

**Autores:**

IGOR AUGUSTO DE C. GOMES  
JULIANA MARINHO  
TÁSSIA MENDONÇA

**RESUMO**

O presente trabalho tem como tema a melhoria do traçado rodoviário de um trecho de estrada rural que servirá de ligação entre uma empresa mineradora e o terminal ferroviário localizado no município de Sarzedo. Considerando que o fator logístico é uma questão importante a ser superada pela mineração, é possível analisá-la sob a ótica de viabilização econômica e ambiental de um empreendimento mineiro. A viabilização econômica, no quesito logística, se dá quando pautadas as variáveis relativas as distâncias e formas de transporte que serão “escolhidas” para emprego em um empreendimento. Já a viabilização ambiental refere-se à possibilidade de se instalar estradas/ rodovias em determinadas porções do espaço que muitas vezes possuem conhecida fragilidade ambiental ou até mesmo proteção por alguma regra previamente estabelecida.

Palavras-chave: **geometria, estradas, melhoria, DNIT.**

**1. INTRODUÇÃO**

Nos dias atuais existem, na divisa dos municípios de Ibirité e Sarzedo um trecho de estrada rural abandonado e por isso não utilizada, que ligava uma antiga mineradora, hoje paralisada, à sede municipal de Sarzedo - MG.

Com a intenção desta mineradora em retomar os trabalhos de exploração mineral naquele local, faz-se necessário proceder também a reativação desta estrada uma vez que, por particularidades existente ali, essa estrada hoje seria a melhor opção para escoamento de toda produção daquela mineradora

Outro fator que ganha relevância, com a reativação desta estrada, é que será criado um novo acesso que seria utilizado não só pela comunidade sarzedense, mas também por todos aqueles que demanda se locomovem entre esse município e município de Nova Lima. Resumidamente, esse novo traçado restabeleceria o acesso entre as rodovias MG 040, em Sarzedo e a rodovia BR 040, em Nova Lima.

O presente estudo busca analisar o trecho de uma estrada hoje existente e entender se através daquele traçado, é possível que transitem veículos leves, da comunidade que vive no entorno, e se também é possível atender aos interesses de uma empresa mineradora em escoar sua produção de minério de ferro por aquele corredor.

Pretende-se, contudo, além de analisar o traçado hoje existente, conhecer suas fragilidades, pontos esses que necessitem de melhorias e ao final propor, através de um

projeto geométrico, um novo traçado para aquele trecho de forma possibilitar sua reativação.

## **2.0 DESENVOLVIMENTO**

Este trabalho é importante pelo fato de que com o retorno das atividades da empresa mineradora, proprietária da estrada de serviço existente, há a necessidade de adequar e recuperar o trecho, proporcionado assim benefícios diretos à comunidade sarzedense e a todos aqueles que se locomovem entre os municípios de Ibirité, Sarzedo e Nova Lima, pois o trecho recuperado restabeleceria o acesso entre as rodovias MG 040, em Sarzedo, e a rodovia BR 040, em Nova Lima. Além disso esta estrada irá proporcionar os seguintes fatores:

- ✓ Aumento da segurança viária,
- ✓ Viabilização do empreendimento de exploração mineral;
- ✓ Estabelecer um novo acesso para comunidade vizinha da nova estrada;
- ✓ Minimização de impactos ambientais decorrentes da instalação de um novo trecho, caso esse não existisse ou não pudesse ser reativado.

## **3.0 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

Para a construção do objeto desta pesquisa e a formulação das conjecturas que orientarão o desenvolvimento deste estudo, serão considerados os referenciais teóricos desenvolvidos a seguir.

### **3.1 Topografia**

Define-se topografia como “descrição de um lugar”. Ela é a ciência que estuda todos os acidentes geográficos definindo a situação e a localização deles, tem-se definidas três tipos de regiões sendo elas planas, onduladas e montanhosa.

- ✓ **Terrenos Planos**, que apresentem declividade transversal de até 5%
- ✓ **Terrenos Ondulados**, que apresentem declividade transversal de 5% a 20% .
- ✓ **Terrenos Montanhosos**, que apresentem declividade transversal maior que 20%.

Para o conhecimento do terreno e sua superfície é necessária a execução de um levantamento topográfico, trata-se de operações realizadas no campo e no escritório onde se determinam as coordenadas geográficas e topográficas locais, a execução de um levantamento planialtimétrico estabelecendo o alinhamento dos objetos cadastrados, e as variações do nível do terreno “curvas de nível”.

### **3.2 Estudo de traçado**

O Estudo de traçado tem a finalidade definir a linha técnica e economicamente mais viável para se promover a ligação entre os 2 (dois).

### **3.3 Levantamento de Dados Existentes**

Para determinar a primeira alternativa da área de influência do projeto, recorre-se à análise e estudos existentes:

- ✓ Mapas rodoviários;
- ✓ Planos e estudos anteriores (antigos estudos de traçado, restituições aerofotogramétricas, antigos projetos, estudos de viabilidade técnica - econômica, cadastros, etc.);
- ✓ Cartas geográficas do IBGE, editados nas escalas de 1:100.000 e 1:50.000, cobrindo todo Estado de Minas Gerais;
- ✓ Restituições aerofotogramétricas;
- ✓ Explorações topográficas efetuadas no "corredor" do projeto

### **3.4 Estudo Topográfico**

Efetuação da materialização do projeto no terreno, ocorre através da marcação de seus principais pontos definidores, além da marcação de outros levantamentos subsidiários.

### **3.5 Exploração Locada**

Trata-se da relocação do eixo de estradas existentes e locação de variantes de traçado diretamente no campo, sem elaboração previa do "anteprojeto".

- ✓ VANTAGEM - rapidez dos trabalhos.
- ✓ DESVANTAGENS - geralmente não se obtêm traçados satisfatórios, pois no campo as equipes de topografia não têm condição de introduzir algumas correções no traçado que, apesar de pequenas, podem trazer economia na construção e considerável melhoria as características técnicas e operacionais da rodovia .

### **3.6 Projeto de estrada**

O projeto de estrada está subdividido em:

#### **3.7 Curvas Horizontais**

No plano horizontal são adotados dois tipos de curvas, as circulares simples e curvas espirais.

#### **3.8 Curva Circular Simples**

São curvas descritas pelo raio. São adotadas em estradas para raio de curvatura  $R > 600\text{m}$ . Quando o raio for menor que  $R < 600\text{m}$  tem-se que adotar curvas espirais; porém nos locais em que a velocidade for baixa pode-se usar curvas circulares simples para raio menor que 600m.

#### **3.9 Curva com Espiral ou com Transição**

A curva espiral é adotada em projetos de estradas quando o raio de curvatura horizontal for menor que  $R < 600\text{m}$ .

Esta curvatura tem origem numa curva circular simples de mesmo raio, com a introdução de um ramo espiral que fará a concordância entre a tangente e a curva circular.

### **3.10 Etapas de Desenvolvimento do Projeto Geométrico**

Para desenvolver o projeto, o engenheiro precisa definir as principais características técnicas da rodovia, tais como a classe da rodovia.

### **3.12 Velocidade Diretriz**

Considera-se como velocidade diretriz a menor velocidade que o motorista irá trafegar na rodovia.

### **3.13 Raio mínimo de curvatura horizontal**

O Raio Mínimo de Curvatura Horizontal é o menor raio que pode ser percorrido com a velocidade diretriz a uma taxa de superelevação com segurança e conforto.

### **3.14 Rampa Máxima do greide**

Greide é o perfil de uma estrada complementado com inscrição de todos elementos que o define.

O greide máximo é sempre em função da velocidade projetada para a rodovia que, por sua vez, apresenta variações topográficas regionais.

### **3.15 Dimensões da Plataforma**

A plataforma é a faixa da estrada compreendida entre os dois pés dos cortes, no caso da seção em corte; de crista a crista do aterro, no caso da seção em aterro; e do pé do corte à crista do aterro, no caso da seção mista. Os elementos constituintes da plataforma são:

**Faixa de Domínio** – é a faixa que se desapropria para a construção da estrada, prevendo uma largura suficiente que permita, no futuro, sua expansão, facilitando também a execução de serviços de manutenção e a proteção das obras.

**Rampa do corte** – é a parte fortemente inclinada da seção transversal do corte. Se o corte é em seção plena, existem duas rampas. É também chamado de talude de corte.

**Saia do aterro** – é a parte inclinada da seção transversal do aterro. Se o aterro é em seção plena, existem duas saias.

**Pé do corte ou do aterro** – é o extremo inferior da rampa do corte, ou saia do aterro.

**Crista do corte ou do aterro** – Crista do corte é a interseção da rampa do corte com o terreno natural. Quando a seção é toda em corte, existem duas cristas de corte, mas, se a seção é mista, há apenas uma crista de corte.

**Crista de aterro** é a borda saliente da seção de uma estrada em aterro. Quando a seção é toda em aterro, existem duas cristas de aterro, mas, se a seção é mista, só há uma crista de aterro.

**Terreno marginal** – é o terreno contíguo situado ao longo da faixa de domínio de uma estrada de rodagem.

**Faixa marginal** – é cada uma das faixas de terreno compreendida entre a crista do corte e o limite da faixa de domínio, no caso da seção em corte, ou entre o pé do aterro e o limite da faixa de domínio, no caso da seção em aterro.

**Faixa terraplenada** – é a faixa correspondente à largura que vai de crista a crista do corte, no caso de seção plena em corte; do pé do aterro ao pé do aterro, no caso de seção plena em aterro; e da crista do corte ao pé do aterro, no caso da seção mista. É a área compreendida entre as linhas de —off-sets.

**Acostamento** – é a faixa que vai da borda do pavimento até a sarjeta, no caso da seção da estrada em corte, ou a faixa que vai da borda do pavimento até a crista do aterro, no caso da seção em aterro.

Ele se destina à proteção da borda do pavimento, estacionamento do veículo na estrada, pista de emergência, canteiro de serviço para a conservação da estrada, passeio para pedestre etc.

Nas estradas de tráfego intenso, os acostamentos são também pavimentados.

**Sarjeta** – é uma valeta rasa, com seção em V aberto, situada ao pé do corte e destinada a receber as águas pluviais da plataforma e da faixa que vai da valeta de proteção do corte até o pé do mesmo.

**Banqueta de proteção do aterro** – é um prisma de terra que se constrói junto à crista dos aterros, para servir de anteparo às rodas dos veículos automotores, no caso de derrapagem, e também para impedir que as enxurradas corram pelos aterros altos, provocando erosão.

**Pista** – é a faixa pavimentada da estrada por onde trafegam os veículos automotores. As estradas de rodagem podem ter uma única pista (pista simples) ou duas pistas (pista dupla).

No segundo caso, cada pista tem o tráfego num único sentido, permitindo maior segurança. No caso de pistas duplas, elas podem ser contíguas (paralelas) ou independentes. Na travessia de perímetro urbano, as estradas podem ter 4 pistas ou mais, sendo as duas externas destinadas ao tráfego local ou ao acesso a estrada.

**Faixas de tráfego** – é a parte da pista necessária à passagem de veículo automotor típico.

**Borda do pavimento** – é a beirada da pista, como o nome indica.

**Abaulamento** – é a inclinação transversal de cada trecho reto da seção transversal, sempre expresso em porcentagem.

**Superelevação ou sobrelevação** – é a inclinação transversal da pista de uma estrada em curva, para fazer face à força centrífuga do veículo automotor em movimento. É sempre expressa em porcentagem.

Pela norma do DNIT (2005) a superelevação varia de 2% a 10%, conforme o raio de curvatura da estrada. Vale notar que as normas citadas denominam a superelevação de inclinação transversal das curvas, fugindo ao critério geral do mundo ocidental que sempre emprega palavra correspondente à superelevação.

**Superlargura** – é o alargamento da estrada nas curvas, em relação à largura adotada nos trechos em tangente. Só se emprega nas curvas com pequenos raios de curvatura.

**Canteiro central** – é a faixa de terreno que separa fisicamente uma pista da outra. É denominado impropriamente como refúgio central. Tem por finalidade oferecer maior segurança ao tráfego.

Deve ser o mais largo possível, para permitir ampliação da largura das pistas se, no futuro, for necessário. No Brasil adota-se de 3 a 6 metros de largura, sendo preferível 6,00 m, por permitir retorno.

**Rodagem** – é a faixa de estrada compreendendo pista e acostamentos. Recebeu este nome porque, nesta faixa, o veículo deve poder trafegar livremente, não se permitindo colocar nela nenhum obstáculo que vá limitar a liberdade de movimento do veículo. A sinalização deve, por isso, ficar sempre fora da rodagem.

**Talude do corte** – é a cotangente do ângulo de inclinação da rampa do corte com a vertical. Pode-se definir, também, como a tangente do ângulo horizontal. Os taludes clássicos dos cortes são, na prática, os seguintes: talude vertical (caso dos cortes em rochas); talude 3:2 (vertical: horizontal) – caso dos solos consistentes; talude 1:1 (V: H) caso dos solos pouco consistentes.

**Talude do aterro** – é a cotangente do ângulo de inclinação da saia do aterro expresso de maneira análoga à dos cortes ou a tangente, com o ângulo horizontal. Na prática, os taludes dos aterros variam de 2:3 (V: H) a 1:4 (V: H). O talude 1:4 (V: H) é empregado



nas autoestradas quando os aterros são baixos (abaixo de 2,50 m), visando oferecer melhor segurança ao tráfego.

**Eixo da estrada** – é o centro da pista na estrada de pista simples.

### **3.16 Perfil Longitudinal**

O perfil longitudinal pode ser entendido como a descrição do terreno natural no eixo da diretriz escolhida.

### **3.17 Seção Transversal**

Seção transversal é a representação geométrica, no plano vertical, de alguns elementos dispostos transversalmente em determinado ponto do eixo longitudinal. Onde poderá ser em corte, aterro ou mista.

O mesmo autor ainda descreve como sendo as representações perpendiculares ao eixo, nas estacas inteiras, e indicam a linha do terreno natural e a seção projetada na escala 1:100, com a indicação das cotas da terraplenagem proposta, a indicação dos taludes, os limites das categorias de terreno, a faixa de domínio (no caso de rodovias), as áreas de corte e aterro, o acabamento lateral da seção para sua adaptação ao terreno adjacente, a largura da plataforma, a largura dos acostamentos, a largura dos estacionamentos, a largura das calçadas e o alinhamento predial (vias urbanas).

### **3.18 Projeto Geométrico**

O projeto geométrico de uma estrada é composto por um conjunto de levantamentos, estudos, definições das melhores soluções técnicas que integrarão as fases dos serviços de engenharia.

Uma das fases que antecede a execução do projeto geométrico é o estudo de traçado que por objetivo busca a identificação das melhores diretrizes para implantação

de um projeto desta natureza. Para ele, esse estudo de traçado, para ser devidamente construído, deve considerar as seguintes fases:

- ✓ Reconhecimento
- ✓ Exploração
- ✓ Projeto de Exploração
- ✓ Locação
- ✓ Projeto de Locação

Atualmente, devido ao nível das geotecnologias disponíveis no mercado, já é possível realizar as etapas de reconhecimento e exploração com o apoio de ferramentas de geoprocessamento e sensoriamento remoto, não sendo obrigatória a utilização de recursos da topografia convencional.

Já as fases de locação e projeto de locação, obrigatoriamente requerer recursos da topografia.

Um projeto geométrico de uma rodovia, deve ser precedido das fases de estudo preliminares, projeto básico e projeto executivo.

A autora ainda considera como partes integrantes do estudo do traçado de uma rodovia as etapas de definição do traçado e definição dos veículos para o projeto.

### **3.19 As fases iniciais do projeto de estudo de traçado**

As diferentes fontes bibliográficas consultadas, embora adotem metodologias próprias para definição das nomenclaturas das fases de elaboração de um projeto geométrico, não são antagônicas ou contraditórias, mas sim condizentes e complementares.

Trata assim as fases de um projeto geométrico:

A fase dos estudos preliminares é uma etapa a ser elaborada apenas para criação de novas rodovias. Segundo aquele órgão, os estudos preliminares de geometria devem ser desenvolvidos de acordo com instrução de projeto específica, que também contempla outras especialidades.

Para o órgão, no âmbito da fase preliminar são envolvidas as diretrizes tecnicamente possíveis da via e o estabelecimento de uma série de critérios a serem adotados, para orientar o desenvolvimento de alternativas do traçado viáveis de ponto de vista da geometria.

Para ele, nesta fase devem ser observados elementos tais como classificação funcional e técnica da via e velocidade de projeto; veículo de projeto; volume de tráfego horário de projeto; e uso e ocupação do solo no entorno da via.

A partir da definição dos elementos citados no parágrafo anterior, o órgão relata que é possível determinar todos os demais parâmetros que serão determinantes para o desenvolvimento do projeto e conseqüentemente da implantação do trecho de interesse.

Quanto a fase exploratória relata a autora, que após definida a fase de reconhecimento, dá-se então início à outra etapa que consiste em realizar o levantamento detalhado da diretriz, visando então a criação de uma planta planialtimétrica da faixa do terreno onde se deseja implantar o trecho rodoviário, com a precisão topográfica preceituada em normas técnicas exigidas pelos órgãos governamentais que tratam, regulam e fiscalizam o tema.

### **3.20 Fases intermediárias de um projeto geométrico.**

Relatam que após superadas as fases de reconhecimento e exploração, de posse de um conhecimento detalhado de toda a área por onde se pretende definir o melhor projeto para futura estrada, dá-se início à fase de Projeto de Exploração.

Consiste na determinação das características técnicas, muitas vezes determinado pelo contratante, que deverá constar no projeto para que assim a estrada, após implantada, sirva aos propósitos para os quais a mesma fora construída.

Após conhecidas as condições através das Instruções de Serviço, passa-se a fase de execução do projeto propriamente dita, definindo-se precisamente o traçado e todos os elementos da via.

Superadas as fases anteriores, inicia-se a definição dos traçados para a rodovia, os quais devem ser considerados como entidades tridimensionais, com mudanças de direção fluentes e gradativas. Relata a autora que para a facilidade do trabalho os elementos geométricos da rodovia devem ser decompostos em plantas, perfis e seções transversais.

Ressalta a autora que após implantada o trecho projetado, quando aberta à utilização ao público, esse mesmo público vivenciará em perspectiva real todas as “sensações” confortáveis ou não vislumbradas durante a fase de projeto. Ela destaca ainda que tais sensações acabam por determinar a qualidade do projeto.

Depreende neste contexto é que, nesta etapa da concepção de um projeto geométrico, deve-se buscar criteriosamente a correta interação entre os elementos do traçado, visando o adequado controle das condições de fluência ótica e das condições de dinâmica de movimento que o traçado imporá aos usuários.

### **3.21 Fases finais de um projeto geométrico.**

Concluída a fase de Projeto de Exploração, com o projeto totalmente definido, tratam de uma nova etapa onde deve-se voltar ao campo e implantar o projeto através da locação de seus pontos, verificando se o que foi previsto e projetado é adequado às

expectativas. Todas as ocorrências são devidamente anotadas para novos estudos e convenientes alterações.

Com o resultado da locação dos pontos em campo, os autores recomendam que sejam feitos novos estudos e alteração no projeto com vistas a corrigir problemas identificados em campo durante a primeira locação. Trata-se praticamente de uma repetição da fase do projeto da exploração com alguns pontos repensados e refeitos, sem grandes alterações, concluindo desta forma todas as fases do projeto geométrico.

Já para o DER-SP, a ultima fase do projeto geométrico consiste em na elaboração do projeto executivo que deve ser elaborado seguindo as mesmas recomendações e os mesmo parâmetros da fase anterior.

A diferença substancial entre essas duas etapas está no grau de detalhamento, tendo em vista que o objetivo principal nesta fase é o desenvolvimento do projeto final de engenharia, permitindo a determinação dos quantitativos e do orçamento da obra com a máxima precisão possível e o fornecimento de todos os elementos e informações para a implantação da obra.

Para aquele órgão, além das plantas e perfis, devem ser elaboradas seções transversais e notas de serviço de plataforma acabada correspondentes, bem como detalhes que se julguem relevantes e que permitam ao construtor a execução das obras projetadas.

### **3.22 Projeto de Terraplenagem**

No projeto de terraplenagem o importante é a boa distribuição do movimento de terra onde se visa ter a compensação entre corte e aterro, além também de estimular a melhor maneira de movimentar esta terra, sendo isto fator principal no custo de

implantação do empreendimento um projeto de terraplanagem mal feito pode chegar a inviabilizar todo o empreendimento.

Este projeto deve ser apresentado junto com os perfis longitudinais das vias, vielas sanitárias e demais sistemas de circulação, devem constar também o projeto dos perfis transversais das vias.

### **3.23 Fases do Projeto**

O projeto de terraplenagem deve ser elaborado em três fases:

- ✓ Estudos preliminares;
- ✓ Projeto básico;
- ✓ Projeto executivo.

### **3.24 Estudos Preliminares**

Os estudos geológicos e geotécnicos, a serem desenvolvidos de acordo com as Instruções de Projeto correspondentes, devem definir os diversos tipos de materiais que serão encontrados ao longo da rodovia, assim como as seções transversais típicas a serem adotadas, principalmente em relação às declividades, utilização de bermas e alturas dos taludes de cortes e aterros.

### **3.25 Projeto Básico**

Nesta fase, os horizontes dos diversos materiais devem estar caracterizados ao longo do eixo da via como materiais de 1ª, 2ª e 3ª categorias, solos moles, solos inadequados para aterros ou aproveitáveis somente para corpo, isto é, núcleo de aterros. Os materiais previstos devem ser caracterizados para a finalidade pretendida.

Os taludes de corte e aterro definidos nos estudos preliminares devem ser reavaliados, em função das sondagens e ensaios realizados pelos estudos geotécnicos nesta etapa.

Deve-se elaborar a movimentação dos volumes de terraplenagem, com as compensações longitudinais. Deve ser prevista a localização dos locais de depósito de materiais excedentes e áreas de empréstimos, se assim for necessário, de forma a atender aos aspectos geológicos, geotécnicos, de drenagem, paisagísticos, de custo e de proteção ao meio ambiente.

Os volumes e os seus respectivos momentos de transportes devem ter grau de precisão suficiente para contratação dos serviços e devem fornecer subsídios para refinamento do projeto executivo de geometria, visto que o projeto de terraplenagem é decorrente do projeto geométrico.

### **3.26 Projeto Executivo**

O projeto executivo deve aprofundar os estudos e melhorar o grau de detalhamento estabelecido no projeto básico. Seu objetivo principal é o desenvolvimento do projeto em nível final de engenharia, permitindo a determinação dos quantitativos e do orçamento da obra com maior precisão e a perfeita implantação da obra.

O projeto executivo de terraplenagem relativo aos volumes resulta dos parâmetros estabelecidos nos estudos geológicos e geotécnicos, projetos de geometria e de pavimentação.

Nas seções transversais devem constar elementos que caracterizem de forma clara os critérios adotados para elaboração do projeto, tais como:

- ✓ Configuração do terreno;

- ✓ Configuração da plataforma, taludes, remoção de solo mole e banquetas;
- ✓ Configuração dos limites de contato entre os diversos materiais encontrados e outros elementos necessários;
- ✓ Notas de serviço de plataforma acabada, consistindo de distâncias em relação a um eixo de referência e cotas;
- ✓ Áreas de corte, com as suas respectivas classificações, de aterro, da remoção e da substituição de materiais;
- ✓ Áreas para corpo de aterro, se existir.

### **3.27 Memorial Descritivo**

O memorial descritivo deve conter os critérios adotados para a elaboração do projeto de terraplenagem, abrangendo pelo menos os seguintes dados:

- ✓ Resumo de limpeza e destocamento;
- ✓ Resumo dos volumes escavados, distribuídos por categoria;
- ✓ Distância média de transporte, DMT, do trecho;
- ✓ Fator de contração dos materiais;
- ✓ Localização dos depósitos de materiais excedentes e das áreas de empréstimos.

### **3.28 Memorial de Cálculo**

O memorial de cálculo deve apresentar no mínimo os seguintes elementos:

- ✓ Distribuição de transporte resumida;
- ✓ Planilha de volumes resumida;
- ✓ Planilha de áreas de limpeza e destocamento.

### **3.29 Seções-Tipo**



Todas as seções-tipo representativas devem ser desenhadas na escala 1:100 ou outra escala estabelecida em comum acordo com a fiscalização do contratante. Devem ainda indicar o detalhamento das banquetas, bermas, taludes de corte e aterro nas diversas situações. Devem-se adotar os modelos dos projetos padrões de geometria.

### **3.30 Planilha de Quantidades**

As quantidades de terraplenagem devem ser apresentadas conforme o caderno de serviço do DER/DNIT ou do contratante caso este não seja o DER/DNIT vigente à época da elaboração dos projetos.

### **3.31 Notas de serviço**

As notas de serviço têm a finalidade de definir as dimensões e cotas da plataforma das rodovias e ferrovias, possibilitando a sua implantação durante os trabalhos de construção.

Normalmente as Notas de Serviço referem-se ao nível da plataforma das rodovias, fornecendo as dimensões e cotas do Pavimento Asfáltico a ser construído, sendo, então, denominadas Notas de Serviço de Pavimento Acabado.

## **3.1 MATERIAIS E MÉTODOS**

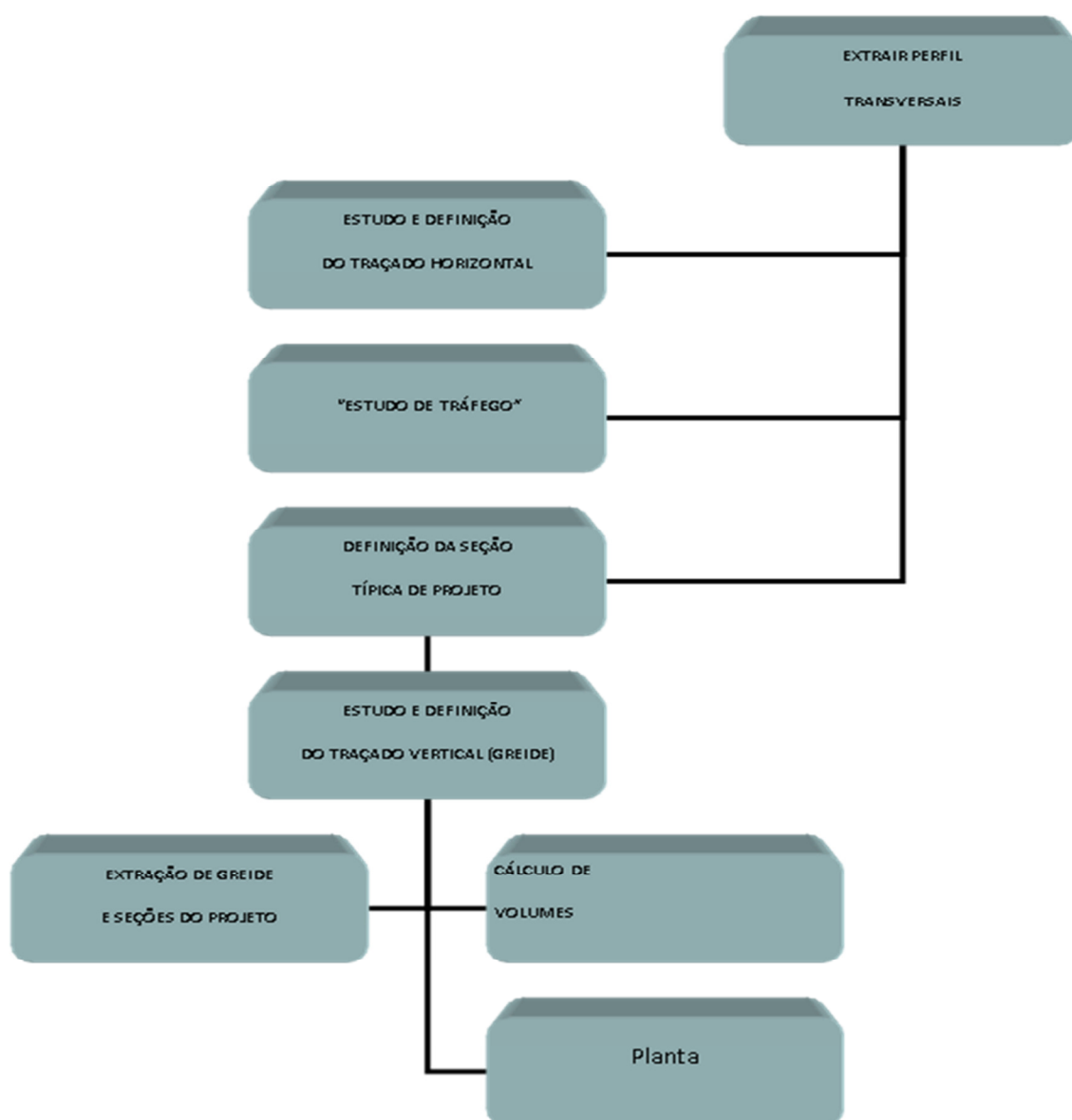
Os dados para a elaboração desta pesquisa, que se trata de um estudo de caso, são provenientes de uma visita in loco, tratamento de dados em softwares. Assim, adotou-se os seguintes materiais e metodologia para obtenção dos resultados esperados nos objetivos.

### **3.1.1 Materiais** Software de desenho: AUTOCAD CIVIL 3D

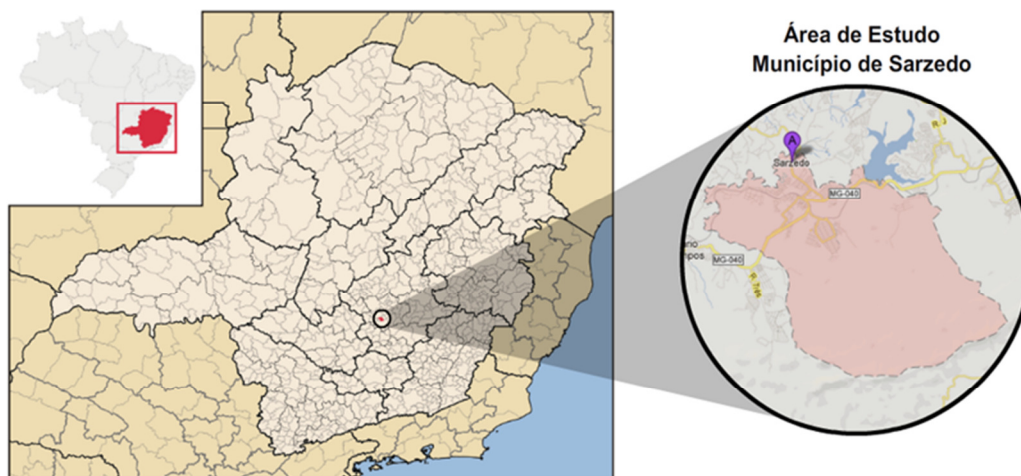
- ✓ Levantamento a Laser na escala 1:1000
- ✓ Traçado original da estrada
- ✓ Imagem de satélite – GEO EYE- 50 cm resolução espacial.

### 3.1.2 Métodos

Para desenvolvimento deste trabalho, que se trata de um estudo de caso, adotou-se a seguinte Metodologia, conforme as etapas a seguir no (Fluxograma).



### 3.1.3 Localização da área de estudo



Localização da área de estudo

### 3.1.4 Caracterização do objeto de estudo

A estrada Boa Esperança/Mangaba que interliga os municípios de Sarzedo e Ibirité possui 3.300 metros e apresenta uma série de características que, na sua atual condição, não permitem o uso para o qual está se buscando.

Entre as diversas características hoje presentes, destacam-se aquelas que fazem menção ao tipo de pavimento, topografia, geometria largura e declividade, que abaixo são abordadas no quadro (Resumo das principais características da estrada existente) abaixo:

PAVIMENTO	Sem revestimento
TOPOGRAFIA	Ondulada
GEOMETRIA	Muitas curvas irregulares
LARGURA	Variável ente 3 a 6 metros
EXTENSÃO	3.3 km
INCLINAÇÃO	Variável ente 12% a 21%

## 3.2 RESULTADOS

O traçado horizontal da via de ligação à Mineração Santa Paulina – MSP foi elaborado de forma a melhorar o traçado existente. Com base na Topografia, relevo da região e estudo de tráfego, concluiu-se que a estrada é:

- De Classe IV;
- A velocidade diretriz é de 40 Km/h;
- A Região é Ondulada, e possui os seguintes parâmetros:
- Através dos dados do projeto, começou-se a realizar o estudo de traçado.
- Os cálculos foram realizados através do software civil 3D 2012.

Respeitando o traçado original, melhoramos as rampas e curvas horizontais. As tangentes foram concordadas com curvas circular de transição, a seção da via é de 12 m incluindo 2,50 m de acostamento e o revestimento é primário.

A geometria dos taludes foi adotada para os cortes 2:1 (H: V) e aterros de 3:2 (H: V), com bermas a cada 10 metros e banquetas de 4,0 metros de largura com declividade transversal de 5% no sentido do corte/aterro.

Para o greide usamos a inclinação máxima de 8% e mínima de 1,53%, visando o menor volume de corte /aterro, que estão a seguir no quadro (Quadro resumo dos volumes de terraplenagem projetados) abaixo:

<b>Áreas</b>	<b>Volumes (<math>m^3</math>)</b>
Corte	542.591,33
Aterro	456.965,71

No momento do transporte do solo proveniente dos cortes e aterros considerar o fator de empolamento. Lançar o material excedente na pilha de extério da Mineração Santa Paulina.

Após a finalização dos trabalhos, pode se concluir que foi possível realizar um traçado que apresentasse melhorias comparadas com o traçado original (existente).

Para atender as todas as diretrizes básicas dos órgãos que regem a normatização para a geometria de traçados de estrada, fez-se necessário grandes alterações, mas

buscou se preservar algumas características importantes do traçado original como, por exemplo, a preservação das ramificações das estradas que chegam até a estrada estudada como também a elevação de partida e chegada do greide.

A estrada Boa Esperança/Mangaba após estudos apresentou as seguintes características.

ESTRADA	EXISTENTE	PROJETADA
PAVIMENTO	Sem revestimento	Sem revestimento
TOPOGRAFIA	Ondulada	Ondulada
GEOMETRIA	Muitas curvas irregulares	Concordância horizontal em espiral de transição
		Raio variável entre 150m a 580m
LARGURA	Variável ente 3 a 6 metros	12m
EXTENSÃO	3.3 km	2.96 km
INCLINAÇÃO	Variável ente 12% a 21%	8%

Resumo comparativo entre a estrada projetada e existente

#### 4.0 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Buscando atender as normas de diretrizes para elaboração de projeto de estradas, pode garantir aos seus usuários mais segurança e conforto.

Nesse caso quando se traz ao centro da discussão a expressão, “melhoria”, significa dizer que hoje existe na região uma estrada e essa estrada precisa passar por reformas para assim servir aos fins da empresa mineradora.

Contudo, recomenda-se que em toda sua extensão seja avaliado a necessidade de sinalização vertical e a execução de um projeto de drenagem compatível.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAMPOS, R. **Projeto de estradas**. São Paulo: Grêmio Politécnico da USP, 1979. 164p.

Departamento de Estradas de Rodagens de São Paulo. **Notas Técnicas de Projeto Geométrico**, Diretoria de Engenharia. São Paulo, 2006, 185 p.

FERREIRA, P. A **Manual de topografia rodoviária**. Belo Horizonte: DER-MG, 1989. 112p.

LEE, Shiu H. **Projeto geométrico de estradas**. UFSC. Florianópolis. 2000. 120 p.

GOMES, Igor A. C. *et al.* **Estudo de Impacto Ambiental**. Mineração Santa Paulina. 2010. 232 p.

PEREIRA, Djalma M. *et al.* **Projeto Geométrico de Rodovias**. UFPR. Curitiba. 2013. 102 p.

RICARDO, H. S. & CATALINI, G. **Manual prático de Escavação** (Terraplenagem e Escavação de Rocha). São Paulo: Mc Graw - Hill do Brasil LTDA, 1978. 488p.

**Nota:** nomes dos autores se encontram no abaixo do título