navegador.

⁴ *WC3* é a sigla para *World Wide Web Consortium*, que é o grupo responsável por definir os principais padrões utilizados no projeto de *Web*, sendo seguida e respeitada por programadores e instituições de todo o mundo.

3.2 TECNOLOGIAS OPEN SOURCE UTILIZADAS EM CONJUNTO COM O SIG

3.2.1 PHP

Personal Home Page, PHP, que é um acrônimo de Hypertext Preprocessor, segundo Hughes e Zmievski (2001) é uma linguagem de criação de *scripts*, de código-fonte aberto no servidor e vinculada à HTML (Hiper Text Markup Language) usada para criar páginas Web geradas dinamicamente. Com uma sintaxe fácil de ser usada e uma extensa biblioteca de módulos, o PHP torna fácil e rápida a criação de sites Web potentes baseados em dados para *e-commerce*, portais e outros aplicativos Web.

Segundo Deitel (2010) o PHP é a linguagem Internet para criação de *scripts* de código-fonte aberto do lado do servidor mais popular para desenvolver aplicativos baseados na Internet.

O PHP foi lançado em 1995, como um pacote chamado 'Personal Home Page Tools', dois anos mais tarde o PHP 2 possuía suporte embutido para banco de dados e tratamento de formulário e, em 1997, o PHP 3 foi lançado com parser reescrito que aumentou substancialmente o desempenho e levou a uma explosão de uso (DEITEL, 2008).

O PHP é uma tecnologia de código aberto que conta com o apoio de uma grande comunidade de usuários e desenvolvedores. É independente de plataforma, havendo implementações para todos os principais sistemas operacionais, como *UNIX*, *Linux*, *Mac* e *Windows*, e também aceita muitos bancos de dados, como o *MySQL* (DEITEL, 2008).

O *PHP*, portanto foi escolhido para utilização nesta aplicação, por ser um aplicativo baseado em plataforma *Web* e pela necessidade da integração e criação de uma base de dados relativos à *Web*.

3.2.2 MySQL

De acordo com Elmasri e Navathe (2011) bancos de dados e sistemas de banco de dados são um componente essencial da vida na sociedade moderna. Os bancos de dados e sua tecnologia têm um impacto importante sobre o uso crescente dos computadores.

Um banco de dados pode ser definido como uma coleção de dados relacionados, e Elmasri e Navathe (2011) apresentam algumas definições e algumas propriedades implícitas na definição de banco de dados:

- Um banco de dados representa algum aspecto do mundo real, às vezes chamado de minimundo ou de universo de discurso (UoD – *Universe of Discourse*). As mudanças no minimundo são refletidas no banco de dados;
- Um banco de dados é uma coleção logicamente coerente de dados com algum significado inerente. Uma variedade aleatória de dados não pode ser corretamente chamada de banco de dados;
- Um banco de dados é projetado, construído e populado com dados para uma finalidade específica. Ele possui um grupo definido de usuários e algumas aplicações previamente concebidas nas quais esses usuários estão interessados.

Segundo Manzano (2011) o nome SQL (*Structured Query Language* – Linguagem Estruturada de Consulta) explica sua finalidade. Não é uma linguagem de programação de computadores especificamente criada para desenvolver sistemas, como são as linguagens *PASCAL*, *C*, *BASIC*, *COBOL*, etc. É tão somente uma linguagem declarativa utilizada para facilitar o acesso a informações (por meio de

consultas, atualizações e manipulações de dados) armazenadas em banco de dados relacional.

O programa MySQL é um sistema de gerenciamento de banco de dados relacional que utiliza a linguagem de consulta estruturada SQL como interface de acesso e extração de informações do banco de dados em uso. O MySQL é um dos sistemas de gerenciamento de bancos de dados mais populares e usados no mundo. É rápido, multitarefa e multiusuário (MANZANO, 2011).

O MySQL é um dos bancos de dados mais utilizados em aplicações Web e como o aplicativo desenvolvido necessita de arquivamento de dados em uma base, optou-se pela escolha dessa tecnologia pela sua comprovada eficácia nas aplicações *Web*.

3.2.3 Javascript

Pode-se descrever o JavaScript como sendo uma linguagem de extensão ao código HTML das páginas Web. São scripts gerados e executados pelo próprio navegador, sem necessidade de recursos de um servidor, por exemplo. Foi originariamente criada pela Netscape, e é uma linguagem de criação de scripts baseada em navegador, e implementada em todos os principais navegadores. Muitas pessoas confundem a linguagem de criação de scripts JavaScript com a linguagem de programação *Java*, que é uma linguagem de programação completa, orientada a objetos, que pode ser usada para desenvolver aplicações executáveis em diversos dispositivos – desde os menores, como telefones celulares e PDAs, até supercomputadores (DEITEL, 2008).

Em face do desenvolvimento proposto, e a necessidade de se manipular elementos DOM's (*Document Object Model* ou Modelo de Objeto de Documentos) referenciados pela W3C (*World Wide Web Consortium*), dispostos numa página *web*, torna necessária a utilização da linguagem *JavaScript*.

3.2.4 CSS

O Cascading Style Sheets[™] (CSS) é uma tecnologia do W3C, que permite aos autores de documento especificar a apresentação dos elementos em uma página *Web*, tais como fontes, espaçamento, cores, entre outros, separadamente da estrutura do documento, em geral composta por cabeçalhos de seção, texto do corpo, *links* etc. (DEITEL, 2008).

Ainda segundo Deitel (2008) essa separação entre estrutura e apresentação dos elementos simplifica a manutenção e a modificação de uma página *Web*.

A especificação CSS do W3C atualmente está em sua segunda versão principal, com uma terceira em desenvolvimento. As versões atuais da maioria dos navegadores admitem grande parte da funcionalidade contida na especificação CSS 2.0, o que possibilita aos programadores utilizar totalmente seus recursos (DEITEL, 2008)

Com a integração de várias tecnologias no aplicativo proposto, voltado para a plataforma *Web*, torna-se necessário a utilização do CSS, o que torna a página mais dinâmica, possibilitando uma maior interação entre o usuário e o aplicativo.

3.2.5 jQuery/Ajax - Asynchronous JavaScript and XML

O *Ajax* foi cunhado por Jesse James Garrett, da Adaptive Path, em fevereiro de 2005. *Ajax* permite atualizações parciais de página, ou seja, atualiza partes individuais de uma página *Web* sem ter de recarregar a página inteira. Isso cria uma GUI (*Graphical User Interface* – Interface gráfica do usuário) mais sensível, possibilitando que os usuários continuem interagindo com a página enquanto o servidor processa as requisições (DEITEL, 2008).

Um dos grandes lançamentos em *AJAX* foi o serviço de *e-mail* do *Google*, o *Gmail*, quando foi lançado, em 2004, foi quase que uma revolução na *Web*, pois possibilitava você manipular arquivos e pastas na própria página, o que posteriormente foi seguido por outras grandes empresas da *Web*, como *Yahoo!*, *Microsoft*, entre outras.

As aplicações *Ajax* acrescentam uma camada entre o cliente e o servidor para gerenciar a comunicação entre os dois. *Ajax* melhora a experiência do usuário, tornando mais ágeis as aplicações *Web* interativas, ou seja, tornando-as mais reativas (DEITEL, 2008).

No aplicativo desenvolvido o *AJAX* estará trabalhando em conjunto com o *jQuery*, para realizar as requisições e a gravação dos dados na base. O *jQuery* é uma biblioteca *JavaScript*, que foi desenvolvida para simplificar os scripts que interagem com a linguagem *HTML*. Lançada por John Resig, em 2006, em Nova York, no BarCamp, é utilizada por aproximadamente 55% dos 10 mil sites mais visitados do mundo, é uma das mais populares bibliotecas *JavaScript*.

É de código aberto, e possui licenças da GNU/GPL *General Public License*, versão 2 e Licença MIT. Com o *jQuery* a navegação em documentos *HTML* se torna mais simples, a seleção de documentos DOM, criação de animações e manipulação de eventos, assim como o desenvolvimento de aplicações *Ajax*.

3.2.6 HTML

A linguagem *HTML* (*Hypertext Markup Language*), é uma linguagem de marcação utilizada para produzir páginas na *Web*. Foi criada por Tim Berners-Lee, o inventor da *Web*. O *HTML* é formado por uma sequência de comandos em texto puro, que podem ser escritos em um editor de texto, e que são interpretados pelo navegador (SILVA e VARGAS, 2007).

Na definição das páginas foi utilizado o HTML, assim como na estrutura total do aplicativo proposto, em conjunto com outras tecnologias já vistas anteriormente. O HTML já se encontra em sua quinta versão, e já é suportada pela maioria dos navegadores atuais, entre os quais todos os que foram testados no aplicativo desenvolvido.

3.3 IMPLEMENTAÇÃO DA HEURÍSTICA SIMULATED ANNEALING

Para a elaboração do algoritmo e consequente execução foi utilizado o Microsoft Visual Studio 2010, com a linguagem C#, (**Apêndices A e B**). Utilizando-se dos recursos do *Google Maps*, todas as distâncias entre os clientes cadastrados na cidade de Campos dos Goytacazes, foram obtidas, podendo desta forma montar as matrizes de distâncias para a realização dos testes.

A Tabela 1 mostra um pseudo-algoritmo do Simulated Annealing.

Tabela 1: Pseudo algoritmo do Simulated Annealing.

algoritmo AS (T_0, S_{Max}, α)

gere uma solução inicial s

$IterT \leftarrow 0$

$T \leftarrow T_0$

enquanto (critério de parada não for satisfeito) **faça**

enquanto ($IterT < S_{Max}$) **faça**

$IterT \leftarrow IterT + 1$

gere um vizinho s' aleatoriamente ($s' \in N(s)$)

calcule $\Delta = f(s') - f(s)$

se ($\Delta \leq 0$) **então**

$s \leftarrow s'$

senão

$s \leftarrow s'$ com probabilidade $e^{-\Delta/T}$

fim-enquanto

$T \leftarrow \alpha \times T$

$IterT \leftarrow 0$

fim-enquanto

fim-algoritmo

A partir de uma solução inicial, movimentos são executados gerando um conjunto de novas soluções, denominado de vizinhança da solução. A Solução Inicial é gerada através da heurística do Vizinho mais Próximo. Uma vez que esta solução está disponível, inicia-se o processo de busca de uma solução que otimize a função objetivo definida no modelo.

3.4 API – APPLICATION PROGRAMMER INTERFACE

Buscando soluções relacionadas a custos, em programação com SIG, algumas empresas oferecem API's (*Application Programming Interface* - Interface de Programação de Aplicativos) para serem utilizadas em sistemas diversos. Pode-se definir uma API como sendo um conjunto de rotinas e padrões, que são estabelecidos por um software, utilizando suas funcionalidades por programas aplicativos, de forma que esses programas não se envolvam em detalhamento da implementação do mesmo, mas que apenas utilizem seus serviços.

Uma API gera muita acessibilidade aos serviços, de modo a integrá-los com outro software, o que resulta em informações que se pretende abstrair direcionando aos objetivos traçados. Com isso é possível que se realize mapeamentos, de todas as formas e espécie quando envolvida em uma tecnologia desenvolvida em SIG, mas que tenha rotinas específicas de software a serem trabalhadas. De acordo com Rivières,

Em tecnologia, computação, uma API é uma interface muito bem definida e que permite que um componente de um determinado software acesse, utilizando o seu código outro componente, de forma que isto acontece por que é suportado pela linguagem de programação utilizada. (RIVIÈRES, 2001)

Com o crescimento exponencial da *Web*, a tendência é um crescimento também da utilização das API's em suas mais variadas atuações. Existem variados serviços que disponibilizam algoritmos para as mais diversas utilizações. O uso mais conhecido de uma API, pode-se dizer que é o *Google Maps*. Hoje é muito fácil encontrar alguma aplicação que faça utilização dessa ferramenta de alguma maneira, desde a localização de um determinado ponto, quando se coloca essa informação no site, até mesmo buscar o melhor caminho para se chegar de um ponto A para o ponto B.

4 FUNCIONAMENTO DO ROTASORV®

Entre o fim de 2011 e início de 2012 o *Google* mudou as suas Políticas de Privacidade, onde as utilizações de suas diversas API's podiam ser utilizadas gratuitamente, mas em função dessas mudanças foram impostas algumas limitações. A API utilizada foi a versão 2, que é “*free*”, e possui limitações quanto a uso, sendo que essa limitação restringe o uso a 10 pontos no roteamento, o que totaliza 2600 (duas mil e seiscentas) requisições. A versão da API *Premier* que é paga, permite até 100.000 requisições diárias.

Como mencionado anteriormente, foi implementado uma ferramenta Web, RotaSorv®, integrada com o SIG, neste caso específico utilizando *API's do Google* em conjunto com o *Google Maps*, para auxiliar a Sorveplus Ltda. a melhorar e agilizar a entrega de seus produtos na cidade de Campos dos Goytacazes.

Segundo informações do próprio *Google*, nos 25 mil acessos diários de um site à API de mapas estáticos do *Google Maps*, não há cobrança. Já para aqueles sites que acessam a API de mapas estilizados, como é o caso desse trabalho, o limite é menor, e são 2,5 mil acessos diários.

“A Google Maps API é um serviço gratuito, disponível para qualquer site que o público possa usar gratuitamente. Consulte os termos de serviço para obter mais informações. Empresas que cobram taxas pelo acesso, rastreiam recursos ou constroem aplicativos internos devem usar a Google Maps API Premier, que fornece recursos avançados, suporte técnico e um acordo de nível de serviço. O Google Maps possui várias API's que permitem que você incorpore a funcionalidade robusta e a grande utilidade do Google Maps ao seus próprios sites e aplicativos, e ainda adicione dados seus sobre os mapas” (GOOGLE DEVELOPERS.disponível em: <<http://www.developers.google.com>>, acessado em 2012)

A ferramenta desenvolvida, RotaSorv®, possui quatro funcionalidades básicas, bem interativas e dinâmicas, simples, mas que tem uma utilidade muito grande para o que se propôs. As funcionalidade apresentadas no RotaSorv® são: Melhor caminho (para cálculo das rotas), Visualizar pontos (para conferir todos os pontos cadastrados), Administrar pontos (todos os pontos cadastrados são mostrados em forma de tabela, com opção de consulta a cliente cadastrado) e Novo ponto (para cadastrar/criar um novo ponto/cliente).

Todas as etapas de funcionamento da ferramenta são descritas nas próximas seções deste capítulo.

4.1 NOVO PONTO

O uso da ferramenta requer o cadastro prévio dos clientes no banco de dados do sistema com a finalidade de georreferenciar os endereços desses clientes. Após o cadastro, o sistema fica apto para o cálculo de rotas otimizadas a partir de um conjunto de pontos selecionados pelo usuário no mapa. No processo de cadastro são 4 passos a serem seguidos: cadastro, georreferenciamento, calculo de distância e gravação no banco de dados.

4.1.1 Cadastro

O processo de cadastramento dos pontos no sistema funciona da seguinte forma:

The interface is divided into four main sections:

- Search (BUSCAR):** Fields for 'Universidade Candido Mendes', '11111', and 'Rua Anita Peçanha, 140, Parque São Caetano'. A 'BUSCAR' button is present.
- Georeferencing (GEORREFERENCIAR):** Fields for 'Av. Anita Peçanha, 2-111 - Parque Pres. Juscelino', coordinates '-21.75976365633873, -41.34509389999995', and 'Rua Anita Peçanha, 140, Parque São Caetano'. A 'GEORREFERENCIAR' button is present.
- Distance Calculation (CALCULAR):** Dropdowns for 'DISTÂNCIA A: Miracema, RJ', 'DISTÂNCIA B: Campos, RJ', and 'Av. Anita Peçanha, 2-111 - Parque Pres. Juscelino'. A 'CALCULAR' button is present.
- Distance Results:** Two routes are shown:
 - Trajetos : 1:** Miracema - RJ, Brasil para Av. Anita Peçanha, 2 - Parque Pres. Juscelino, Campos dos Goytacazes - RJ, 28030-335, Brasil. Distance: 150 km.
 - Trajetos : 2:** Av. Anita Peçanha, 2 - Parque Pres. Juscelino, Campos dos Goytacazes - RJ, 28030-335, Brasil para Campos dos Goytacazes - RJ, Brasil. Distance: 3,2 km.
- Save Data (GRAVAR NA BASE):** A summary row with fields for 'Universidade Candido Mendes', '11111', 'Rua Anita Peçanha, 140, Parque São Caetano', 'Av. Anita Peçanha, 2-111 - Parque Pres. Juscelino', '150 Km', '3,2 Km', and coordinates '-21.75976365633873, -41.34509389999995'. A red 'GRAVAR NA BASE' button is at the end.

Figura 4.1. Tela de cadastro dos clientes (pontos no mapa) – Fonte: Sistema do autor

- O usuário acessa o sistema via qualquer navegador web, loga no sistema e a partir daí ele tem acesso as funcionalidades de cadastro e criação das rotas para o trabalho. A Figura 4.1 mostra tela completa de cadastro de um novo ponto, essa tela é dividida em quatro partes: cadastro, georreferenciamento, calculo de distância e gravação no banco de dados.

Universidade Candido Mendes
11111
Rua Anita Peçanha, 140, Parque São Caetano,
BUSCAR



Mapa

Av. Anita Peçanha

R. Cel. Germano Ca

R. D. Martin

R. Clóvis

R. Teixeira Freitas

R. D. Martin

POWERS BY Google

Dados cartográficos ©2012 - Termos de Uso

PRÓXIMO PASSO »

Figura 4.2. Parte do cadastro dos clientes (pontos no mapa) – Fonte: Sistema do autor

- Na etapa de cadastro, primeiro passo, o colaborador deve entrar com o endereço completo do cliente, que já deve ter sido obtido na base de dados do sistema de Gestão da empresa. (Figura 4.2)

4.1.2 Georreferenciamento

- Num segundo passo o sistema busca esse endereço, de acordo com as referências do *Google Map*, pois o sistema do Google se baseia em Coordenadas e nas informações enviadas pelos órgãos responsáveis de todo o planeta. Uma vez localizado, e confirmado o endereço, o sistema faz a georreferencia, ou seja, faz a localização baseado nas coordenadas X e Y, para referencia no mapa. (Figura 4.3)



Figura 4.3. Parte do cadastro dos clientes (pontos no mapa), onde é feito o georreferenciamento – Fonte: Sistema do autor

4.1.3 Cálculo de distância – Melhor caminho

- O terceiro passo é onde o sistema calcula a distância do ponto de partida até o ponto cadastrado, o que já fica gravado no Banco de Dados do sistema, e já mostra o trajeto com a distância. A finalidade desse cadastro é que o Sistema já encontra o melhor caminho até esse ponto, pois quando da escolha dos caminhos esse já é um provável início para a definição das rotas. (Figura 4.4).

<i>DISTÂNCIA A: Miracema, RJ</i>	▼
<i>DISTÂNCIA B: Campos, RJ</i>	▼
<i>Av. Anita Peçanha, 2-111 - Parque Pres. J</i>	▼
CALCULAR	
Trajeto : 1	
Miracema - RJ, Brasil para Av. Anita Peçanha, 2 - Parque Pres. Juscelino, Campos dos Goytacazes - RJ, 28030-335, Brasil 150 km	
Trajeto : 2	
Av. Anita Peçanha, 2 - Parque Pres. Juscelino, Campos dos Goytacazes - RJ, 28030-335, Brasil para Campos dos Goytacazes - RJ, Brasil 3,2 km	
150 Km	3,2 Km
PRÓXIMO PASSO »	

Figura 4.4. Parte do cadastro dos clientes (pontos no mapa) – Cálculo da distância do ponto de origem – Fonte: Sistema do autor

4.1.4 Gravação no banco de dados

- O último passo é onde o sistema identifica os endereços (endereço cadastrado pelo funcionário e o endereço georreferenciado pelo sistema, que é o que fica gravado na base de dados), pelas coordenadas X e Y (Latitude e Longitude) e grava esses mesmos dados na base de dados do sistema. (Figura 4.5)

<i>Universidade Candido Mendes</i>	<i>Rua Anita Peçanha, 140, Parque S</i>	150 Km	-21.75976365633873, -41.3450938
11111	<i>Av. Anita Peçanha, 2-111 - Parque</i>	3,2 Km	GRAVAR NA BASE

Figura 4.5. Parte do cadastro dos clientes (pontos no mapa) – Parte final, onde se grava os dados na base. – Fonte: Sistema do autor

- Feitas todas as etapas anteriores descritas o usuário manda gravar os dados obtidos na base, na gravação dos dados na base está sendo utilizado o banco de dados MySQL, por ser uma das aplicações de BD mais fáceis de manipulação para Web que se tem no mercado.

4.2 VISUALIZAR PONTOS

- A partir daí o ponto já está devidamente cadastrado no sistema e já pode ser visualizado, no mapa, a partir do Menu superior, visualizar pontos. (Figura 4.6)

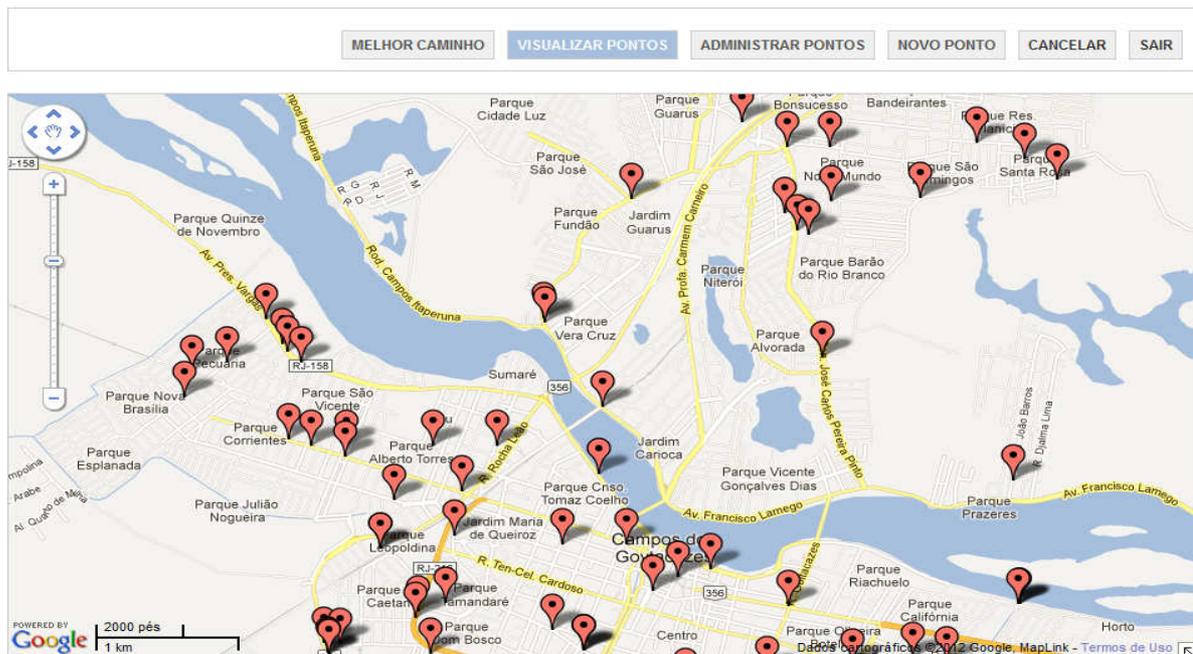


Figura 4.6. Visualização de alguns pontos já cadastrados no mapa – Fonte: Sistema do autor.

4.3 ADMINISTRAR PONTOS

- O menu Administração de pontos tem a função de conferência dos pontos cadastrados, para verificação se estão com os dados inseridos de forma correta, sendo que possui ainda a opção de localização. Por motivos de segurança o usuário não tem acesso a opção de atualização dos dados dos clientes, sendo essa função

exclusiva do Administrador do Sistema, ou a alguém definido a critério da empresa, para evitar problemas ou má utilização no sistema. (Figura 4.7)

MELHOR CAMINHO
VISUALIZAR PONTOS
ADMINISTRAR PONTOS
NOVO PONTO
CANCELAR
SAIR

lanche

ID	EMPRESA	ENDEREÇO	COORDENADAS	KM's PONTO DE PARTIDA
43	ALTERNATIVA LANCHES	R. Conselheiro Jose Fernandes, 193 - Parque Conselheiro Tomaz Coelho, Campos dos Goytacazes - RJ, 28035-232, Brasil	-21.754264006336935, -41.33144970000001	148 km
44	ALTERNATIVA LANCHES 2	Av. Visc. Rio Branco Campos dos Goytacazes - RJ	-21.779635500736163, -41.3339732	153 km
95	BEIJA FLOR LANCHES	R. Luis Paulo de Campos, 28 - Parque Barao do Rio Branco, Campos dos Goytacazes - RJ, Brasil	-21.731411756329596, -41.314619300000004	150 km
78	BIG BIG LANCHES	R. Armando Ritter Viana, 147 - Parque California, Campos dos Goytacazes - RJ, 28013-037, Brasil	-21.76263105633965, -41.307442899999955	151 km
55	JP LANCHONETE	R. Julio Armond, 7 - Parque Novo Mundo, Campos dos Goytacazes - RJ, 28083-360, Brasil	-21.724951656327566, -41.313133799999946	150 km
53	LANCHINHO DA VOVO	Av. Dr. Alberto Torres, 128 - Centro Campos dos Goytacazes - RJ, 28035-581	-21.75420450633693, -41.32703785000001	148 km
27	LANCHONETE ACUCAR E SAL ETC E TAL	Av. Sen. Jose Carlos Pereira Pinto, 286 - Parque Pres. Vargas, Campos dos Goytacazes - RJ, Brasil	-21.731146106329554, -41.315355950000026	150 km
57	LANCHONETE CAFE COM ARTE	Av. Dep. Alair Ferreira, 1100 - Campos dos Goytacazes - RJ, Brasil	-21.84254645636534, -41.25329005000003	162 km
106	LANCHONETE E O MESTRE	R. Visc. Inhauma, 97 - Parque Tamandare, Campos dos Goytacazes - RJ, 28035-005, Brasil	-21.758545006338316, -41.33937025	150 km
26	LANCHONETE ILHA	R. Espirito Santo, 260 - Caju, Campos dos Goytacazes - RJ, 28051-070, Brasil	-21.74696075633463, -41.335912349999944	148 km
82	LANCHONETE MEU SABOR	R. Projetada, 56 - Campos dos Goytacazes - RJ, Brasil	-21.792754706349317, -41.27709549999997	159 km

Figura 4.7. Visualização dos pontos cadastrados, em forma de tabela, com opção de busca por determinado ponto. – Fonte: Sistema do autor.

- Outra forma de visualizar os pontos, via tabela do banco de dados, pode ser feita pelo Menu superior, Administrar Pontos, onde será mostrado uma tabela com todos os pontos cadastrados (**Apêndice E**), e as respectivas distâncias do ponto de origem, nesse caso específico do trabalho, a cidade de Miracema. (Figura 4.7)

4.4 MELHOR CAMINHO

A Figura 4.8 mostra o mapa da cidade de Campos e do lado direito os clientes cadastrados que devem ser escolhidos para serem roteirizados. Essa é a Função Melhor Caminho (**Apêndice C e D**), que fica em um menu superior na tela inicial de ferramenta, devendo o usuário escolhê-la quando for roteirizar um grupo de clientes.

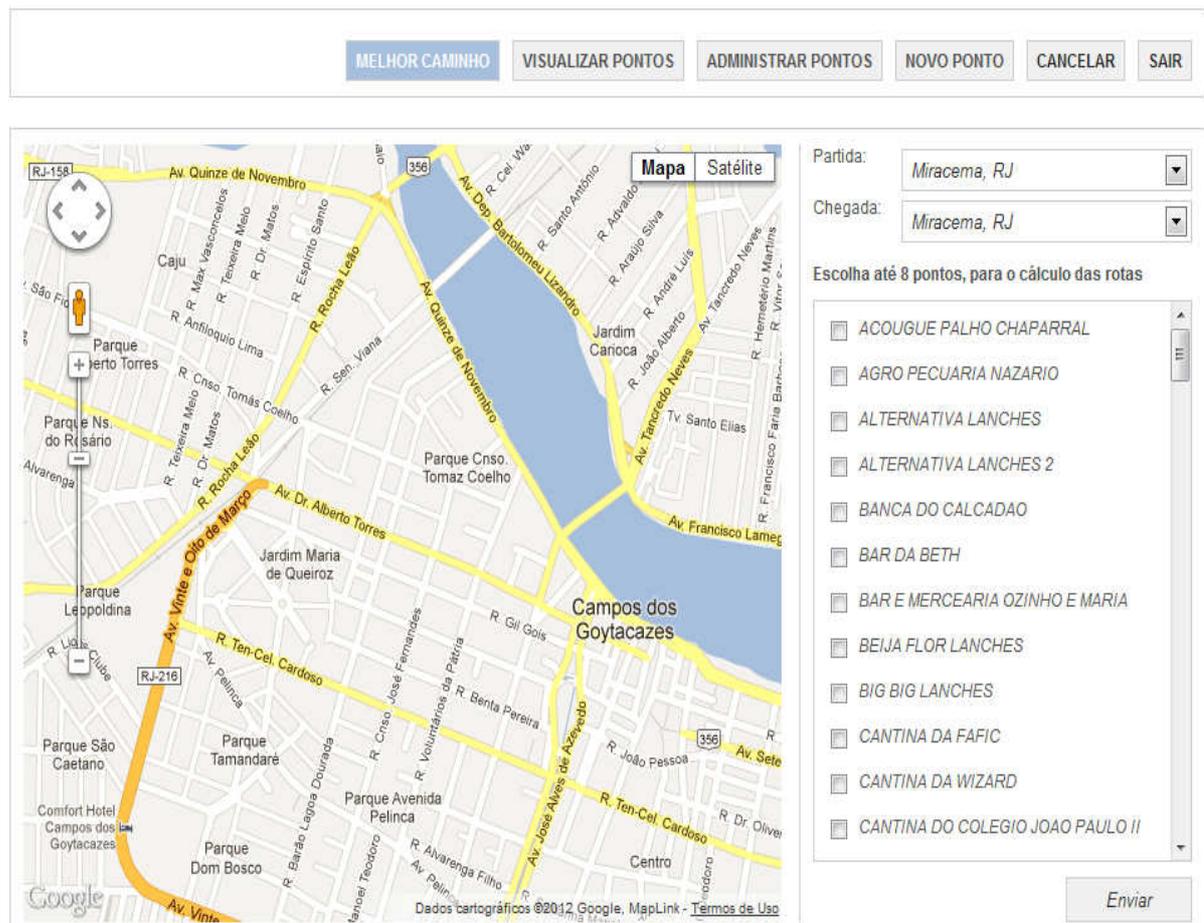


Figura 4.8 – Tela onde o usuário marca os clientes que serão roteirizados. – Fonte: Sistema do autor.

A figura 4.9 mostra em detalhes a parte onde o usuário tem que marcar os clientes que serão roteirizados, sendo que já se encontram marcados alguns clientes, como forma de visualização.

Partida:

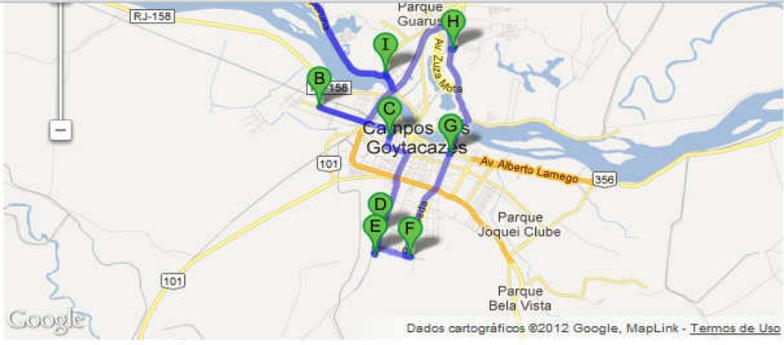
Chegada:

Escolha até 8 pontos, para o cálculo das rotas

- ACOUGUE PALHO CHAPARRAL
- AGRO PECUARIA NAZARIO
- ALTERNATIVA LANCHES
- ALTERNATIVA LANCHES 2
- BANCA DO CALCADAO
- BAR DA BETH
- BAR E MERCEARIA OZINHO E MARIA
- BEIJA FLOR LANCHES
- BIG BIG LANCHES
- CANTINA DA FAFIC
- CANTINA DA WIZARD
- CANTINA DO COLEGIO JOAO PAULO II

Figura 4.9 – Clientes marcados para roteirização. – Fonte: Sistema do autor.

A figura 4.10 mostra alguns clientes marcados, a rota gerada pelo sistema, assim como o relatório que é gerado, assim que o RotaSorv® monta a rota para os clientes selecionados.



Dados cartográficos ©2012 Google, MapLink - [Termos de Uso](#)

- BANCA DO CALCADAO
- BAR DA BETH
- BAR E MERCEARIA OZINHO E MARIA
- BEIJA FLOR LANCHES
- BIG BIG LANCHES
- CANTINA DA FAFIC
- CANTINA DA WIZARD
- CANTINA DO COLEGIO JOAO PAULO II

TRAJETO : 1 | | **DISTÂNCIA: 149 km**
EMPRESA: ACOUGUE PALHO CHAPARRAL
ENDEREÇO: Av. Dr. Alberto Torres, 895-913 - Parque São Salvador, Campos dos Goytacazes - RJ, 28053-586, Brasil

TRAJETO : 2 | | **DISTÂNCIA: 2,3 km**
EMPRESA: ALTERNATIVA LANCHES
ENDEREÇO: R. Conselheiro José Fernandes, 163-213 - Parque Conselheiro Tomaz Coelho, Campos dos Goytacazes - RJ, 28035-232, Brasil

TRAJETO : 3 | | **DISTÂNCIA: 3,4 km**
EMPRESA: ALTERNATIVA LANCHES 2
ENDEREÇO: Av. José Alves de Azevedo, 1043-1063 - Parque São Lino, Campos dos Goytacazes - RJ, Brasil

Figura 4.10 – Clientes roteirizados e rota gerada. – Fonte: Sistema do autor.

5 TESTES COMPUTACIONAIS

5.1 APRESENTAÇÃO

Para comprovar que o SIG pode ser uma opção a ser adotada na resolução do problema de roteamento dos veículos da Soveplus Ltda., alguns testes foram feitos, e ainda continuam a ser realizados, com a ferramenta implementada, sendo que os clientes utilizados nos testes com a ferramenta Web também foram os mesmos utilizados para a heurística *Simulated Annealing*.

Os testes foram realizados obtendo-se situações reais, como se as entregas fossem ser realizadas da maneira habitual, e posteriormente essa mesma relação de clientes atendidos na entrega foi utilizada para os testes com a ferramenta proposta.

No final deste capítulo são mostrados uma tabela e um gráfico comparativo com os resultados obtidos nestes testes, salientando que não é um resultado definitivo, uma vez que mais testes estão sendo feitos e ainda continuarão a ser feitos, mas que demandam tempo, uma vez que estes testes são feitos em campo, ou seja, quando as entregas são feitas em tempo real, e por isso há uma dependência da autorização da direção da empresa, uma vez que, para que esses testes possam ser feitos com mais calma, o tempo é fator principal. Quanto mais frio, as vendas também são menores, proporcionando com isso uma flexibilidade na realização desses testes.

Um detalhe importante a ser observado é que para a realização dos testes, apenas 10 pontos foram utilizados, pelo menos nessa primeira fase. O fato de se ter escolhido 10 pontos é devido à limitação da API do Google na versão gratuita. São 10 pontos utilizados, efetivamente 8 clientes roteirizados. O ponto de origem e destino é o mesmo, assim, o sistema trata como 2 pontos distintos, mesmo sendo o mesmo lugar, a fábrica de Miracema/RJ. A ferramenta desenvolvida é testada mediante a resolução de problemas - teste em cenários diferentes. Foram resolvidos problemas com 08 clientes, mais o ponto base, ou seja, a cidade de Miracema, que é origem e destino final, dando uma matriz de 9 x 9.

Estão representados a seguir os testes com 3 situações diferentes, sendo que em cada situação foram escolhidos 8 clientes, onde nas três situações apresentadas nenhum cliente foi repetido.

5.2 RECURSOS UTILIZADOS

Todos os testes realizados (SIG e SA) foram executados em um *Notebook* com a seguinte configuração: Core i7, 6 Gb de memória RAM, Placa Gráfica nVidia GeForce GT 630M, HD 1 Tb.

Por ser uma plataforma *Web*, o sistema foi testado nos principais navegadores existentes, destacando-se: Internet Explorer, Mozilla Firefox, Google Chrome, Ópera e Safari, exatamente para demonstrar que o sistema funciona pode funcionar com qualquer sistema operacional que a empresa possua e que tenha acesso à Internet, assim como em qualquer dispositivo móvel com acesso à Internet, sejam eles Celulares, Smartphones, Tablets, etc.

5.3 TESTES REALIZADOS

5.3.1 Primeira situação

Nesta primeira situação, assim como já delineado anteriormente foram considerados 9 pontos para roteirização: 8 clientes selecionados na cidade de Campos e a cidade de Miracema servindo como base.

A distribuição geográfica dos clientes escolhidos é mostrada na figura 5.1. Esta figura apresenta os pontos selecionados no modo Satélite. As letras A e J representam a cidade base (origem, destino, estão posicionados exatamente no mesmo ponto), ou seja, neste caso a cidade de Miracema/RJ, e os pontos: B, C, D, E, F, G, H, I, os clientes onde serão feitas as entregas, apresentados no Quadro 5.1, que mostra os clientes selecionados, neste primeiro cenário, e suas respectivas distâncias do ponto de partida, a cidade de Miracema/RJ.

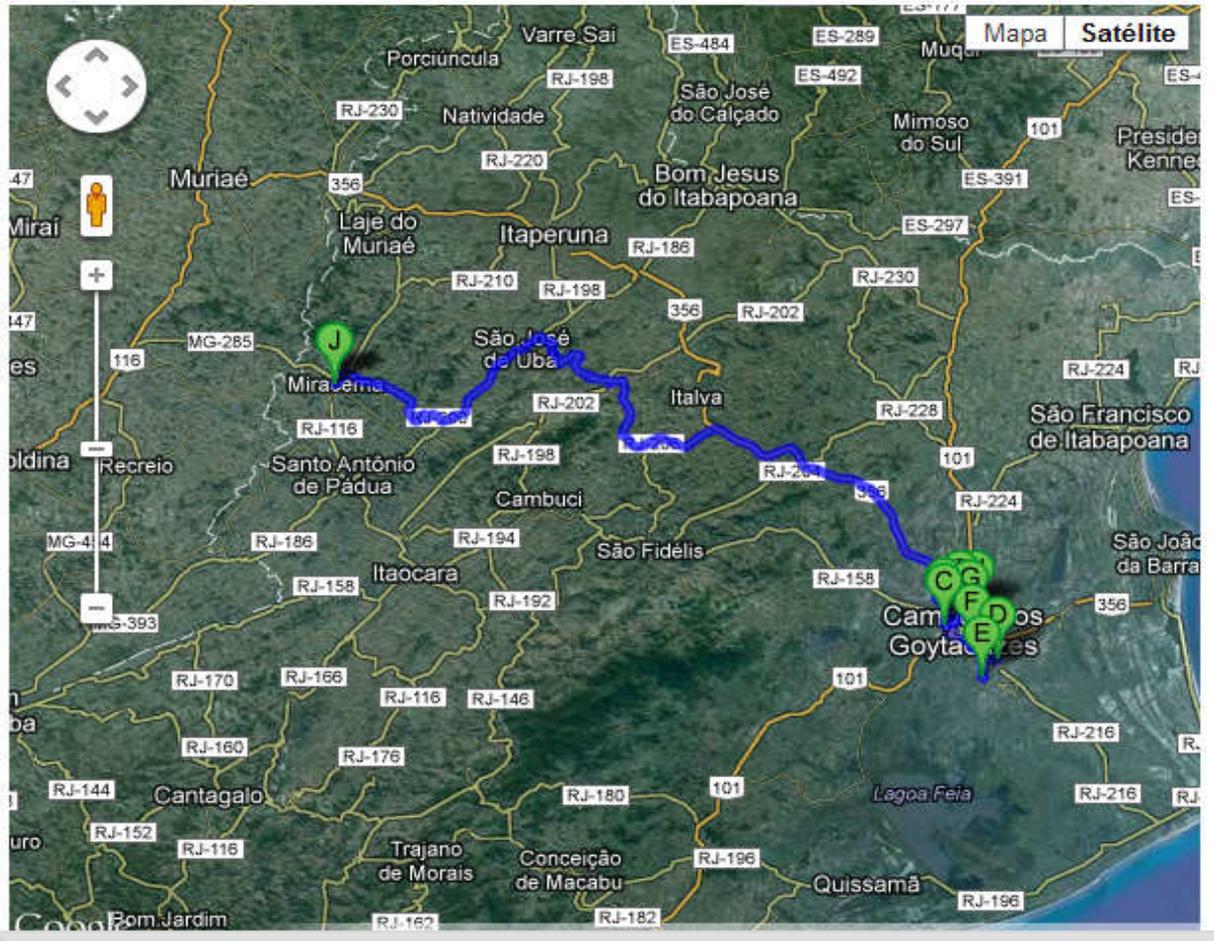


Figura 5.1. Marcação dos pontos, já com a rota pronta. Visão Satélite. Fonte: Autor

Quadro 5.1 – Clientes e respectivas distâncias do ponto de origem – Fonte: Autor

Sequencia	Cliente	Dist. Origem (em Km)
01	Chalé 33	160
02	Cia do Pão	151
03	Delícias Sabor de Mel II	149
04	Espaço do Pão	154
05	Fabíola – Campos	151
06	Kipão Padaria II	156
07	Lanchonete Monte Líbano	149
08	Padaria Donana	160

A Figura 5.2 mostra a localização dos clientes dentro da cidade, assim como o trajeto a ser percorrido pelo veículo na entrega dos produtos. Neste caso, a visualização é feita no modo Terreno.

do vizinho mais próximo, e o sistema exibe ao final do processo uma rota indicando todos os clientes com os seus respectivos endereços a serem percorridos.

Quadro 5.2 – Rota gerada pelo SIG – Fonte: Autor

<p>TRAJETO : 1 ----- DISTÂNCIA: 149 km EMPRESA: DELICIAS SABOR DE MEL II ENDEREÇO: Av. Pres. Vargas, 10-223 - Parque Pecuária, Campos dos Goytacazes - RJ, 28055-293, Brasil</p>
<p>TRAJETO : 2 ----- DISTÂNCIA: 1,6 km EMPRESA: LANCHONETE MONTE LIBANO ENDEREÇO: Av. Dr. Alberto Torres, 53-832 - Parque São Salvador, Campos dos Goytacazes - RJ, 28053-587, Brasil</p>
<p>TRAJETO : 3 ----- DISTÂNCIA: 11,8 km EMPRESA: KIPAO PADARIA II ENDEREÇO: Av. Newton Guaraná, 234-1008 - Campos dos Goytacazes - RJ, 28021-245, Brasil</p>
<p>TRAJETO : 4 ----- DISTÂNCIA: 6,4 km EMPRESA: CHALE 33 ENDEREÇO: R. Manoel Francisco Chagas, 26-49 - Campos dos Goytacazes - RJ, Brasil</p> <p>EMPRESA: PADARIA DONANA ENDEREÇO: R. Manoel Francisco Chagas, 26-49 - Campos dos Goytacazes - RJ, Brasil</p>
<p>TRAJETO : 5 ----- DISTÂNCIA: 6,4 km EMPRESA: ESPACAO DO PAO ENDEREÇO: R. Benedito Queiróz, 97-417 - Parque Fazenda Grande, Campos dos Goytacazes - RJ, Brasil</p>
<p>TRAJETO : 6 ----- DISTÂNCIA: 6,0 km EMPRESA: CIA DO PAO ENDEREÇO: Av. Sen. José Carlos Pereira Pinto, 419-435 - Parque Alvorada, Campos dos Goytacazes - RJ, 28083-101, Brasil</p>
<p>TRAJETO : 7 ----- DISTÂNCIA: 2,2 km EMPRESA: FABIOLA - CAMPOS ENDEREÇO: R. Romualdo Peixoto, 2-339 - Parque Novo Mundo, Campos dos Goytacazes - RJ, Brasil</p>
<p>TRAJETO : 8 ----- DISTÂNCIA: 3,0 km EMPRESA: IGREJA RESTAURACAO ENDEREÇO: Travessa Santa Inês, 2-12 - Parque Fundão, Campos dos Goytacazes - RJ, Brasil</p>
<p>TRAJETO : 9 ----- DISTÂNCIA: 148 km</p> <p>O TRAJETO 9 REPRESENTA O PONTO DE CHEGADA - MIRACEMA, RJ,</p>

Nesse trajeto o total percorrido foi de: 334km

A matriz de distâncias, Quadro 5.3, observando que as distâncias foram obtidas com a utilização dos recursos do *Google Maps*, para a comparação com a heurística SA, nesse caso foi a seguinte, apresentada em quilômetros (km):

Quadro 5.3 – Matriz de distâncias utilizadas no cálculo das rotas. – Fonte: Sistema do autor.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8
0	0,0	160,0	151,0	149,0	154,0	151,0	156,0	149,0	160,0
1	160,0	0,0	11,0	14,0	7,0	13,3	4,7	12,5	0,5
2	151,0	11,0	0,0	6,3	5,1	2,3	7,9	5,3	11,2
3	149,0	14,0	6,3	0,0	7,8	6,5	10,6	1,5	13,9
4	154,0	7,0	5,1	7,8	0,0	8,2	3,6	7,4	6,9
5	151,0	13,3	2,3	6,5	8,2	0,0	10,2	6,6	13,5
6	156,0	4,7	7,9	10,6	3,6	10,2	0,0	9,2	4,7
7	149,0	12,5	5,9	1,5	7,4	6,6	9,2	0,0	12,7
8	160,0	0,5	11,2	13,9	6,9	13,5	4,7	12,7	0,0

Para efeito de comparação, foi utilizada a Heurística *Simulated Annealing* (Apêndice A e B) para realizar o roteamento, desses mesmos 8 pontos, sendo que o ponto 0 (zero) é a origem, e o destino final também, o resultado obtido foi, de acordo com a Figura 5.3:

0 - 5 - 2 - 4 - 6 - 8 - 1 - 7 - 3

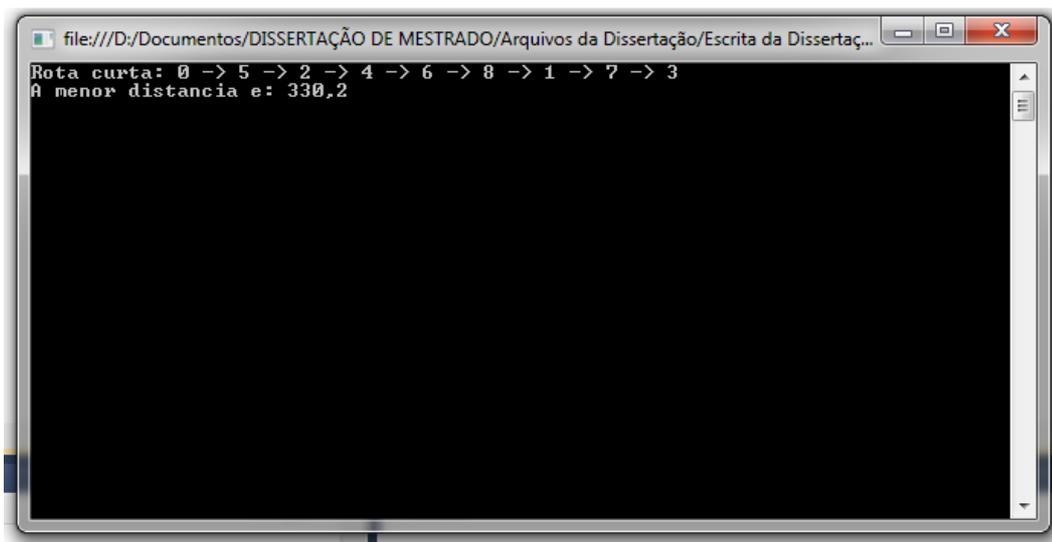


Figura 5.3 – Imagem do resultado com *Simulated Annealing* – Fonte: Autor

O trecho a ser percorrido, com a utilização da heurística *Simulated Annealing* é apresentado no Quadro 5.4.

Quadro 5.4 – Rota gerada pela heurística SA.

Trajeto	Descrição	Distância (km)
1	Fabiola – Campos	151
2	Cia do Pão	2,3
3	Espaço do Pão	5,1
4	Kipão Padaria	3,6
5	Padaria Donana	4,7
6	Chalé 33	0,5
7	Lanchonete Monte Líbano	12,5
8	Delícias Sabor de Mel II	1,5
9	Miracema	149

Neste percurso o total acumulado foi de: 330,2 km

5.3.2 Segunda situação

Uma segunda situação foi analisada, idêntica à primeira, porém, como dito no início, com mais 8 pontos marcados aleatoriamente, diferentes, e assim como na primeira situação, para efeito de comparação foi utilizada a Heurística *Simulated Annealing* com esses mesmos pontos. Os pontos selecionados estão mostrados na Figura 6.4, e os pontos selecionados, à direita, e Figura 5.5 já com a rota definida.

Quadro 5.5 – Clientes e respectivas distâncias do ponto de origem – Fonte: Autor

Sequencia	Cliente	Dist. Origem (em Km)
01	Restaurante Lott	150
02	Silvana Lanches	153
03	Sorveteria Tadeu	148
04	Suco Sabor da Fruta	151
05	Supermercado Romão	150
06	Tabernáculo e Lanch. e Pizzaria	153
07	Tem Tudo Lanchonete	150
08	The Games – Campos	149

As respectivas distâncias entre os pontos marcados e a origem, ou seja, a cidade de Miracema estão no quadro 5.5.

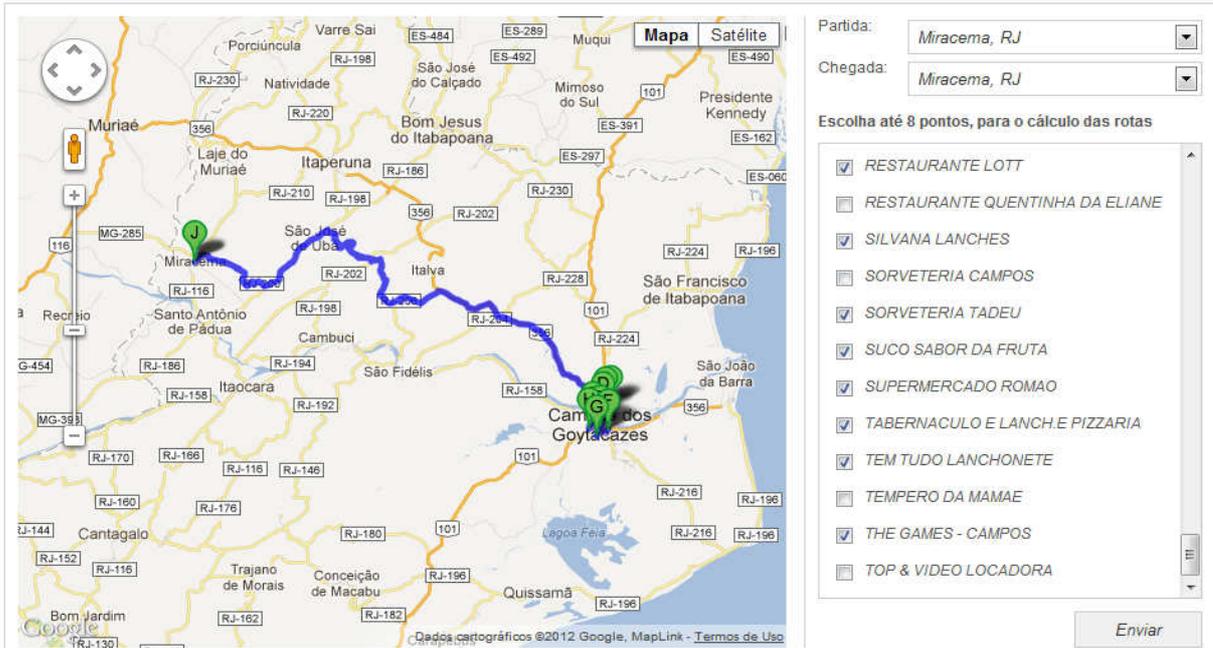


Figura 5.4 – Marcação dos clientes no mapa do sistema. Função mapa. Fonte: Autor

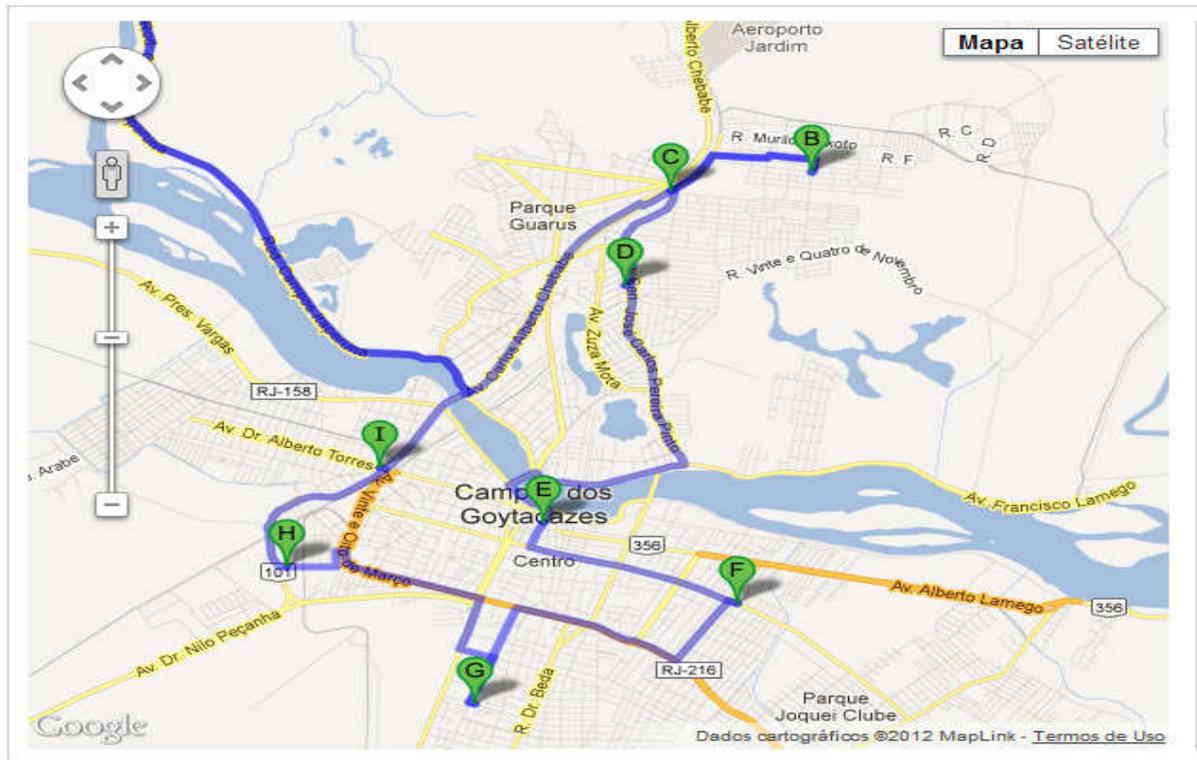


Figura 5.5. Marcação dos pontos, já com a rota pronta. Fonte: Autor

Neste cenário, em particular na Figura 5.6, um detalhe interessante há que se destacar. Essa parte do caminho apresenta um entroncamento, um trevo, onde,

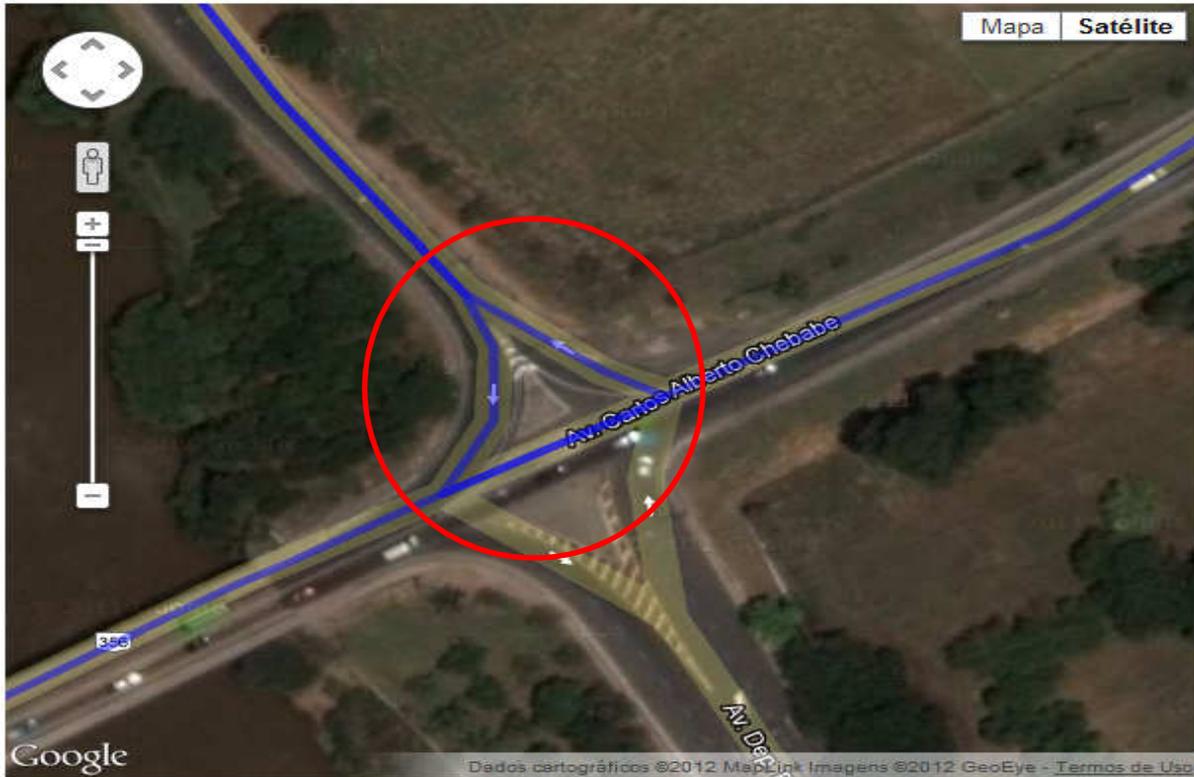


Figura 5.7. Detalhe destacado, da Figura 6.6, mostrando o entroncamento na chegada de Campos, aproximado com o zoom do sistema, mostrando o sentido da via. Fonte: Autor

O Quadro 5.6 mostra o trajeto sugerido pela ferramenta implementada, com as distâncias entre a origem e o primeiro ponto, e a partir daí, todas as distâncias entre os pontos subsequentes.

Quadro 5.6 – Rota gerada pelo SIG – Fonte: Autor

TRAJETO : 1 ----- DISTÂNCIA: 152 km EMPRESA: SILVANA LANCHES ENDEREÇO: R. Edgard Monteiro, 297 - Campos dos Goytacazes - RJ, 28090-100, Brasil
TRAJETO : 2 ----- DISTÂNCIA: 1,7 km EMPRESA: RESTAURANTE LOTT ENDEREÇO: Av. Profa. Carmem Carneiro, 154-1542 - Parque Bonsucesso, Campos dos Goytacazes - RJ, 28085-710, Brasil
TRAJETO : 3 ----- DISTÂNCIA: 1,5 km EMPRESA: SUPERMERCADO ROMAO ENDEREÇO: R. Expedicionário Inácio Gomes, 1-24 - Parque Pres. Vargas, Campos dos Goytacazes - RJ, 28083-460, Brasil
TRAJETO : 4 ----- DISTÂNCIA: 4,9 km EMPRESA: THE GAMES - CAMPOS ENDEREÇO: Praça São Salvador, 2-64 - Centro, Campos dos Goytacazes - RJ, 28010-000, Brasil
TRAJETO : 5 ----- DISTÂNCIA: 2,4 km EMPRESA: SUCO SABOR DA FRUTA ENDEREÇO: R. Dr. Raul Abbot Escobar, 206 - Parque Turf Club, Campos dos Goytacazes - RJ, Brasil
TRAJETO : 6 ----- DISTÂNCIA: 4,0 km

EMPRESA: TABERNÁCULO E LANCH E PIZZARIA ENDEREÇO: R. Prudêncio Bessa, 169 - Parque Aurora, Campos dos Goytacazes - RJ, 28026-100, Brasil
TRAJETO : 7 ----- DISTÂNCIA: 3,9 km EMPRESA: TEM TUDO LANCHONETE ENDEREÇO: R. Gumercindo de Freitas, 26 - Parque Pres. Juscelino, Campos dos Goytacazes - RJ, Brasil
TRAJETO : 8 ----- DISTÂNCIA: 2,1 km EMPRESA: SORVETERIA TADEU ENDEREÇO: Av. Dr. Alberto Torres, 39-523 - Parque Ns. do Rosário, Campos dos Goytacazes - RJ, Brasil
TRAJETO : 9 ----- DISTÂNCIA: 148 km
O TRAJETO 9 REPRESENTA O PONTO DE CHEGADA - MIRACEMA, RJ

Nesse trajeto o total percorrido foi de: 320,5 km

A matriz de distâncias, Quadro 5.7, observando que as distâncias foram obtidas com a utilização dos recursos do *Google Maps*, para a comparação com a heurística SA, nesse caso foi a seguinte, apresentada em quilômetros (km):

Quadro 5.7 – Matriz de distâncias utilizadas no cálculo das rotas

	0	1	2	3	4	5	6	7	8
0	0,0	150,0	153,0	148,0	151,0	150,0	153,0	150,0	149,0
1	150,0	0,0	1,7	4,6	6,5	1,4	9,0	6,7	5,5
2	153,0	1,7	0,0	6,3	8,2	3,1	10,8	8,4	7,2
3	148,0	4,6	6,3	0,0	5,8	4,4	4,5	2,1	2,8
4	151,0	6,5	8,2	5,8	0,0	5,2	4,0	5,2	2,4
5	150,0	1,4	3,1	4,4	5,2	0,0	6,7	7,4	4,8
6	153,0	9,0	10,8	4,5	4,0	6,7	0,0	3,9	3,0
7	150,0	6,7	8,4	2,1	5,2	7,4	3,9	0,0	3,3
8	149,0	5,5	7,2	2,8	2,4	4,8	3,0	3,3	0,0

Assim como no primeiro cenário, para efeito de comparação, foi utilizada a Heurística *Simulated Annealing* (**Apêndice A e B**) para realizar o roteamento, desses mesmos 8 pontos, sendo que o ponto 0 (zero) é a origem, e o destino final também, o resultado obtido foi:

0 – 1 – 2 – 5 – 4 – 8 – 6 – 7 – 3

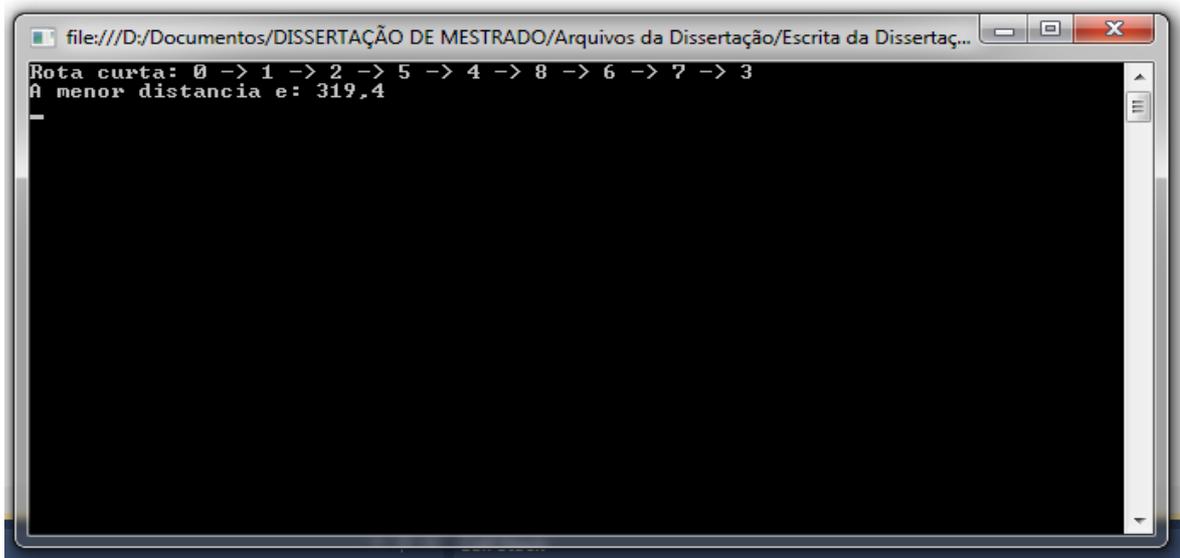


Figura 5.8 – Imagem do resultado com Simulated Annealing – Fonte: Autor

O trecho a ser percorrido, com a utilização da heurística *Simulated Anealing* é apresentado no Quadro 5.8.

Quadro 5.8 – Rota gerada pela heurística SA.

Trajeto	Destino	Distância (km)
1	Restaurante Lott	150
2	Silvana Lanches	1,7
3	Supermercado Romão	3,1
4	Suco Sabor da Fruta	5,2
5	The Games	2,4
6	Tabernáculo e Lanc. e Pizzaria	3,0
7	Tem Tudo Lanchonete	3,9
8	Sorveteria Tadeu	2,1
9	Miracema	148

Neste percurso o total acumulado foi de: 319,4 km

5.3.3 Terceiro Cenário

Neste terceiro cenário, também foram utilizados 8 clientes, sendo diferentes dos utilizados nos experimentos anteriores, novamente reforçando que, por ser um experimento, a versão da API utilizada foi a versão gratuita, e quando a ferramenta entrar em utilização real será migrada para a versão API Premier, que tem um custo anual de utilização.

O fato da utilização dos SIG's, baseado nas *API's do Google* mostra as distâncias reais entre os pontos, visto que as informações que o sistema obtém para implementação do roteamento são as mesmas que estão nos bancos de dados do *Google*, seja na aplicação *Google Earth*, ou *Maps Google*, pois são baseados em dados do satélite, através das coordenadas, Latitude e Longitude.

Da mesma forma que as situações anteriores, no Quadro 5.9 são mostrados todos os pontos marcados e as respectivas distâncias para o ponto de origem, ou seja, a cidade de Miracema.

Quadro 5.9 – Clientes e respectivas distâncias do ponto de origem – Fonte: Autor

Seq.	Cliente	Dist. Origem em Km
01	Kipão Padaria / Mini Self	153
02	Kipão Padaria II	156
03	Lanchinho da Vovó	148
04	Lanc. Açúcar e Sal Etc. e Tal	150
05	Lanc. Café com Arte	162
06	Lanc. e o Mestre	150
07	Lanc. Ilha	148
08	Lanc. Meu Sabor	159

A Figura 5.9 mostra os pontos já marcados no mapa, com a opção selecionada de Satélite, já com o respectivo caminho, a rota, a ser seguida para a sequência correta de entrega dos produtos.

As Figuras 5.10 e 5.11 mostram os pontos demarcados bem como a rota a ser seguida pelo veículo para esta situação trabalhada. Observe que as imagens estão com *zoom*, mostrando em melhores detalhes o caminho a ser percorrido.

Partida:

Chegada:

Escolha até 8 pontos, para o cálculo das rotas

- JP LANCHONETE
- JR LOCADORA
- KIPAO PADARIA / MINI SELF
- KIPAO PADARIA II
- LANCHINHO DA VOVO
- LANCHONETE ACUCAR E SAL ETC E TAL
- LANCHONETE CAFE COM ARTE
- LANCHONETE E O MESTRE
- LANCHONETE ILHA
- LANCHONETE MEU SABOR
- LANCHONETE MONTE LIBANO
- LANCHONETE PONTO DE ENCONTRO

Figura 5.9. À direita os clientes escolhidos, e à esquerda os pontos já demarcados – Fonte: Autor

Partida:

Chegada:

Escolha até 8 pontos, para o cálculo das rotas

- JP LANCHONETE
- JR LOCADORA
- KIPAO PADARIA / MINI SELF
- KIPAO PADARIA II
- LANCHINHO DA VOVO
- LANCHONETE ACUCAR E SAL ETC E TAL
- LANCHONETE CAFE COM ARTE
- LANCHONETE E O MESTRE
- LANCHONETE ILHA
- LANCHONETE MEU SABOR
- LANCHONETE MONTE LIBANO
- LANCHONETE PONTO DE ENCONTRO

Figura 5.10. Clientes demarcados, já aproximados – Fonte: Autor

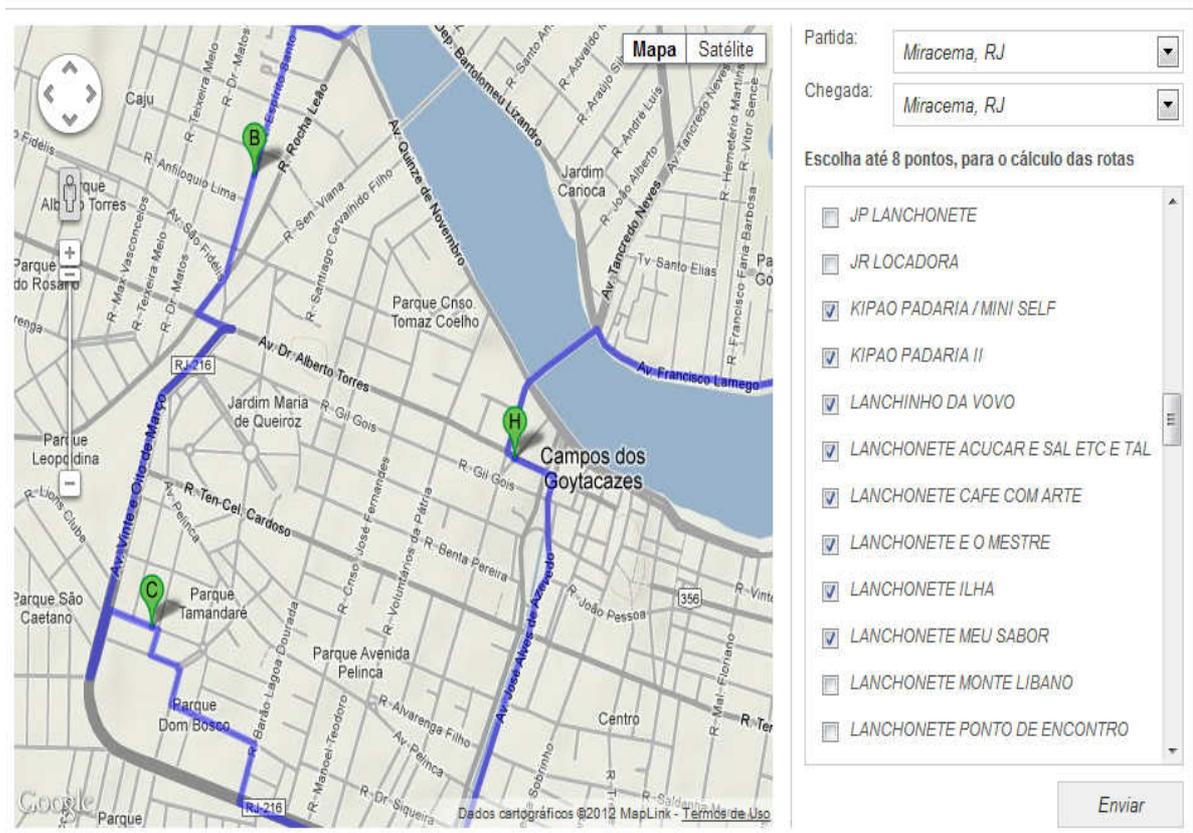


Figura 5.11. Alguns clientes demarcados, com uma aproximação maior – Fonte: Autor

Assim como nas outras situações apresentadas, o Quadro 5.10 apresenta a rota gerada pelo RotaSorv®, com todas as distâncias a serem percorridas pelo veículo responsável pela entrega dos produtos da Sorveplus Ltda.

Quadro 5.10. – Rota gerada pelo SIG – Fonte: Autor

TRAJETO : 1 -----	DISTÂNCIA: 148 km
EMPRESA: LANC. ILHA	
ENDEREÇO: R. Espírito Santo, 234-290 - Caju, Campos dos Goytacazes - RJ, 28051-070, Brasil.	
TRAJETO : 2 -----	DISTÂNCIA: 2,1 km
EMPRESA: LANCHONETE E O MESTRE	
ENDEREÇO: R. Visc. Inhaúma, 79 - Parque Tamandaré, Campos dos Goytacazes - RJ, 28035-005, Brasil	
TRAJETO : 3 -----	DISTÂNCIA: 3,6 km
EMPRESA: Kipão Padaria / Mini Self	
ENDEREÇO: R. Dr. João Maria, 286-302 - Parque João Maria, Campos dos Goytacazes - RJ, 28027-310, Brasil.	
TRAJETO : 4 -----	DISTÂNCIA: 13,1 km
EMPRESA: LANCHONETE CAFE COM ARTE	
ENDEREÇO: Av. Dep. Alair Ferreira, 965-2765 - Campos dos Goytacazes - RJ, Brasil	
TRAJETO : 5 -----	DISTÂNCIA: 11,6 km
EMPRESA: LANCHONETE MEU SABOR	
ENDEREÇO: R. Projetada, 24-132 - Campos dos Goytacazes - RJ, Brasil	
TRAJETO : 6 -----	DISTÂNCIA: 0,3 km
EMPRESA: KIPAO PADARIA II	

ENDEREÇO: Av. Newton Guaraná, 234-1008 - Campos dos Goytacazes - RJ, 28021-245, Brasil

TRAJETO : 7 | ----- | **DISTÂNCIA: 9,1 km**

EMPRESA: LANCHINHO DA VOVO

ENDEREÇO: Av. Dr. Alberto Torres, 128-140 - Centro, Campos dos Goytacazes - RJ, 28035-581, Brasil

TRAJETO : 8 | ----- | **DISTÂNCIA: 4,3 km**

EMPRESA: Lanc. Açúcar e Sal Etc. e Tal

ENDEREÇO: Av. Sen. José© Carlos Pereira Pinto, 18-978 - Parque Pres. Vargas, Campos dos Goytacazes - RJ, Brasil.

TRAJETO : 9 | ----- | **DISTÂNCIA: 150 km**

O TRAJETO 9 REPRESENTA O PONTO DE CHEGADA - MIRACEMA, RJ

Nesse trajeto o total percorrido foi de: 342,1 km

Assim como no primeiro cenário e segundo cenários, para efeito de comparação, foi utilizada a Heurística *Simulated Annealing* (**Apêndice A e B**) para realizar o roteamento, desses mesmos 8 pontos, sendo que o ponto 0 (zero) é a origem, e o destino final também, o resultado obtido foi:

0 → 3 → 4 → 8 → 2 → 5 → 1 → 6 → 7

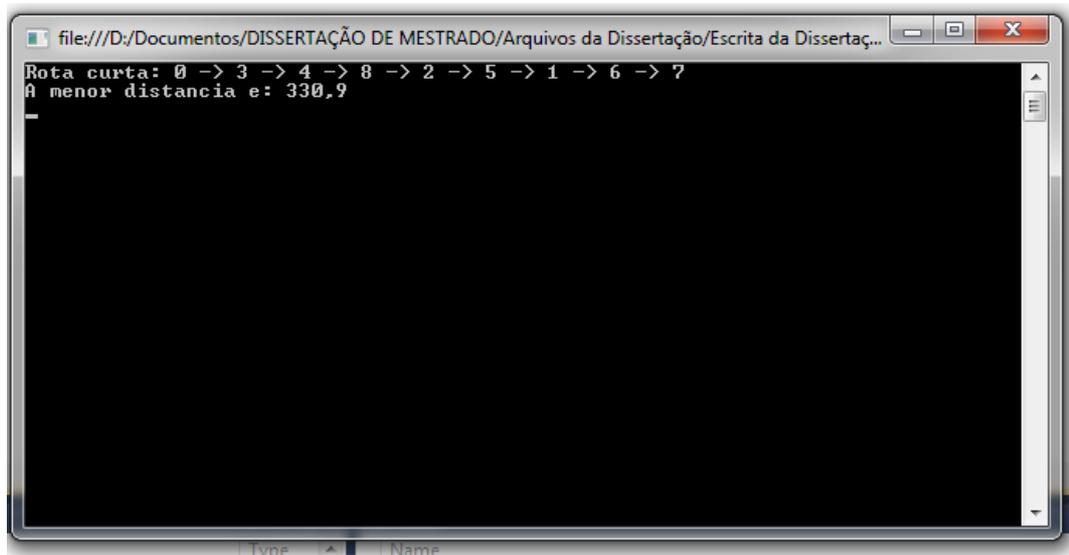


Figura 5.12 – Imagem do resultado com *Simulated Annealing* – Fonte: Autor

O trecho a ser percorrido, com a utilização da heurística *Simulated Anealing* é apresentado no Quadro 5.11.

Quadro 5.11 – Clientes e respectivas distâncias do ponto de origem – Fonte: Autor

Trajetos	Destino	Distância (km)
1	Lanchinho da Vovó	148
2	Lanc. Açúcar e Sal Etc. e Tal	4,2
3	Lanc. Meu Sabor	4,6
4	Kipão Padaria II	2,3
5	Lanc. Café com Arte	7,2
6	Kipão Padaria / Mini Self	11,0
7	Lanc. e o Mestre	3,9
8	Lanc. Ilha	1,7
9	Miracema	148

Neste percurso o total acumulado foi de: 330,9 km

A matriz de distâncias, Quadro 5.12 observando que as distâncias foram obtidas com a utilização dos recursos do *Google Maps*, para a comparação com a heurística SA, nesse caso foi a seguinte, apresentada em quilômetros (km):

Quadro 5.12 – Matriz de distâncias utilizadas no cálculo das rotas

	0	1	2	3	4	5	6	7	8
0	0,0	153,0	156,0	148,0	150,0	162,0	150,0	148,0	159,0
1	153,0	0,0	5,2	3,5	7,7	11,0	3,9	5,3	8,1
2	156,0	5,2	0,0	6,8	8,8	7,2	7,2	8,6	2,3
3	148,0	3,5	6,8	0,0	4,2	12,8	3,1	1,6	4,5
4	150,0	7,7	8,8	4,2	0,0	14,9	7,4	4,2	4,6
5	162,0	11,0	7,2	12,8	14,9	0,0	13,1	14,5	9,5
6	150,0	3,9	7,2	3,1	7,4	13,1	0,0	1,7	4,5
7	148,0	5,3	8,6	1,6	4,2	14,5	1,7	0,0	3,8
8	159,0	8,1	2,3	4,5	4,6	9,5	4,5	3,8	0,0

5.4 COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS

Para efeito mais claro em uma comparação entre os métodos aplicados na resolução desse problema estudado, é mostrado logo a seguir um quadro com os respectivos resultados obtidos e um gráfico comparativo, sendo que nestes resultados estão acrescidos mais 2 situações, idênticas às apresentadas neste estudo.

Para não ficar repetitivo, os detalhes destas duas situações foram omitidos, apenas os resultados obtidos com essas 2 outras situações estão apresentados no Quadro 5.13 e no Gráfico 5.1.

Quadro 5.13 – Comparativo entre os métodos aplicados – Fonte: Autor

Cenários	Distância percorrida (em Km)	
	SIG	SA
Situação 01	334	330,2
Situação 02	320,5	319,4
Situação 03	342,1	330,9
Situação 04	355,8	353,6
Situação 05	349,7	344,1

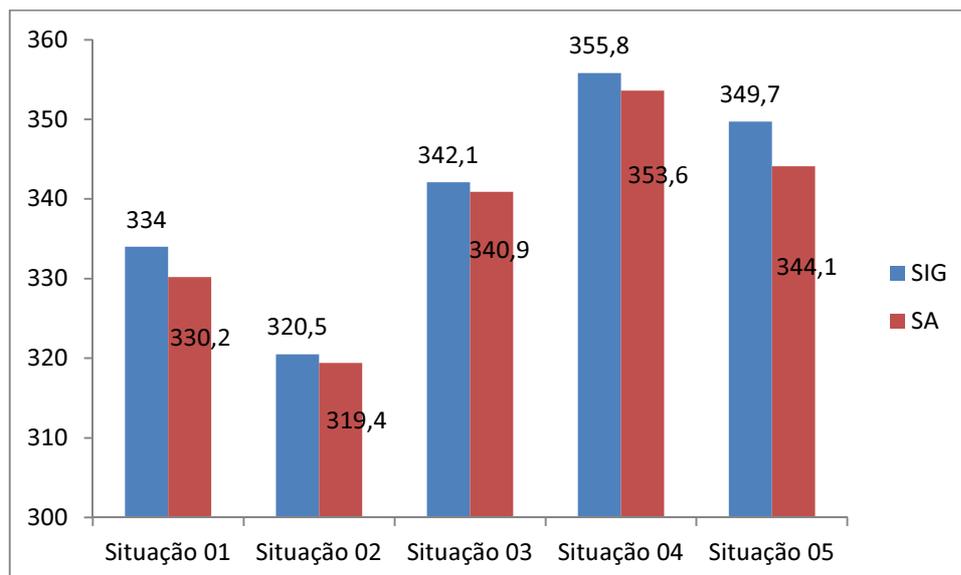


Gráfico 5.1 – Gráfico comparativo entre os métodos utilizados – Fonte: Autor

Uma observação que deve ser feita é que em qualquer um dos métodos utilizados as distâncias percorridas estão muito próximas, o que corrobora com o objetivo principal desse estudo, que é mostra que os SIG's podem ser úteis na resolução de Problemas de Roteamento de Veículos, pelo menos no tange a problemas menores.

Há de ressaltar que experimentos maiores poderão ocasionalmente serem feitos, principalmente quando da efetiva utilização do programa, ou seja, quando de

fato o sistema estiver em uso na empresa e puder ser utilizada a API do *Google* de forma completa.

Acredita-se que as diferenças apresentadas estão ligadas as distâncias existentes entre os vários pontos, principalmente por existirem várias distâncias iguais entre pontos diferentes, mas neste caso o que vai diferenciar as rotas, pelo menos no caso do SIG utilizado, são as condições e fatores de trânsito, uma vez que a funcionalidade desse sistema está diretamente ligada as posições que o *Google Maps* obtém com suas atualizações.

CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS

Neste trabalho procurou-se demonstrar a grande utilidade dos Sistemas de Informação Geográfica, na resolução do Problema de Roteamento de Veículos, especificamente para a empresa Sorveplus Ltda., e por ser um problema relativamente pequeno, até mesmo pelo porte da empresa. Apesar de ser um tema que vem ganhando espaço em pouco tempo, os SIG's estão presentes no mercado há um bom tempo, mas muito já se tem feito com a utilização do SIG, em diversas áreas.

Uma das vantagens obtidas com a utilização do Google Maps nesse trabalho foi a possibilidade de se mostrar uma rota não apenas de um ponto a outro, ou seja, de A para B. O diferencial apresentado é a possibilidade de se calcular uma melhor rota entre diversos pontos, ou seja, de A, B, C, D, E, F, G, etc.

Desde que o *Google* criou a ferramenta *Google Earth*, muitas são as aplicações desenvolvidas baseadas nessa tecnologia, inclusive sendo uma delas o Roteamento de Veículos. Várias são as utilizações dos SIG's, nos mais diversos segmentos, e o Roteamento de Veículos é só mais uma dessas utilizações que vem corroborar com a tecnologia apoiada pelo Google.

Não se pode afirmar de fato que essa seja a melhor alternativa para a empresa, isso porque o trabalho ficou limitado as restrições impostas pela própria API do Google, um vez que foi utilizada a versão gratuita.

Há de se levar em conta que com a possibilidade de se realizarem testes com uma versão que dê mais opções de pontos para serem roteirizados, os resultados podem ser bem diferentes.

Como dito anteriormente, a Empresa Sol & Neve utiliza apenas 1 tipo de veículo para suas entregas, que é o Veículo Mercedes Benz 710, com capacidade total de carga de 9 toneladas de peso bruto, e de 5,4 toneladas de peso líquido. A empresa possui 3 veículos desse tipo, que atendem todas as suas necessidades atuais.

O SIG implementado nesse estudo trabalha com o melhor caminho, utilizando a técnica do vizinho mais próximo, e pode não ser a melhor solução do mercado, mas atende ao que foi proposto para a empresa. Levando-se em conta a posição georreferenciada dos pontos, baseado em informações de GPS, onde os pontos são localizados por coordenadas, Latitude e Longitude e baseado em análise espacial, utilizando-se de mapas atualizados pode ser levado em conta posição do trânsito nas cidades mais importantes, ou que tem suas respectivas informações na base de dados do Google, e pode ser utilizado como referência para esse tipo de serviço.

Os testes não terminaram, ainda continuam sendo feitos na empresa, mas esses testes dependem de disponibilidade de veículos e, principalmente do fator tempo, pois com o tempo mais frio, as possibilidades de se efetuarem testes são maiores, pois com o tempo quente, é só venda e entrega direto, não tendo assim tempo hábil para a realização efetiva dos testes.

Pode-se concluir então, que especificamente neste caso apresentado, a solução apresentada pode ser levada em conta na melhoria das entregas dos

produtos, visto que, apesar dos testes com a versão gratuita houve uma melhoria no processo, de forma geral.

Em todos os testes realizados o resultado obtido com o SIG foram muito próximos aos apurados com a Heurística *Simulated Annealing*. Existem diversos trabalhos na literatura que mostram a eficiência do SA, entretanto a técnica do SIG pode ajudar a empresa, principalmente por se tratar de uma empresa de pequeno porte. Evidentemente outras Heurísticas podem ser implementadas, principalmente dependendo da capacidade e complexidade do problema a ser resolvido na empresa, levando-se em conta também o volume a ser entregue, assim como também o número de veículos a ser utilizado.

APLICAÇÕES FUTURAS

Em uma futura evolução do trabalho será o desenvolvimento de uma plataforma para *Desktop*, baseado na linguagem *JAVA*, integrado com a plataforma *Web*, onde serão disponibilizadas outras opções de análise de rota, como já falado, apenas para comparação dos métodos.

Nesta aplicação serão cadastrados todos os clientes, todos os veículos da empresa, todas as cidades separadas por regiões, assim como os tipos de clientes, pois diversos clientes tem tratamento especial, até pelo volume de compras que fazem. Ampliação dos clientes cadastrados, nas diversas cidades atendidas, pois assim, independentemente de onde vá ser feito a entrega o sistema já irá indicar qual o melhor caminho e o mais eficiente a ser percorrido pelo veículo da empresa.

Outra opção a ser analisada e implementada é a integração desse sistema com o Sistema de Gestão da empresa, pois a mesma há pouco tempo trocou o seu sistema de gestão e isso irá colaborar para a agilidade das entregas, pois ao se emitir a nota, com a integração dos sistemas, o próprio sistema de gestão, através de um script elaborado, irá buscar na aplicação de roteirização os clientes que efetuaram os pedidos e já será elaborado o roteiro de entrega, onde o mesmo já será enviado para

a impressora e entregue para o motorista do veículo, ou seja, quando o veículo sair para a entrega, em todas as rotas, os motoristas receberão junto com o DANFE (Documento Auxiliar de Nota Fiscal Eletrônica) um impresso com a rota a ser seguida

Os veículos possuem rastreamento via satélite, então uma opção a ser considerada também, mas a médio e longo prazo, e uma solicitação do proprietário da empresa, é estudar a possibilidade e viabilidade de integração do sistema ora proposto com o sistema de rastreamento, para confirmar as rotas seguidas pelos colaboradores e manter um controle do tempo dispendido para com as entregas, e assim facilitar a localização dos veículos, caso seja necessário.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE SORVETE - **História do Sorvete**: Disponível em: <<http://www.abis.com.br/>> - Acesso em: 10/02/2012

APIS DE MAPAS ARMANDA RODRIGUES - **Projecto Integrador 2009/2010** – Disponível em: <<http://ssdi.di.fct.unl.pt/pi/PI-09-10/recursos/teoricas/files/02.2-APIsMapas.pdf>> - Acesso: 24/12/11

API GOOGLE MAPS FERNANDO BIRRA - **Projecto Integrador 2009/2010** – Disponível em: <<http://ssdi.di.fct.unl.pt/pi/PI-09-10/recursos/teoricas/files/04.1-API-GoogleMaps.pdf>> – Acesso: 24/12/11

ARONOFF, S. **Geographic information systems: A management perspective**. Ottawa: WDL, 1991. 294p.

ASSAD, E. D.; SANJO, E. E.,. **Sistema de Informações Geográficas: aplicações na Agricultura**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1993. 274p. Disponível em: <http://livraria.sct.embrapa.br/liv_resumos/pdf/00050440.pdf> - Acesso em: 10/08/12

BALLOU, R. H. **Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos – Planejamento, Organização e Logística Empresarial**, 4ed, Porto Alegre: Bookman, 2006.

BARBOSA, Vinícius da Silva; ALVIM, Silvio José Trindade. **Sistema de Informação Geográfica no Controle da Dengue em Carangola**. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E EXTENSÃO. 12º. Anais.Frutal: UEMG; 2010. CD-ROM. ISSN: 1983-9693.

BRASILEIRO, Luzenira Alves; LACERDA, Márcio Gonçalves. **Análise de uso de SIG no sistema de coleta de resíduos sólidos domiciliares em cidades de pequeno porte.** Disponível em: <<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/sibesa6/cndsiet.pdf>> - Acesso em: 20/07/12

BRÄYSY, Olli; DULLAERT, Wout; GENDREAU, Michel - **Evolutionary Algorithms for the Vehicle Routing Problem with Time Windows** - Source: Journal of Heuristics, V10, N6, December 2004, pp. 587-611(25) – Disponível em: <<http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10732-005-5431-6>> - Acesso em: 10/08/12

BUSETTI, F. (2001a) **Genetic Algorithms Overview.** Disponível em: <<http://www.geocities.com/francorbusetti>> - Acesso: 22/02/2013

CHIBANTE, Rui. **Simulated Annealing: Theory with Applications.** Croácia: Intech, 2010. 292 p.

CORMEN, Thomas H. et al. **Algoritmos: Teoria e Prática.** 5ª Reimpressão Rio de Janeiro: Elsevier, 2002. 916 p.

CORSTEN, D; GRUEN, T. **Stock-Outs Cause Walkouts.** Harvard Business review, 2004.

COSME, Antonio. **Projeto em Sistemas de Informação Geográfica** – Lisboa: Lidel, 2012

CHRISTOPHER, M. **Logística e Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos: Criando redes que agregam valor** – 2 ed. São Paulo: Cengage Learning, 2010.

DANTAS, A.; TACO, P.; YAMASHITA, Y. **Sistemas de Informação Geográfica em transportes: O estudo do estado da arte** – IN: X CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTES (ANPET) ANAIS. pp. 211-222; Brasília, Brazil (1996) – Disponível em: <<http://www.oocities.org/br/asdjbr/artigos/resumoanpet1996.pdf>> - Acesso em: 09/08/12.

DEITEL, P.; DEITEL, H. **Java como programar** – 8 ed. São Paulo, Pearson, 2010

DEITEL, P. J.; DEITEL, H. M. - **Ajax, Rich Internet Applications e desenvolvimento Web para programadores** . São Paulo: Pearson, 2009

DIAS, M. C. F. de S.; DIAS, G. H.; NOBRE, M. L. **Distribuição espacial da hanseníase no município de Mossoró/RN, utilizando o Sistema de Informação Geográfica. (SIG) Anais Brasileiros de Dermatologia;** 80 (supl. 3):S289-S294, nov-dez. 2005.

ELMASRI, Ramez E. e NAVATHE, Shamkant B. **Sistema de Banco de Dados:** 6 ed. São Paulo: Pearson Addison Wesley, 2011.

GLOBO.COM – **Faturamento das Indústrias de Sorvete**. Disponível em: <<http://g1.globo.com/economia/pme/noticia/2012/10/com-proximidade-do-calor-aumentam-vendas-de-sorvetes.html>> - Acesso em: 15/10/12

FELGUEIRAS, C. A. - **Modelagem ambiental com tratamento de incertezas em Sistemas de Informação Geográfica: o paradigma geostatístico por indicação**. Tese. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos/SP. 1999, 212p. Disponível em: <<http://mtc-m05.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/deise/2001/08.03.12.35/doc/publicacao.pdf>> - Acesso em: 11/08/12

FERREIRA, Bárbara de Freitas. **Revisão de literatura e análise em planejamento de transportes usando os Sistemas de Informações Geográficas**. Disponível em: <<http://www.ufv.br/dep/engprod/TRABALHOS%20DE%20GRADUACAO/B%C3%81RBARA%20DE%20FREITAS%20FERREIRA/TG%20COMPLETO.pdf>>

FERREIRA FILHO, Virgílio José Martins. **Sistemas de roteirização e programação de veículos**. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pope/v21n2/a07v21n2.pdf>> - Acesso: 04/06/12

FRANÇA, Marina Lamounier. **Sistemas de informações geográficas: uma ferramenta para diagnóstico e monitoramento do estado de conservação de bens culturais - Estudo de caso: Portada da Igreja São Francisco de Assis, Ouro Preto, Minas Gerais**. 2004. 156 f. – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2004

GALVÃO, Roberto Diéguez. *et. al* - **Roteamento de veículos com base em Sistemas de Informação Geográfica**. Revista Gestão e Produção. v. 4, n.2, p. 159-174, ago. 1997 – Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/gp/v4n2/a05v4n2.pdf>> – Acesso em: 24/07/12

GENDREAU, M. - **A Tabu search heuristic for the vehicle routing problem**. Disponível em: <<http://www.cs.amherst.edu/~ccm/cs34/papers/tabuveh2661622.pdf>> - Acesso em: 24-mar-2011

GILLET, B.E.; MILLER, L.R. - **A heuristic algorithm for the vehicle dispatch problem**. *In: Operations Research Journal*, v. 22, n. 2, 340-349. 1974

GOLDBARG, Marco Cesar; LUNA, Henrique Pacca Loureiro. **Otimização Combinatória e Programação Linear**. 2 Edição Revista e Atualizada Rio de Janeiro: Elsevier, 2005. 536 p.

GOLDEN, B. L.; Wong, R. T.: **"Capacited Arc Routing Problems"**, Networks 11, 305-315 (1981)

GOOGLE DEVELOPERS Disponível em: <<https://developers.google.com/maps/?hl=pt-BR>> - Acesso: 20/12/11

SORVETE SOL E NEVE. História Da Sol & Neve: Disponível em: <<http://www.sorvetesoleneve.com.br>> – Acesso em: 20/04/2012

HO, S. e Gendreau, M., **Path relinking for the vehicle routing problem**. In: *Journal of Heuristics*, 12(1):55–72, 2006.

HUGHES, Sterling,; ZMIEVSKI, Andrei,. **PHP Guia do Desenvolvedor** – São Paulo: Berkley, 2001

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Populacional 2010**. IBGE: 2010. Disponível em <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/populacao_por_municipio.shtm> Acesso em 15/07/12.

MARTINELLI, FERNANDES, JÚNIOR, Delair. Oswaldo. M; E, L, R; MEDEIROS, M. L.: **Problema do Caixeiro Viajante - Travelling Salesman Problem**. Mestrado (Ciência da Computação) Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande/MS, 2002.

GOMES JÚNIOR CASTRO, Aloísio de.; SOUZA, Marcone J. F.; MARTINS, Alexandre X. **Simulated annealing aplicado à resolução do problema de roteamento de veículos com janela de tempo**. Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto/MG Disponível em: <http://www.repositorio.ufop.br/bitstream/123456789/749/1/ARTIGO_SimulatedAnnealingAplicado.pdf> - Acesso em: 22/07/12

KIRKPATRICK, *et al.* **Optimization by Simulated Annealing**. DOI:10.1126/science.220.4598.671 – Disponível em: <<http://www.sciencemag.org/content/220/4598/671.short>> - Acesso em: 05/08/12

LAPORTE, G. - **The Vehicle Routing Problem: An overview of exact and approximate algorithms** - Disponível em: <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.89.3073&rep=rep1&type=pdf>> – Acesso em: 23-mar-2011

LECHTMARCHER, Gerson. **Pesquisa Operacional na Tomada de decisões**. 4 ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009. 223 p.

LIMA, Renato da Silva, FARKUH, Alberto, Netto. **Roteirização de veículos de uma rede atacadista com o auxílio de Sistemas de Informações Geográficas (SIG)**. Disponível em: <http://www.revista-ped.unifei.edu.br/documentos/V04N01/n5_art02.pdf> - Acesso em: 23/07/12

LIU, F. e S. Y. Shen *A Method for Vehicle Routing Problem with Multiple Vehicle Types and Time Windows*. **Proc. Natl. Sci. Counc. Hsinchu**, Taiwan, v. 23, p. 526-536.

MANZANO, José Augusto N. G. **MySQL 5.5 - Interativo - Guia Essencial de Orientação e Desenvolvimento**. São Paulo: Érica, 2011.

MARQUES, Éverlin C.; PARPINELLI, Rafael S.; SALAZAR, Ricardo C. L. - **Roteamento de Veículos em Plataformas SIG Assistidas por Colônias de Formigas**. Disponível em:

<<http://revistaseletronicas.pucrs.br/fo/ojs/index.php/hifen/article/viewFile/4592/3479>>
Acesso em: 24/07/12

MARTINS, Alexandre Xavier. **Simulated Annealing aplicado à resolução do problema de roteamento de veículos com janela de tempo**. Revista Transportes. V. 13, n. 2, 2005. Disponível em: <<http://revistatransportes.org.br/anpet/article/view/98/87>> - Acesso em: 06/08/12.

MAURI, G.R.; LORENA, L.A.N. **Simulated annealing aplicado a um modelo geral do problema de roteirização e programação de veículos (*simulated annealing with a general model for the dial-a-ride problem*)**. In Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional (38), September 12-15, 2006. Disponível em: <<http://www.lac.inpe.br/~lorena/mauri/sbpo06-mauri-lorena.pdf>> - Acesso em: 25/07/12

MAURI, Geraldo Regis. **Uma Nova Abordagem Para O Problema De Roteirização E Programação De Veículos**. 2006. Tese Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José Dos Campos, 2006. Disponível em: <<http://www.lac.inpe.br/~lorena/mauri/qualificacao-mauri.pdf>>. Acesso em: 05 ago. 2012.

BRASIL MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES SECRETARIA EXECUTIVA/SUBSECRETARIA DE PLANEJAMENTOS E ORÇAMENTO. Disponível em <<http://www.transportes.gov.br>>. Acesso em: 15/07/12

BOAVENTURA NETTO, Paulo Oswaldo. **Grafos: Teoria, Modelos, Algoritmos**. 4 ed. - São Paulo: Ed. Blucher, 2006.

OLIVEIRA, J. V.; TELHADA, J.; CARVALHO, M. S.. **Integração de tecnologias SIG e WEB para o planejamento e gestão de sistemas de transporte a pedido**. Disponível em: <<http://pluris2010.civil.uminho.pt/Actas/PDF/Paper531.pdf>>. Acesso em: 16/06/12

OLIVEIRA, R.M.; MAURI, G.R.; LORENA, L.A.N. **Abordagem da metaheurística clustering search com simulated annealing para o problema de alocação de berços de navios (*clustering search metaheuristic approach with simulated annealing for the ship's berth allocation problem*)**. IN: WORKSHOP DE COMPUTAÇÃO APLICADA. São José dos Campos, 20-21 de Outubro de 2010. Disponível em: <<http://www.lac.inpe.br/~lorena/mauri/bap-gepros.pdf>> - Acesso em: 25/07/12

REINELT, G. - *A Traveling Salesman Problem Library*. In: **Journal on Computing**. 1991. DOI: 10.1287/ijoc.3.4.376 - V.3 n. 4 - 376-384 – Disponível em: <<http://joc.journal.informs.org/content/3/4/376.full.pdf+html>> – Acesso em: 05/08/12

REIS, Augusto da Cunha; GRANJA, Juliana da Cunha. **Consequências da implementação de um SIG em uma empresa de recolhimento de sucata**. Disponível em: <<http://pluris2010.civil.uminho.pt/Actas/PDF/Paper531.pdf>>. Acesso em: 15 abr. 2012

RIVIÈRES, Jim des. **How to Use the Eclipse API**. Disponível em <<http://www.eclipse.org/articles/Article-API%20use/eclipse-api-usage-rules.html>> – Acesso: 20-07-12

RODRIGUES, Armanda. **Introduction to GIS - Projecto Integrador 2009/2010** Disponível em: <<http://ssdi.di.fct.unl.pt/pi/PI-09-10/recursos/teoricas/files/02.1-GIS.pdf>> - Acesso: 24/12/11

RODRIGUES, Armanda. APIs de Mapas - **Projecto Integrador 2009/2010** – Disponível em: <<http://ssdi.di.fct.unl.pt/pi/PI-09-10/recursos/teoricas/files/02.2-APIsMapas.pdf>> - Acesso: 24/12/11

RODRIGUES, J. B. T.; ZIMBACK, C. R. L.; PIROLI, E. L. **Utilização de Sistema de Informação Geográfica da avaliação do uso da terra em Botucatu (SP)**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, vol. 25, núm. 3, 2001, pp. 675-681. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - Viçosa, Brasil – Disponível em: <<http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=180218337017>> - Acesso em: 10/08/12

SANTOS, Claudia Benedita dos *et al.* **Utilização de um Sistema de Informação Geográfica para descrição dos casos de tuberculose**. Bol. Pneumol. Sanit., Rio de Janeiro, v. 12, n. 1, abr. 2004 . Disponível em <http://scielo.iec.pa.gov.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-460X2004000100002&lng=pt&nrm=iso>. Acesso: 16/08/12.

SCHOLTEN, H. J.; Stillwell, .I. C. H. **Geographic information systems for urban and regional planning**. Boston: Kluwer Academic.1990.

SILVA, Camila C. da; VARGAS, Elton da S. **HTML - Construindo a Internet**. São Paulo: Viena, 2009

SOUZA, M. J. F. et al. **Metaheurísticas aplicadas ao problema de programação de tripulações no sistema de transporte público**. Tend. Mat. Apl. Comput., v.5, n.2, p. 357-368, 2004. Disponível em: <http://www.sbmac.org.br/tema/seletas/docs/v5_2/00-Souza.pdf> Acesso em: 15/05/2012.

TAHA, Hamdy A. **Pesquisa Operacional: Uma visão Geral**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2008. 359 p.

TAYLOR, David A. **Logística na Cadeia de Suprimentos: Uma perspectiva gerencial**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005. 368 p.

TOTH, P., VIGO, D. **Exact solution of the vehicle routing problem**. Kluwer: Boston, p.1-31, 1998.

ANEXO A – O SORVETE

História do Sorvete⁵

Contam os historiadores que o sorvete existe há mais de 3000 anos. Essa informação também está presente no site da ABIS – Associação Brasileira das Indústrias de Sorvete.

O sorvete surgiu com os chineses, onde frutas eram misturadas com neve, sendo que dessa mistura pode-se dizer que surgiu o “sorvete”. De acordo com o site da ABIS (2012), essa técnica foi passada aos árabes, e eles começaram a fazer caldas geladas, onde essas caldas recebiam o nome de sharbet, e que mais tarde se transformaram nos famosos sorvetes franceses sem leite, os sorbets.

Alexandre, o Grande em seus banquetes e Nero com suas famosas festas gastronômicas degustavam frutas e saladas geladas em neve. Nero mandava seus escravos buscarem neve nas montanhas para misturar com mel, polpa ou suco de frutas. (ABIS, 2012)

A história do sorvete é contada no site da ABIS, e lá também obtêm-se a informação de que o gelo era estocado em profundos poços construídos pelo povo, mas a grande revolução no mundo dos sorvetes aconteceu com Marco Polo, quando o mesmo trouxe do Oriente para a Itália, no ano de 1292, o segredo de preparo dos sorvetes com a utilização de algumas técnicas especiais.

⁵ Disponível na íntegra em: <<http://www.abis.com.br>>

Dessa forma a moda dos sorvetes foi espalhada por toda a Itália, inclusive com o Catarina de Medici, na França, com o então futuro Henrique II, entre algumas das novidades trazidas da Itália para a festa do casamento, estas deliciosas sobremesas geladas foram servidas, o que encantou toda a corte. (ABIS, 2012)

Entretanto, a população francesa, ou a maioria dela, só foi ter acesso a esta especiaria um século depois, quando Francesco Procópio abriu um café, em Paris, onde eram servidas bebidas geladas e o sorbet, que era um tipo de sorvete. Logo se espalharam por toda a Europa, e em seguida chegaram aos Estados Unidos (ABIS, 2012). A primeira produção de sorvete, de forma industrial, ocorreu nos Estados Unidos, há 40 anos (ABIS, 2012).

O Sorvete no Brasil

Utilizando-se de frutas brasileiras, em 1834, dois comerciantes cariocas adquiriram 217 toneladas de gelo, que vinham em um navio, com bandeira norte-americana, começando assim a fabricação de sorvete por aqui. A conservação do produto nessa época era difícil, então tinha que ser consumido logo após o preparo. Estima-se que o faturamento das indústrias do sorvete gire em torno de 4 bilhões de reais por ano, conforme matéria do Portal G1. (Portal G1, 2012).

Dados estatísticos sobre o Sorvete

A seguir são apresentados alguns dados estatísticos sobre a produção e consumo do sorvete no Brasil. Esses dados estão disponibilizados no site da Associação Brasileira das Indústrias de Sorvetes (ABIS), que é a principal fonte de informação sobre o produto em questão no Brasil.



Figura A.1 – Consumo em milhões de litros - Fonte: ABIS, 2012)

A Figura A.1 mostra o consumo do produto, medido em milhões de litros, desde o ano de 2003 até o ano de 2011. Pode ser observado que há um constante crescimento no consumo desse produto no país. E um dos motivos que leva a esse consumo é o fato do país ser de clima tropical, o que ajuda e muito no consumo desse produto.



Figura A.2 – Produção em milhões de litros⁶ - Fonte: ABIS, 2012.

A Figura A.2 mostra a produção do produto de uma forma geral, englobando massa, picolé e o soft, produtos que são a base do sorvete em si. O crescimento é constante também, e a tendência é que haja um contínuo crescimento nos próximos anos também, baseado na produtividade que se tem hoje no país.

De acordo com a ABIS, o Brasil é o 10º maior produtor mundial desta sobremesa, e por incrível que pareça, a região sul do Brasil consome muito sorvete, apesar de ter um clima bem mais frio que as outras regiões, mas a grande variação na forma de servi-lo faz dessa região um grande mercado (ABIS, 2012).

A Figura A.3 apresenta o consumo per capita em litros/ano, ou seja, quantos litros de sorvete um brasileiro toma, em média por ano. Apenas para efeito de comparação, os EUA (Estados Unidos da América) são o maior país consumidor do sorvete, onde até já foi instituído o dia nacional do sorvete, que é 14 de Julho, mês que também é considerado o Mês Nacional do Sorvete (ABIS, 2012).

⁶ Massa soft: Massa de sorvete popularmente conhecido como “sorvete expresso”. Pode ser servido em copinhos ou casquinhas, e é comercializado direto da máquina.

No Brasil o dia do Sorvete é comemorado em 23 de Setembro, coincidindo com o início da Primavera e com o aumento da temperatura no Brasil, ajudando no aumento do consumo.



Figura A.3 – Crescimento per capita em litros/ano – Fonte: ABIS, 2012

“Sorvete engorda!!!”. Sempre se ouve essa frase, principalmente quando uma criança faz birra querendo um sorvete, mas isso não pode ser considerada como uma verdade absoluta. O sorvete tem lá suas fontes de vitaminas, mas é claro que tudo em excesso tem seus malefícios.

Para mostrar que o sorvete não é de todo um vilão na alimentação, na Figura A.4 são mostrados os valores nutricionais do sorvete, que segundo os fabricantes, “sorvete faz muito bem para a saúde”. Uma curiosidade é que a região Sul consome muito sorvete, segundo dados da ABIS, é a 2ª região em consumo de sorvete no País, perdendo apenas para a região Sudeste.

Alimento (100gr)	Calorias (Kcal)	Glicídios (g)	Proteínas (g)	Lípidios (g)	Cálcio (mg)	Fósforo (mg)	Ferro (mg)
Carne de Gado Assada	287,70	0,00	25,25	20,75	9,00	303,00	3,20
Frango Assado com Pele	226,00	0,00	26,30	13,50	11,00	140,00	1,30
Arroz Cozido	109,70	24,40	2,80	0,10	20,00	25,00	---
Pão Francês	269,00	57,40	9,30	0,20	22,00	107,00	1,20
Cachorro Quente	283,00	0,00	11,00	14,70	34,00	99,00	2,40
Pão Torrado Fritas	388,00	3,00	10,00	5,00	42,00	130,00	1,30
Ovo Frito	216,00	57,40	3,80	17,20	65,00	165,00	2,67
Sorvete à base de água	126,30	30,00	1,50	*	65,00	165,00	0,25
Sorvete à base de leite	186,00	20,00	4,01	8,10	144,00	120,00	0,20
Leite em Pó Desnatado	351,00	49,50	35,50	0,80	1301,00	1106,00	0,50
Feijão Mulatinho	332,30	55,37	24,24	1,55	---	---	---

Fonte: repertório geral dos alimentos (Favier/ Ripert/ Toque/ Feinberg) e tabela da composição química dos alimentos de Guilherme Franco

Figura A.4 – Valores nutricionais do sorvete - Fonte: ABIS, 2012

ANEXO B – ARTIGOS PUBLICADOS

BORGES, D. C.; SOARES, A. G.; SEUFITELLI, C. B.; ERTHAL, M. **Seleção de curso de pós-graduação em Informática para residentes da Zona da Mata mineira utilizando a técnica de Auxílio Multicritério à Decisão.** FORUM MINEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO - VII Encontro Mineiro de Engenharia de Produção – EMPRP 2011. São João Del Rei – Minas Gerais, 2011.

BORGES, D. C.; MONTANÉ, F. A. T. – **Rotasorv®: Uma ferramenta Web para roteirização aplicada a Empresa Sorveplus Ltda.** Publicado e apresentado no: XIX SIMPEP – Simpósio de Engenharia de Produção. SIMPEP 2012 – Bauru/SP – ISSN: 1809-7189

BORGES, D. C.; MONTANÉ, F. A. T. – **Utilização do algoritmo Simulated Annealing na resolução do Problema de Roteamento de Veículos, aplicado a Sorveplus Ltda., uma indústria de sorvetes e picolés.** Publicado e apresentado no: XIX SIMPEP – Simpósio de Engenharia de Produção. SIMPEP 2012 – Bauru/SP – ISSN: 1809-7189

BORGES, D. C.; MONTANÉ, F. A. T. – **Rotasorv®: Uma ferramenta Web para roteirização aplicada a Empresa Sorveplus Ltda.** – Publicado na Revista InterScience Place - Edição 23, volume 1, artigo nº 8, Outubro/Dezembro 2012. Revista Científica Internacional – ISSN: 1679-9844 - Disponível em: <<http://www.inter-scienceplace.org/inter-scienceplace/article/view/442/306>>

APÊNDICE A – CÓDIGO FONTE DO SA EM C#. 1ª PARTE

CÁLCULO DA MENOR ROTA USANDO A TÉCNICA DO VIZINHO MAIS PRÓXIMO.

```
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.Linq;
using System.Text;
using System.IO;

namespace TSP
{
    public class TravellingSalesmanProblem
    {
        private string filePath;
        private List<int> currentOrder = new List<int>();
        private List<int> nextOrder = new List<int>();
        private double[,] distances;
        private Random random = new Random();
        private double shortestDistance = 0;

        public double ShortestDistance
        {
            get
            {
                return shortestDistance;
            }
            set
            {
                shortestDistance = value;
            }
        }

        public string FilePath
        {
```

```

    get
    {
        return filePath;
    }
    set
    {
        filePath = value;
    }
}

public List<int> CitiesOrder
{
    get
    {
        return currentOrder;
    }
    set
    {
        currentOrder = value;
    }
}

/// <summary>
/// Carrega destinos de um arquivo de texto representando o matriz
/// </summary>
private void LoadCities()
{
    StreamReader reader = new StreamReader(filePath);

    string cities = reader.ReadToEnd();

    reader.Close();

    string[] rows = cities.Split('\n');

    distances = new double[rows.Length, rows.Length];

    for (int i = 0; i < rows.Length; i++)
    {
        string[] distance = rows[i].Split(' ');
        for (int j = 0; j < distance.Length; j++)
        {
            distances[i, j] = double.Parse(distance[j]);
        }
        //O número de linhas na matriz representa o número de cidades (lugares a ser
visitado)
        //Cada cidade está sendo representada por um index de 0 para N - 1

```

```

        //Onde N é o total de lugares visitados
        currentOrder.Add(i);
    }

    if (currentOrder.Count < 1)
        throw new Exception("Nenhuma cidade para ordenar.");
    }
    /// <summary>
    /// Calcula a distância total que é a função objetiva
    /// </summary>
    /// <param name="order">Uma lista contém a ordem das rotas</param>
    /// <returns></returns>
    private double GetTotalDistance(List<int> order)
    {
        double distance = 0;

        for (int i = 0; i < order.Count - 1; i++)
        {
            distance += distances[order[i], order[i + 1]];
        }

        if (order.Count > 0)
        {
            distance += distances[order[order.Count - 1], 0];
        }

        return distance;
    }
    /// <summary>
    /// Obtém o próximo arranjo aleatório das rotas
    /// </summary>
    /// <param name="order"></param>
    /// <returns></returns>
    private List<int> GetNextArrangement(List<int> order)
    {
        List<int> newOrder = new List<int>();

        for (int i = 0; i < order.Count; i++)
            newOrder.Add(order[i]);

        int firstRandomCityIndex = random.Next(1, newOrder.Count);
        int secondRandomCityIndex = random.Next(1, newOrder.Count);

        int dummy = newOrder[firstRandomCityIndex];
        newOrder[firstRandomCityIndex] = newOrder[secondRandomCityIndex];
        newOrder[secondRandomCityIndex] = dummy;
    }

```

```

    return newOrder;
}

/// <summary>
/// Processo
/// </summary>
public void Anneal()
{
    int iteration = -1;

    double temperature = 10000.0;
    double deltaDistance = 0;
    double coolingRate = 0.9999;
    double absoluteTemperature = 0.00001;

    LoadCities();

    double distance = GetTotalDistance(currentOrder);

    while (temperature > absoluteTemperature)
    {
        nextOrder = GetNextArrangement(currentOrder);

        deltaDistance = GetTotalDistance(nextOrder) - distance;

        //se a nova ordem tem pequena distância
        //ou se a nova ordem tem uma grande distância mas satisfaz a condição de
        Boltzman então o arranjo é aceito
        if ((deltaDistance < 0) || (distance > 0 && Math.Exp(-deltaDistance / temperature) >
random.NextDouble()))
        {
            for (int i = 0; i < nextOrder.Count; i++)
                currentOrder[i] = nextOrder[i];

            distance = deltaDistance + distance;
        }

        //esfriando a temperatura
        temperature *= coolingRate;

        iteration++;
    }

    shortestDistance = distance;
}
}
}

```

APÊNDICE B – CÓDIGO FONTE DO SA, EM C#. 2ª PARTE

CÁLCULO DA MENOR ROTA USANDO A TÉCNICA DO VIZINHO MAIS PRÓXIMO.

```
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.Linq;
using System.Text;

namespace TSP
{
    class Program
    {
        static void Main(string[] args)
        {
            TravellingSalesmanProblem problem = new TravellingSalesmanProblem();
            problem.FilePath = "Cities.txt";
            problem.Anneal();

            string path = "";
            for (int i = 0; i < problem.CitiesOrder.Count - 1; i++)
            {
                path += problem.CitiesOrder[i] + " -> ";
            }
            path += problem.CitiesOrder[problem.CitiesOrder.Count - 1];

            Console.WriteLine("Rota curta: " + path);
            Console.WriteLine("A menor distancia e: " + problem.ShortestDistance.ToString());
            Console.ReadLine();
        }
    }
}
```


APÊNDICE C - FUNÇÃO MELHOR CAMINHO - JAVASCRIPT

```

var directionDisplay;
var directionsService = new google.maps.DirectionsService();
var map;
var armazena = [];

function initialize() {
    directionsDisplay = new google.maps.DirectionsRenderer();
    var chicago = new google.maps.LatLng(-21.752245,-41.33194);
    var myOptions = {
        zoom: 15,
        mapTypeId: google.maps.MapTypeId.ROADMAP,
        center: chicago
    }
    map = new google.maps.Map(document.getElementById("map_canvas"), myOptions);
    directionsDisplay.setMap(map);
}

function reloadPage(){ javascript:location.reload(); }

function calcRoute() {

    var start = document.getElementById("start").value;
    var end = document.getElementById("end").value;
    var waypts = [];
    var checkboxArray = document.getElementsByName("CheckboxPonto");
    var checkboxEndereco = document.getElementById("enderecoEmpresa");
    var checkboxNome = document.getElementById("nomeEmpresa");
    var conta = 0;

    for (var i = 0; i < checkboxArray.length; i++) {
        if (checkboxArray.item(i).checked == true ) {
            conta++;
            if((conta < 9)&&(conta > 0)){
                waypts.push({
                    location:checkboxArray.item(i).value,
                    stopover:true});
                armazena[i] = checkboxArray.item(i).value;
            }
            else{
                alert("Escolha no máximo 8 pontos, pois apenas 10 rotas serão
calculadas!");
            }
        }
    }
}

```

```

var summaryPanel = document.getElementById("directions_panel");
    summaryPanel.innerHTML = "";
    reloadPage();
}
}
else{
    if((conta == 0)&&(i == (checkboxArray.length)-1)){
        alert("Escolha pelo menos uma ponto!");
        var summaryPanel = document.getElementById("directions_panel");
        summaryPanel.innerHTML = "";
        reloadPage();
    }
}

var request = {
    origin: start,
    destination: end,
    waypoints: waypts,
    optimizeWaypoints: true,
    travelMode: google.maps.DirectionsTravelMode.DRIVING,
};

directionsService.route(request, function(response, status) {
    if (status == google.maps.DirectionsStatus.OK) {
        directionsDisplay.setDirections(response);
        var route = response.routes[0];
        var summaryPanel = document.getElementById("directions_panel");
        summaryPanel.innerHTML = "";

        for (var i = 0; i < route.legs.length; i++) {
            var routeSegment = i + 1;
            summaryPanel.innerHTML += "<b>TRAJETO : <b/>" + routeSegment
+ " | ----- | <b>DISTÂNCIA: </b>" + route.legs[i].distance.text + "<br />";

            var cont = 0;
            for (var h = 0; h < checkboxEndereco.length; h++) {
                var valor = checkboxEndereco[h].value;
                var nome = checkboxNome[h].value;
                if (valor == route.legs[i].end_address){
                    if(i == (route.legs.length)-1){
                        summaryPanel.innerHTML += "PONTO DE
CHEGADA: MIRACEMA, RJ<br /><br />";
                    }
                    else{
                        summaryPanel.innerHTML +=
"<b>EMPRESA:</b> "+checkboxNome[h].value+"<b/><br/>ENDEREÇO: </b> "+route.legs[i].end_address + "<br
/><br />";
                        cont = cont + 1;
                    }
                }
            }
        }
        if(cont = 0){
            if(i == (route.legs.length)-1){
                summaryPanel.innerHTML += "PONTO DE
CHEGADA: MIRACEMA, RJ<br /><br />";
            }
        }
    }
}

```

```

else{
summaryPanel.innerHTML += "ENDEREÇO: </b>
"+route.legs[i].end_address + "<br /><br />";
}
}
summaryPanel.innerHTML += "<br /><hr/><br/>";
}
summaryPanel.innerHTML += "<br /><b>O TRAJETO
"+routeSegment+" REPRESENTA O PONTO DE CHEGADA - MIRACEMA, RJ</b><br/>";
});
}
}
}

```

APÊNDICE D – CÓDIGO FONTE: MELHOR CAMINHO NO PHP

```
<!DOCTYPE html>

<html>

<head>

<meta name="viewport" content="initial-scale=1.0, user-scalable=no"/>

<meta http-equiv="content-type" content="text/html; charset=UTF-8"/>

<title>Google Maps JavaScript API v3 Example: Directions Complex</title>

<link href="/maps/documentation/javascript/examples/default.css" rel="stylesheet" type="text/css" />

<script type="text/javascript" src="https://maps.googleapis.com/maps/api/js?sensor=false"></script>

<script type="text/javascript">

    var map;

    var directionDisplay;

    var directionsService;

    var stepDisplay;

    var markerArray = [];

    function initialize() {

        // Instantiate a directions service.

        directionsService = new google.maps.DirectionsService();
```



```
// Create a map and center it on Manhattan.

var manhattan = new google.maps.LatLng(40.7711329, -73.9741874);

var myOptions = {
    zoom: 13,
    mapTypeId: google.maps.MapTypeId.ROADMAP,
    center: manhattan
}

map = new google.maps.Map(document.getElementById("map_canvas"), myOptions);

// Create a renderer for directions and bind it to the map.

var rendererOptions = {
    map: map
}

directionsDisplay = new google.maps.DirectionsRenderer(rendererOptions)

// Instantiate an info window to hold step text.

stepDisplay = new google.maps.InfoWindow();
}

function calcRoute() {

    // First, remove any existing markers from the map.

    for (i = 0; i < markerArray.length; i++) {
        markerArray[i].setMap(null);
    }

    // Now, clear the array itself.
```

```

markerArray = [];

// Retrieve the start and end locations and create
// a DirectionsRequest using WALKING directions.
var start = document.getElementById("start").value;
var end = document.getElementById("end").value;
var request = {
    origin: start,
    destination: end,
    travelMode: google.maps.DirectionsTravelMode.WALKING
};

// Route the directions and pass the response to a
// function to create markers for each step.
directionsService.route(request, function(response, status) {
    if (status == google.maps.DirectionsStatus.OK) {
        var warnings = document.getElementById("warnings_panel");
        warnings.innerHTML = "<b>" + response.routes[0].warnings + "</b>";
        directionsDisplay.setDirections(response);
        showSteps(response);
    }
});
}

function showSteps(directionResult) {
    // For each step, place a marker, and add the text to the marker's
    // info window. Also attach the marker to an array so we
    // can keep track of it and remove it when calculating new

```

```

// routes.
var myRoute = directionResult.routes[0].legs[0];

for (var i = 0; i < myRoute.steps.length; i++) {
    var marker = new google.maps.Marker({
        position: myRoute.steps[i].start_point,
        map: map
    });
    attachInstructionText(marker, myRoute.steps[i].instructions);
    markerArray[i] = marker;
}
}

function attachInstructionText(marker, text) {
    google.maps.event.addListener(marker, 'click', function() {
        // Open an info window when the marker is clicked on,
        // containing the text of the step.
        stepDisplay.setContent(text);
        stepDisplay.open(map, marker);
    });
}
</script>
</head>
<body onload="initialize()">
<div class="sidebar">
<b>Start: </b>
<select id="start">

```

```

<option value="penn station, new york, ny">Penn Station</option>
<option value="grand central station, new york, ny">Grand Central Station</option>
<option value="625 8th Avenue, New York, NY, 10018">Port Authority Bus Terminal</option>
<option value="staten island ferry terminal, new york, ny">Staten Island Ferry Terminal</option>
<option value="101 E 125th Street, New York, NY">Harlem - 125th St Station</option>
</select>
<b>End: </b>
<select id="end" onchange="calcRoute();">
  <option value="260 Broadway New York NY 10007">City Hall</option>
  <option value="W 49th St & 5th Ave, New York, NY 10020">Rockefeller Center</option>
  <option value="moma, New York, NY">MOMA</option>
  <option value="350 5th Ave, New York, NY, 10118">Empire State Building</option>
  <option value="253 West 125th Street, New York, NY">Apollo Theater</option>
  <option value="1 Wall St, New York, NY">Wall St</option>
</select>
</div>
<div id="map_canvas" style="top:30px;width:100%;height:80%"></div>
 
<div id="warnings_panel" style="width:100%;height:10%;text-align:center"></div>
</body>
</html>

```

APÊNDICE E – RELAÇÃO DE CLIENTES.

CLIENTES CADASTRADOS NO SISTEMA E UTILIZADOS NOS EXPERIMENTOS

ID	EMPRESA	Endereço Google	PARTIDA
67	ACOUGUE PALHO CHAPARRAL	Av. Dr. Alberto Torres, 895-913 - Parque São Salvador, Campos dos Goytacazes - RJ, 28053-586, Brasil	149 km
102	AGRO PECUA RIA NAZA RIO	R. Cap. Nazário Pereira Gomes, 17-31 - Parque Fundação, Campos dos Goytacazes - RJ, 28070-205, Brasil	146 km
43	ALTERNATIVA LANCHES	R. Conselheiro José Fernandes, 163-213 - Parque Conselheiro Tomaz Coelho, Campos dos Goytacazes - RJ, 28035-232, Brasil	148 km
44	ALTERNATIVA LANCHES 2	Av. José Alves de Azevedo, 1043-1063 - Parque São Lino, Campos dos Goytacazes - RJ, Brasil	153 km
33	BANCA DO CALCADAO	Av. Sete de Setembro, 215 - Centro, Campos dos Goytacazes - RJ, 28013-331, Brasil	150 km
63	BAR DA BETH	Av. Ns. do Carmo, 59-390 - Parque São Benedito, Campos dos Goytacazes - RJ, 28024-167, Brasil	154 km
60	BAR E MERCEARIA OZINHO E MARIA	R. Dr. João Maria, 1092-1216 - Campos dos Goytacazes - RJ, 28027-310, Brasil	153 km
95	BEIJA FLOR LANCHES	R. Luís Paulo de Campos, 2-44 - Parque Barão do Rio Branco, Campos dos Goytacazes - RJ, Brasil.	150 km
78	BIG BIG LANCHES	R. Armando Ritter Viana, 117-185 - Parque Califórnia, Campos dos Goytacazes - RJ, 28013-037, Brasil.	151 km
71	CANTINA DA FAFIC	R. Visc. Alvarenga, 10-50 - Parque São Salvador, Campos dos Goytacazes - RJ, 28053-000, Brasil.	149 km
51	CANTINA DA WIZARD	R. Mal. Floriano, 211-366 - Centro, Campos dos Goytacazes - RJ, 28010-162, Brasil.	150 km

64	CANTINA DO COLEGIO JOAO PAULO II	R. Visc. Itaboraí, 14-526 - Parque Aurora, Campos dos Goytacazes - RJ, Brasil.	152 km
49	CANTINA DO LISBOA	Travessa Rui Barbosa, 2-54 - Parque Salo Brand, Campos dos Goytacazes - RJ, Brasil.	151 km
70	CANTINA DO RECANTO	R. Lions Clube, 50-124 - Parque São Caetano, Campos dos Goytacazes - RJ, 28030-385, Brasil.	149 km
100	CANTINHO DOCE 1	R. Cidade de Lima, 121 - Parque São Domingos, Campos dos Goytacazes - RJ, 28085-350, Brasil.	151 km
99	CANTINHO DOCE 2	R. Vinte e Quatro de Junho, 61-115 - Parque Santa Rosa, Campos dos Goytacazes - RJ, 28085-450, Brasil.	151 km
30	CASA DA CARNE - CAMPOS	Av. Pelinca, 57-59 - Centro, Campos dos Goytacazes - RJ, 28035-053, Brasil.	150 km
31	CASA DE CARNE II	Av. Pelinca, 57-59 - Centro, Campos dos Goytacazes - RJ, 28035-053, Brasil.	150 km
48	CASA LOTERICA LUMABE	R. Voluntários da Pátria, 470-508 - Parque Avenida Pelinca, Campos dos Goytacazes - RJ, 28030-260, Brasil.	149 km
7	CHALE 33	R. Manoel Francisco Chagas, 26-49 - Campos dos Goytacazes - RJ, Brasil.	160 km
68	CHURRASCAO BOIBOM	Av. São Fidélis, 55-190 - Parque Nova Brasília, Campos dos Goytacazes - RJ, Brasil.	150 km
84	CIA DO PAO	Av. Sen. José Carlos Pereira Pinto, 419-435 - Parque Alvorada, Campos dos Goytacazes - RJ, 28083-101, Brasil.	151 km
66	DELICIAS SABOR DE MEL	R. Cora Alvarenga, 56 - Parque Leopoldina, Campos dos Goytacazes - RJ, 28051-272, Brasil.	149 km
90	DELICIAS SABOR DE MEL II	Av. Pres. Vargas, 10-223 - Parque Pecuária, Campos dos Goytacazes - RJ, 28055-293, Brasil.	149 km
13	DEPOSITO DE BEBIDAS 05 IRMAOS	R. Dr. José© Machado Pinheiro, 22-132 - Campos dos Goytacazes - RJ, Brasil.	158 km
8	DIZOAVES	R. Carlos Lacerda, 370-428 - Centro, Campos dos Goytacazes - RJ, Brasil.	150 km
116	ESPAÇAO DO PAO	R. Benedito Queiroz, 97-417 - Parque Fazenda Grande, Campos dos Goytacazes - RJ, Brasil.	154 km

86	ESPACO LAZER	R. Artur Nogueira, 219-235 - Parque Nova Brasília, Campos dos Goytacazes - RJ, 28055-030, Brasil.	150 km
83	ESQUINAO HORTIFRUTI	R. Maricá, 1-5 - Parque Guarus, Campos dos Goytacazes - RJ, 28073-010, Brasil.	149 km
85	FABIOLA - CAMPOS	R. Romualdo Peixoto, 2-339 - Parque Novo Mundo, Campos dos Goytacazes - RJ, Brasil.	151 km
15	FAMILIA DO CALDO	Av. Mário Manhães de Andrade, 10-24 - Parque Aurora, Campos dos Goytacazes - RJ, 28026-110, Brasil.	153 km
61	FOME DE LEAO	R. Irmãos Expedicionários, 7-60 - Parque São Lino, Campos dos Goytacazes - RJ, 28026-180, Brasil.	153 km
22	GAME NET	R. Francisco Lobo da Costa, 57-121 - Parque Novo Mundo, Campos dos Goytacazes - RJ, 28083-430, Brasil.	150 km
101	HORTI FRUTI MANHAES	Av. Vinte e Oito de Março, 62-1101 - Parque São Caetano, Campos dos Goytacazes - RJ, 28020-740, Brasil.	149 km
23	HORTI FRUTI SERAFIM	R. Almeida Barbosa, 107-197 - Parque Fazendinha, Campos dos Goytacazes - RJ, 28024-110, Brasil.	153 km
103	IGREJA RESTAURACAO	Travessa Santa Inês, 2-12 - Parque Fundação, Campos dos Goytacazes - RJ, Brasil.	148 km
28	J.S NET	Av. Sen. José Carlos Pereira Pinto, 942-1054 - Parque Pres. Vargas, Campos dos Goytacazes - RJ, Brasil.	149 km
55	JP LANCHONETE	R. Júlio Armond, 3-17 - Parque Novo Mundo, Campos dos Goytacazes - RJ, 28083-360, Brasil.	150 km
79	JR LOCADORA	R. Caldas Viana, 52-181 - Parque Turf Club, Campos dos Goytacazes - RJ, 28015-300, Brasil.	151 km
29	KIPAO PADARIA / MINI SELF	R. Dr. João Maria, 286-302 - Parque João Maria, Campos dos Goytacazes - RJ, 28027-310, Brasil.	153 km
75	KIPAO PADARIA II	Av. Newton Guaraná, 234-1008 - Campos dos Goytacazes - RJ, 28021-245, Brasil.	156 km
53	LANCHINHO DA VOVO	Av. Dr. Alberto Torres, 128-140 - Centro, Campos dos Goytacazes - RJ, 28035-581, Brasil.	148 km
27	LANCHONETE ACUCAR E SAL ETC E TAL	Av. Sen. José Carlos Pereira Pinto, 18-978 - Parque Pres. Vargas, Campos dos Goytacazes - RJ, Brasil.	150 km

57	LANCHONETE CAFE COM ARTE	Av. Dep. Alair Ferreira, 965-2765 - Campos dos Goytacazes - RJ, Brasil.	162 km
106	LANCHONETE E O MESTRE	R. Visc. Inhaúma, 79 - Parque Tamandaré, Campos dos Goytacazes - RJ, 28035-005, Brasil.	150 km
26	LANCHONETE ILHA	R. Espírito Santo, 234-290 - Caju, Campos dos Goytacazes - RJ, 28051-070, Brasil.	148 km
82	LANCHONETE MEU SABOR	R. Projetada, 24-132 - Campos dos Goytacazes - RJ, Brasil.	159 km
72	LANCHONETE MONTE LIBANO	Av. Dr. Alberto Torres, 53-832 - Parque São Salvador, Campos dos Goytacazes - RJ, 28053-587, Brasil.	149 km
32	LANCHONETE PONTO DE ENCONTRO	Travessa Rui Barbosa, 1-55 - Parque Salo Brand, Campos dos Goytacazes - RJ, 28010-005, Brasil.	151 km
108	LANCHONETE SESI	R. Bartolomeu Lizandro, 45-53 - Parque São Mateus, Campos dos Goytacazes - RJ, Brasil.	151 km
89	LEO AÇAÍ	R. Luís Otávio, 2-12 - Parque Santo Amaro, Campos dos Goytacazes - RJ, 28030-165, Brasil.	150 km
54	LEONE LANCHES	R. Antônio Custódio de Andrade, 2-46 - Campos dos Goytacazes - RJ, 28090-660, Brasil.	151 km
1	LOCADORA GOITACAZ	Av. Vinte e Oito de Março, 62-1101 - Parque São Caetano, Campos dos Goytacazes - RJ, 28020-740, Brasil.	149 km
25	LOCADORA GOITACAZ	Av. Quinze de Novembro, 10-253 - Parque Conselheiro Tomaz Coelho, Campos dos Goytacazes - RJ, Brasil.	148 km
45	LOCADORA GOITACAZ	Av. Dr. Alberto Torres, 14-786 - Parque São Salvador, Campos dos Goytacazes - RJ, Brasil.	149 km
12	M.N PRESENTES	R. Dr. José Machado Pinheiro, 922 - Campos dos Goytacazes - RJ, Brasil.	158 km
97	MAX LANCHES	R. Vinte e Oito de Setembro, 62-164 - Parque Santa Rosa, Campos dos Goytacazes - RJ, Brasil.	152 km
118	MERCADO DA VAL	R. Murilo Peixoto, 1-1420 - Parque Eldorado, Campos dos Goytacazes - RJ, 28090-200, Brasil.	151 km
92	MERCADO SIQUEIRA	R. Artur Nogueira, 105-155 - Parque Pecuária, Campos dos Goytacazes - RJ, 28055-030, Brasil.	150 km

94	MERCEARIA DO PC	R. Maurício Vianna Cordeiro Filho, 69-151 - Da Penha, Campos dos Goytacazes - RJ, Brasil.	156 km
58	MERCEARIA DO VAL	Av. Dep. Bartolomeu Lizandro, 1062-1098 - Parque Santo Antônio, Campos dos Goytacazes - RJ, Brasil.	147 km
5	MERCEARIA UNIAO	R. Luiz Gonzaga Andrade, 159-187 - Campos dos Goytacazes - RJ, 28022-670, Brasil.	157 km
20	MINEIRO'S LANCHES	Av. Sen. Tarcísio Miranda, 484-652 - Parque José do Patrocínio, Campos dos Goytacazes - RJ, Brasil.	155 km
41	MING PASTELARIA	R. Barão Amazonas, 126-184 - Centro, Campos dos Goytacazes - RJ, 28010-030, Brasil.	149 km
18	MISTER GERA	R. Saldanha Marinho, 107-155 - Chácara João Ferreira, Campos dos Goytacazes - RJ, 28013-022, Brasil.	150 km
87	PADARIA BELO PANE	Av. São João da Barra, 793 - Campos dos Goytacazes - RJ, 28015-472, Brasil.	154 km
11	PADARIA BETEL	R. Carlos Lacerda, 289-383 - Centro, Campos dos Goytacazes - RJ, 28010-241, Brasil.	150 km
6	PADARIA DONANA	R. Manoel Francisco Chagas, 26-49 - Campos dos Goytacazes - RJ, Brasil.	160 km
59	PADARIA FUNDAO	R. Cap. Nazário Pereira Gomes, 17-31 - Parque Fundação, Campos dos Goytacazes - RJ, 28070-205, Brasil.	146 km
10	PADARIA IRMAOS CAETANO	R. Sabiá, 28-70 - Campos dos Goytacazes - RJ, Brasil.	164 km
117	PADARIA PAO QUENTE	Av. Vinte e Quatro de Outubro, 387-417 - Parque Fazenda Grande, Campos dos Goytacazes - RJ, 28035-166, Brasil.	153 km
73	PADARIA PAO QUENTE 2	Av. São Fidélis, 345 - Parque Alberto Torres, Campos dos Goytacazes - RJ, 28051-277, Brasil.	148 km
9	PADARIA ROMILDO	R. Thieres Gomes Azevedo, 48-82 - Campos dos Goytacazes - RJ, Brasil.	163 km
77	PADARIA SABOR DE MEL	R. Dep. Néelson Martins, 64-109 - Parque Salo Brand, Campos dos Goytacazes - RJ, 28013-692, Brasil.	152 km
14	PADARIA SABORES DA MASSA	R. Visc. Itaboraí, 352-391 - Parque Rosário, Campos dos Goytacazes - RJ, 28027-142, Brasil.	152 km
21	PADARIA TRIGO DE OURO	R. Geraldino Soares Souza, 2-46 - Campos dos Goytacazes - RJ, 28020-680, Brasil.	154 km

74	PANIFICACAO PECUARIA	Av. Pres. Vargas, 53 - Parque Pecuária, Campos dos Goytacazes - RJ, 28053-100, Brasil.	142 km
104	PANIFICACAO SARAIVA	R. Mariano Barreto, 8-74 - Campos dos Goytacazes - RJ, Brasil.	163 km
105	PANIFICADORA SAO JORGE	R. Júlio Botelho, 2-6 - Campos dos Goytacazes - RJ, Brasil.	162 km
76	PET SHOPPING RACAO.COM	R. Dr. Beda, 520-540 - Parque Aurora, Campos dos Goytacazes - RJ, 28026-592, Brasil.	153 km
62	PIZZA ETC	R. São Lino, 226-262 - Parque São Lino, Campos dos Goytacazes - RJ, 28026-090, Brasil.	154 km
81	POINT DO LANCHE	R. Op. João Barros, 21-51 - Parque Prazeres, Campos dos Goytacazes - RJ, 28080-095, Brasil.	151 km
24	POSTO ALGARVE	BR-101, 2-1130 - Campos dos Goytacazes - RJ, Brasil.	150 km
114	POSTO MANTO VERDE	BR-101, 2-1130 - Campos dos Goytacazes - RJ, Brasil.	150 km
52	PRA QUE NOME	R. Bruno Azevedo, 2-48 - Jardim Maria de Queiroz, Campos dos Goytacazes - RJ, Brasil.	149 km
16	RACAO.COM	R. Dr. Beda, 520-540 - Parque Aurora, Campos dos Goytacazes - RJ, 28026-592, Brasil.	153 km
98	RECANTO DA CRIS	Av. Dep. Alair Ferreira, 50-147 - Campos dos Goytacazes - RJ, 28024-600, Brasil.	163 km
69	RENATO RIOS	R. Lions Clube, 50-124 - Parque São Caetano, Campos dos Goytacazes - RJ, 28030-385, Brasil.	149 km
3	RESTAURANTE ALFAVILE	R. Márcio da Paixão, 116-314 - Parque Fazenda Grande, Campos dos Goytacazes - RJ, Brasil.	154 km
107	RESTAURANTE ARCO IRIS	BR-101, 2-1130 - Campos dos Goytacazes - RJ, Brasil.	150 km
50	RESTAURANTE BOM GOSTO	Av. Quinze de Novembro, 11-1101 - Centro, Campos dos Goytacazes - RJ, Brasil.	149 km
91	RESTAURANTE CHALE 153	Av. Pres. Vargas, 153-175 - Parque Pecuária, Campos dos Goytacazes - RJ, 28053-100, Brasil.	149 km
115	RESTAURANTE COMA BEM	R. Antônio Manoel, 182-220 - Parque Fazenda Grande, Campos dos Goytacazes - RJ, 28024-102, Brasil.	153 km
113	RESTAURANTE GAROTOS DO SUL III	BR-101, 45 - Campos dos Goytacazes - RJ, Brasil.	150 km

2	RESTAURANTE GOMES E FELIX	R. Ricardo Quitete, 210 - Parque Vista Alegre, Campos dos Goytacazes - RJ, 28020-155, Brasil.	156 km
109	RESTAURANTE LOTT	Av. Profa. Carmem Carneiro, 154-1542 - Parque Bonsucesso, Campos dos Goytacazes - RJ, 28085-710, Brasil.	150 km
65	RESTAURANTE QUENTINHA DA ELIANE	Av. Ns. do Carmo, 59-390 - Parque São Benedito, Campos dos Goytacazes - RJ, 28024-167, Brasil.	154 km
56	SILVANA LANCHES	R. Edgard Monteiro, 297 - Campos dos Goytacazes - RJ, 28090-100, Brasil.	152 km
46	SORVETERIA CAMPOS	R. Ten. Cel. Cardoso, 130 - Chácara João Ferreira, Campos dos Goytacazes - RJ, 28013-461, Brasil.	150 km
47	SORVETERIA TADEU	Av. Dr. Alberto Torres, 39-523 - Parque Ns. do Rosário, Campos dos Goytacazes - RJ, Brasil.	148 km
80	SUCO SABOR DA FRUTA	R. Dr. Raul Abbot Escobar, 206 - Parque Turf Club, Campos dos Goytacazes - RJ, Brasil.	151 km
96	SUPERMERCADO ROMAO	R. Expedicionário Inácio Gomes, 1-24 - Parque Pres. Vargas, Campos dos Goytacazes - RJ, 28083-460, Brasil.	150 km
17	TABERNACULO E LANCH.E PIZZARIA	R. Prudêncio Bessa, 169 - Parque Aurora, Campos dos Goytacazes - RJ, 28026-100, Brasil	152 km
88	TEM TUDO LANCHONETE	R. Gumercindo de Freitas, 26 - Parque Pres. Juscelino, Campos dos Goytacazes - RJ, Brasil	150 km
93	TEMPERO DA MAMAE	Av. Pres. Vargas, 19-207 - Parque Pecuária, Campos dos Goytacazes - RJ, 28055-293, Brasil	149 km
42	THE GAMES - CAMPOS	Praça São Salvador, 2-64 - Centro, Campos dos Goytacazes - RJ, 28010-000, Brasil	149 km
4	TOP & VIDEO LOCADORA	R. João Manoel de Abreu, 96-130 - Campos dos Goytacazes - RJ, Brasil	156 km