



**RAFAEL LINO DOS SANTOS**

**DETERMINAÇÃO DE ROTAS PARA VEÍCULOS DE SERVIÇOS DE  
ENTREGA DE CORRESPONDÊNCIAS NO MUNICÍPIO DE  
INCONFIDENTES/MG**

**INCONFIDENTES-MG  
2017**

**RAFAEL LINO DOS SANTOS**

**DETERMINAÇÃO DE ROTAS PARA VEÍCULOS DE SERVIÇOS DE  
ENTREGA DE CORRESPONDÊNCIAS NO MUNICÍPIO DE  
INCONFIDENTES/MG**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado como pré-requisito de conclusão do curso  
de Graduação em Engenharia de Agrimensura e  
Cartográfica no Instituto Federal de Educação, Ciência  
e Tecnologia do Sul de Minas Gerais - *Campus*  
Inconfidentes, para obtenção do título de Bacharel em  
Engenharia de Agrimensura e Cartográfica.

Orientador: Dr. Angelo Marcos Santos Oliveira

Coorientador: M.e Luciano Aparecido Barbosa

**INCONFIDENTES-MG  
2017**

**RAFAEL LINO DOS SANTOS**

**DETERMINAÇÃO DE ROTAS PARA VEÍCULOS DE SERVIÇOS DE  
ENTREGA DE CORRESPONDÊNCIAS NO MUNICÍPIO DE  
INCONFIDENTES/MG**

**Data de aprovação: 24 de Abril 2017**

---

**Orientador: Prof. Dr. Angelo Marcos Santos Oliveira  
IFSULDEMINAS - *Campus* Inconfidentes**

---

**Coorientador: Prof. M.e Luciano Aparecido Barbosa  
IFSULDEMINAS - *Campus* Inconfidentes**

---

**Prof. M.e Paulo Augusto Ferreira Borges  
IFSULDEMINAS - *Campus* Inconfidentes**

## AGRADECIMENTOS

*“Por isso não tema, pois estou com você; não tenha medo, pois sou o seu Deus. Eu o fortalecerei e o ajudarei; eu o segurarei com a minha mão direita vitoriosa”* (Isaías 41:10). Início meus agradecimentos a Ele, meu senhor Deus, que sempre esteve comigo e me amparou naqueles momentos que pareciam impossíveis me fazendo acreditar que o dia da vitória chegaria, e eis que aqui estou.

Ao meu Pai José, e a minha Mãe Josefa que me deram o dom da vida e que me fizeram o ser humano que hoje sou, minha base, a eles que sempre estiveram ao meu lado me ensinando a aprender com cada erro e a levantar a cada tombo de cabeça erguida, obrigado. Agradeço também, a cada membro da minha família por me apoiarem, vocês são meu alicerce, sem vocês nada disso seria possível.

Ao professor e Orientador Angelo Marcos Santos Oliveira por abraçar minha ideia de realização deste projeto de conclusão de curso, e acreditar que isso seria possível. Lembro como se ainda fosse hoje, quando em 2008 - primeira vez que coloquei meus pés nesta Instituição - você me apresentou ao setor de Agrimensura, e quando em 2011 me apoiou a continuar meus estudos. Obrigado por acreditar em mim desde o início. A todos os demais professores do IFSULDEMINAS - *Campus* Inconfidentes pelo conhecimento compartilhado, ensinamentos, apoio e atenção durante esta jornada. Agradeço também aos demais funcionários desta instituição que fizeram parte da minha vida acadêmica direta e indiretamente. Tenham certeza que devo a vocês o grande profissional que estou prestes a me tornar.

E por fim aos meus amigos e colegas que se tornaram uma segunda família. Sem eles essa jornada não teria sido a mesma, eu não seria quem eu sou e nem ao menos chegaria onde cheguei. Foram tantas vivências, conhecimentos, alegrias e tristezas durante esta jornada, esses momentos jamais serão esquecidos, meus amigos. Agradeço também aos amigos que conquistei durante minha estadia no Canadá, vocês também fizeram parte disso tudo, e compartilharam comigo os melhores momentos da minha vida. Enfim, agradecimentos em especial a Turma EAC 2011, a pioneira do curso de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica.

*"Que os vossos esforços desafiem as impossibilidades, lembrai-vos de que as grandes coisas do homem foram conquistadas do que parecia impossível. "*

**Charles Chaplin**

## RESUMO

A roteirização ligada a um Sistema de Informações Geográficas tem se mostrado como uma grande ferramenta de suporte aos serviços de logística de transporte. Neste contexto, este trabalho apresenta como principal objetivo a elaboração de rotas para veículos de serviços de entrega de correspondências no município de Inconfidentes/MG. O principal critério foi a construção de rotas baseada na menor distância e tempo que um veículo pode assumir ao percorrer um determinado trajeto. As etapas desenvolvidas incluem: criação de *centerlines* a fim de representar a rede viária do município, criação de um banco de dados correspondente aos endereços, e por fim a simulação de rotas para entregas de correspondências. A execução do cálculo da rota ideal pelo *software* ArcGIS na extensão *Network Analyst* possibilita a exibição da rota, bem como um relatório de direções disponibilizado ao usuário. A simulação de rotas mostrou-se efetiva na otimização de distância e tempo respeitando as restrições preestabelecidas referentes ao sentido das vias do município.

**Palavras-chave:** Logística; Roteirização; *Centerlines*; Banco de Dados.

## **ABSTRACT**

The routing related to a Geographic Information System has been proved to be a great support tool to the transportation logistics services. Thus, this work aims to create routes for the mail delivery vehicles in the city of Inconfidentes/MG. The main criteria was the construction of routes based on the shortest distance and time that a vehicle can take when traveling a certain route. The steps developed include: the creation of centerlines in order to represent the city's road network, creation of a database corresponding to the addresses, and finally the simulation of routes for deliveries. Performing the optimal route calculation by ArcGIS software through the Network Analyst enables the route display as well as a direction report made available to the user. The simulation of routes has proved to be effective in the optimization of distance and time considering the pre-established restrictions regarding the city's roads direction.

**Keywords:** Logistics; Routing; Centerlines; Database.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1</b> - Processo Logístico dos Correios.....	7
<b>Figura 2</b> - Distribuição regional de Código Endereçamento Postal..	10
<b>Figura 3</b> - Lógica do Código de Endereçamento Postal.....	10
<b>Figura 4</b> - Representação do Problema de Roteirização de Veículos.....	14
<b>Figura 5</b> - Esquematização de um SIG.....	23
<b>Figura 6</b> - Integração de aspectos tecnológicos de um SIG. ....	24
<b>Figura 7</b> - Localização geográfica do município de Inconfidentes/MG.....	30
<b>Figura 8</b> - Distribuição de habitantes no município de Inconfidentes.....	31
<b>Figura 9</b> - Ferramenta “Collapse Dual Lines To Centerline”.....	34
<b>Figura 10</b> - Linhas de centro.....	35
<b>Figura 11</b> - Linhas de centro e planta cadastral.....	36
<b>Figura 12</b> - Conjunto de pontos criado para representação de endereços residenciais e comerciais .....	38
<b>Figura 13</b> - Estruturação do banco de dados. ....	39
<b>Figura 14</b> - Resumo da configuração estabelecida na criação do Network Dataset.....	42
<b>Figura 15</b> - Endereços escolhidos para simulação de rotas do caso 1.....	45
<b>Figura 16</b> - Representação da rota de menor percurso - Caso 1.....	46
<b>Figura 17</b> - Quadro de direções apresentado pelo programa - Caso 1.....	47
<b>Figura 18</b> - Representação da rota de menor percurso - Caso 2.....	49
<b>Figura 19</b> - Quadro de direções apresentado pelo programa - Caso 2.....	50



## LISTA DE SIGLAS

<b>AGC</b>	Administração Geral dos Correios
<b>BDG</b>	Banco de Dados Geográficos
<b>CDD</b>	Centro de Distribuição Domiciliar
<b>CEE</b>	Centro de Entrega de Encomendas
<b>CEP</b>	Código de Endereçamento Postal
<b>CGIS</b>	<i>Canada Geographic Information Systems</i>
<b>CLI</b>	<i>Canada Land Inventory</i>
<b>CTB</b>	Código de Trânsito Brasileiro
<b>DCT</b>	Departamento de Correios e Telegráfos
<b>ECT</b>	Empresa Brasileira de Correios e Telegráfos
<b>GNSS</b>	<i>Global Navigation Satellite System</i>
<b>IBGE</b>	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
<b>NGS</b>	<i>National Geographic Society</i>
<b>PCV</b>	Problema do Caixeiro-Viajante
<b>PRV</b>	Problema de Roteirização de Veículos
<b>SADE</b>	Sistema de Apoio à Decisão Espacial
<b>SGBD</b>	Sistemas Gerenciadores de Banco de Dados
<b>SIG</b>	Sistema de Informações Geográficas
<b>UTM</b>	Universal Transversa de Mercator

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	2
2. OBJETIVOS.....	4
2.1. OBJETIVO GERAL .....	4
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	4
3. REVISÃO DE LITERATURA .....	5
3.1 LOGÍSTICA DE ENTREGA DE CORRESPONDÊNCIAS .....	5
3.1.1. Logística e Transporte.....	5
3.1.2. A empresa Correios.....	6
3.1.3. Endereçamentos no Brasil.....	8
3.1.4. Código de Endereçamento Postal.....	8
3.2 ROTEIRIZAÇÃO.....	11
3.2.1. Problemas de Roteirização.....	13
3.2.1.1. Problemas de roteirização pura de veículos.....	15
3.2.1.2. Problemas de programação de veículos e tripulações .....	16
3.2.1.3. Problemas combinados de roteirização e programação de veículos.....	17
3.2.2. SIG aplicado aos sistemas de roteirização de veículos .....	18
3.2.3. Caracterização de alguns sistemas de roteirização.....	19
3.3. SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS .....	21
3.3.1. Definições e Características .....	21
3.3.2. SIG e Banco de Dados .....	23
3.3.3. Aplicações dos Sistemas de Informações Geográficas .....	25
4. MATERIAIS E MÉTODOS .....	28
4.1 ÁREA DE ESTUDO .....	29

4.2	CARACTERIZAÇÃO DA AGÊNCIA CORREIOS NO MUNICÍPIO DE INCONFIDENTES/MG. ....	31
4.3	PROCESSAMENTO DA PLANTA CADASTRAL .....	32
4.3.1.	Georreferenciamento.....	32
4.3.2.	Criação das Linhas de Centro.....	33
4.3.3.	Elaboração do Banco de Dados.....	37
4.3	DETERMINAÇÃO DA MELHOR ROTA .....	40
5.	RESULTADOS.....	44
5.1	ESTUDO DO CASO 1 .....	44
5.2	ESTUDO DO CASO 2 .....	48
6.	CONCLUSÕES.....	51
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	53

## **1. INTRODUÇÃO**

Transformações sociais, políticas e econômicas causadas pelo intenso processo de globalização ao longo do século XX foram responsáveis por uma intensa evolução nos sistemas de comunicação e transporte que permitiram a criação de uma rede de informações e serviços interligando os quatro cantos do globo. A globalização promoveu uma maior integração e gerou um aumento de fluxos de materiais e mercadorias ao longo do território brasileiro.

Diante deste cenário a Empresa Brasileira de Correios e Telégrafos (ECT), que atualmente adota a marca “*Correios*”, surgiu como um instrumento que possibilita a circulação de informações e de mercadorias. A empresa Correios apresenta-se como uma empresa pública vinculada ao Ministério das Comunicações cuja função principal é a prestação dos serviços postais e de telegramas, sendo atualmente o maior operador do segmento de encomendas no Brasil. O seu sucesso está diretamente ligado à forma com que a prestação de seus serviços atende às necessidades dos seus clientes e usuários, possibilitando que um produto seja entregue ao seu destinatário de forma ágil, eficaz e satisfatória.

Para que isso seja possível, a empresa Correios conta com sistema de logística de entrega visando minimizar os custos de movimentação de encomendas. Ribeiro, Ruiz e Dexheimer (1999) definem logística como uma forma de planejar, organizar e manter o controle de operações relacionadas ao fluxo de mercadorias, desde a aquisição de matéria prima até o consumidor final, com o propósito de maximizar a produtividade. Assim, a otimização de rotas surge como uma estratégia de distribuição de correspondências, consistindo em realizar o transporte de cargas até seus destinatários que se encontram localizados em pontos geograficamente dispersos sobre determinada região.

Neste contexto, o termo roteirização surge como uma ferramenta para otimização de rotas de veículos. A roteirização consiste em determinar roteiros de entregas que devem ser percorridos por um determinado veículo, com o objetivo de realizar entregas à um conjunto de localidades geograficamente dispersas e distintas. A definição de uma melhor rota conta, no entanto, com o Problema de Roteirização de Veículos (PRV) que consiste em determinar os melhores roteiros de entrega, promovendo um melhor nível de serviço com menor tempo e custo operacional (BALLOU, 2001).

Assim, os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) são apontados como uma forma de solucionar o tradicional problema de roteirização de veículos. Burrough (1986) define um SIG como um conjunto de ferramentas capazes de coletar, armazenar, recuperar, transformar e visualizar dados espaciais do mundo real com um determinado propósito. A utilização dos SIGs no planejamento de transportes pode ser aplicada em diversas atividades como planejamento de rotas, elaboração de projeto geométrico de uma rodovia, fiscalização viária, dentre outras (FERREIRA; FARIA, 2012).

De posse dessas informações foi realizado um estudo de caso no Município de Inconfidentes/MG visando a determinação da melhor rota para veículos de serviços de entrega de correspondências tomando como base a empresa Correios que atualmente dentro do município não apresenta um sistema de entrega de correspondências ligado a um SIG, sendo estas entregas realizadas de forma aleatória. Além disso, a agência não possui nenhum sistema de entrega para otimização dos serviços operacionais, bem como não apresenta um banco de dados cadastral de endereços residenciais e comerciais. Sendo assim este trabalho busca traçar simulações de entrega

de correspondências por meio de roteirização de veículos visando a otimização de tempo e distância para validação do método proposto.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. OBJETIVO GERAL**

O presente trabalho apresenta como objetivo elaborar rotas para veículos de serviços de entrega de correspondências no município de Inconfidentes/MG.

### **2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Criar uma rede correspondente ao sistema viário do perímetro urbano do município de Inconfidentes/MG;
- Associar as informações de endereços ao sistema viário do perímetro urbano do município de Inconfidentes/MG;
- Simular rotas de entrega de correspondências no município de Inconfidentes/MG com vista à otimização de tempo e distância.

### **3. REVISÃO DE LITERATURA**

#### **3.1 LOGÍSTICA DE ENTREGA DE CORRESPONDÊNCIAS**

##### **3.1.1. Logística e Transporte**

A logística pode ser definida como uma forma de planejar, organizar e manter o controle de operações relacionadas ao fluxo de mercadorias, desde a aquisição de matéria prima até o consumidor final, com o propósito de maximizar a produtividade. Assim, suas atividades principais envolvem o transporte, gestão de estoques, processamento de pedidos, compras, armazenagem, manuseio de materiais, embalagem e programação da produção (RIBEIRO; RUIZ; DEXHEIMER, 1999).

Segundo Silva Junior (2009) a logística é o principal elemento do gerenciamento de cadeia de abastecimento de uma rede, e isso se deve a necessidade de minimizar tempo juntamente à redução de custos operacionais.

De acordo com Ballou (1993 *apud* Ribeiro, Ruize e Dexheimer, 1999) o sucesso de uma empresa não está apenas atrelado aos avanços tecnológicos, mas principalmente ao transporte, tanto de matéria-prima quanto de produtos acabados.



A gerência do Transporte ou Distribuição Física vincula o aumento de níveis de venda e conquista de mercado de uma empresa à entrega do produto final ao cliente no lugar acertado sem danos e no momento e quantidade acertada, garantindo um serviço de qualidade em menos tempo. Em função deste fato, a otimização de rotas de um sistema de distribuição física pode ser apontada como estratégia fundamental para uma empresa, consistindo em transportar a carga desde o produtor até o consumidor final, respeitando os horários de entrega, que se encontram localizados em pontos geograficamente dispersos sobre determinada região (RIBEIRO; RUIZ; DEXHEIMER, 1999).

Conforme Ballou (2006 *apud* Barradas, 2012) o principal conceito de logística a partir do qual outras definições surgiram é “*colocar o produto certo, na hora certa, no local certo e ao menor custo possível*”. Para que isso seja possível os roteiros traçados para entrega de mercadorias devem ser feitos de acordo com as demandas dos pedidos seguindo uma sequência pré-estabelecida (NEVES *et al.*, 2015).

### 3.1.2. A empresa Correios

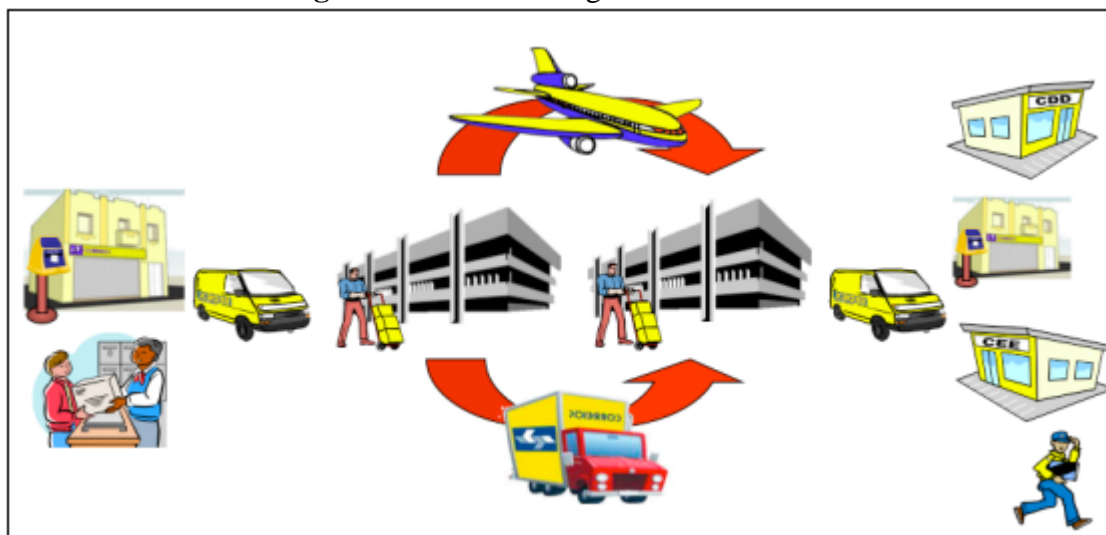
Por meio dos seus serviços postais a empresa Correios vem se constituindo historicamente como um instrumento de comunicação entre os estados, dos mais próximos aos mais longínquos lugares. A empresa Correios passou por um processo marcado por sua evolução desde o período da Administração Geral dos Correios (AGC) no ano de 1798, passando pelo Departamento de Correios e Telegráfos (DCT) no ano de 1931, até os dias atuais como a Empresa Brasileira de Correios e Telegráfos (ECT), sendo o setor dos Correios responsável pelos serviços postais. Para que esses serviços sejam possíveis faz-se necessário vincular meios de transportes, com o objetivo de minimizar as distâncias e seus custos (OLEGÁRIO, 2015).

De acordo com Lamin (2005) os processos operacionais dos Correios, de uma forma geral, estão divididos em: atendimento, triagem, transporte e encaminhamento e distribuição. O sistema de transporte é composto por uma rede aérea e outra de superfície, e tem como principal função realizar a distribuição de carga entre as unidades de atendimento, tratamento e distribuição,

além de ser responsável pelo processo de entrega e coleta de mercadorias nos endereços de seus clientes.

O processo operacional dos correios envolvendo atendimento, triagem, transporte e encaminhamento e distribuição encontra-se simplificado na figura 1 abaixo.

**Figura 1** - Processo Logístico dos Correios.



**Fonte:** Cesar (2014).

A principal função dos Correios, como prestadora de serviços de entregas, é realizar a distribuição de objetos aos destinatários, tais como correspondências, encomendas, folhetos de propaganda, entre outros (COSTA *et. al.*, 2001).

Atualmente a distribuição dos Correios é composta por Agências subdividas em duas categorias: Centro de Distribuição Domiciliar (CDDs) responsáveis pela entrega de Cartas, Impressos, Telegramas e Sedex; e Centro de Entrega de Encomendas (CEEs) responsáveis pela entrega de encomendas, malotes, Sedex e Sedex10, fazendo uso de veículos leves e motocicletas (LAMIN, 2005).

Para Seben, Ghisleni e Saurin (2011) no mercado de serviços postais prestado pela empresa Correios, a entrega de serviços aos clientes de modo ágil e confiável é peça fundamental

para o sucesso do negócio. Este sucesso pode ser conquistado através da entrega de um produto ao destinatário final, no menor prazo possível e com custos satisfatórios.

### 3.1.3. Endereçamentos no Brasil

Segundo Faria (2011) “*o endereço compõe o conjunto de dados que representa uma cidade. É um dado que permite a localização de pessoas, edificações, lotes, empreendimentos e pode contribuir para planejamento e gestão do território*”. A representação cartográfica de uma cidade depende de um conjunto de dados básicos constituídos de alguns elementos como quadras, logradouros e lotes. Um endereço é formado a partir do conjunto desses elementos associados a dados cadastrais. O conjunto de dados que formam um endereço possibilitam a localização de pessoas, edificações, lotes, entre outros, e se classificam em dois grupos de dados: o código de logradouro (código que identifica cada rua) e número de endereço (número atribuído ao endereço em ordem sequencial numa rua).

De acordo com Martins, Davis Junior e Fonseca (2012) o endereço urbano apresenta-se como uma forma de expressão de localização geográfica em cidades. Um conjunto de endereços podem ser atribuídos por sistemas de informação contando com uma referência espacial indireta. Esses endereços são compostos por elementos que os identificam como tipo do logradouro (rua, avenida etc.), nome do logradouro, número da edificação, bairro ou região, cidade, estado, país, código postal etc. O uso de endereços na entrega de correspondências e localização de pontos é um processo comum presente na rotina diária dos centros urbanos.

### 3.1.4. Código de Endereçamento Postal

O Código de Endereçamento Postal (CEP) é formado por um conjunto de oito números cuja principal função é codificar os endereços geográficos residenciais e comerciais. O CEP é elaborado de forma a atender o sistema decimal sendo composto por Região, Sub-região, Setor, Subsetor, Divisor de Subsetor e Identificação de Distribuição. A definição da codificação postal no Brasil foi estabelecida de acordo com 10 (dez) regiões postais (Figura 2) definidas conforme o seu

desenvolvimento socioeconômico e fatores de crescimento demográfico. A distribuição do CEP foi feita no sentido anti-horário a partir do estado de São Paulo, pelo primeiro algarismo (LAMIN, 2005).

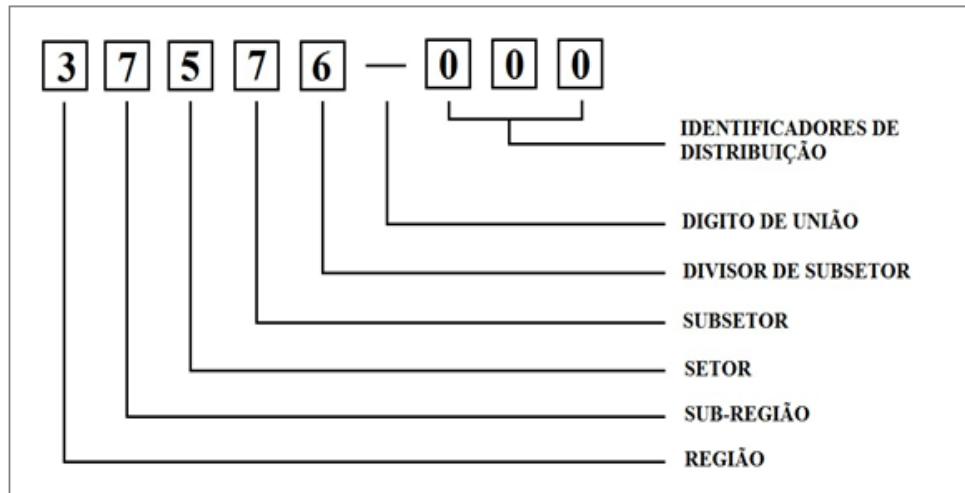
**Figura 2 - Distribuição regional de Código Endereçamento Postal.**



**Fonte:** Correios (2017).

A figura 3 a seguir apresenta uma esquematização indicando o significado de cada algarismo do Código de Endereçamento Postal de Inconfidentes/MG.

**Figura 3 - Lógica do Código de Endereçamento Postal.**



**Fonte:** Autoria própria.

O CEP foi projetado inicialmente com a função de acelerar e minimizar o custo de entrega de correspondências. Contudo, com o passar dos anos os códigos de endereçamento assumiram uma função muito mais ampla de descrição do espaço geográfico. Os seus usuários passaram então a trabalhar com os CEPs, armazenando-os em banco de dados, e os utilizando para descrever determinadas localizações (ARANHA, 1997).

Segundo Faria (2011) os dados de endereçamento constituem informações fundamentais para a localização de pessoas e endereços geográficos, possibilitando o acesso a diversos serviços de infraestrutura tornando-os uma peça de grande relevância ao planejamento e gestão das cidades. São dados que devem ser constantemente atualizados uma vez que acompanham a dinâmica das cidades que sofrem constante transformações com novas obras, desapropriações, desmembramentos, entre outros. Os dados de endereçamento podem assim serem organizados em um Banco de Dados Geográficos (BDG) possibilitando uma visão do conjunto de informações, facilitando a integração entre elas.

O endereçamento correto proporciona rapidez, economia e segurança no envio e entrega de mercadorias. Para que isso seja possível a empresa Correios apresenta alguns elementos básicos que compõem o endereçamento adequado, começando pela forma de tratamento de cortesia, seguindo-se pelos elementos, na seguinte ordem (CORREIOS, 2017):

- Nome do Destinatário;

- Tipo do Logradouro + Nome do Logradouro + Número do Lote + Complemento (se houver);
- Nome do Bairro;
- Nome da Localidade + Sigla da Unidade da Federação;
- CEP.

### 3.2 ROTEIRIZAÇÃO

Embora não encontrado nos dicionários de língua portuguesa o termo *roteirização de veículos*, pode assumir a forma correspondente ao termo em inglês “*routing*” que corresponde ao processo de determinação de uma rota ou sequência de rotas que um veículo deve cumprir em um determinado trecho (CUNHA, 2000).

De acordo com Cunha (1997) o termo “*roteamento de veículos*” também pode ser utilizado por alguns autores.

Segundo Rago (2002) a roteirização de veículos pode ser considerada um processo de programação e planejamento de distribuição de cargas em rotas ou roteiros de entrega a fim de obter melhores resultados através da minimização de custos operacionais, bem como o cumprimento dos prazos de entrega. A definição da melhor rota de distribuição de mercadorias pode ser atribuída em função de uma carga atrelada à um CEP, ou rota dinâmica, onde é sugerida a melhor rota de entrega. Para estes casos uma série de análise pode ser feita incluindo informações sobre a mercadoria, capacidade do veículo, ruas e locais de entrega.

Ao longo dos anos problemas envolvendo roteamento de veículos têm sido identificados. Laporte e Osman (1995) em sua obra “*Routing Problems: A Bibliography*” identificaram cerca de 500 referências para quatro clássicos problemas de roteamento de veículos: *The Traveling Salesman Problem*, *The Vehicle Routing Problem*, *The Chinese Postman Problem*, e *The Rural Postman Problem*. Segundo Keenan (2008), diversas variações do problema existem e os casos citados acima foram considerados utilizando uma ampla gama de técnicas matemáticas.

De acordo com Bodin (1990) os sistemas para roteirização e programação de veículos em ambientes computacionais foram a maior mudança ocorrida na resolução de problemas de transportes. Um dos primeiros métodos utilizados pelos sistemas de roteirização eram executados utilizando os chamados *mainframes*. Os resultados embora satisfatórios, nem sempre eram obtidos imediatamente, uma vez que os processos exigiam um longo tempo para o processamento dos dados. Além disso, os sistemas utilizados antigamente não apresentavam grandes recursos interativos e gráficos, além de serem lentos e limitados. Embora alguns sistemas apresentassem razoáveis recursos gráficos, outros não apresentavam qualquer recurso virtual.

A partir dos anos 80 os sistemas auxiliados por computadores para roteirização de veículos foram ganhando espaço no mercado, uma vez que forneciam aos seus usuários uma solução mais rápida, apresentando menor tempo e diferentes alternativas de rotas (MELO; FERREIRA FILHO, 2001).

O quadro 1 apresenta as principais características de alguns dos principais sistemas auxiliados por computadores utilizado na época.

**Quadro 01:** Principais características de *softwares* de roteamento disponíveis no mercado na década de 1980.

<i>Software</i>	Janelas de tempo	Coleta de retorno <i>Backhaul</i>	Múltip. Rotas para veículos	Roteiro	Distância e tempos de viagem	Mudança manual de soluções	Recurso Gráfico
DSS	Rígidas	Sim	Sim	Sim	Coordenadas	Não	Não
<i>EZ-ROUTER</i>	Rígidas	Sim	Sim	Sim	Rede ou Coord.	Sim	Não
<i>FLEET-ROUTER</i>	Não	Não	Sim	Não	Coord. /Velocidade. /Barreiras	Sim	Sim
<i>MICRO VEH PLAN</i>	Rígidas	Sim	Sim	Sim	Coordenadas	Sim	Não
<i>PARAGON</i>	Rígidas	Sim	Sim	Sim	Rede ou Coord.	Não	Não
<i>ROADNET</i>	Flexível	Não	Sim	Não	Rede ou Coord.	Sim	Sim
<i>ROUTEASSIST</i>	Rígidas	Sim	Sim	Não	Coordenadas	Sim	Sim
<i>ROUTER</i>	Não	Não	Sim	Sim	Coordenadas	Não	Não
<i>TRUCKSTOPS</i>	Rígidas	Sim	Sim	Sim	Coord. /Velocidade. /Barreiras	Sim	Não

**Fonte:** GOLDEN e BODIN (1986 *apud* MELO; FERREIRA FILHO, 2001).

(Adaptado)

Melo e Ferreira Filho (2001) ainda destacam o fato de que foi a partir da década de 1990 com o avanço tecnológico, em termos computacionais atrelado ao aumento do número de pesquisas na área de pesquisa operacional, que proporcionaram melhores soluções ao chamado *Vehicle Routing Problem* (VRP).

### 3.2.1. Problemas de Roteirização

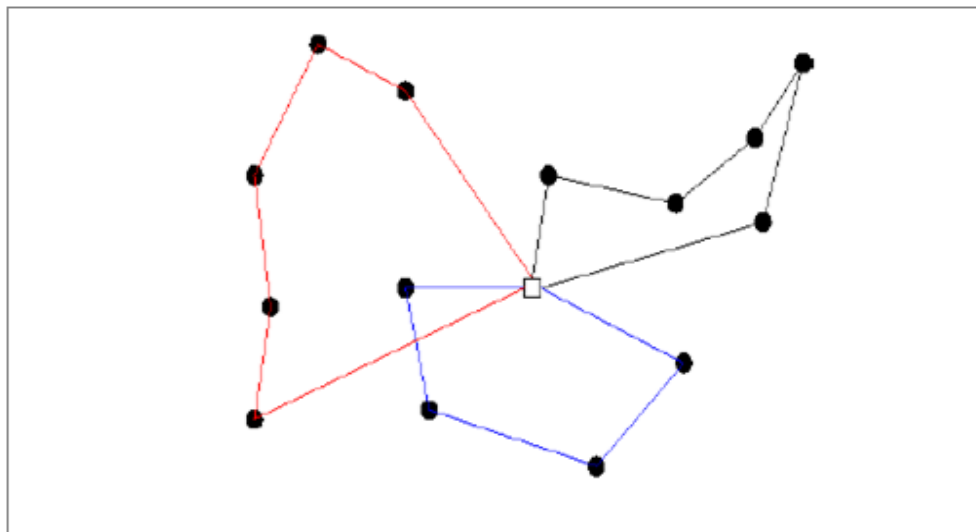
Dantzig e Ramser (1959) definem *Vehicle Routing Problem* como sendo “o problema de calcular serviços de distribuição a um custo mínimo, apoiado na área matemática de otimização combinatória.”



De acordo com Delgado (2011) o Problema de Roteirização de Veículos (PRV) pode ser considerado uma extensão do chamado Problema do Caixeiro-Viajante (PCV), sendo normalmente estudados em conjunto. O PCV pode ser definido como um problema que caixeiros-viajantes encaram no dia-a-dia ao buscar uma maneira mais eficiente de realizar sua tarefa de entrega de encomendas, e consiste em calcular a menor rota de forma a visitar todos os locais, passando apenas uma vez em cada um deles. Mais complicado, o PRV consiste em calcular uma rota mais eficaz para que uma frota, ou seja, vários veículos, distribua encomendas para vários clientes, voltando ao ponto de partida (DELGADO, 2011).

A figura 4 apresenta um esboço da funcionalidade do Problema de Roteirização de Veículos.

**Figura 4 - Representação do Problema de Roteirização de Veículos.**



**Fonte:** Delgado (2011).

Bodin *et al.* (1983) classificam os problemas de roteirização em três grupos principais:

- Problemas de roteirização pura de veículos;
- Problemas de programação de veículos e tripulações;
- Problemas combinados de roteirização e programação de veículos.

### 3.2.1.1. Problemas de roteirização pura de veículos

O problema de roteirização pura de veículos pode ser definido como um problema espacial cuja geração dos roteiros para coleta e/ou entrega são estabelecidos não considerando fatores temporais. Contudo a restrição de comprimento máximo da rota pode ser considerada para alguns casos. Este problema pode ser definido então como um conjunto de nós e/ou arcos que devem ser atendidos por uma frota de veículos. O problema de roteirização pura de veículos pode ser resolvido a partir da criação do traço de uma rota na qual cada veículo deve seguir, objetivando-se otimizar principalmente o custo do transporte (NARUO, 2003).

Segundo Naruo (2003), os principais problemas de roteirização pura de veículos são:

- ***Problema do caixeiro viajante:*** determinação de uma rota de mínimo custo que possibilite a passagem de veículos por todos os nós de uma rede exatamente uma vez. É um problema de cobertura de nós. Não há restrições de tempo, de capacidade etc.
- ***Problema do carteiro chinês:*** determinação de uma rota de percurso mínimo que possibilite a passagem de veículos ao longo de cada arco pelo menos uma vez. É um problema de cobertura de arcos. Serviços de endereçamento postal, coleta de lixo são serviços que se encaixam neste contexto.
- ***Problema de múltiplos caixeiros viajantes:*** possui a mesma funcionalidade do problema do caixeiro viajante, mas para este caso considera-se mais de um caixeiro viajante (veículos). Os  $n$  veículos na frota têm suas rotas iniciadas e terminadas em um único depósito comum a todos. Cada veículo deve visitar ao menos um nó.
- ***Problema de roteirização em nós com um único depósito:*** é conhecido como o clássico Problema de Roteirização de Veículos (PRV) no qual considera-se os fatores temporais ou capacidade dos veículos. Neste caso, a entrega é feita de forma a diminuir a distância total percorrida, onde cada ponto de parada é atendido apenas uma vez.

- **Problema de roteirização em nós com múltiplos depósitos:** pode ser aplicado do mesmo modo do problema anterior, onde as restrições em relação ao PRV também são aplicáveis para este problema.

### 3.2.1.2. Problemas de programação de veículos e tripulações

Os problemas de programação de veículos e de tripulações são problemas de roteirização que consideram restrições associadas aos horários em que as atividades devem ser executadas, onde há um tempo associado a cada tarefa a ser executada. Assim, os fatores temporais são considerados no tratamento do problema (NETO; LIMA, 2006).

Bodin *et. al.* (1983) dividem os problemas dessa ordem em dois grupos: Problemas de Programação de Veículos, e Problemas de Programação de Tripulações.

Segundo Pelizaro (2000) os Problemas de Programação de Veículos se classificam em:

- **Problema de programação de veículos com um único depósito:** consiste na divisão de uma rede em um conjunto de caminhos, de modo que o fator custo seja minimizado.
- **Problema de programação de veículos com restrições de comprimento de caminho:** implica em restrições de tempo máximo de viagem ou de distância máxima percorrida pelo veículo antes dele voltar para o depósito.
- **Problema de programação de veículos de vários tipos:** considera-se veículos com diferentes capacidades para realização das tarefas. É semelhante ao problema de programação de veículos com restrições de comprimento do caminho.
- **Problema de programação de veículos com múltiplos depósitos:** aplica-se em situações onde as tarefas podem ser realizadas por veículos a partir de mais de um depósito (local).

Para Naruo (2003) os Problemas de Programação de Tripulações apresentam as seguintes classificações:

- ***Problema de programação de pessoal em um local fixo:*** busca atender todas as necessidades de tarefas em todos os períodos de tempo.
- ***Problema de programação de veículos e tripulações no transporte público de massa:*** consiste em alocar os veículos de acordo com viagens programadas em linhas.
- ***Problema de programação de pessoal em turnos de revezamento:*** se caracteriza pela necessidade de revezamento no cumprimento das tarefas através de um rodízio de turno de pessoal.

### 3.2.1.3. Problemas combinados de roteirização e programação de veículos

Neto e Lima (2006) definem os problemas combinados de roteirização e programação de veículos como sendo aqueles onde há combinações entre aplicações com restrições de janelas de tempo (horário de atendimento) e de precedência de tarefas (a coleta deve preceder a entrega e ambas devem estar alocadas ao mesmo veículo).

Bodin *et al.* (1983) sugerem que problemas combinados de roteirização e programação de veículos podem ser aplicados na prática em algumas situações como:

- ***Problema de roteirização e programação de ônibus escolares para atendimento de um conjunto de escolas:*** apresenta como objetivo principal minimizar os custos de transportes para os municípios.
- ***Problema de definição de roteiros e programação de serviços de coleta de resíduos domiciliares e de varrição de ruas:*** apresenta como objetivo principal minimizar o número de frota buscando também minimizar o fator tempo.

- **Problema de roteirização em atacadistas:** Tem por objetivo principal minimizar o custo total de entrega de mercadorias aos clientes, respeitando as janelas de atendimento.

### 3.2.2. SIG aplicado aos sistemas de roteirização de veículos

Segundo Lima (2003) a partir da década de 80 grandes mudanças ocorreram no que se diz respeito à aplicação do SIG, onde se busca um melhor aproveitamento do potencial de análise do mesmo. O SIG passou então a ser considerado uma ferramenta fundamental caracterizando-se como um Sistema de Apoio à Decisão Espacial (SADE).

De acordo com Sutton e Wynman (2000) os SIGs têm se tornado uma ferramenta de fundamental importância na resolução de problemas de transportes, podendo ser empregados em: gestão de pavimentos de transporte coletivo, rodoviário e de carga, engenharia de tráfego, localização de facilidades e planejamento de transportes, entre outras aplicações.

Os SIGs apresentam uma grande influência na área de transportes uma vez que têm sido frequentemente utilizados em função da sua eficaz capacidade de armazenamento e administração de uma massiva quantidade de dados que envolvem o processo de planejamento de redes de transportes, associado à necessidade de deslocamento e mobilidade vivenciada pela sociedade atual. Além disso, os SIGs garantem uma eficiente interpretação e análise do funcionamento do transporte, uma vez que apresentam uma base de dados espaciais e possibilitam a combinação de diferentes elementos em uma mesma plataforma (FERREIRA; FARIA, 2012)

Para Thill (2000 *apud* Meneses, 2003) os SIGs apresentam diversas aplicações de modelagem de redes, sendo elas: gerenciamento de facilidade (ex.: semáforos, sinalização), roteamento em tempo real ou *off-line* (serviços de veículos de emergência e veículos de transporte de cargas), acompanhamento das condições de tráfego via *internet*, sistemas de navegação de veículos (ex.: computadores de bordo), métodos para identificação de incidentes viários e sistemas de gerenciamento e acompanhamento de congestionamento em tempo real.

Ainda de acordo com Ferreira e Faria (2012) a utilização dos SIGs no planejamento de transportes pode ser aplicada em diversas atividades como: estudos e planejamento de rotas alternativas, estudo da topografia do local para elaboração de projeto geométrico de uma rodovia, identificação de pedreiras próximas a trecho de rodovia em execução de obras, fiscalização viária, acompanhamento do dinamismo de uma rede viária registrando possíveis mudanças e alterações, dentre outras.

A utilização do SIG em alguns trabalhos relacionados ao problema abordado podem ser citados: Roteirização de veículos de uma rede atacadista com o auxílio de Sistemas de Informações Geográficas (NETO; LIMA, 2006); Planejamento do sistema de transportes de uma cidade de porte médio auxiliado por SIG-T (LEMES, 2004); Análise de uso de SIG no sistema de coleta de resíduos sólidos domiciliares em uma cidade de pequeno porte (LACERDA, 2003); *Modelling vehicle routing in GIS* (KEENAN, 2008); Aplicação de Sistema de Informações Geográficas na gestão da informação e no planejamento de sistema rodoviário (FERREIRA; FARIA, 2012); entre outros.

### 3.2.3. Caracterização de alguns sistemas de roteirização

O avanço tecnológico possibilitou a criação de uma série de sistemas de roteirização que hoje se encontram disponíveis no mercado. Uma breve caracterização de alguns desses produtos encontra-se descrita abaixo.

***Trucks***: produto nacional, o *software Trucks* é considerado um dos sistemas mais antigos no mercado, e o que possui maiores registros de utilização. A sua aplicação se dá a partir de mapas digitalizados, onde a malha viária pode ser desenhada para posterior identificação de endereços. O sistema possibilita definir rotas a partir de restrições como barreiras naturais ou artificiais (congestionamentos, obras, acidentes etc.) e definindo velocidades de tráfego nas ruas. O sistema indica as rotas levando em conta parâmetros como: horários de recebimento das mercadorias de cada veículo; taxas de descarga; velocidades médias por trecho e distância média entre pontos. O produto final, além de indicar a melhor rota, inclui o custo total da mesma (MELO; FERREIRA FILHO, 2001).

**Truckstops**: segundo Cunha (1997) esse sistema faz uso de um método de roteirização utilizando uma heurística do tipo vizinho mais próximo. O *software* Truckstops opera com três tipos de dados: informações de paradas (endereços, números de identificação, latitude e longitude); informações dos veículos (fatores de custo, origem e destino) e informações gerais. Outros dados que podem servir como arquivos de entrada são mapas, barreiras geográficas, dados de redes urbanas etc.

**TransCAD**: a ferramenta TransCAD possui diversas funções de visualização e análise de dados que possibilitam solucionar problemas de roteirização e logística envolvendo o planejamento de transporte de uma maneira mais efetiva do que outros produtos. O TransCad conta com objetos exclusivos para trabalhos envolvendo dados de transporte, tais como: redes de transporte e rotas e sistemas de rotas (LACERDA, 2003).

Para Santos (1999, *apud* Lacerda, 2003) o *software* TransCAD apresenta-se como uma ferramenta de grande eficiência no mercado de logística e roteirização apresentando um módulo que aborda problemas inerentes no planejamento de transporte, tais como: problemas de fluxo em rede; localização de instalações; agrupamento; roteirização em arcos e em nós.

**ROTAcerta**: *software* desenvolvido pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP) em 1993, possui grande aplicabilidade na área de roteamento e programação de veículos em áreas urbanas, impondo parâmetros e restrições que se encontram comumente no ambiente urbano. Entre diversas aplicações do *software* ROTAcerta destacam-se: entregas de mercadorias domiciliares, bebidas, cigarros, jornais etc.; coleta e distribuição para atacadistas; transporte de valores e muitos outros. Este sistema possibilita a determinação de melhores rotas de coleta e entrega de mercadorias buscando minimizar os custos totais de distribuição (MELO; FERREIRA FILHO, 2001).

**ESRI® ArcGIS Network Analyst™**: segundo o seu fabricante (ESRI, 2010) apresenta-se como uma solução completa para sistemas de roteamento complexo bem como problemas de programação. O ArcGIS na sua extensão *Network Analyst* possui ferramentas que ajudam a minimizar custos, maximizar produtividade e melhorar o atendimento ao cliente. Oferecendo uma rentabilidade significativa para frotas de todos os tamanhos, o ArcGIS apresenta um eficaz modo de gerenciamento de frotas em diversos tipos de organizações, incluindo alimentos

e bebidas, permitindo redução de custos e melhoria de serviços; operações relacionadas a saúde pública; serviços e fornecimentos médicos; serviços de inspeções de transporte público; sistemas de telecomunicações envolvendo companhias públicas ou privadas na redução de custos operacionais.

### 3.3. SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS

#### 3.3.1. Definições e Características

De acordo com Chrisman (1999) o termo Sistema de Informações Geográficas (SIG) surgiu para simbolizar novas tecnologias, indústrias e maneira de trabalhar. A expressão SIG apresenta uma variedade de origens e interpretações. Para muitos autores britânicos, SIG é escrito da seguinte maneira '*Geographical Information Systems*'. Contudo, Burrough (1986) reproduziu em sua publicação '*Principles of geographical information systems for land resources assessment*' o termo '*Geographic Information Systems*' de acordo com sua escrita original. Este termo foi utilizado pela primeira vez em 1962 no Canadá com a criação do sistema *Canada Geographic Information Systems* (CGIS).

Os SIGs foram desenvolvidos nos anos de 1960, primeiramente no setor público. Nos anos de 1970 e 1980, a indústria do SIG se desenvolveu de maneira significativa com uma grande influência americana. *Softwares*, dados e serviços de SIG movimentam cerca de \$2 bilhões de dólares a cada ano (FROST e SULLIVAN, 1995).

De acordo com Mahaxay, Brouwers e Manders (2012), a idealização dos Sistemas de Informações Geográficas nasceu no continente europeu. Entretanto, o primeiro SIG foi desenvolvido em Ottawa, Ontário no Canadá em 1962 pelo Departamento de Floresta e Desenvolvimento Rural. Este sistema recebeu a denominação de *Canada Geographic Information Systems*, e foi utilizado para armazenar, analisar e manipular dados coletados do *Canada Land Inventory* (CLI).

Segundo a *National Geographic Society* - NGS (2015), os Sistemas de Informações Geográficas correspondem a um sistema de computador para coleta, armazenamento, verificação



e exibição de dados relacionados com a superfície da Terra. Através de um sistema SIG diferentes tipos de dados podem ser processados e analisados em um mapa, permitindo que as pessoas vejam, analisem e entendam mais facilmente padrões e relacionamentos.

Um SIG pode ser definido como uma série de ferramentas responsáveis por coletar, armazenar, recuperar, transformar e visualizar dados espaciais do mundo real com um determinado propósito (BURROUGH, 1986).

Arnoff (1989) define SIG como um sistema de computador que fornece quatro conjuntos capazes de gerir dados georreferenciados: entrada de dados, gerenciamento de dados (armazenamento e recuperação de dados), manipulação e análise, e por fim saída de dados.

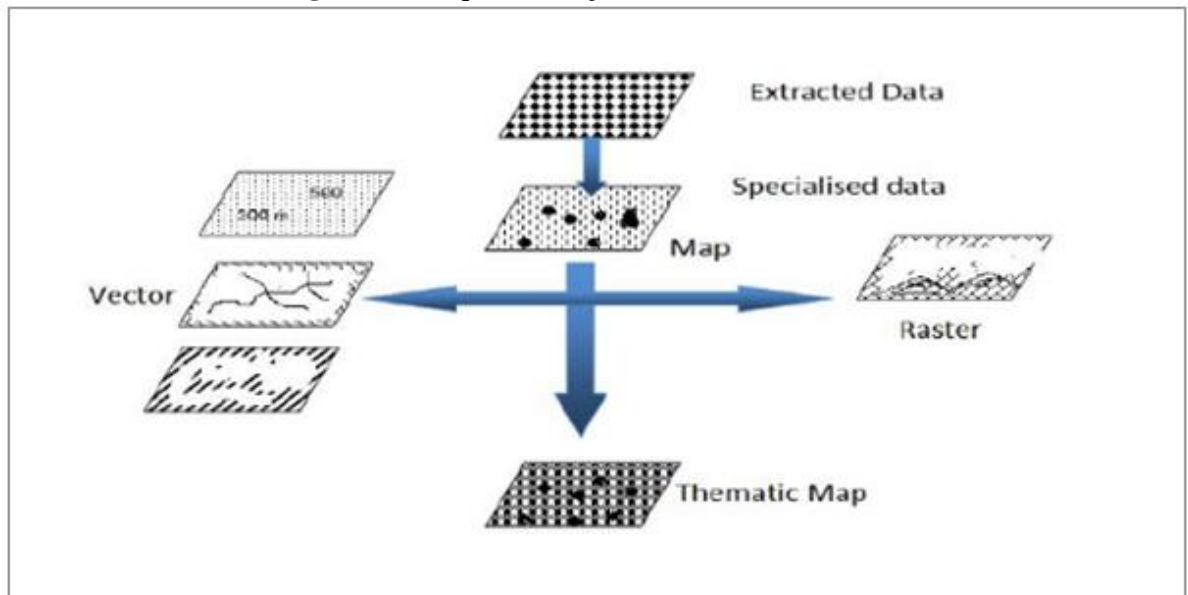
De acordo com Lemes (2004), o SIG é capaz de armazenar atributos, bem como a geometria dos dados que estão georreferenciados, isto é, dados cuja localização está associada a uma posição sobre a superfície terrestre e numa projeção cartográfica adequada. Segundo Câmara *et al.* (1996), o SIG constitui um sistema automatizado cuja função é armazenar, analisar e manipular dados geográficos. Portanto, de acordo com Nazário (1998), o SIG é uma coleção de *software* (programas constituídos em módulos para a execução de variadas funções), *hardware* (computador e periféricos de entrada e saída), *Dataware* (banco de dados sendo definidos como um elemento fundamental de um SIG) e *Peopleware* (a pessoa responsável pela manutenção de um SIG), e apresenta como objetivo simplificar o uso de informações georreferenciadas.

Um Sistema de Informações Geográficas apresenta poderosas ferramentas de informação de gestão que possibilitam aos seus usuários manipular dados relacionados com mapas, procurar padrões e distribuições, bem como investigar as ligações entre diferentes conjuntos de dados para elaboração de mapas. A tecnologia SIG apresenta um grande potencial que possibilita fornecer acesso a informações baseadas em mapas em qualquer campo de estudo e pode ajudar a estabelecer elos de diferentes disciplinas das ciências, como por exemplo, das ciências naturais e sociais (MARK *et al.*, 1997).

De acordo com Tobler (1959 *apud* Mark *et. al.* 1997) um SIG funciona e opera sob um conjunto de paradigma analítico sendo uma grande ferramenta de adição de componentes analíticos no processo cartográfico.

O diagrama esquemático representado na figura 5 abaixo ilustra a natureza em camadas de um SIG onde diferentes conjuntos de dados podem ser combinados a fim de obter como produto final uma única representação espacial dos dados.

**Figura 5 -** Esquematização de um SIG.



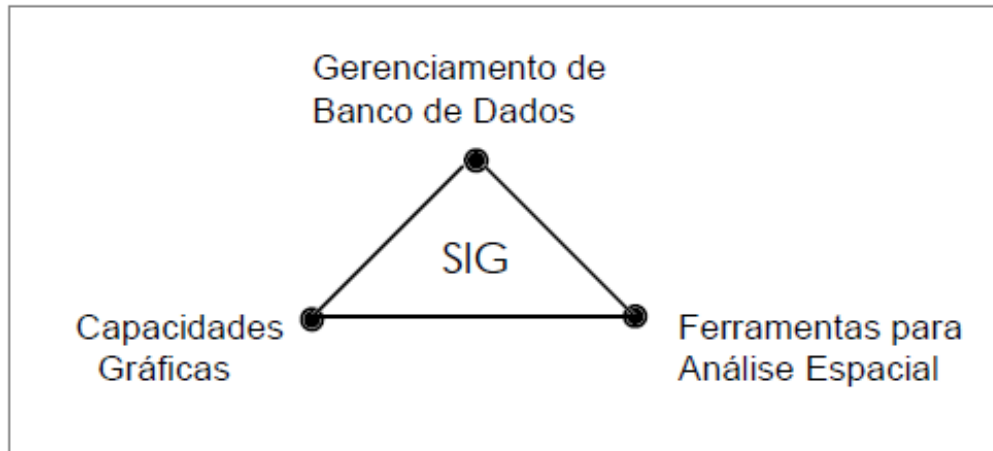
**Fonte:** Ali (2015).

Neste contexto, Dantas, Taco e Yamashita (1996) afirmam que os SIGs atuais podem ser considerados como um “*tipo de Sistema de Informação, que envolve de forma sistêmica e interativa Banco de Dados, Tecnologia e Pessoal, sendo capaz de realizar análises espaciais, armazenar, manipular, visualizar e operar dados georreferenciados para a obtenção de novas informações*”.

### 3.3.2. SIG e Banco de Dados

De acordo com Antenucci, Brown e Crosswell (1991), os SIGs são formados pela integração de três aspectos da tecnologia computacional: Sistemas de Gestão de Banco de Dados; Sistemas de manipulação, exibição e impressão de dados; e Algoritmos e técnicas para análise de dados espaciais. A figura 6 evidencia a integração desses três aspectos com a tecnologia SIG.

**Figura 6** - Integração de aspectos tecnológicos de um SIG.



**Fonte:** Antenucci, Brown e Croswell (1991).

Segundo Câmara (1994) o termo Banco de Dados Geográficos (BDG) descreve os sistemas de Bancos de Dados Espaciais usados em aplicações que envolvem o Geoprocessamento, ou seja, são uma particularização dos sistemas de Banco de Dados Espaciais.

O termo “*banco de dados*” pode ainda ser definido como um conjunto de dados organizados de modo a suprir um conjunto de finalidades integradas. Enquanto isso o termo “*banco de dados espaciais*” pode ser utilizado quando os dados a serem armazenados possuem características espaciais que retratam a sua localização no espaço (SILVA, 2002).

De acordo com Lisboa Filho e Iochpe (1996) para seu bom funcionamento os SIGs necessitam armazenar grandes quantidades de dados, podendo torná-los disponíveis para consulta e análise, para isso os SIGs contam com os Sistemas Gerenciadores de Banco de Dados (SGBD).

Um banco de dados simples pode ser um único arquivo com muitos registros, os quais referenciam o mesmo conjunto de campos. Uma base de dados SIG inclui dados sobre as localizações espaciais e formas de recursos geográficos registrados como pontos, linhas, áreas, *pixels*, bem como seus atributos (ESRI, 2017).

### 3.3.3. Aplicações dos Sistemas de Informações Geográficas

O SIG pode ser considerado uma tecnologia capaz de oferecer ferramentas operacionais que auxiliam nos sistemas de planejamento, gerenciamento e tomadas de decisão, e sendo assim vem sendo empregada cada vez mais em diferentes áreas (DELUQUI, 2003).

Oliveira (1997) apresenta uma relação de diversas áreas onde o SIG pode ser aplicado, classificadas em cinco grupos distintos:

- **Ocupação Humana:** redes de infraestrutura; planejamento e supervisão de limpeza urbana; cadastramento territorial urbano; mapeamento eleitoral; rede hospitalar; rede de ensino; controle epidemiológico; roteamento de veículos; sistema de informações turísticas; controle de tráfego aéreo; sistemas de cartografia náutica; serviços de atendimentos emergenciais.
- **Uso da Terra** - planejamento agropecuário; estocagem e escoamento da produção agrícola; classificação de solos; gerenciamento de bacias hidrográficas; planejamento de barragens; cadastramento de propriedades rurais; levantamento topográfico e planimétrico; mapeamento do uso da terra.
- **Uso de Recursos Naturais** - controle do extrativismo vegetal e mineral; classificação de poços petrolíferos; planejamento de gasodutos e oleodutos; distribuição de energia elétrica; identificação de mananciais; gerenciamento costeiro e marítimo.
- **Meio Ambiente** - controle de queimadas; estudos de modificações climáticas, acompanhamento de emissão e ação de poluentes; gerenciamento florestal de desmatamento e reflorestamento.
- **Atividades Econômicas** - planejamento de *marketing*; pesquisas socioeconômicas; distribuição de produtos e serviços; transporte de matéria-prima.

Do mesmo modo, Câmara *et al.* (1996) classificaram a forma como o SIG pode ser aplicado em três diferentes grupos:

- **Socioeconômicas** - englobando o uso da terra, seres humanos e a infraestrutura existente;
- **Ambientais** - cujo principal aspecto é meio ambiente e o uso dos recursos naturais;
- **Gerenciamento** - consistindo na realização de estudos e projeções que definem onde e como alocar recursos para resolver problemas ou assegurar preservação de determinadas características.

Essas classificações apresentam uma visão mais metodológica, e são admitidas para definir os diversos tipos de aplicações dos SIGs, uma vez que existem aplicações que podem se encaixar em mais de um tipo de classificação (OLIVEIRA, 1997).

Ferrari (1997) analisou ainda a utilização do SIG em três níveis distintos: operacional, gerencial e estratégico; onde cada nível possui características próprias. O quadro 02 apresenta cada nível e respectivas finalidades que lhes podem ser atribuídas.

**Quadro 02 - Funções de um SIG.**

Nível	Função
Operacional	Regularização e projeto de vias públicas
	Definição de valores tributários
	Controle de equipamentos urbanos
	Controle operacional do transporte coletivo municipal
	Controle da manutenção da rede de pavimentação
	Projeto e controle de galerias e micro drenagens
	Controle da sinalização viária
	Cadastro de vigilância sanitária
	Controle da arborização urbana
	Acompanhamento de obras públicas
	Controle e fiscalização dos lançamentos de efluentes sanitários
	Roteirização / roteamento
	Determinação de rotas para a coleta de lixo
	Projeto de expansão de rede de esgotamento pluvial
Gerencial	Geração de plantas de valores
	Acompanhamento de endemias
	Avaliação das diretrizes e normas para uso e ocupação do solo urbano
	Delimitação de áreas sujeitas a inundações
	Gerenciamento de bacias hidrográficas, e preservação de mananciais
	Estudos da distribuição e abrangência de equipamentos sociais urbanos
	Análises e gerenciamento do transporte coletivo municipal
	Análise de acesso da população aos equipamentos urbanos
	Preservação do patrimônio histórico
	Análise de acidentes de trânsito
	Diretrizes viárias
	Diretrizes para novos loteamentos
	Gerenciamento de áreas verdes e de preservação ambiental;
	Controle de doenças transmissíveis
	Administração de áreas de risco diversas: risco geológico, de inundação, da saúde/sanitário, social
	Estratégico
Definição de áreas para depósitos de lixo e aterros sanitários	
Identificação dos locais com maior índice de acidentes de trânsito	
Reestruturação do trânsito	
Estudos do uso do solo e eficiência do sistema viário	
Monitoramento do índice de qualidade de vida	
Planejamento de expansão de infra-estrutura	
Análises da evolução da ocupação urbana e política de vazios urbanos	
Análise de aspectos demográficos	
Atualização do plano diretor da cidade	

**Fonte:** Adaptado de Ferrari, (1997).

#### 4. MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho foi desenvolvido utilizando *software* com versão licenciada educacional, bem como *softwares* livres de código aberto. Após uma visita a empresa Correios constatou-se que este é o primeiro trabalho voltado ao estudo de Roteirização de Veículos com aplicação SIG desenvolvido no município de Inconfidentes/MG.

O trabalho foi dividido em três etapas: Na primeira etapa, ocorreu uma visita à empresa Correios com o objetivo de conhecer os processos que ela atualmente executa para a realização de serviços postais na cidade de Inconfidentes/MG. Na segunda etapa, foi realizada uma revisão de literatura, através de livros, dissertações, teses, monografias, artigos científicos etc. Finalmente, na terceira etapa, através da utilização do SIG, foram realizadas as análises para determinação da melhor rota para veículos de serviços de entrega de correspondências no município de Inconfidentes/MG.

A realização deste trabalho se deu pela utilização dos seguintes materiais e equipamentos:

- Planta topográfica cadastral do município de Inconfidentes/MG em formato *.dwg*, contendo a localização dos lotes urbanos e meio-fio, disponibilizado pela Prefeitura Municipal de Inconfidentes/MG.

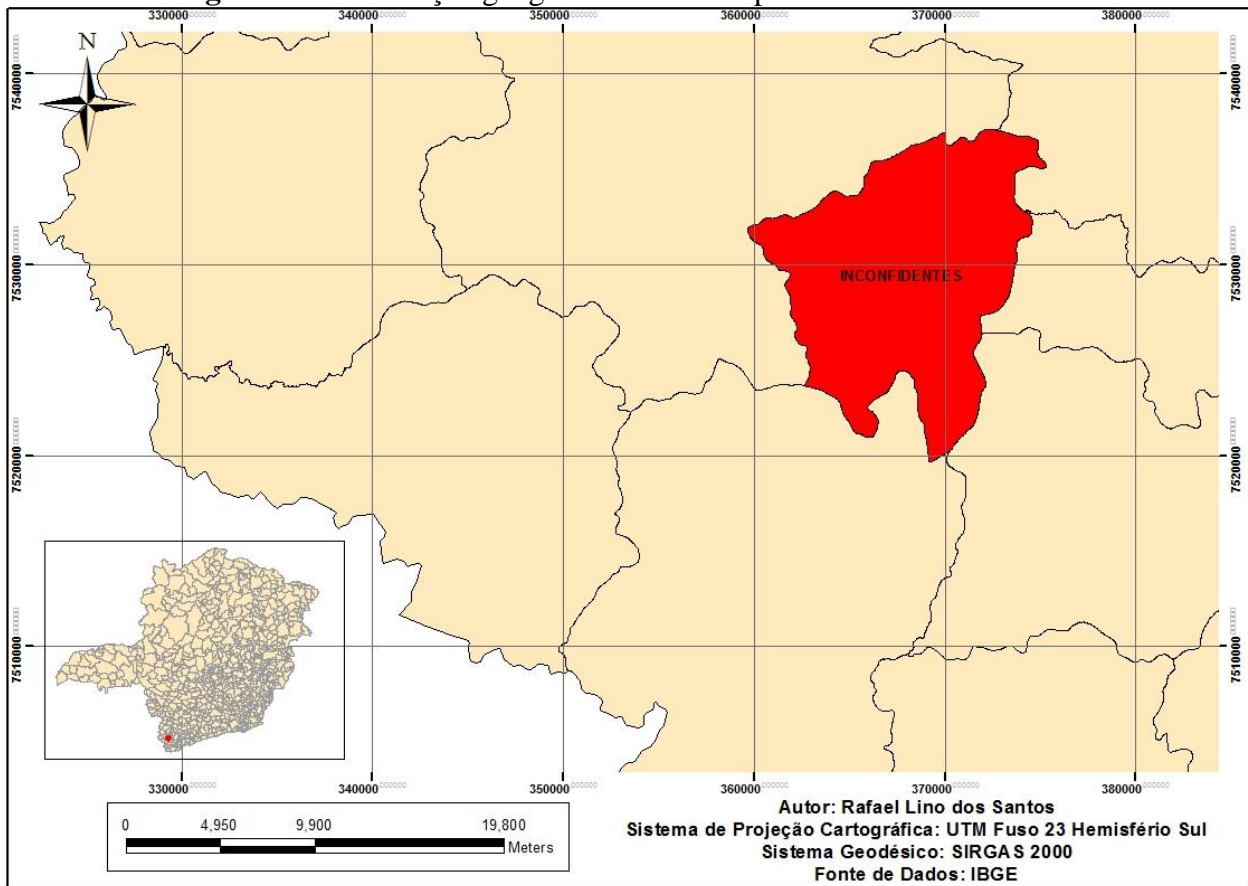
- Quadro contendo o cadastro de endereços dos imóveis do município de Inconfidentes/MG em formato *.pdf*; disponibilizado pela Prefeitura Municipal de Inconfidentes/MG.
- *Notebook Samsung* série RF511 SD3. Processador Intel Core I7 2670qm, 8 GB de memória RAM e 1T de memória no disco rígido.
- ArcGIS versão licenciada educacional 10.4.1;
- DataGeosis Office Educacional versão 7.5.10.0;

#### 4.1           ÁREA DE ESTUDO

Integrante da região do Sul de Minas Gerais (figura 7) a sede do município de Inconfidentes tem uma posição marcada pelas coordenadas geográficas de 22° 19' 00'' S e 46° 19' 40'' W a 869 metros de altitude apresentando uma área de aproximadamente 149 quilômetros quadrados. O município é composto por 4 (quatro) bairros que se localizam na zona urbana os quais recebem o atendimento dos serviços disponibilizados pela empresa Correios, a saber: Centro, Vila Nossa Senhora Aparecida, Santa Luzia e Santa Izabel. Os demais bairros do município não são atendidos pela empresa Correios em razão dos mesmos não estarem localizados na área urbana do município. Situada na microrregião geográfica de Poços de Caldas, Inconfidentes apresenta uma população estimada de 6.908 habitantes, sendo a população aproximada de 3.678 habitantes na área urbana e 3.230 na área rural (IBGE, 2010).



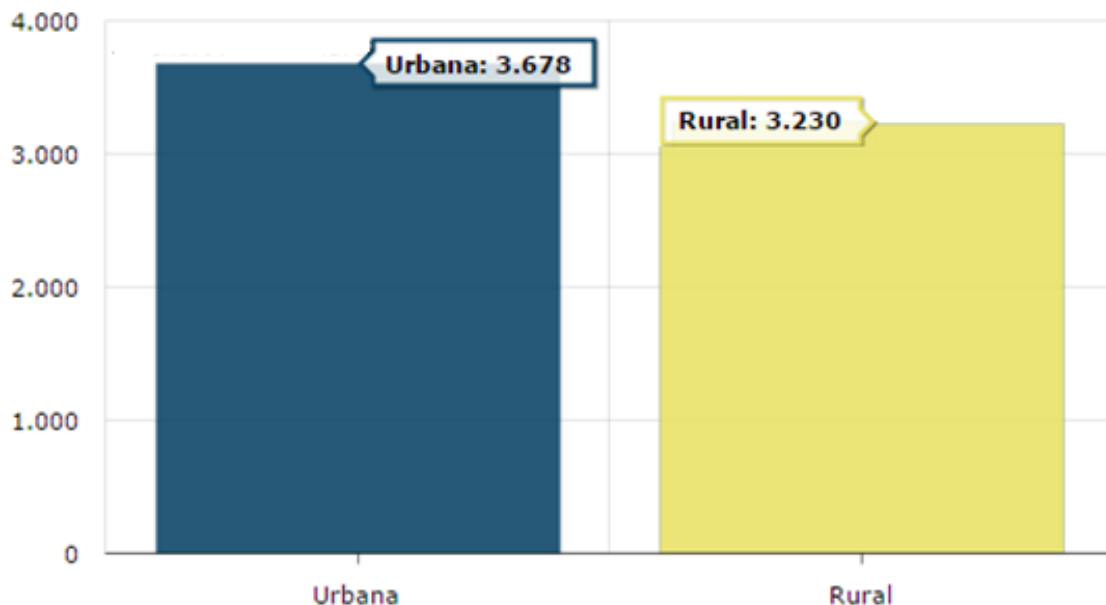
**Figura 7 - Localização geográfica do município de Inconfidentes/MG.**



**Fonte:** Autoria própria.

O gráfico representado pela figura 8 apresenta a proporção estimada de número de habitantes que residem na zona urbana e zona rural do município de Inconfidentes.

**Figura 8** - Distribuição de habitantes no município de Inconfidentes.



**Fonte:** IBGE, Censo Demográfico 2010.

#### 4.2 CARACTERIZAÇÃO DA AGÊNCIA CORREIOS NO MUNICÍPIO DE INCONFIDENTES/MG.

Servindo-se de uma população de aproximadamente 3.678 habitantes na área urbana, o município de Inconfidentes/MG conta com os serviços postais da empresa Correios responsável pela distribuição de objetos aos seus clientes, tais como correspondências, encomendas, entre outros. A empresa Correios atualmente se encontra localizada na Avenida Alvarenga Peixoto, 299, Centro. As encomendas são despachadas a partir do Centro de Entrega de Encomendas (CEE) localizado na cidade de Varginha, Sul de Minas Gerais, onde chegam ao seu destino final, a agência de Inconfidentes, cuja entrega é realizada diariamente no período de 9 h às 17 h, de segunda à sexta-feira.

A mão de obra empregada no processo de entrega de encomendas é composta por apenas dois funcionários que operam através da utilização de dois veículos, um carro modelo Fiat Strada e uma motocicleta. Após um processo inicial de triagem, as encomendas são entregues de forma aleatória onde não se é adotado um padrão de entrega. Além disso, a agência não possui

nenhum sistema de entrega atrelado a um SIG para otimização dos serviços operacionais, bem como não apresenta um banco de dados cadastral de endereços.

### 4.3 PROCESSAMENTO DA PLANTA CADASTRAL

#### 4.3.1. Georreferenciamento

A Planta digital cadastral do município de Inconfidentes/MG fornecida como base para realização deste trabalho primeiramente não se encontrava georreferenciada, ou seja, se encontrava em um sistema de coordenadas topográficas. O georreferenciamento da planta consistiu basicamente em transformar suas coordenadas em um sistema de referência, neste caso a Universal Transversa de Mercator (UTM), projeção mais utilizada no Brasil. Para realização desse processo, dois pontos nomeados como M01 e M02 localizados em pontos extremos do município de Inconfidentes, foram utilizados como pontos de controle. Esses pontos foram coletados com auxílio de um GNSS (*Global Navigation Satellite System*) cujo processamento se deu por meio do software *GNSS Solutions*.

A planta no formato *.dwg* foi importada para o *software* DataGeosis Office Educacional versão 7.5.10.0, onde foi possível realizar seu georreferenciamento a partir dos pontos de controle e ferramentas disponíveis no *software*.

Primeiramente fez-se necessário transformar as coordenadas dos pontos de controle M01 e M02 em coordenada topográfica local através da ferramenta “*Cálculos geodésicos*”. De posse das coordenadas topográficas, os pontos de controle foram inseridos no projeto através do comando PO, inserindo suas respectivas coordenadas. O DataGeosis conta com a ferramenta “*Referenciar*” que permite ao usuário realizar o referenciamento a partir do alinhamento de pontos de controle com os respectivos pontos de destino em planta.

Uma vez referenciada, foi possível realizar o georreferenciamento da planta através da ferramenta “*Georreferenciar Local - UTM*”. Uma vez georreferenciada a planta foi exportada para o formato *.dwg* e nomeada como “*GEOPlanta-Cadastral-Completa-Rafael-2000*”.

#### 4.3.2. Criação das Linhas de Centro

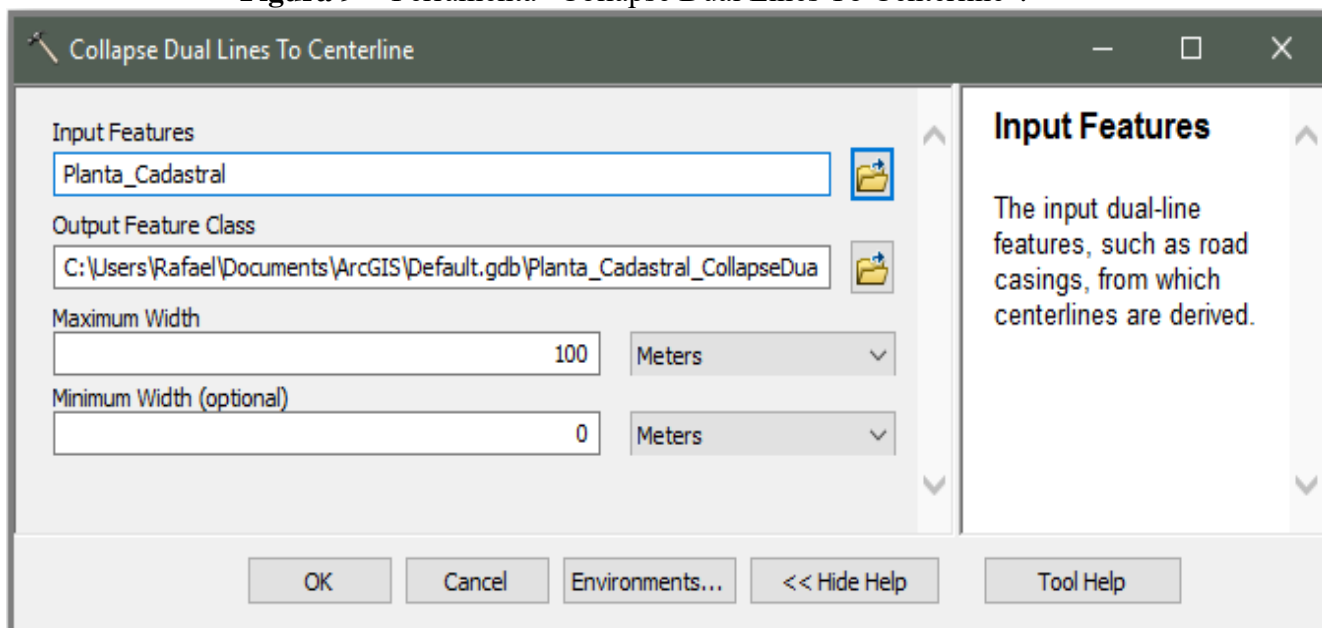
Para melhor organização dos dados e feições criadas neste projeto, optou-se pela criação de um Geodatabase por este apresentar um excelente desempenho de armazenamento de dados geográficos, podendo ultrapassar 500 GB por arquivo. Um Geodatabase apresenta-se como uma estrutura de dados eficiente que é otimizada para o desempenho e armazenamento de dados.

Uma vez georreferenciada, a planta cadastral em formato *.dwg* foi importada para o *software* ArcGIS e convertida para o formato *.shp* (*shapefile*), e importada para o Geodatabase, a partir do qual todas as demais feições foram criadas.

Para realização deste trabalho fez-se necessário a criação de linhas de centro (do inglês *Centerlines*) a partir da planta cadastral. As linhas de centro são importantes para representação do fluxo do tráfego ao longo do centro de uma característica geográfica linear, neste caso o centro das ruas e avenidas da cidade de Inconfidentes, representadas por linhas simples. O *software* ArcGIS conta com a ferramenta “*Collapse Dual Lines To Centerline*” que possibilita ao usuário a criação de linhas de centro a partir de um polígono fechado com base em parâmetros de largura.

A figura 9 ilustra como a ferramenta “*Collapse Dual Lines To Centerline*” pode ser aplicada para criação de linhas de centro.

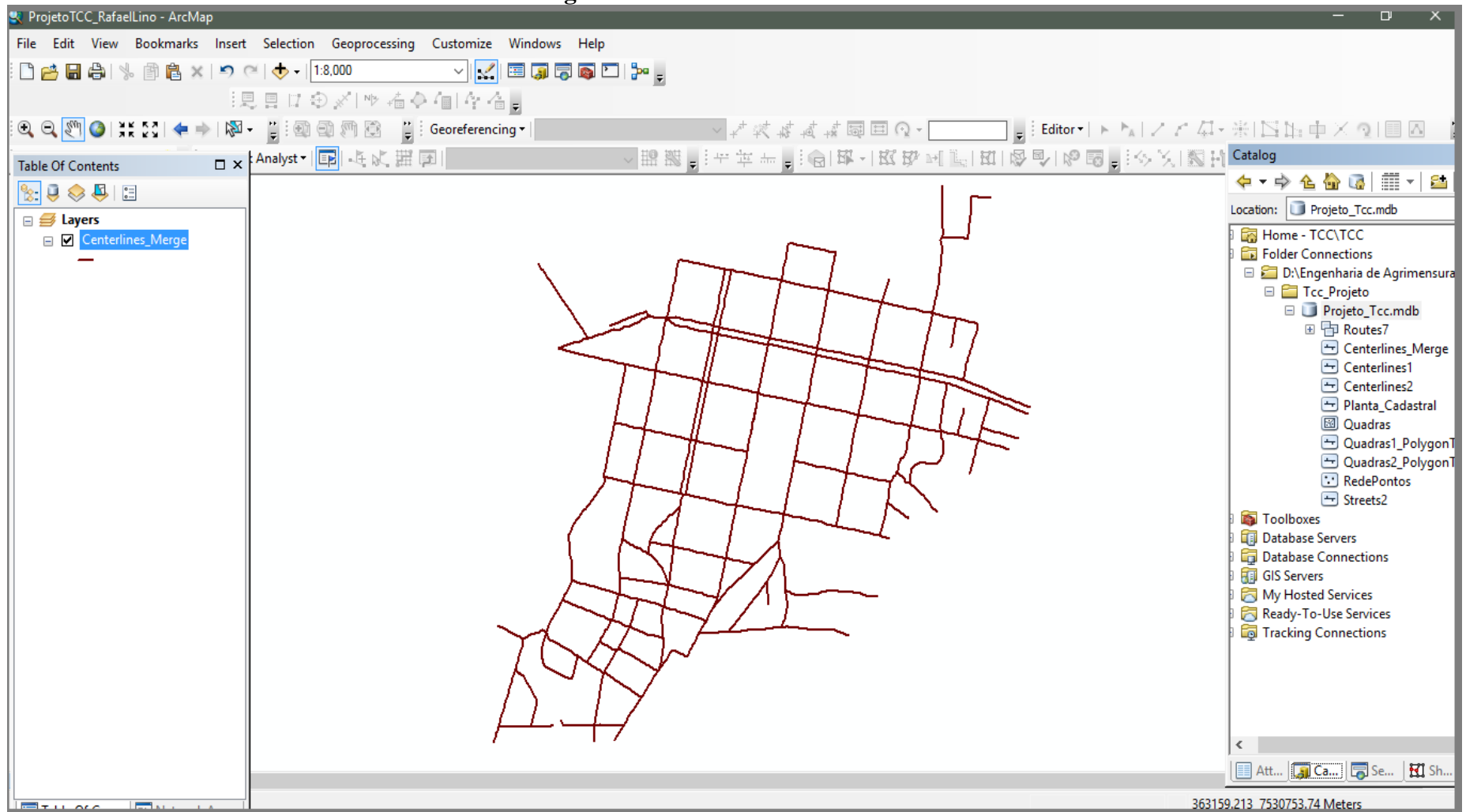
**Figura 9** - Ferramenta “Collapse Dual Lines To Centerline”.



**Fonte:** Autoria própria.

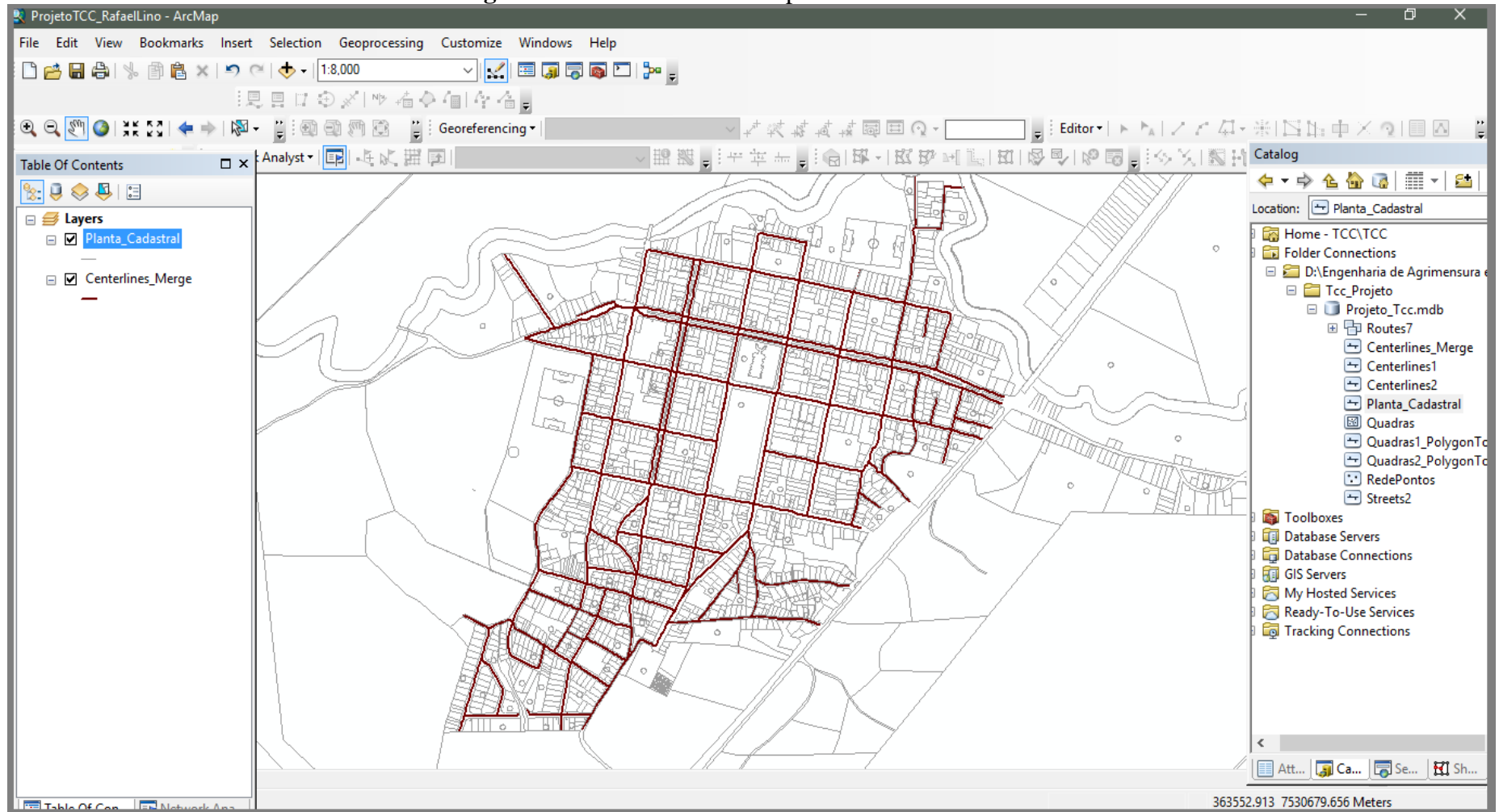
É importante destacar que o produto gerado a partir da ferramenta “*Collapse Dual Lines To Centerline*” apresentou algumas irregularidades como linhas seccionadas e linhas sobrepostas. Isso ocorre devido ao fato da planta cadastral utilizada neste trabalho apresentar formato irregular. Portanto, fez-se necessário a edição das linhas de centro de forma a gerar linhas contínuas e eliminar linhas sobrepostas. As linhas de centro geradas a partir da ferramenta “*Collapse Dual Lines To Centerline*” podem ser vistas nas figuras 10 e 11, ilustradas abaixo.

**Figura 10 - Linhas de centro.**



**Fonte:** Autoria própria.

**Figura 11 - Linhas de centro e planta cadastral.**



**Fonte:** Autoria própria.

Todas as feições criadas neste trabalho foram criadas no sistema de projeção cartográfica UTM, localizadas no fuso 23 desta projeção, cujo Meridiano Central é o de 45° W. Gr. O sistema geodésico de referência adotado foi o SIRGAS 2000.

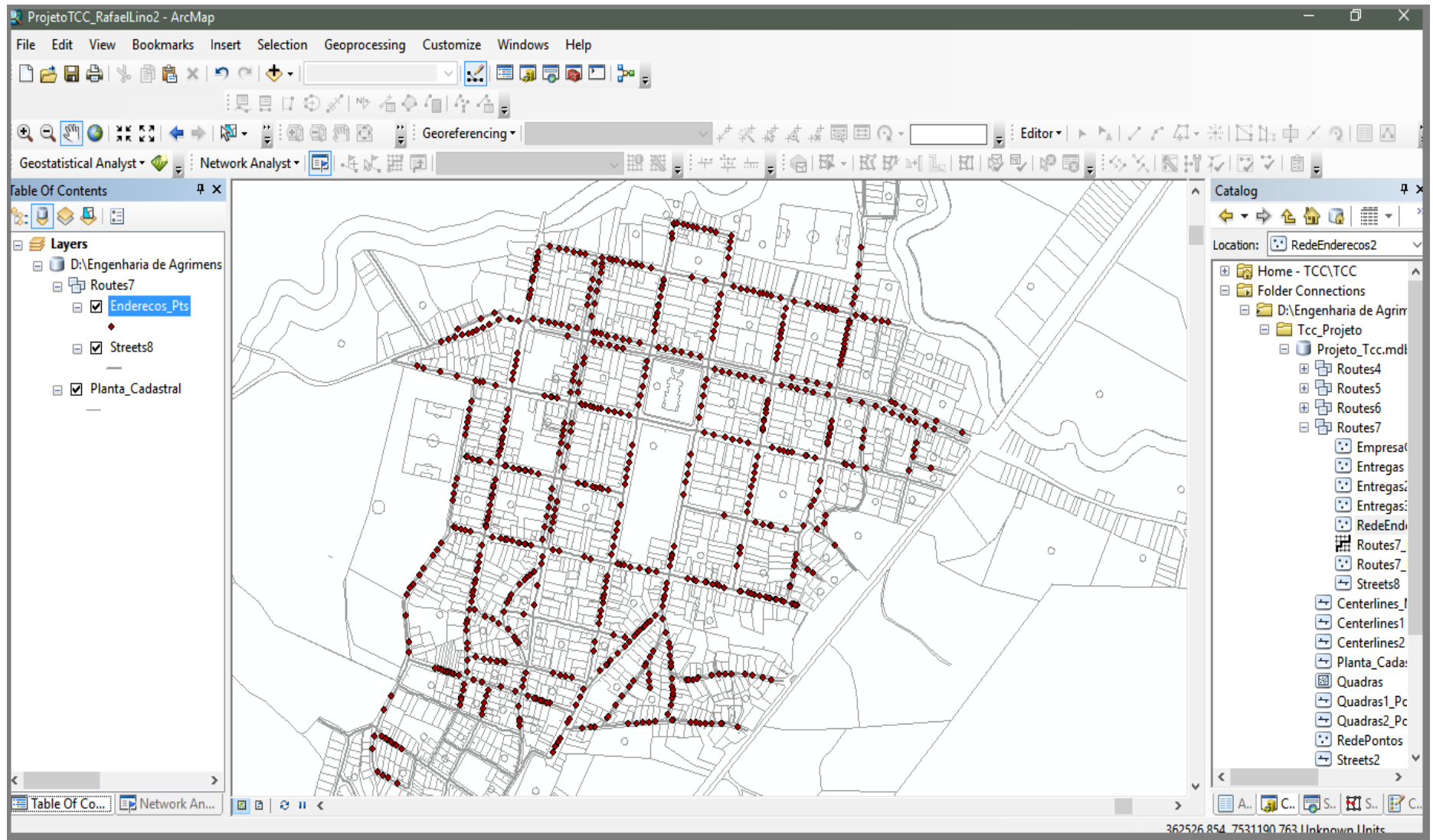
#### 4.3.3. Elaboração do Banco de Dados

Ainda sob o auxílio do *software* ArcGIS, um conjunto de pontos no formato *.shapefile* foi criado a fim de representar a localização dos endereços residenciais e comerciais da cidade de Inconfidentes conforme ilustra a figura 12 a seguir. Os pontos foram criados de maneira que estes ficassem dispostos na frente de cada lote e sob as linhas de centro previamente criadas. Sendo assim, os pontos representam o destino final da entrega (ponto de chegada) de uma correspondência tendo como origem a agência correios.

O conjunto de pontos foi criado manualmente de acordo com o quadro contendo o cadastro de endereços dos imóveis do município de Inconfidentes/MG. Sendo assim, fez-se necessário associar cada endereço com sua localização geográfica de acordo com a planta topográfica cadastral do município. O quadro disponibilizado pela prefeitura municipal (anexo 1) apresenta um total de 2.245 endereços cadastrados.



**Figura 12** - Conjunto de pontos criado para representação de endereços residenciais e comerciais



Fonte: Autoria própria.

Conforme mencionado anteriormente o conjunto de pontos foi criado a fim de representar a localização de endereços residenciais e comerciais da cidade de Inconfidentes/MG. Em função da análise e modelagem das informações visando a obtenção dos parâmetros necessários para identificação da melhor rota para entrega de correspondência aos seus destinatários, criou-se a partir da tabela de atributos da feição “*Enderecos\_Pts*”, um banco de dados contendo informações sobre cada endereço.

O banco de dados criado contém os seguintes campos: ID, Endereço Completo, Logradouro, Número, Complemento, Bairro, e coordenadas X e Y representando a localização geográfica de cada endereço. As informações sobre cada endereço foram obtidas a partir do quadro contendo o cadastro de endereços dos imóveis do município de Inconfidentes/MG em formato *.pdf*. A figura 13 abaixo retrata como o banco de dados foi estruturado.

**Figura 13 - Estruturação do banco de dados.**

OBJECTID*	Shape*	ID	Endereço Completo	Logradouro	Número	Complemento	Bairro	X	Y
1	Point	103.300.200.000	RUA PREFEITO ROGERIO BERNARDES DE SOUZA , 427 , CENTRO	RUA PREFEITO ROGERIO BERNARDES DE SOUZA	427	<Null>	CENTRO	363268.466	7531166.3713
2	Point	103.300.180.000	RUA PREFEITO ROGERIO BERNARDES DE SOUZA , 449 , CENTRO	RUA PREFEITO ROGERIO BERNARDES DE SOUZA	449	<Null>	CENTRO	363284.6722	7531162.9113
3	Point	103.300.150.000	RUA BARBARA HELIODORA , 418 , CENTRO	RUA BARBARA HELIODORA	418	<Null>	CENTRO	363322.7002	7531217.2214
4	Point	103.800.010.000	RUA PREFEITO ROGERIO BERNARDES DE SOUZA , 487 , CENTRO	RUA PREFEITO ROGERIO BERNARDES DE SOUZA	487	<Null>	CENTRO	363323.9164	7531153.4866
5	Point	103.800.220.000	RUA PREFEITO ROGERIO BERNARDES DE SOUZA , 499 , CENTRO	RUA PREFEITO ROGERIO BERNARDES DE SOUZA	499	<Null>	CENTRO	363334.8581	7531151.2258
6	Point	103.800.210.000	RUA PREFEITO ROGERIO BERNARDES DE SOUZA , 509 , CENTRO	RUA PREFEITO ROGERIO BERNARDES DE SOUZA	509	<Null>	CENTRO	363345.2694	7531149.0339
7	Point	103.800.200.000	RUA PREFEITO ROGERIO BERNARDES DE SOUZA , 521 , CENTRO	RUA PREFEITO ROGERIO BERNARDES DE SOUZA	521	<Null>	CENTRO	363354.2686	7531147.2393
8	Point	103.800.190.000	RUA PREFEITO ROGERIO BERNARDES DE SOUZA , 531 , CENTRO	RUA PREFEITO ROGERIO BERNARDES DE SOUZA	531	<Null>	CENTRO	363363.3041	7531145.3016
9	Point	103.800.180.000	RUA PREFEITO ROGERIO BERNARDES DE SOUZA , 541 , CENTRO	RUA PREFEITO ROGERIO BERNARDES DE SOUZA	541	<Null>	CENTRO	363371.7176	7531143.5709
10	Point	103.800.170.000	RUA PREFEITO ROGERIO BERNARDES DE SOUZA , 547 , CENTRO	RUA PREFEITO ROGERIO BERNARDES DE SOUZA	547	FUNDOS	CENTRO	363379.7743	7531141.8917
11	Point	103.800.250.000	RUA PREFEITO ROGERIO BERNARDES DE SOUZA , 551 , CENTRO	RUA PREFEITO ROGERIO BERNARDES DE SOUZA	551	<Null>	CENTRO	363388.9474	7531139.9886
12	Point	103.800.160.000	RUA PREFEITO AFONSO TROYSE , 296 , CENTRO	RUA PREFEITO AFONSO TROYSE	296	<Null>	CENTRO	363403.6338	7531162.2402
13	Point	103.800.150.001	RUA PREFEITO AFONSO TROYSE , 282 , CENTRO	RUA PREFEITO AFONSO TROYSE	282	<Null>	CENTRO	363407.2312	7531178.0855
14	Point	103.800.150.002	RUA PREFEITO AFONSO TROYSE , 282 , CENTRO	RUA PREFEITO AFONSO TROYSE	282	FUNDOS	CENTRO	363407.2312	7531178.0855
15	Point	103.800.150.003	RUA PREFEITO AFONSO TROYSE , 282 , CENTRO	RUA PREFEITO AFONSO TROYSE	282	FUNDOS A	CENTRO	363407.2312	7531178.0855
16	Point	103.800.140.000	RUA PREFEITO AFONSO TROYSE , 260 , CENTRO	RUA PREFEITO AFONSO TROYSE	260	<Null>	CENTRO	363409.9153	7531190.6028
17	Point	103.800.230.000	RUA PREFEITO AFONSO TROYSE , 258 , CENTRO	RUA PREFEITO AFONSO TROYSE	258	<Null>	CENTRO	363411.8545	7531199.8003
18	Point	103.800.120.000	RUA PREFEITO AFONSO TROYSE , 250 , CENTRO	RUA PREFEITO AFONSO TROYSE	250	<Null>	CENTRO	363413.7954	7531208.1873
19	Point	103.800.110.001	RUA PADRE OLIVEIRA ROLIM , 544 , CENTRO	RUA PADRE OLIVEIRA ROLIM	544	<Null>	CENTRO	363396.2012	7531244.0532
20	Point	103.800.110.002	RUA PADRE OLIVEIRA ROLIM , 530 , CENTRO	RUA PADRE OLIVEIRA ROLIM	530	<Null>	CENTRO	363370.7561	7531249.4854
21	Point	103.800.100.000	RUA PADRE OLIVEIRA ROLIM , 518 , CENTRO	RUA PADRE OLIVEIRA ROLIM	518	<Null>	CENTRO	363358.3675	7531251.9956
22	Point	103.800.100.001	RUA PADRE OLIVEIRA ROLIM , 518 , CENTRO	RUA PADRE OLIVEIRA ROLIM	518	<Null>	CENTRO	363358.3675	7531251.9956
23	Point	103.800.090.000	RUA PADRE OLIVEIRA ROLIM , 506 , CENTRO	RUA PADRE OLIVEIRA ROLIM	506	<Null>	CENTRO	363346.8637	7531254.5005
24	Point	103.800.030.000	RUA BARBARA HELIODORA , 419 , CENTRO	RUA BARBARA HELIODORA	419	<Null>	CENTRO	363317.2601	7531191.049
25	Point	103.800.050.000	RUA BARBARA HELIODORA , 403 , CENTRO	RUA BARBARA HELIODORA	403	<Null>	CENTRO	363321.2274	7531209.1996
26	Point	103.800.060.001	RUA BARBARA HELIODORA , 391 , CENTRO	RUA BARBARA HELIODORA	391	<Null>	CENTRO	363322.8341	7531217.9162
27	Point	103.800.060.002	RUA BARBARA HELIODORA , 391 , CENTRO	RUA BARBARA HELIODORA	391	FUNDOS	CENTRO	363322.8341	7531217.9162
28	Point	102.600.050.000	RUA TOMAZ ANTONIO GONZAGA , 468 , CENTRO	RUA TOMAZ ANTONIO GONZAGA	468	<Null>	CENTRO	363209.2489	7531191.2932
29	Point	102.600.040.000	RUA TOMAZ ANTONIO GONZAGA , 458 , CENTRO	RUA TOMAZ ANTONIO GONZAGA	458	<Null>	CENTRO	363211.2137	7531200.6808

Fonte: Autoria própria.

### 4.3 DETERMINAÇÃO DA MELHOR ROTA

Para a determinação de melhores rotas fez-se necessário a criação de um conjunto de dados de redes, sendo este definido em Inglês como *Network Dataset*. Um *Network Dataset* possibilita a modelagem de redes de transportes podendo ser criado a partir de um arquivo de origem (linhas ou pontos). Para este projeto, utilizou-se a rede cadastral como arquivo origem para criação do *Network Dataset* sendo configurado a partir da análise dos seguintes parâmetros:

- **Connectivity:** possibilita definir os nós de ligação entre os eixos, para este caso todas as linhas da rede viária devem se conectar entre si através de suas extremidades.
- **Network attributes:** são atributos de rede que possibilitam o controle de navegação da rede. Para este projeto foram incluídos atributos de Distância e Tempo que apresentam a função de impedância, ou seja, o peso atribuído aos eixos da rede, e no qual se baseia a otimização dos percursos.

O cálculo do tempo foi realizado em função do comprimento de cada eixo da via e em função da velocidade máxima permitida para vias locais nos centros urbanos. De acordo com o Código de Trânsito Brasileiro (CTB) Lei Federal Nº 9.503, de 23 de setembro de 1997, onde não existir sinalização regulamentadora, a velocidade máxima será de 30 km/h (trinta quilômetros por hora) nas vias locais. Assim a obtenção do tempo se deu de acordo com a equação 01 abaixo.

$$\text{Tempo} = \frac{\text{Comprimento de cade eixo (Shale\_length)}}{\text{Velocidade máxima permitida(MaxSpeed)}} \quad (01)$$

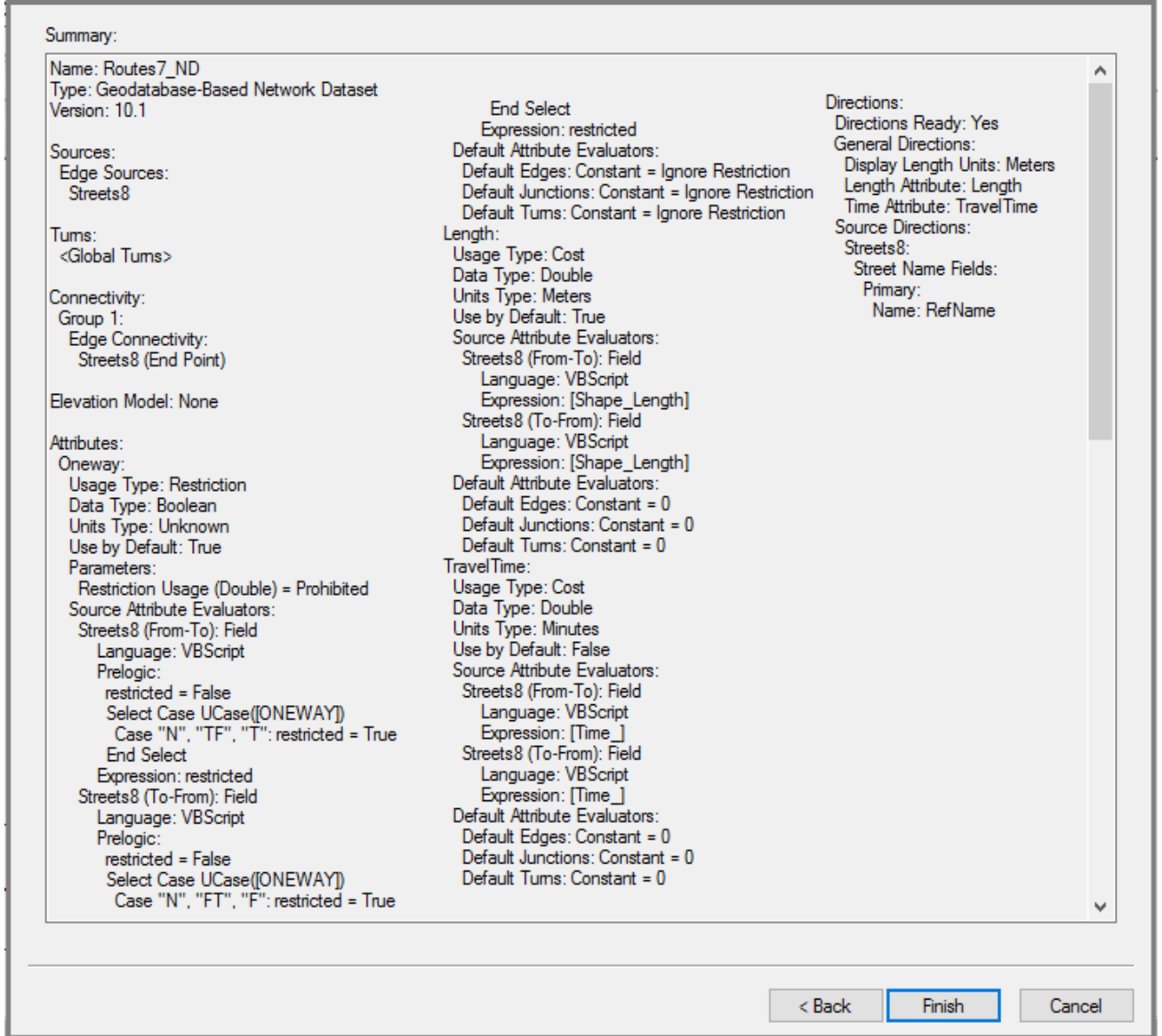
Além disso, restrições referentes ao sentido do tráfego foram definidas aos atributos da rede através do campo *OneWay*. Para os arcos que simbolizam trechos da via onde o tráfego é permitido em apenas uma direção (mão única), atribuiu-se os códigos *FT* (*From – To*) ou *TF* (*To – From*), dependendo da orientação (início e fim) do arco digitalizado. Aos arcos que simbolizam os

trechos da via onde o tráfego é permitido em ambas as direções (mão dupla) não foram atribuídos nenhum código uma vez que o programa realiza um reconhecimento automático para campos que apresentam valores nulos.

- ***Directions:*** possibilita a configuração dos campos usados para informar as direções dos resultados da análise de rede. Nesta etapa é importante fazer a ligação do campo *RefNames* para que as direções sejam exibidas de acordo com o nome das ruas da rede viária.

A figura 14 a seguir ilustra o resumo fornecido ao usuário com toda configuração estabelecida na criação do *Network Dataset*.

**Figura 14** - Resumo da configuração estabelecida na criação do *Network Dataset*.



**Fonte:** Autoria própria.

Uma vez que toda a base de dados foi criada e o Network Dataset foi definido, através de ferramentas disponíveis na extensão *ArcGIS Network Analyst* foi possível realizar a esquematização de melhores rotas para entregas de correspondência no município de Inconfidentes. A extensão *Network Analyst* possibilitou realizar análises da rede correspondente as linhas viárias do município, bem como a manutenção de conjuntos de dados pertencente a esta mesma rede.

Através da ferramenta *Vehicle Routing Problem* disponível na extensão *Network Analyst* foi possível configurar uma nova rota a partir da qual fornecerá a melhor rota para percorrer

determinado percurso levando em considerações atributos como tempo e distância previamente estabelecidos.

A ferramenta *Vehicle Routing Problem* permite a definição de pontos como depósitos (*Depots*) possibilitando assim a definição de uma determinada localização como sendo o ponto de partida e chegada. Essa função possui grande importância na definição do processo uma vez que este projeto adota a empresa Correios como referência de ponto de partida e chegada após a distribuição de correspondências. Por fim, o programa permite carregar os pontos de entrega automaticamente a partir da seleção de um conjunto de endereços.

Uma vez que a rota foi devidamente configurada, pode-se solucionar o problema através do botão *Solve* disponível na extensão *Network Analyst*. Assim, finalmente a rota pode ser traçada e as direções puderam ser exibidas em uma janela contendo informações de tempo e direções de como chegar aos pontos de entrega.

## **5. RESULTADOS**

A metodologia descrita anteriormente foi aplicada sobre dois estudos de casos simulados.

### **5.1 ESTUDO DO CASO 1**

Foram escolhidos 20 (vinte) endereços distribuídos aleatoriamente a partir do conjunto de pontos criado para representação de endereços residenciais e comerciais. A figura 15 abaixo representa a tabela de atributos dos endereços utilizados para demonstração dos resultados.

**Figura 15 - Endereços escolhidos para simulação de rotas do caso 1.**

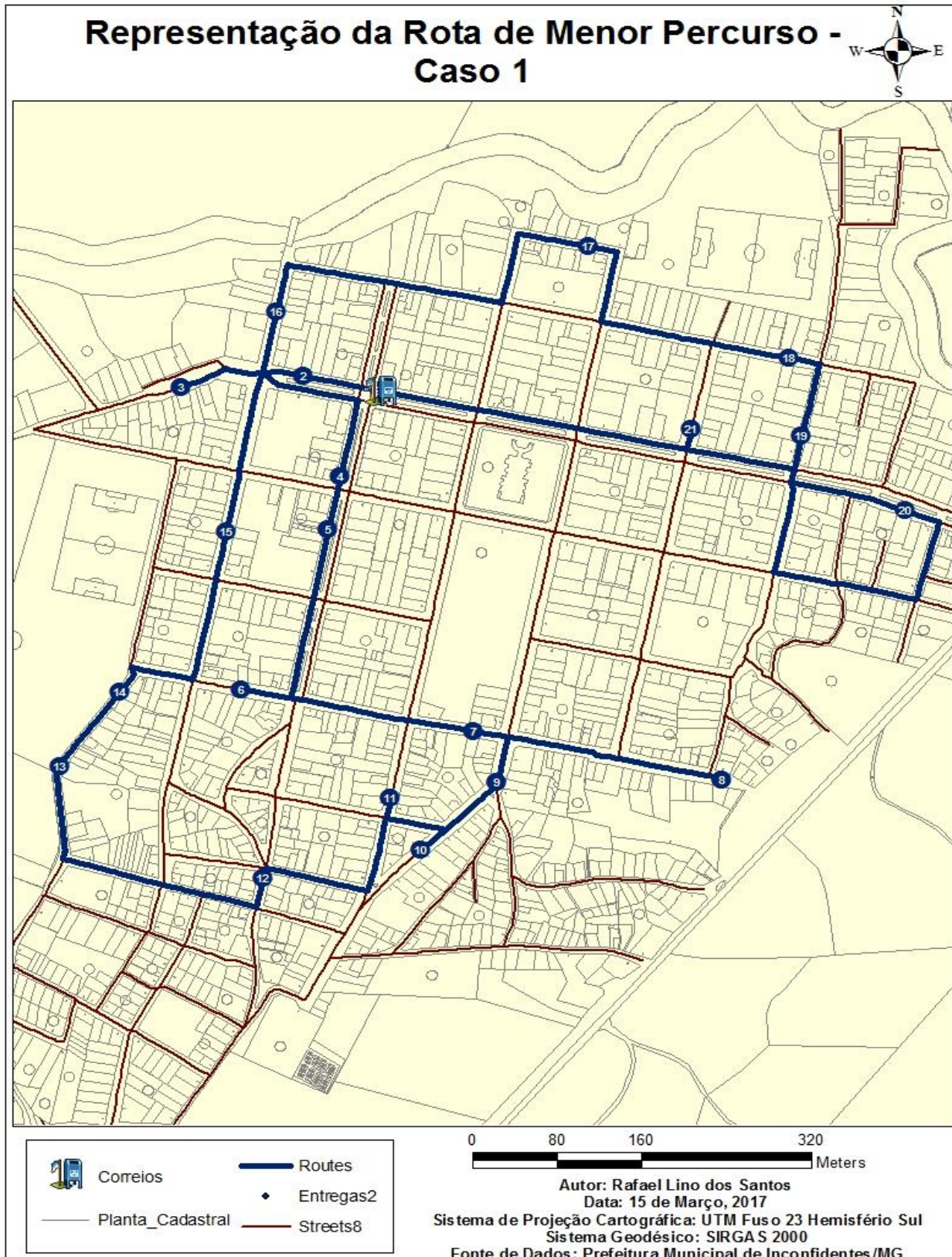
OBJECTID_1*	Shape*	OBJECTID	ID	FullAddress	Address	Complement	Número	Bairro	X	Y
1	Point	269	102.200.010.003	EMPRESA CORREIOS - AVENIDA ALVARENGA PEIXOTO , 299 , CENTRO	AVENIDA ALVARENGA PEIXOTO		299	CENTRO	363086.3585	7531533.4443
2	Point	285	104.100.150.000	RUA PREFEITO AFONSO TROYSE , 86 , CENTRO	RUA PREFEITO AFONSO TROYSE		86	CENTRO	363484.7016	7531486.7242
3	Point	295	104.100.100.000	RUA VIDAL BARBOSA , 494 , CENTRO	RUA VIDAL BARBOSA		494	CENTRO	363472.6818	7531567.0346
4	Point	303	104.100.220.000	RUA BARBARA HELIODORA , 71 , CENTRO	RUA BARBARA HELIODORA		71	CENTRO	363380.5493	7531494.5976
5	Point	342	104.600.080.000	AVENIDA ALVARENGA PEIXOTO , 816 , CENTRO	AVENIDA ALVARENGA PEIXOTO		816	CENTRO	363582.9368	7531410.2346
6	Point	359	100.700.190.003	AVENIDA ALVARENGA PEIXOTO , 219 , CENTRO	AVENIDA ALVARENGA PEIXOTO		219	CENTRO	363013.4393	7531548.6406
7	Point	391	100.800.080.002	RUA ENGENHEIRO ALVARES MACIEL , 80 , CENTRO	RUA ENGENHEIRO ALVARES MACIEL		80	CENTRO	363048.4559	7531445.0843
8	Point	405	100.900.090.004	RUA ENGENHEIRO ALVARES MACIEL , 136 , CENTRO	RUA ENGENHEIRO ALVARES MACIEL	C	136	CENTRO	363037.0127	7531390.7115
9	Point	416	100.900.040.000	RUA SARGENTO MOR TOLEDO PIZZA , 281 , CENTRO	RUA SARGENTO MOR TOLEDO PIZZA		281	CENTRO	362940.5353	7531389.1728
10	Point	466	102.700.300.000	RUA PREFEITO ROGERIO BERNARDES DE SOUZA , 286 , CENTRO	RUA PREFEITO ROGERIO BERNARDES DE SOUZA		286	CENTRO	363174.5673	7531184.3081
11	Point	480	102.700.020.001	RUA MARILIA DE DIRCEU , 483 , CENTRO	RUA MARILIA DE DIRCEU	FUNDOS	483	CENTRO	363096.2374	7531115.9812
12	Point	565	100.100.040.001	RUA PADRE CARLOS DE TOLEDO , 91 , CENTRO	RUA PADRE CARLOS DE TOLEDO		91	CENTRO	362783.7288	7531147.9771
13	Point	575	100.100.090.000	RUA PADRE CARLOS DE TOLEDO , 21 , CENTRO	RUA PADRE CARLOS DE TOLEDO		21	CENTRO	362839.5641	7531224.0847
14	Point	589	101.100.100.000	RUA PREFEITO ROGERIO BERNARDES DE SOUZA , 96 , CENTRO	RUA PREFEITO ROGERIO BERNARDES DE SOUZA		96	CENTRO	362954.6844	7531227.1168
15	Point	633	101.600.020.000	RUA ENGENHEIRO ALVARES MACIEL , 467 , CENTRO	RUA ENGENHEIRO ALVARES MACIEL		467	CENTRO	362975.4598	7531034.0981
16	Point	648	102.900.080.002	RUA TOMAZ ANTONIO GONZAGA , 629 , CENTRO	RUA TOMAZ ANTONIO GONZAGA		629	CENTRO	363124.1551	7531062.1268
17	Point	702	103.200.200.000	RUA PREFEITO ROGERIO BERNARDES DE SOUZA , 578 , CENTRO	RUA PREFEITO ROGERIO BERNARDES DE SOUZA		578	CENTRO	363409.1781	7531134.681
18	Point	725	103.200.070.002	RUA TOMAZ ANTONIO GONZAGA , 513 , CENTRO	RUA TOMAZ ANTONIO GONZAGA	FUNDOS A	513	CENTRO	363196.357	7531132.3996
19	Point	786	100.400.100.000	AVENIDA ALVARENGA PEIXOTO , 118 , CENTRO	AVENIDA ALVARENGA PEIXOTO		118	CENTRO	362897.3397	7531536.5402
20	Point	810	100.500.060.002	RUA SARGENTO MOR TOLEDO PIZZA , 58 , CENTRO	RUA SARGENTO MOR TOLEDO PIZZA		58	CENTRO	362988.1199	7531614.9216
21	Point	894	102.400.110.002	RUA CORONEL FREIRE DE ANDRADE , 19 , CENTRO	RUA CORONEL FREIRE DE ANDRADE		19	CENTRO	363283.4675	7531681.0623

**Fonte:** Autoria própria.

Os resultados do processamento podem ser visualizados na figura 16, indicando a rota que apresenta o menor trajeto para entrega de correspondências para 20 (vinte) endereços tomando como ponto de origem a empresa Correios localizada na Avenida Alvarenga Peixoto, 299, Centro, Inconfidentes/MG. Após a execução do cálculo da rota ideal, o programa forneceu o resultado de um trajeto de 4.506,8 metros realizado em 9 minutos, passando por 20 endereços de forma que se respeitasse as restrições preestabelecidas referentes ao sentido das vias do município e retornando ao ponto de origem.



Figura 16 - Representação da rota de menor percurso - Caso 1.



Fonte: Autoria própria.

Além disso o programa oferece informações detalhadas sobre todo o percurso, bem como um mapa com a sequência estabelecida, evitando assim, mudanças de percurso, favorecendo ao motorista seguir o caminho determinado. O usuário possui ainda a opção de imprimir o quadro de direções facilitando ainda mais a trajetória pelo percurso. A figura 17 a seguir traz um recorte do quadro de direções apresentado pelo programa após a determinação da rota.

**Figura 17 - Quadro de direções apresentado pelo programa - Caso 1.**

**Directions (Vehicle Routing Problem 3)**

<a href="#">75:</a>	Arrive at AVENIDA ALVARENGA PEIXOTO,816,,CENTRO, on the left			<a href="#">Map</a>
<a href="#">76:</a>	Depart AVENIDA ALVARENGA PEIXOTO,816,,CENTRO			
<a href="#">77:</a>	Continue east on AVENIDA ALVARENGA PEIXOTO	33.4 m	< 1 min	<a href="#">Map</a>
<a href="#">78:</a>	Turn right on RUA HUBERTO BONAMICHI	82.5 m	< 1 min	<a href="#">Map</a>
<a href="#">79:</a>	Turn right on RUA CLAUDIO MANOEL DA COSTA	137.2 m	< 1 min	<a href="#">Map</a>
<a href="#">80:</a>	Turn right on RUA PREFEITO AFONSO TROYSE	108.7 m	< 1 min	<a href="#">Map</a>
<a href="#">81:</a>	Turn left on AVENIDA ALVARENGA PEIXOTO	103.0 m	< 1 min	<a href="#">Map</a>
<a href="#">82:</a>	Turn right on RUA BARBARA HELIODORA	21.6 m	< 1 min	<a href="#">Map</a>
<a href="#">83:</a>	Arrive at RUA BARBARA HELIODORA,71,,CENTRO, on the right			<a href="#">Map</a>
<a href="#">84:</a>	Depart RUA BARBARA HELIODORA,71,,CENTRO			
<a href="#">85:</a>	Go back south on RUA BARBARA HELIODORA	21.6 m	< 1 min	<a href="#">Map</a>
<a href="#">86:</a>	Turn right on AVENIDA ALVARENGA PEIXOTO	295.8 m	< 1 min	<a href="#">Map</a>
<a href="#">87:</a>	Arrive at EMPRESA CORREIOS - AVENIDA ALVARENGA PEIXOTO,299,,CENTRO, on the right			<a href="#">Hide</a>

**88:** Depart EMPRESA CORREIOS - AVENIDA ALVARENGA PEIXOTO,299,,CENTRO

**89:** Finish at AVENIDA ALVARENGA PEIXOTO, 299, ,CENTRO [Map](#)

Total time: 9 min  
 Total distance: 4506.8 m  
 Start time: 17-03-29 8:00 AM  
 Finish time: 17-03-29 8:09 AM

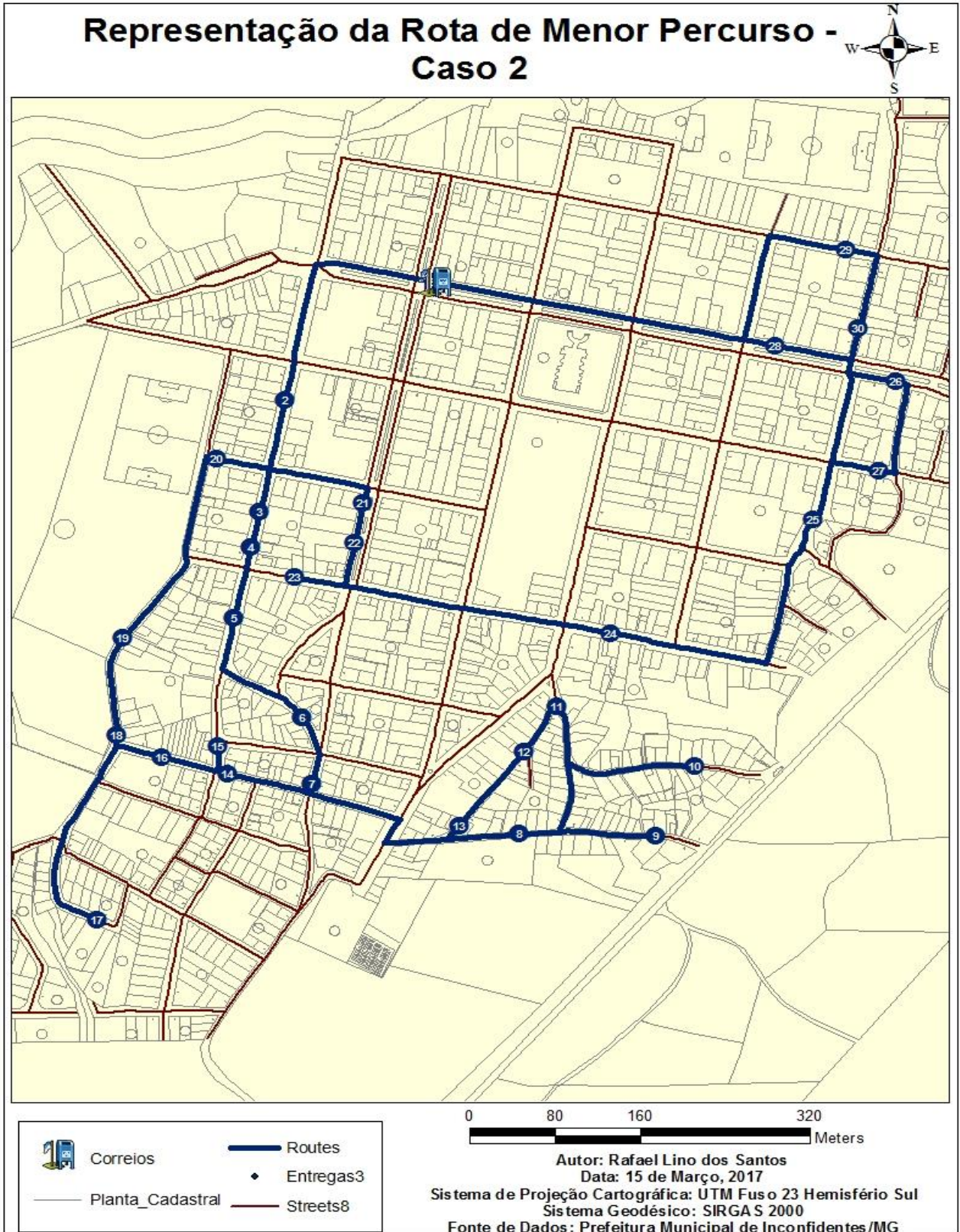
Options...    Print Preview...    Save As...    Print    Close

**Fonte:** ArcGIS Educacional 10.4.1.

## 5.2 ESTUDO DO CASO 2

A fim de visualizar como o modelo proposto pode ser aplicado, realizou-se a simulação de um novo caso a partir da escolha de 30 (trinta) novos endereços distribuídos aleatoriamente pelo município, cujo trajeto de 5.147,1 metros foi realizado em 10 minutos. Os resultados do processamento podem ser visualizados nas figuras 18 e 19 a seguir.

Figura 18 - Representação da rota de menor percurso - Caso 2.




Fonte: Autoria própria.

Figura 19 - Quadro de direções apresentado pelo programa - Caso 2

Directions (Vehicle Routing Problem 2)

the right

<a href="#">109:</a>	Depart AVENIDA ALVARENGA PEIXOTO , 639 , CENTRO			
<a href="#">110:</a>	Continue west on AVENIDA ALVARENGA PEIXOTO	31.1 m	< 1 min	<a href="#">Map</a>
<a href="#">111:</a>	Turn right on RUA BARBARA HELIODORA	110.9 m	< 1 min	<a href="#">Map</a>
<a href="#">112:</a>	Turn right on RUA VIDAL BARBOSA	74.2 m	< 1 min	<a href="#">Map</a>
<a href="#">113:</a>	Arrive at RUA VIDAL BARBOSA , 494 , CENTRO, on the left			<a href="#">Map</a>
<a href="#">114:</a>	Depart RUA VIDAL BARBOSA , 494 , CENTRO			
<a href="#">115:</a>	Continue east on RUA VIDAL BARBOSA	29.6 m	< 1 min	<a href="#">Map</a>
<a href="#">116:</a>	Turn right on RUA PREFEITO AFONSO TROYSE	77.4 m	< 1 min	<a href="#">Map</a>
<a href="#">117:</a>	Arrive at RUA PREFEITO AFONSO TROYSE , 73 , CENTRO, on the right			<a href="#">Map</a>
<a href="#">118:</a>	Depart RUA PREFEITO AFONSO TROYSE , 73 , CENTRO			
<a href="#">119:</a>	Continue south on RUA PREFEITO AFONSO TROYSE	33.3 m	< 1 min	<a href="#">Map</a>
<a href="#">120:</a>	Turn right on AVENIDA ALVARENGA PEIXOTO	398.8 m	< 1 min	<a href="#">Map</a>
<a href="#">121:</a>	Arrive at AVENIDA ALVARENGA PEIXOTO , 299 , CENTRO, on the right			<a href="#">Hide</a>



<a href="#">122:</a>	Depart AVENIDA ALVARENGA PEIXOTO , 299 , CENTRO			
<a href="#">123:</a>	Finish at AVENIDA ALVARENGA PEIXOTO, 299 ,CENTRO			<a href="#">Map</a>

Total time: 10 min  
Total distance: 5147.1 m  
Start time: 17-03-29 8:00 AM  
Finish time: 17-03-29 8:10 AM

Options... Print Preview... Save As... Print Close

Fonte: ArcGIS Educacional 10.4.1.

## 6. CONCLUSÕES

Este estudo possibilitou a criação de rotas para apoio aos serviços de entregas de correspondências prestados pela empresa Correios no município de Inconfidentes/MG. A construção deste projeto se deu por meio da utilização de recursos tecnológicos como o uso do *software* ArcGIS® para análise das rotas simuladas, bem como a utilização de dados disponibilizados pela prefeitura municipal de Inconfidentes/MG como a planta topográfica cadastral e um quadro contendo o cadastro de endereços dos imóveis do município. Por meio de um Sistema de Informações Geográficas foi possível a estruturação de uma base de dados georeferenciados, que auxiliou a construção das rotas analisadas.

As rotas foram geradas a fim de melhorar a realidade dos serviços prestados pela empresa, de forma que o serviço pudesse ser efetuado de maneira eficaz e rápida, otimizando assim, fatores como distâncias e tempo. Foram simulados dois casos diferentes variando os locais de paradas a fim de visualizar como o modelo proposto pode ser aplicado.

As simulações foram realizadas considerando uma velocidade média de percurso de 30km/h. No entanto, as velocidades reais são bastante baixas, demonstrando assim que o tráfego de veículos possui forte influência nas vias urbanas. Portanto, para uma análise mais rigorosa em estudos de roteirização de serviços de transporte, recomenda-se implementar outros atributos à rede

como declividade das vias, tempo de realização da entrega propriamente dita, sinalizações de trânsito, tráfego local, entre outros fatores temporais que possam influenciar no resultado final. Além disso, recomenda-se complementar e atualizar o banco de dados de endereços utilizado na execução deste trabalho.

A empresa utilizada como referência na construção deste trabalho não possuía qualquer base de dados com mapas digitalizados e georreferenciados, bem como qualquer sistema para otimização dos serviços de entregas. Assim, este trabalho apresenta um caráter essencial do ponto de vista prático e acadêmico, podendo servir de base para a realização de outros novos estudos, bem como a construção de outros sistemas para atender a logística de entrega de outras empresas como redes de restaurantes, farmácias, supermercados, entre outros.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALI, K. 2015. *How has GIS changed from a tool to a science in the last five decades*. University of Malakand. 2015. 29 p.

ANTENUCCI, J.C.; BROWN, K.; CROSWELL, P.L. *Geographic Information Systems: A guide to the technology*. Van Nostrand Reinhold, 1991.

ARANHA, F. **Atlas dos setores postais: Uma nova geografia a serviço da empresa**. Revista de Administração de Empresas, São Paulo, v. 37, n. 03, p.20-27, set. 1997.

ARNOFF, S. *Geographic Information Systems: A management perspective*. Ottawa, Canada. Ottawa: WDL Publications. 1989. 294p.

BALLOU, R. H. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos: Planejamento, organização e logística empresarial**.4. Ed, Porto Alegre: Bookman, 532 p, 2001.

BARRADAS, J. F. S. **Roteirização na logística**. 2012. 43 p. Curso de Logística Empresarial, Universidade Cândido Mendes, Pós-Graduação Lato Sensu AVM Faculdade Integrada, Rio de Janeiro - RJ, 2012.

BODIN L. D. **Twenty years of routing and scheduling**. Operations Research. University of Maryland, College Park. 1990. 19p.

BODIN, L. D.; GOLDEN, B.; ASSAD, A.; BALL, M. 1983. *Routing and scheduling of vehicle and crews: The state of the art*. Computers and Operations Research, v. 10, n. 2. 1983. p.63-211.



BURROUGH, P.A. *Principles of Geographical Information Systems for land resources assessment*. Oxford University, Claredon Press. 1986. 193p.

Código de Trânsito Brasileiro (CTB). Lei Nº 9.503, de 23 de setembro de 1997 que institui o Código de Trânsito Brasileiro. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. Brasília: 1997.

CÂMARA, G.; **Análise de Arquiteturas para Bancos de Dados Geográficos Orientados a Objetos**. São José dos Campos, SP: USP, 1994. Tese de Doutorado.

CÂMARA, G.; CASANOVA, M. A.; HEMERLY, A. S.; MAGALHÃES, G. C.; MEDEIROS, C. M. B. **Anatomia de Sistemas de Informação Geográfica**. 10a. Escola da Computação, UNICAMP, 1996.

CESAR, T. M. **Logística de entrega de encomendas dos correios em Brasília**. 2014. 66 p. Monografia (Especialização) - Curso de Bacharel em Administração, Departamento de Administração, Universidade de Brasília, Brasília - DF, 2014.

CHRISMAN, N. R. *What Does 'GIS' Mean?* Geography, Department Of Geography, University Of Washington, Seattle. 1999. 12 p.

CORREIOS. **Formas de endereçamento**. Disponível em: <<https://www.correios.com.br/para-voce/precisa-de-ajuda/como-enderecar-cartas-e-encomendas>>. Acesso em: 17 jan. 2017.

COSTA, D. M. B.; STEINER, M. T. A.; CARNIERI, C.; ZAMBONI, L.V. S; SILVA, A. C. L. **Técnicas da pesquisa operacional aplicadas na otimização dos serviços postais**. Gestão & Produção, São Carlos - SP, v. 8, n. 01, p.37-55, abr. 2001.

CUNHA, C.B. **Uma contribuição para problemas de roteirização de veículos com restrições operacionais**. Tese de D.Sc., Escola Politécnica da USP, São Paulo, SP, Brasil.

CUNHA, C. B. **Aspectos práticos da aplicação de modelos de roteirização de veículos a problemas reais**. Transportes, Departamento de Engenharia de Transportes, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, USP, 2000.

DANTAS, A.; TACO P.; YAMASHITA Y. 1996. **Sistemas de Informações Geográficas em Transportes: O estudo do estado da arte**. Anais do X Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, ANPET, Brasília, DF, vol. 1, p. 211-219. 1996.

DANTZIG, G. B.; RAMSER J. H. 1959. *The truck-dispatching problem*. Management Science, Vol. 6, No. 1 (Oct. 1959), pp. 80-91.

DELGADO, M. L. H. C. R. **Sistema de Informação Geográfica aplicado ao transporte de reclusos**. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências e Sistemas de Informação Geográfica,

Instituto Superior de Estatística e Gestão de Informação, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2011. 116 f.

DELUQUI, K. K. **Roteirização para veículo de coleta de resíduos sólidos domiciliares utilizando um Sistema de Informações Geográficas - SIG**. São Carlos, 2003. 222 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária), Universidade de São Paulo. 2003.

ESRI - *Environmental Systems Research Institute*. **GIS dictionary**. Disponível em: <<http://support.esri.com/other-resources/gis-dictionary/term/database>>. Acesso em: 11 jan. 2017.

ESRI - *Environmental Systems Research Institute*. **ArcLogistics™: The routing and scheduling solution for fleet management**. New York: Esri ® White Paper, 2010. 12 p.

FARIA, T. S. **Análise e retificação de base de dados de endereçamento utilizando ferramentas de geoprocessamento**. Monografia (Especialização) - Curso de Especialização em Geoprocessamento, Departamento de Cartografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte - MG, 2011. 57 p.

FERRARI, R. **Viagem ao SIG planejamento estratégico, viabilização, implantação e Gerenciamento de Sistemas de Informação Geográfica**. Curitiba: Sagres, 1997. 179 p. Disponível em: <<http://www2.dc.ufscar.br/~ferrari/viagem/inicial.html>>. Acesso em: 11 jan. 2017.

FERREIRA, R. M. P.; FARIA, S. D. **Aplicação de Sistemas de Informações Geográficas na gestão da informação e no planejamento de sistema rodoviário**. 2012. 05 f. Curso de Geografia, Departamento de Cartografia, Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, Belo Horizonte, 2012.

FROST & SULLIVAN. **Geographical Information System (GIS) markets to triple worldwide, near \$4 billion**. Mountain View, California: Frost and Sullivan, press release, 16 february 1995.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo 2010**. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/v3/cidades/municipio/3130606>>. Acesso em: 10 jan. 2017.

KEENAN, P. **Modelling vehicle routing in GIS**. Department of Management Information Systems, UCD Business Schools. Dublin, Ireland: Filmbase, 2008. 20 p.

LACERDA, M. G. **Análise de uso de SIG no sistema de coleta de resíduos sólidos domiciliares em uma cidade de pequeno porte**. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho - UNESP. Ilha Solteira - SP, 2003. 158 f.

LAMIN, J. A. S. **Distribuição física de produtos na região metropolitana de Florianópolis estudo de caso: Correios**. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005. 108 p.

- LAPORTE, G.; OSMAN, I. *Routing problems: A bibliography*. Annals of Operations Research, 61, 227-262. 1995.
- LEMES, D. C. S. S. **Planejamento do sistema de transportes de uma cidade de porte médio auxiliado por SIG-T**. Uberlândia, 2004. 125 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana), Universidade Federal de Uberlândia.
- LIMA, R. S. **Bases para uma metodologia de apoio à decisão para serviços de educação e saúde sob a ótica dos transportes**. 200p. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.
- LISBOA FILHO, J.; IOCHPE, C. **Introdução a Sistemas de Informações Geográficas com ênfase em banco de dados**. Departamento de Informática, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1996. 53p.
- MAHAXAY, M.; BROUWERS, W.; MANDERS, R. M. *Geographical Information Systems (GIS) in Underwater Archaeology*. Thailand: UNESCO Bangkok, 2012. 23 p.
- MARK, D. M.; CHRISMAN, N.; FRANK, A. U.; McHAFFIE, P. H.; PICKLES, J. *The GIS history project*. Summary Paper presented at the UCGIS Summer Assembly, Bar Harbor, USA. June 1997.
- MARTINS, D.; DAVIS JUNIOR, C. A.; FONSECA, F. T. **Geocodificação de endereços urbanos com indicação de qualidade**. GEOINFO, Campos do Jordão - SP, p.36-41, nov. 2012.
- MELO, A. C. S.; FERREIRA FILHO, V. J. M. **Sistemas de roteirização e programação de veículos**. Universidade Federal do Rio de Janeiro - RJ, v. 21, n. 02, p.143-154, jul. 2001.
- MENESES, H. B. **Interface lógica em ambiente SIG para bases de dados de sistemas centralizados de controle do tráfego urbano em tempo real**. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Mestrado em Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2003. 204 f.
- NARUO, M. K. **O estudo do consórcio entre municípios de pequeno porte para disposição final de resíduos sólidos urbanos utilizando Sistemas de Informação Geográficas**. São Carlos,

Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. 2003. 283p.

NAZÁRIO, P. **GIS: Definições e aplicações na logística**. Revista Tecnológica, São Paulo, v. IV, n. 35, p.16-21, out. 1998.

NETO, F. A.; LIMA, R. S. **Roteirização de Veículos de uma rede atacadista com o auxílio de Sistemas de Informações Geográficas (SIG)**. Revista Pesquisa & Desenvolvimento. Engenharia de Produção, Itajubá, v. 2, n. 5, p.18-39, jun. 2006.

NEVES, M. P. B.; MACEDO, D. L.; BARBOSA, L.; ESTENDER, A. C. **A roteirização logística na distribuição de cosméticos**. Revista de Logística da Fatec Carapicuíba, Guarulhos, v. 1, n. 6, p.05-16, jun. 2015.

NGS - *National Geographic Society*. **Education entry**. 2015. Disponível em: <<http://nationalgeographic.org/encyclopedia/geographic-information-system-gis/>>. Acesso em: 10 jan. 2017.

OLEGÁRIO, P. T. **Da integração postal a integração logística: Organização dos correios no território brasileiro**. Curso de Bacharel em Geografia. Instituto Latino-Americano de Tecnologia, Infraestrutura e Território da Universidade Federal da Integração Latino Americana, Foz do Iguaçu, 2015. 124 f.

OLIVEIRA, M. P. G. **Sistema espacial de apoio à decisão: Modelos para análise do adensamento de atividades econômicas no espaço urbano**. 1997. Dissertação (Mestrado), Escola de Governo de Minas Gerais da Fundação João Pinheiro.

PELIZARO, C. **Avaliação do desempenho do algoritmo de um programa comercial para roteirização de veículos**. São Carlos. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos, Departamento de Engenharia de Transportes, Universidade de São Paulo. 2000.

RAGO, S.F. T. **Estratégias para distribuição e transportes (II)**. Revista Log&Man - Logística, Movimentação e Armazenagem de Materiais, ano XXIII, Setembro, n. 143, p. 10-11, 2002.

RIBEIRO, G. M.; RUIZ, M. D. V.; DEXHEIMER, L. **Programa de roteamento de veículos aplicação no sistema de coleta dos correios**. 1999. 8 p. Curso de Engenharia de Transportes, Instituto Militar de Engenharia - IME, Rio de Janeiro - RJ, 1999.

SEBEN, L. L.; GHISLENI, C. L.; SAURIN, T. A. **Análise da aplicação da prática de gerenciamento visual em uma empresa pública de serviços postais**. 2011. 14 p. Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, Rio Grande do Sul, 2011.

SILVA JUNIOR, R. F. **Circulação e logística territorial: a instância do espaço e a circulação corporativa**. Pós-graduação em Geografia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - UNESP. Presidente Prudente - SP, 2009. 384 p.

SILVA, R. **Bancos de dados geográficos: Uma análise das arquiteturas dual (SPRING) e integrada (Oracle Spatial)**. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Transportes, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002. 137 f.

SUTTON, J. C.; WYNMAN, M. M. **Dynamic location: An ironic model to synchronize temporal and spatial transportation data**. Transportation Research, Part C, 2000. p. 37-52.