

FAEX - FACULDADE DE CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS DE EXTREMA

CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

JEAN CARLOS BARBOSA DE CAMARGO

PROJETO GEOMÉTRICO DE ESTRADAS

Alteração do Traçado Geométrico de uma Curva de Estrada Rural no
Município de Camanducaia - MG

Extrema

2018

JEAN CARLOS BARBOSA DE CAMARGO

PROJETO GEOMÉTRICO DE ESTRADAS

Alteração do Traçado Geométrico de uma Curva de Estrada Rural no
Município de Camanducaia - MG

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Ciências Sociais Aplicadas de Extrema - FAEX, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador (a): Prof.^a Ma.Luana Bernadete Dariva.

Extrema

2018

JEAN CARLOS BARBOSA DE CAMARGO

PROJETO GEOMÉTRICO DE ESTRADAS

Alteração do Traçado Geométrico de uma Curva de Estrada Rural no
Município de Camanducaia - MG

Monografia apresentada ao curso de Engenharia Civil da Faculdade de Ciências Sociais Aplicadas de Extrema como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel pela Banca Examinadora composta pelos membros:
Orientador (a): Prof.^a Ma. Luana Bernadete Dariva.

Aprovado em / /

Prof.^a Ma. Luana Bernadete Dariva

Prof. Marcelo Hermógenes

Prof. Renan Luiz Mariano

Dedico este trabalho primeiramente a Deus e a meus pais, e todos que contribuíram de forma direta e indireta para minha formação.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, que me deu saúde, dedicação e sabedoria para elaborar este trabalho, aos meus pais, Jonas Pires de Camargo e Vera Aparecida Barbosa Camargo, que sempre estão comigo, me apoiando nos estudos, entender minha ausência, e por me auxiliar nas decisões que tomo para poder concluir meus objetivos, e a minha orientadora Luana Bernadete Dariva pela atenção e orientação, e a todos que de alguma forma me ajudaram, meus sinceros agradecimentos pela colaboração.

“Os passos dados ontem serão sua história de amanhã.”

Jean Carlos de Camargo

RESUMO

BARBOSA CAMARGO, Jean Carlos. **Projeto Geométrico de Rodovias:** Alteração do Traçado Geométrico de Rodovias. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Engenharia Civil. Faculdade de Ciências Sociais Aplicadas de Extrema. Extrema, 2018.

O projeto de adequação de estradas rurais (sendo considerada estrada rural, estrada de terra) tem por finalidade apresentar informações para o planejamento, projeto e execução de uma determinada estrada, a fim de melhorar alguns aspectos para melhor poder atender a população, detalhando alguns defeitos de execução e outros problemas que afetam a boa qualidade da estrada. Para elaborar uma nova rota é necessário se determinar as diretrizes, onde são analisados vários fatores, como raio mínimo da curva, distância de visibilidade, velocidade diretriz, veículo de projeto, nível de fluxo de tráfego, alinhamento horizontal, Superlargura, superelevação, alinhamento vertical, rampas máximas, largura da faixa de rolamento, cortes, taludes e aterros, que conseqüentemente resulta na boa qualidade de tráfego e manutenção. O projeto de adequação é de suma importância, pois em função dele é executada a melhora do trecho analisado em questão. O qual é elaborado através do Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais do Departamento Nacional de Estradas de Rodagem, que se abordam os critérios a serem adotados no projeto, softwares como Global Mapper para levantamentos topográficos e o Civil 3D para se executar o projeto. E por fim, após ser finalizado gerando os volumes de corte e aterro, o qual realizado a compensação de terra resulta no volume de corte de 3.250,82 m³, e visto que só a benefícios a se obter para a comunidade com a adequação do trecho e as medidas preventivas a se aplicar, (placas de redução de velocidade, gabião nas contenções e realizar limpeza ao redor da estrada constantemente) se torna vantajoso para o órgão responsável por reduzir custos com manutenções frequentes e por fornecer um trecho com mais conforto, segurança e melhora na visibilidade e no fluxo de tráfego da estrada.

Palavras-chave: Projeto de Adequação, Segurança, Estradas Rurais, Fluxo de veículos.

ABSTRACT

BARBOSA CAMARGO, Jean Carlos. **Geometric Design of Highways: Altering the Geometric Track of Highways.** 2018. Course Completion Work (Undergraduate) - Civil Engineering. Faculty of Applied Social Sciences of Extrema. Extrema, 2018.

The rural roads adequacy project (considered as rural road, dirt road) has as purpose to present information for the planning, design and execution of a certain road, in order to improve some aspects to better serve the population, detailing some defects and other problems that affect the good quality of the road. In order to elaborate a new route it is necessary to determine the guidelines, where several factors are analyzed, such as minimum radius of the curve, visibility distance, guiding speed, design vehicle, traffic flow level, horizontal alignment, Superlarge, superelevation, vertical alignment, maximum ramps, track width, cuts, embankments and embankments, which consequently result in good quality of traffic and maintenance. The adequacy project is of great importance, because in function of it is executed the improvement of the section analyzed in question. This is elaborated through the Manual of Geometric Project of Rural Roads of the National Department of Roads that approaches the criteria to be adopted in the project, softwares like Global Mapper for topographic surveys and Civil 3D to execute the project. And finally, after being finalized generating the volumes of cut and landfill, which realized the compensation of land results in the cut volume of 3,250.82 m³, and since only benefits to be obtained for the community with the appropriateness of the stretch and the preventive measures to be applied, (speed reduction plates, gabion in the restraints and to carry out cleaning around the road constantly) becomes advantageous for the organ responsible for reducing costs with frequent maintenance and for providing an excerpt with more comfort, safety and improved visibility and traffic flow of the road.

Keywords: Adequacy Project. Safety. Rural Roads. Flow of vehicles.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Nível de serviço “A”	34
Figura 2 - Nível de serviço “B”	35
Figura 3 - Nível de serviço “C”	35
Figura 4 - Nível de serviço “D”	36
Figura 5 - Nível de serviço “E”	36
Figura 6 - Nível de serviço “F”	37
Figura 7 - Veículo de Projeto “VP”	38
Figura 8 - Veículo de Projeto “CO”	39
Figura 9 - Veículo de Projeto “O”	40
Figura 10 - Veículo de Projeto “SR”	41
Figura 11 - Curva Circular Simples	45
Figura 12 - Quadrantes	47
Figura 13 - Parâmetros utilizados para calcular a Superlargura.....	51
Figura 14 - Rampa	55
Figura 15 - Concordância Vertical	56
Figura 16 - Aterro	60
Figura 17 - Corte	61
Figura 18 – Início da Curva	63
Figura 19 - Final da Curva.....	64
Figura 20 - Alinhamentos	64
Figura 21 - Curvas de Níveis do Terreno	65
Figura 22 - Curva Adequada	67
Figura 23 - Estrada Finalizada	68

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Relação entre classe funcional e de projeto	25
Tabela 2 - Velocidades Diretrizes e Parâmetros Básicos para Projeto Geométrico..	37
Tabela 3 - Principais dimensões básicas dos veículos de projeto (em metros).....	42
Tabela 4 - Distância de visibilidade de parada mínima (em metros)	43
Tabela 5 - Distância de visibilidade de parada desejável (em metros)	43
Tabela 6 - Distância de visibilidade para tomada de decisão	44
Tabela 7 - Distância de visibilidade de ultrapassagem.....	44
Tabela 8 - Cordas admissíveis para as curvas.....	46
Tabela 9 - Coordenadas dos pontos	46
Tabela 10 - Raios Mínimos em função da taxa máxima de superelevação	50
Tabela 11 - Largura da pista e folga lateral	52
Tabela 12 - Determinação do balanço dianteiro e distância entre eixos.....	52
Tabela 13 - Coeficientes de atrito longitudinal.....	53
Tabela 14 - Valores de Raios acima dos quais não é necessário implantar superelevação	54
Tabela 15 - Rampas máximas.....	56
Tabela 16 - Comprimento de concordância vertical	57
Tabela 17 - Largura da faixa de rolamento conforme a classe da via	58

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 – Fator Horário de Pico	31
Equação 2 – Volume da Demanda para o Movimento i	32
Equação 3 – Distância de Visibilidade de Parada	42
Equação 4 – Comprimento do Trecho 1	47
Equação 5 – Comprimento do Trecho 2	47
Equação 6 – Determinação do Azimute no Primeiro Quadrante	47
Equação 7 - Determinação do Azimute no Segundo Quadrante	47
Equação 8 - Determinação do Azimute no Terceiro Quadrante	47
Equação 9 - Determinação do Azimute no Quarto Quadrante	47
Equação 10 – Determinação do Azimute no Primeiro Trecho	47
Equação 11 – Determinação do Azimute no Segundo Trecho	47
Equação 12 – Deflexão	48
Equação 13 – Tangente Externa	48
Equação 14 – Desenvolvimento	48
Equação 15 – Estaca do Ponto de Partida	48
Equação 16 – Estaca do Ponto Inicial	48
Equação 17 – Estaca do Ponto de Curva	48
Equação 18 – Estaca do Ponto de Tangente	48
Equação 19 – Estaca do Ponto Final	48
Equação 20 – Determinação do Grau	49
Equação 21 – Determinação do Raio	49
Equação 22 – Deflexão por Metro	49
Equação 23 – Afastamento	49
Equação 24 – Determinação da Corda a se utilizar	49
Equação 25 – Ordenada do ponto P	49
Equação 26 – Raio Mínimo	49
Equação 27 – Cálculo da Superlargura para Veículos VP	51
Equação 28 – Cálculo da Superlargura para Veículos O, CO e SR	51
Equação 29 – Largura Total da Pista de Rolamento com Duas Faixas na Curva	51
Equação 30 – Gabarito Estático do Veículo de Projeto	51

Equação 31 – Gabarito do Balanço Dianteiro do Veículo de Projeto em Curva	51
Equação 32 – Determinação do Balanço Dianteiro e Distância entre Eixos	52
Equação 33 – Superelevação	53
Equação 34 – Flecha Máxima	56
Equação 35 – Flecha num Ponto Qualquer.....	56
Equação 36 – Coordenada do Vértice da Parábola	56
Equação 37 - Coordenada do Vértice da Parábola	56
Equação 38 – Cota de um Ponto Qualquer da Parábola.....	56
Equação 39 - Diferença Algébrica das Rampas.....	57
Equação 40 – Método da Média das Áreas.....	59
Equação 41 – Método da Área Média	59
Equação 42 – Área de Aterro	60
Equação 43 – Área de Corte	60

LISTA DE ABREVIATURAS

DNER – Departamento Nacional de Estradas de Rodagem

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes

AASHTO – American Association of State Highway and Transportation Officials

HCM – Highway Capacity Manual

VPD – Veículos por dia

VPH – Veículos por hora

VMD – Volume médio diário

VMDa – Volume médio diário anual

VMDm – Volume médio diário mensal

VH – Volume horário

FHP – Fator horário de pico

VHP – Volume da hora de pico

V15max - volume do período de quinze minutos com maior fluxo de tráfego dentro da hora de pico

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	17
1.1. Objetivos	
1.1.1. Objetivos Gerais	24
1.1.2. Objetivos Específicos	24
1.2. Justificativa	18
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	22
2.1. Conceitos	22
2.2. Classes de Rodovias	24
2.2.1. Acessibilidade e Mobilidade.....	24
2.2.2. Áreas Urbanas e Rurais	24
2.2.3. Classe Funcional e de Projeto	25
2.2.4. Sistemas funcionais.....	25
2.2.4.1. Sistema Arterial	25
2.2.4.1.1. <i>Principal</i>	25
2.2.4.1.2. <i>Primário</i>	26
2.2.4.1.3. <i>Secundário</i>	26
2.2.5. Classificação Técnica	27
2.2.6. Classes de Projeto.....	28
2.3. Volume Médio Diário (VMD)	30
2.3.1. Volume Horário de Projeto (VHP).....	30
2.4. Níveis de Serviço	32
2.5. Velocidade Diretriz.....	37
2.6. Veículos de Projeto.....	38
2.7. Distância de Visibilidade	42
2.7.1. Distância de Visibilidade da Parada	42
2.7.2. Distância de Visibilidade para Tomada de Decisão	43
2.7.3. Distância de Visibilidade de Ultrapassagem	44
2.7.4. Alinhamento Horizontal.....	44
2.7.5. Concordância Horizontal	44
2.7.5.1. Raios Mínimos da Curva Horizontal	49

2.7.5.2. Superlargura.....	50
2.7.5.3. Superelevação.....	53
2.7.6. Alinhamento Vertical.....	54
2.7.6.1. Rampas Máximas.....	55
2.7.6.2. Concordância Vertical.....	56
2.7.7. Largura da Faixa de Rolamento.....	58
2.7.8. Taludes.....	58
2.7.9. Projeto de Terraplenagem.....	59
3. METODOLOGIA.....	62
4. EXPLORAÇÃO E COLETA DOS DADOS DO TRECHO PROPOSTO PARA ADEQUAÇÃO.....	63
4.1. Configuração do Terreno.....	65
4.2. Softwares e equipamentos utilizados.....	65
4.3. Fase de Execução do Projeto.....	66
5. RESULTADOS.....	67
5.1. Volume de Corte e Volume de Aterro.....	67
5.2. Projeto finalizado.....	67
6. ANÁLISE E DISCUSSÕES SOBRE OS RESULTADOS.....	68
7. CONCLUSÃO.....	69
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	74
9. ANEXOS.....	71

ANEXO A – Local de adequação da Curva.....	72
ANEXO B – Estrada Adequada.....	73

1. INTRODUÇÃO

No Brasil segundo o histórico do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) a primeira lei a conceder auxílio federal para construção de estradas foi aprovada em 1905. Mas só a partir de 1920 um órgão público, a Inspetoria Federal de Obras contra as Secas, passou a pôr em prática as rodovias. Neste ponto, São Paulo saiu na frente, ao criar, em 1926, a Diretoria de Estradas de Rodagem, que resultaria, em 1934, no Departamento de Estradas de Rodagem: o primeiro órgão rodoviário brasileiro com autonomia técnica e administrativa, e só em 1937 foi criado o DNER (Departamento Nacional de Estradas de Rodagem).

Com base nos dados da Confederação Nacional do Transporte (CNT), a maior parte da matriz de transportes de carga do Brasil, cerca de 60% é rodoviária. Representando seus confederados, a CNT desenvolve pesquisas e projetos a fim de melhorar a malha rodoviária de forma com que venha a melhorar o tráfego de forma sustentável.

A CNT avalia 100% da malha federal pavimentada na Pesquisa CNT de Rodovias realizada anualmente. Na análise da série histórica 2004/2016, o estado geral das rodovias públicas federais melhorou 24,0 pontos percentuais, passando de 18,7% com classificação ótima ou boa, em 2004, para 42,7%, em 2016. Apesar da evolução da qualidade, 57,3% das rodovias públicas avaliadas ainda apresentam condição inadequada ao tráfego. Em 2016, cerca de 31 mil quilômetros ainda apresentavam deficiências no pavimento, na sinalização e na geometria. Esses problemas aumentam o custo operacional do transporte, comprometem a segurança nas rodovias e causam impactos negativos ao meio ambiente.

Conforme dados do Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER) expõe que o sistema local de estradas rurais tem uma extensão total de 65% a 80% da rede rodoviária, atendendo de 5% a 30% dos veículos- quilômetros realizados.

Por projeto geométrico de uma estrada entende-se o ato de ligar dois pontos com a finalidade de propor uma boa via com as características de operação aceitáveis, e fornecer aos usuários uma boa experiência de condução com conforto

segurança e boa trafegabilidade em qualquer época do ano, que são um dos fatores principais para a concepção de uma estrada.

Para se construir uma estrada ela tem que gerar benefícios. Ser tecnicamente possível de construir, economicamente viável e socialmente aceita.

Na engenharia todo projeto, inclusive o de estradas, é possível optar entre inúmeras soluções. Entretanto, a determinação do traçado final adotado é de suma importância, pois a avaliação feita pelo projetista e os fatores que o direcionou a tomar determinada decisão influenciam totalmente no projeto finalizado. O traçado deve ser analisado levando em consideração a experiência do responsável e que esteja de acordo com os padrões morais da região. Após o projetista analisar e escolher o traçado e analisá-lo em comparação com as outras opções obtidas para confirmar se o projeto escolhido realmente é o que melhor atende a todos os requisitos, se não a maioria deles que são solicitados.

Considerando que em algumas situações o trecho a ser adequado torna-se ruim por haver alguns veículos maiores que nela transitam, e pelo fato de curvas terem o raio de curvatura muito pequeno, isto dificulta a passagem de dois veículos quando se cruzam.

Para tal projeto também deve-se analisar a questão ambiental e a possibilidade de alteração, que por muitas vezes inviabiliza a obra pela fragilidade ambiental ou por leis que protegem áreas de preservação.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivos Gerais

Este trabalho tem como objetivo principal propor a alteração do traçado de uma curva na estrada rural que dá acesso ao Bairro Ponte Nova, localizado no Município de Camanducaia – MG, para melhorar a trafegabilidade e as condições de segurança e conforto.

1.1.2. Objetivos Específicos

Elaborar um projeto geométrico de uma curva com a finalidade de melhorar as características de operação de acordo com o padrão exigido pelos órgãos responsáveis.

- Melhorar a segurança;
- Melhorar o fluxo de tráfego;
- Melhorar o conforto.

1.2. Justificativa

Este trabalho tem por finalidade apresentar um Projeto Geométrico para propor adequação de uma determinada curva que já causou, e pode vir a causar futuros acidentes e outras possíveis interferências que venham a prejudicar as pessoas que nela transitam. Com isto é feito este projeto para assim obter maior segurança para a comunidade da região. Para uma boa adequação de uma obra já existente, é necessário levar em consideração as leis e normas em vigência, e analisar alguns fatores, dentre eles estão: ponto de partida, ponto de curva, ponto de interseção, ponto de tangente, ponto final, desenvolvimento da curva, deflexão, ângulo central, raio, tangente externa da curva, volume de corte e aterro, projeto de terraplenagem, encostas, taludes e influência de águas pluviais. Em muitos casos o mau escoamento das águas pode influenciar na inutilização da via como meio de circulação, além de gerar interferências permanentes e indesejáveis ao ambiente. Levando em conta os vários fatores envolvidos nessa visão, este projeto apresenta técnicas e procedimentos como diretrizes básicas para técnicos e engenheiros, na execução de atividades de adequação e de manutenção para a conservação de estradas rurais (de terra), com recomendações que procurem minimizar os problemas.

Para se manter a trafegabilidade dessas estradas como condição de acesso a lugares menos acessíveis, é de suma importância utilizar as ferramentas tecnológicas para colocar em prática as alternativas a se utilizar na adequação e manutenção em condições que gerem benefícios mais duradouros em prol sociedade e o ambiente em que se situa.

As estradas rurais de terra sempre serão a via de acesso para lugares mais remotos, para o escoamento da produção agropecuária que por lá passa, para o transporte de matérias-primas como a madeira, por exemplo, e para os mais simples e necessários interesses que possam vir a beneficiar a comunidade ao seu redor.

O Projeto Geométrico proposto para adequação da curva apresenta:

- Traçado horizontal;
- Perfil e traçado vertical;
- Determinação dos volumes de corte e aterro.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Os critérios e os conceitos aqui adotados para concepção de projeto geométrico apresentam métodos de pesquisa com base no que é apresentado no procedimento adotado no Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais do Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER, 1999).

2.1. Conceitos

Alinhamento Horizontal – Lançamento do eixo horizontal da via, onde se propõe e traçado em perfil horizontal e a rota da estrada.

Alinhamento Horizontal – Greide da via e suas propriedades de altimetria.

Capacidade da via – Quantidade máxima de veículos suportada pela via por em determinado tempo.

Distância de visibilidade de Parada – Distância que se deve ter para que o motorista possa prever algum obstáculo e seja capaz de parar.

Eixo – Linha de referência projetada em planta no centro da via.

Greide – Eixo de rotação da via em relação ao pavimento Finalizado.

Pista de Rolamento – Faixa que designa- se ao tráfego de veículos em movimento.

Superelevação - Inclinação que se dá a via para contrapor a força centrífuga gerada em pontos de curva.

Superelevação Negativa – Declividade no sentido transversal no sentido contrário ao eixo do centro da curva.

Superlargura – Acréscimo na largura da via em curvas de concordância no plano horizontal.

Seção Transversal da Via – Em projeto geométrico, entende- se que é o alinhamento superficial que configura transversalmente a via.

Seção Transversal do Terreno – Perfil do terreno em concordância com o eixo da via.

Talude – Terreno em declividade com superfície lateral com inclinação.

Veículo de Projeto – É o veículo hipotético de determinada categoria que irá transitar sobre a via. É determinado pela maior quantidade de veículos com determinadas características que se enquadra em uma categoria.

Velocidade Diretriz – É a maior velocidade permitida pela via para o tráfego com segurança.

Volume Horário de Projeto (VHP) – Fluxo de veículos que a via deve suportar em boa qualidade de tráfego, conforto e segurança.

Volume Médio Diário (VMD) – Número médio de veículos que trafegam pela via diariamente em um determinado tempo.

2.2. Classes de Rodovias

A classificação da via é muito importante, pois é através dela que se determinam as características e os requisitos necessários para atender cada categoria de modo a atender as exigências técnicas, ambientais e administrativas, e que venha a ser para o bem de todos.

Em questão de projetos, a classificação está diretamente ligada com os níveis de serviço e a qualidade necessária, para assim poder projetar uma via com economia, mas não deixando de lado uma viagem com segurança conforto.

2.2.1. Acessibilidade e Mobilidade

As propriedades de maior importância para uma via na classificação de rodovias é a acessibilidade e mobilidade, que referem-se à facilidade do deslocamento entre o ponto de partida ao ponto final. As vias arteriais têm a função de proporcionar mobilidade para seu usuário. Já as vias locais têm sua função primordial de dar acesso à rede viária.

2.2.2. Áreas Urbanas e Rurais

A fim de dar atenção em relação à quantidade de pessoas que trafegam nas vias é indispensável diferenciar áreas urbanas e áreas rurais. No que se abrange áreas urbanas são populações a partir de 5 mil habitantes.

2.2.3. Classe Funcional e de Projeto

As classes de projetos que são sugeridas reúnem propriedades e critérios em padrões técnicos, surgiram na ideia de conciliar com o sistema funcional. Apesar de o tráfego colaborar para criar as classes há diferenças na concepção delas.

Tabela 1 - Relação entre classe funcional e de projeto

Classes Funcionais		Classes de Projeto
Arterial	Principal	0 e I
	Primária	I
	Secundária	I e II
Coletora	Primária	I
	Secundária	I e II
Local		III e IV

2.2.4. Sistemas Funcionais

A classificação funcional é o método pelo qual são dispostas as subdivisões das vias de modo a estar nas configurações de atividade em que se propõe a fornecer.

2.2.4.1. Sistema Arterial

Conjunto de vias destinadas a prestar serviços de locomoção.

Tem a função de promover um alto nível de mobilidade com um fluxo contínuo de veículos para assim estabelecer a ligação de municípios, estados e países.

Este sistema fraciona-se em:

2.2.4.1.1. Principal

Sua função é promover ligações internacionais e Inter-regionais, e são ligadas a vias de mesmo porte destinadas a continuar mantendo a mobilidade.

2.2.4.1.2. Primário

Estas vias têm como finalidade fazer o deslocamento Inter-regional e Interestadual (conectar cidades) com até 50 mil habitantes em locais onde se ausentam as vias principais, e devem ter o fluxo de tráfego contínuo assim como as vias principais.

2.2.4.1.3. Secundário

São deslocamentos dentro do próprio estado ligando cidades com população acima dos 10 mil habitantes caso não houver via de nível superior.

Sistema Coletor

Tem por finalidade atender o tráfego dentro no município quando houver ausência de vias de classe superior. As distâncias de viagens são menores e a velocidade diretriz é menor e faz com que as áreas rurais e municipais se liguem com as vias primárias e principais.

Este sistema fraciona-se em:

Sistema Coletor Primário

Essas vias conectam cidades com população acima de 5 mil habitantes, e possibilitam a ligação de outras finalidades que podem ser de economia ou outros que possam vir a beneficiar a região.

Sistema Coletor Secundário

Essas vias conectam cidades com população acima dos 2 mil habitantes, e possibilitam a ligação de cidades que há ausência de vias de nível superior. E fazer com que as áreas rurais com baixa densidade de população possam ter acesso ao sistema primário e outros.

Sistema Local

É formado por vias de pequeno porte com extensão relativamente menor que todas as outras, designada somente a atender pequenas distâncias e áreas rurais. Em seu percurso o deslocamento tem cerca de 20 quilômetros, e sua velocidade diretriz varia de 20km/h a 50km/h.

2.2.5. Classificação Técnica

As considerações elaboradas na avaliação de classificação funcional fazem com que cada trecho da via necessite características técnicas para melhor receber o fluxo de tráfego requerido.

2.2.6. Classes de Projeto

As classes de projeto indicadas expostas a seguir. Entrou em vigor após sua experiência adquirida durante o processo que se teve quanto ao atendimento da economia de forma viável com boas condições e segurança para assim atender ao crescimento de tráfego.

Classe 0

É a classe que se tem o mais elevado padrão de qualidade, com pista dupla e controle total de acesso para assim atender ao grande fluxo de tráfego.

Classe I

Esta classe é separada em Classe I- A (Pista Dupla) e Classe I- B (Pista Simples).

Classe I- A

Via com duas pistas e controle parcial de acesso que comportam grande volume de tráfego de forma parecida com a especial, porém há uma redução devido a maior tolerância de interferências caudadas.

Classe I- B

Via em pista simples de alto padrão, resistindo volumes de tráfego projetados para 10 anos. Seu limite inferior tem volume médio diário de 1.400 veículos ou

volume horário de projeto de 200 veículos, seu limite superior tem volume médio diário de 5.500 veículos por dia para regiões planas de ótima visibilidade, ou para o caso de ser região com pouca ondulação o limite é inferior, e tem volume médio diário de 1.900 veículos.

Classe II

Via em pista simples de alto padrão, resistindo volumes de tráfego projetados para 10 anos. Seu limite inferior tem volume médio diário de 700 veículos, e seu limite superior é de 1.400 veículos por dia.

Classe III

Via em pista simples de alto padrão, resistindo volumes de tráfego projetados para 10 anos. Seu limite inferior tem volume médio diário de 300 veículos, e seu limite superior tem volume médio diário de 700 veículos.

Classe IV

Via de pista simples com baixo volume de tráfego em seu ano de abertura. Comumente não possui pavimento, e faz parte da malha viária local.

Classe IV- A

Via de pista simples, com baixo padrão técnico, e comumente não possui pavimento, e seu tráfego médio diário fica incluído entre 50 e 200 veículos.

Classe IV- B

Via de pista simples, com baixo padrão técnico, praticamente inexistente, e comumente não possui pavimento, e seu tráfego médio diário não passa dos 50 veículos em seu ano de abertura.

2.3. Volume Médio diário (VMD)

Define-se Volume de Tráfego (ou Fluxo de Tráfego) como o número de veículos que passam por uma seção de uma via, ou de uma determinada faixa, durante uma unidade de tempo. É expresso normalmente em veículos/dia (vpd) ou veículos/hora (vph) (DNIT, 2006).

De acordo com o que consta no Manual de Estudos de Tráfego (DNIT, 2006), o volume médio diário (VMD) é a média de veículos que transitam pela via em 24 horas em determinado trecho. Este estudo de tráfego é elaborado sempre, para que se tenha o controle da via, e verificar se a mesma está comportando o volume de tráfego requerido e não necessita de melhorias, caso haja um volume de tráfego acima do permitido será avaliado um estudo de viabilidade para altera- lá.

Pode ser realizado o volume médio diário das seguintes maneiras:

Volume Médio Diário Anual (VMDa): número total de veículos trafegando em um ano dividido por 365.

Volume Médio Diário Mensal (VMDm): número total de veículos trafegando em um mês dividido pelo número de dias do mês. É sempre acompanhado pelo nome do mês a que se refere.

2.3.1. Volume Horário de Projeto

Para se atender as mudanças do fluxo de tráfego durante o dia, adota-se a hora para unidade de tempo, chegando-se ao conceito de Volume Horário (VH): número total de veículos trafegando em uma determinada hora (DNIT, 2006).

Horas de Pico

As horas de pico, contendo os maiores volumes de veículos de uma via em um determinado dia, variam de local para local, mas tendem a se manter estáveis em um mesmo local, no mesmo dia da semana. Enquanto a hora de pico em um determinado local tende a se manter estável, o seu volume varia dentro da semana e ao longo do ano (DNIT, 2006).

De acordo com o que consta no Manual de Estudos de Tráfego (DNIT, 2006), o volume de veículos que passa por uma seção de uma via não é uniforme no tempo. Ao fazer a relação de contagens de quatro períodos consecutivos de quinze minutos, mostra que são diferentes entre si. Essa variação leva ao estabelecimento do “Fator Horário de Pico” (FHP), que mede justamente esta flutuação e mostra o grau de uniformidade do fluxo.

$$FHP = \frac{V_{hp}}{4V_{15max}} \quad (\text{Eq. 1})$$

Onde:

FHP = fator horário de pico;

V_{hp} = volume da hora de pico, em (veh/h);

V_{15max} = volume do período de quinze minutos com maior fluxo de tráfego dentro da hora de pico.

O valor FHP é sempre utilizado nos estudos de capacidade das vias. Utiliza-se normalmente o intervalo de 15 minutos, porque as adoções de intervalos menores podem resultar em superdimensionamento da via.

Por outro lado, intervalos maiores podem resultar em sub dimensionamento e períodos substanciais de saturação.

O FHP varia, teoricamente, entre 0,25 (fluxo totalmente concentrado em um dos períodos de 15 minutos) e 1,00 (fluxo completamente uniforme), ambos os casos praticamente impossíveis de se verificar. Os casos mais comuns são de FHP na faixa de 0,75 a 0,90. Os valores de FHP nas áreas urbanas se situam geralmente no intervalo de 0,80 a 0,98. Valores acima de 0,95 são indicativos de grandes volumes de tráfego, algumas vezes com restrições de capacidade durante a hora de pico.

Usualmente os volumes de tráfego são expressos em taxas de demanda de fluxo, para elaborar a taxa é necessário dividir o volume da demanda de um movimento pelo FHP.

$$v_i = \frac{V_i}{\frac{FH}{P}} \quad (\text{Eq. 2})$$

Em que:

V_i = volume da demanda para o movimento i , em (veh/h);

v_i = taxa da demanda de fluxo para o movimento i , em (veh/h);

FHP = Fator Horário de Pico.

2.4. Níveis de Serviço

Esse conceito, introduzido através do *Highway Capacity Manual – HCM* em sua edição de 1965 possibilita a avaliação do grau de eficiência do serviço oferecido pela via desde um volume de trânsito quase nulo até o volume máximo ou capacidade da via (DNIT, 2006).

Com referência à natureza do terreno atravessado, o *Highway Capacity Manual - HCM* adota as seguintes definições:

Terreno Plano: qualquer combinação de alinhamentos horizontais e verticais que permita aos veículos pesados trafegar aproximadamente a mesma velocidade dos veículos de passeio. Normalmente, inclui rampas curtas de até 2% de Greide.

Terreno Ondulado: qualquer combinação de alinhamentos horizontais e verticais que provoque redução substancial das velocidades dos veículos pesados, porém sem que seja necessário manter velocidade de arrasto por muito de tempo.

Terreno Montanhoso: qualquer combinação de alinhamentos horizontais e verticais que obrigue os veículos pesados a operar com velocidade de arrasto por longas distâncias e a intervalos frequentes.

Os níveis de serviço são determinados para o Volume Horário de Projeto. Normalmente é feita para o 10^o ano após a abertura da via. Adota-se isso pela dificuldade de se projetar (5 anos para planejar, projetar e construir e 10 anos de operação).

Outros Fatores

Há um segundo fator que é considerado, que é o fator econômico, que reproduz o valor da construção. E este fator é determinante pelas características topográficas da região onde que abrigará a obras. Comumente são denominadas como regiões planas, onduladas e montanhosas.

As definições a seguir são baseadas nas apresentadas na publicação *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets – AASHTO – 1994*, e podem ser consideradas como satisfatoriamente abrangentes (DNER, 1999).

Região Plana: é aquela que permite a implantação de rodovias com grandes distâncias de visibilidade, sem dificuldades de construção e sem custos elevados.

Região Ondulada: é aquela onde há inclinações naturais do terreno, e exigem frequentes cortes e aterros de dimensões reduzidas para acomodação dos greides das rodovias.

Região Montanhosa: é aquela onde são abruptas as variações longitudinais e transversais da elevação do terreno em relação à rodovia, e onde são necessários frequentes cortes e aterros laterais das encostas para de elaborar os alinhamentos.

Pode se notar que os dois conceitos são distintos em sua concepção, porém mesmo com as diferenças se harmonizam, e em campo quase sempre são compatíveis.

Nível A: fluxo de veículos ininterruptos, com boa visibilidade para ultrapassagem e ótimo conforto e segurança.

Figura 1 - Nível de serviço "A"



Fonte: DNER, (1999).

Nível B: fluxo de veículos de equilibrado há boa liberdade para fazer a opção da velocidade, porém a s ultrapassagem não é de total liberdade, mas ainda mantém um bom conforto e segurança.

Figura 2 - Nível de serviço "B"



Fonte: DNER, (1999).

Nível C: fluxo de veículos de médio, fácil ultrapassagem e boa dirigibilidade, porém é prejudicada devido ao maior número de veículos e conforto e segurança regular.

Figura 3 - Nível de serviço "C"



Fonte: DNER, (1999).

Nível D: fluxo de veículos variável e mais elevado de acordo com horário, a velocidade é reduzida e há dificuldade em ultrapassagens e o nível de conforto e segurança é ruim.

Figura 4 - Nível de serviço "D"



Fonte: DNER, (1999).

Nível E: fluxo de veículos instável e apresenta grande intensidade de veículos, não há possibilidade de ultrapassagem e velocidade de operação é relativamente baixa com padrão de conforto e segurança péssimo.

Figura 5 - Nível de serviço "E"



Fonte: DNER, (1999).

Nível F: apresenta o maior fluxo forçado de veículos, e apresenta grande intensidade com tráfego em velocidade de operação muito baixa, podendo haver ultrapassagem apenas com bom censo dos demais motoristas.

Figura 6 - Nível de serviço "F"



Fonte: DNER, (1999).

2.5. Velocidade Diretriz

A velocidade diretriz é um fator essencial para a concepção do projeto geométrico da via. Ao que se resume possui algumas propriedades específicas para atender a alguns aspectos, tais como: curvatura, superelevação, e distância de visibilidade, o que depende das condições de operação, segurança e conforto. Ela reproduz a maior velocidade aceitável na via por um percurso determinado.

Tabela 2 - Velocidades Diretrizes e Parâmetros Básicos para Projeto Geométrico

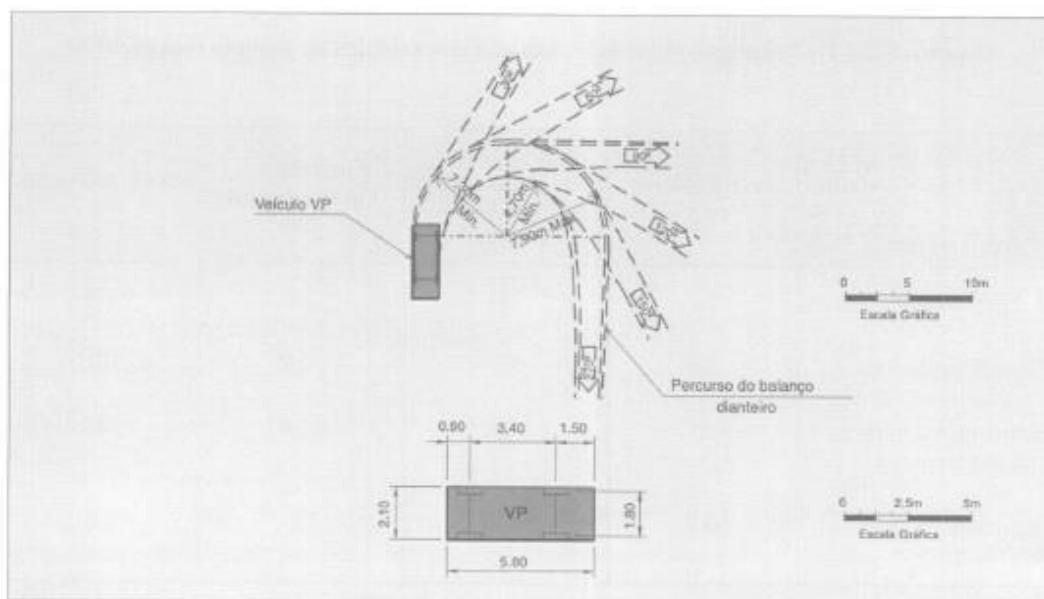
Parâmetro	Região	Classe de Rodovia				
		0	I	II	III	IV
Velocidade Diretriz (km/h)	Plana	120	100	100	80	70
	Ondulada	100	80	70	60	50
	Montanhosa	80	60	50	40	40
Taxa Máxima de Superelevação (%) (12% em casos especiais)	Plana	10	10	8	8	8
	Ondulada	10	10	8	8	8
	Montanhosa	10	10	8	8	8

2.6. Veículos de Projeto

De acordo com o Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER), considerando a pequena divergência entre os veículos – tipos nacionais e os americanos em vista da falta de estudos mais concretos que permitam fixar com certa precisão as dimensões e características do veículo de projeto para as condições necessárias no Brasil que são recomendados pela *AASHTO* (*American Association of State Highway and Transportation Officials*), e se modificam apenas em sua designação, são quatro os tipos de veículos básicos de projeto a serem adotados em cada caso conforme as características predominantes de tráfego:

VP- Representa os veículos leves, física e de operação que coincidam com o automóvel, incluindo utilitários, vans e outros que se assemelham.

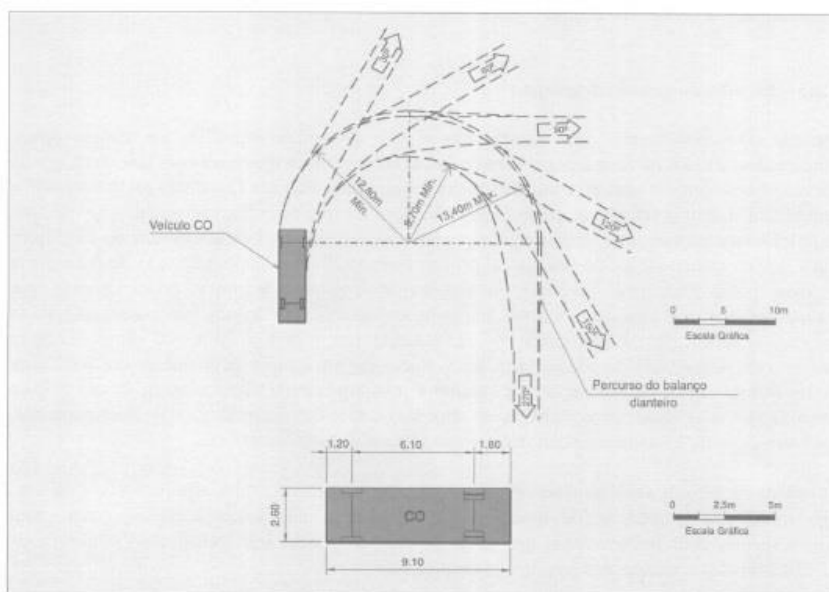
Figura 7 - Veículo de Projeto “VP”



Fonte: DNER, (1999).

CO- Representam os veículos de transporte de cargas rígidos, e que não possuem articulações, com tração simples. Entre os que se enquadram como CO, são eles: ônibus e caminhões convencionais.

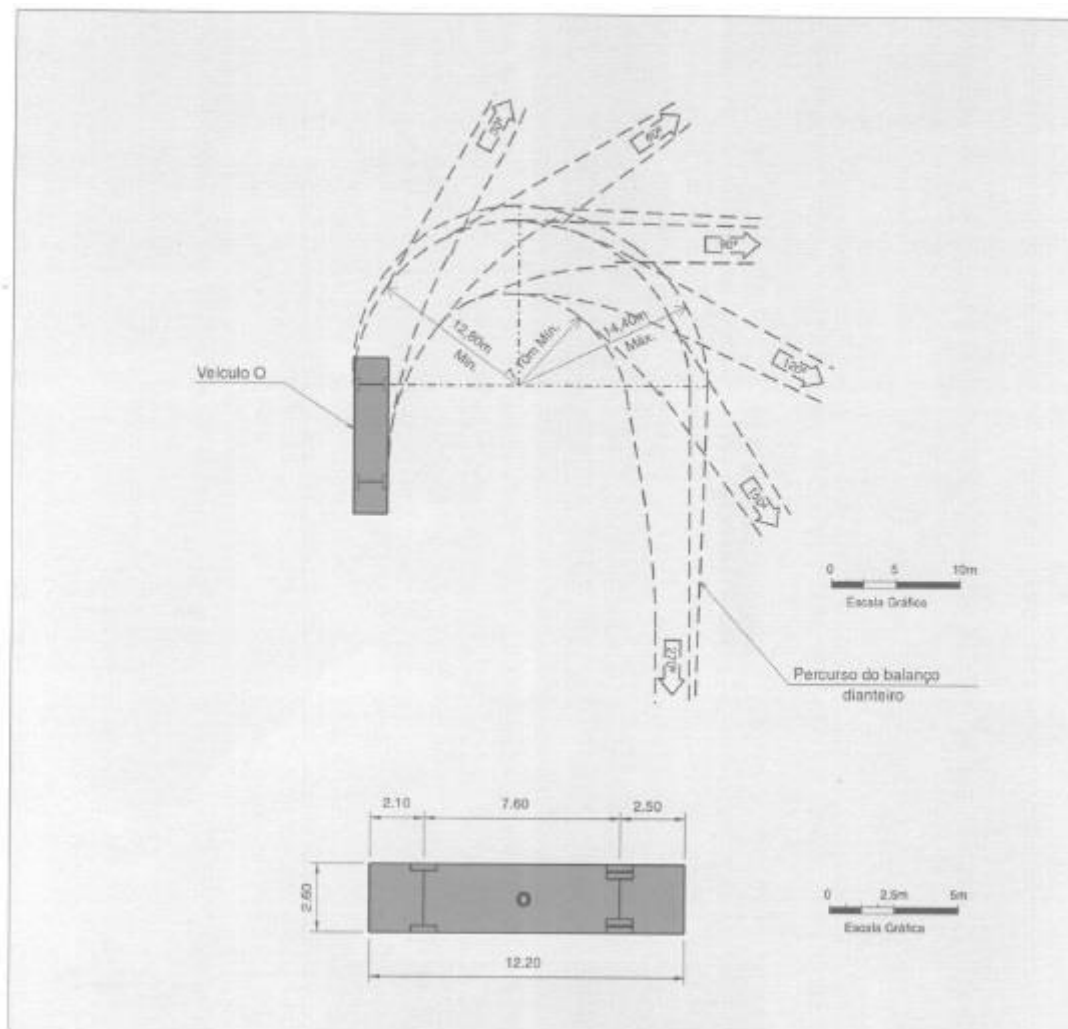
Figura 8 - Veículo de Projeto "CO"



Fonte: DNER, (1999).

O- Representa os veículos comerciais rígidos de maiores proporções. Os que abrangem esta categoria de veículo são ônibus que percorrem grandes distâncias, assim como caminhões mais longos que na maior parte deles possuem 3 eixos e são os que mais chega próximo ao limite máximo admissível de comprimento para veículos rígidos.

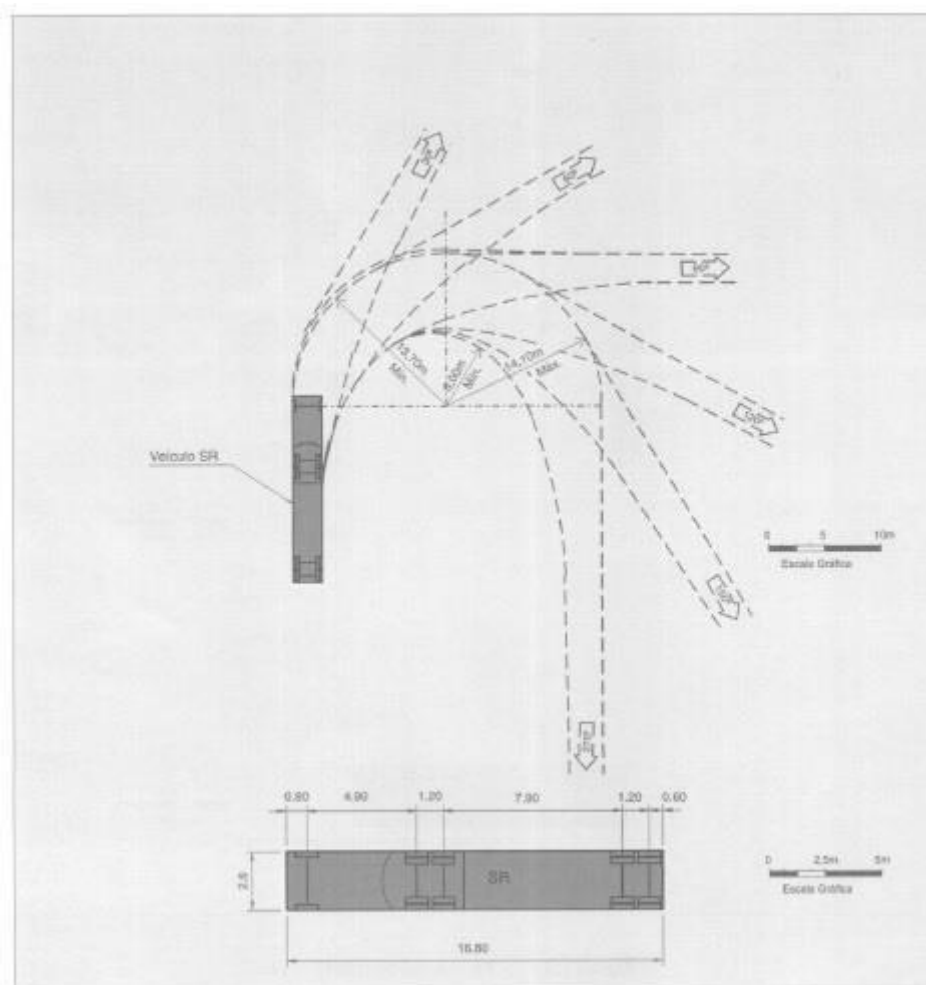
Figura 9 - Veículo de Projeto "O"



Fonte: DNER, (1999).

SR- Representa os veículos comerciais articulados, composto de uma unidade tratora simples e um semi-reboque. Seu comprimento limite é o que mais se aproxima do comprimento máximo permitido por lei.

Figura 10 - Veículo de Projeto "SR"



Fonte: DNER, (1999).

A tabela 3 exibe as principais dimensões básicas dos veículos de projeto recomendados para utilização nos projetos de rodovias, interseções e instalações corretas.

Tabela 3 - Principais dimensões básicas dos veículos de projeto (em metros).

Designação do veículo	Veículos leves (VP)	Caminhões e ônibus convencionais (CO)	Caminhões e ônibus longos (O)	Semi-Reboques (SR)
Características				
Largura Total	2,1	2,6	2,6	2,6
Largura Total	5,8	9,1	12,2	16,8
Raio min. Da roda externa dianteira.	7,3	12,8	12,8	13,7
Raio min. Da roda externa dianteira	4,7	8,7	7,1	6,0

2.7. Distância de Visibilidade

As distâncias de visibilidade são as distâncias padrão necessárias para que o motorista possa fazer sua melhor escolha com segurança.

Esse padrão imposto sempre está relacionado com as condições da via, das características dos motoristas que nela transitam, do fator climático e das condições em que se encontram os veículos.

2.7.1. Distância de Visibilidade da Parada

Atribui-se distância de visibilidade de parada para uma velocidade X, a menor distância necessária para que um veículo padrão guiado por um motorista em pista molhada possa ver algo na via que impede a passagem, e assim parar com segurança.

Os valores das distâncias de visibilidade de parada são calculados pela fórmula a seguir:

$$dp = 0,7V + \frac{V^2}{256(f+i)} \quad (\text{Eq. 3})$$

Onde:

d_p = distância de visibilidade de parada, em metros;

V = velocidade diretriz ou velocidade média, em km/h;

f = coeficiente de atrito que significa o ato de frenagem, levando em consideração a eficácia dos freios e o atrito dos pneus com o pavimento molhado;

i = greide, em m/m (positivo no sentido ascendente e negativo no sentido descendente).

As tabelas a seguir exibem os valores mínimos e desejáveis para a distância de visibilidade de parada (em metros).

Tabela 4 - Distância de visibilidade de parada mínima (em metros)

V (km/h)	40	50	60	70	80	90	100	120
f	0,38	0,36	0,34	0,32	0,31	0,30	0,30	0,28
d_p (m)	45	60	75	90	110	130	155	205

Para as condições desejáveis para um bom projeto geométrico para a via é necessário verificar a tabela 5 que indica as condições conforme a velocidade determinada.

Tabela 5 - Distância de visibilidade de parada desejável (em metros)

V (km/h)	40	50	60	70	80	90	100	120
f	0,37	0,35	0,33	0,31	0,30	0,29	0,28	0,25
d_p (m)	45	65	85	110	140	175	210	310

2.7.2. Distância de Visibilidade para Tomada de Decisão

É a distância necessária para que um motorista apto e sem falta de atenção possa realizar paradas repentinas com o tempo necessário e com segurança para assim evitar a ocorrência de acidentes.

A distância de visibilidade para tomada de decisão é destinada a fazer com que o motorista não seja obrigado a fazer manobras de risco.

A tabela a seguir exibe os dados para a distância de visibilidade para tomada de decisão (em metros).

Tabela 6 - Distância de visibilidade para tomada de decisão

Velocidade diretriz (km/h)	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Simples parada	50	75	95	125	155	185	225	265	305
Desvios de obstáculos	115	145	175	200	230	275	315	335	375

2.7.3. Distância de Visibilidade de Ultrapassagem

A distância de visibilidade de ultrapassagem empregada em projetos geométricos é a distância necessária mínima que o condutor necessita para realizar a ultrapassagem por outro veículo com segurança.

A tabela 7 elaborada pela AASHTO exibe as distâncias que variam de 30 km/h a 120 km/h para ultrapassagem correta.

Tabela 7 - Distância de visibilidade de ultrapassagem

Velocidade diretriz (km/h)	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Distância de visibilidade de ultrapassagem em (m)	180	270	350	420	490	560	620	680	730	800

2.7.4. Alinhamento Horizontal

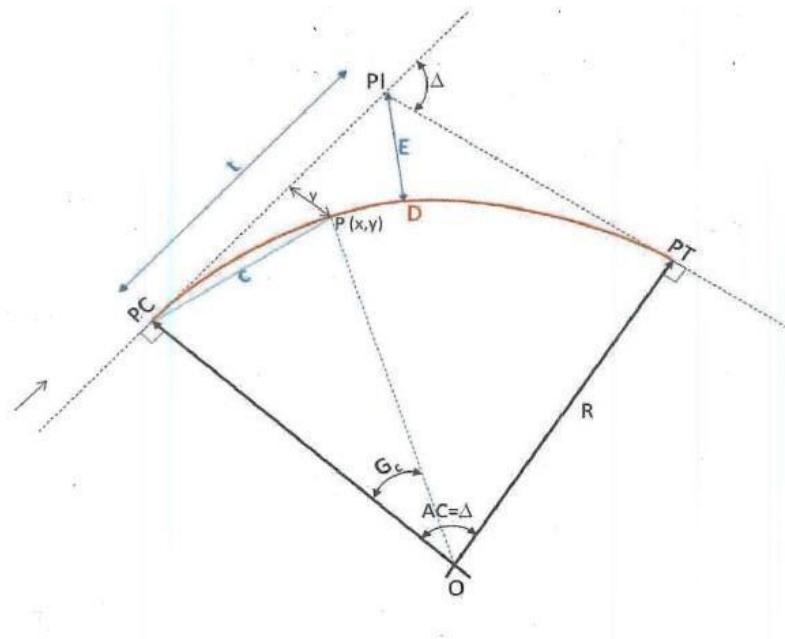
Os alinhamentos horizontais fazem com que a necessidade de mudança de direção seja feita de forma suave e progressiva sem que haja trechos que o motorista seja obrigado a executar manobras bruscas.

2.7.5. Concordância Horizontal

As curvas de concordância horizontal são princípios utilizados para se elaborar uma tangente entre dois trechos retos para assim fazer a ligação entre eles.

Curvas Circular Simples: é a ligação de duas tangentes com a utilização de arcos de apenas um círculo.

Figura 11 - Curva Circular Simples



Fonte: IME, (2010).

PC – ponto de curva;

PT – ponto de tangente;

PI – ponto de intersecção das tangentes;

D – desenvolvimento da curva;

Δ - ângulo de deflexão;

AC – ângulo central da curva;

R – raio;

t – tangente externa;

O – centro da curva;

E – afastamento;

G – grau da curva;

c – corda.

y – deflexão sobre a tangente.

Para o cálculo das curvas se faz necessário analisar as cordas admissíveis para as curvas.

A seguir são exibidos os valores das cordas para as curvas conforme os requeridos raios.

Tabela 8 - Cordas admissíveis para as curvas

Raio de curva (R)	Corda Máxima (C)
$R < 100 \text{ m}$	5,00 m
$100 \text{ m} < R < 600 \text{ m}$	10,00 m
$R > 600 \text{ m}$	20,00 m

Coordenadas

O sistema de coordenadas cartesianas é realizado para maior precisão no projeto, e é fácil de ser realizado, podendo ser elaborado à mão ou pelo auxílio de softwares. Após obter o valor das coordenadas é possível realizar os cálculos dos alinhamentos.

Exemplo:

Tabela 9 - Coordenadas dos pontos

Pontos	Leste	Norte
A	D	g
B	E	h
C	F	i

Como o eixo y das coordenadas coincide com o Norte, é possível que partindo do primeiro rumo do traçado se pode encontrar os alinhamentos seguintes subtraindo a coordenada seguinte pela anterior.

Com base no valor obtido das coordenadas pode ser encontrado as distâncias dos alinhamentos. Distâncias estas que são encontradas utilizando a seguinte expressão.

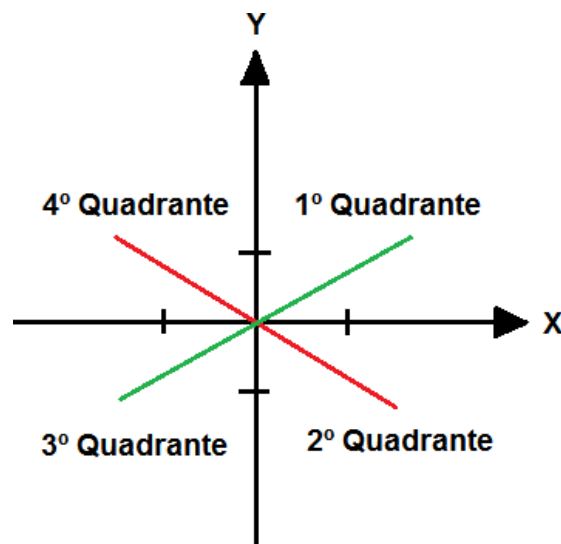
Exemplo:

$$d1 = \sqrt{(e-d)^2 + (h-g)^2} \quad (\text{Eq. 4})$$

$$d2 = \sqrt{(f-e)^2 + (i-h)^2} \quad (\text{Eq. 5})$$

Determinação dos rumos:

Figura 12 - Quadrantes



Fonte: Google, (2018).

$$1^\circ \rightarrow \text{Rumo} = \text{Azimute} \quad (\text{Eq. 6})$$

$$2^\circ \rightarrow \text{Azimute} = 180^\circ - \text{Rumo} \quad (\text{Eq. 7})$$

$$3^\circ \rightarrow \text{Azimute} = 180^\circ + \text{Rumo} \quad (\text{Eq. 8})$$

$$4^\circ \rightarrow \text{Azimute} = 360^\circ - \text{Rumo} \quad (\text{Eq. 9})$$

Obtendo-se a distância dos alinhamentos pode se conhecer o valor dos azimutes e as deflexões.

Azimutes

$$AZAB = \arctan \frac{e-d}{h-g}$$

(Eq. 10)

$$AZBC = \arctan \frac{f-e}{i-h}$$

(Eq. 11)

Deflexão

$$\Delta 1 = AZBC - AZAB \quad (\text{Eq. 12})$$

$$\text{Tangente externa} \rightarrow t = R \cdot \tan\left(\frac{AC}{2}\right) \quad (\text{Eq. 13})$$

$$\text{Desenvolvimento} \rightarrow D = \left(\frac{AC}{180}\right) \cdot \pi \cdot R \quad (\text{Eq. 14})$$

Após os resultados obtidos em sequência é realizado o dimensionamento das curvas com a locação das estacas com números inteiros, sem casas decimais.

O estaqueamento é realizado para facilitar a demarcação da curva e usualmente é realizado a cada 20 metros. Ao final da estaca caso o resultado obtido não seja número inteiro é adicionado o estaqueamento mais o valor obtido.

Exemplo:

$$EPI = \frac{250}{20} = 12 \text{ estacas} + 10 \text{ metros}$$

A seguir são apresentadas as equações necessárias para o cálculo das estacas do PCV e PTV.

$$EPP = 0 + 0,0m \quad (\text{Eq. 15})$$

$$EPI = \frac{d1}{20}$$

(Eq. 16)

$$EPC = \frac{d1 - T1}{20}$$

(Eq. 17)

$$EPT = \frac{EPC + D1}{20}$$

(Eq. 18)

$$EPF = \frac{EPT + (d - T)}{20} \quad (\text{Eq. 19})$$

Locação da curva

$$\text{Grau} \rightarrow Gc = 2 \arcsen \left(\frac{C}{2.R} \right) \quad (\text{Eq. 20})$$

$$\text{Raio} \rightarrow R = \frac{C}{2 \cdot \text{sen} \left(\frac{Gc}{2} \right)} \quad (\text{Eq. 21})$$

$$\text{Deflexão por metro} \rightarrow dpm = \frac{\left(\frac{Gc}{2} \right)}{2.C} \quad (\text{Eq. 22})$$

$$\text{Afastamento} \rightarrow E = R \cdot \left(\sec \left(\frac{AC}{2} \right) - 1 \right) \quad (\text{Eq. 23})$$

$$\text{Corda} \rightarrow C = 2.R \cdot \text{sen} \left(\frac{AC}{2} \right) \quad (\text{Eq. 24})$$

$$\text{Ordenada do ponto P (x,y)} \rightarrow y = R - \sqrt{R^2 - x^2} \quad (\text{Eq. 25})$$

2.7.5.1. Raios Mínimos da Curva Horizontal

Para os valores dos raios mínimos, que são os menores raios necessários para se percorrer a curva com segurança e conforto vale ressaltar que é desejável utilizar raios maiores que os mínimos de acordo com a velocidade diretriz determinada.

O cálculo do raio mínimo é calculado através da fórmula a seguir:

$$R \text{ min} = \frac{V^2}{127(e \text{ máx} + f \text{ máx})} \quad (\text{Eq. 26})$$

e máx = taxa máxima de superelevação em m/m.

f= máximo coeficiente de atrito;

V= velocidade diretriz, em km/h;

Para adotar o raio mínimo correto pode ser utilizada a tabela a seguir que é analisado utilizando a velocidade diretriz e taxa máxima de superelevação.

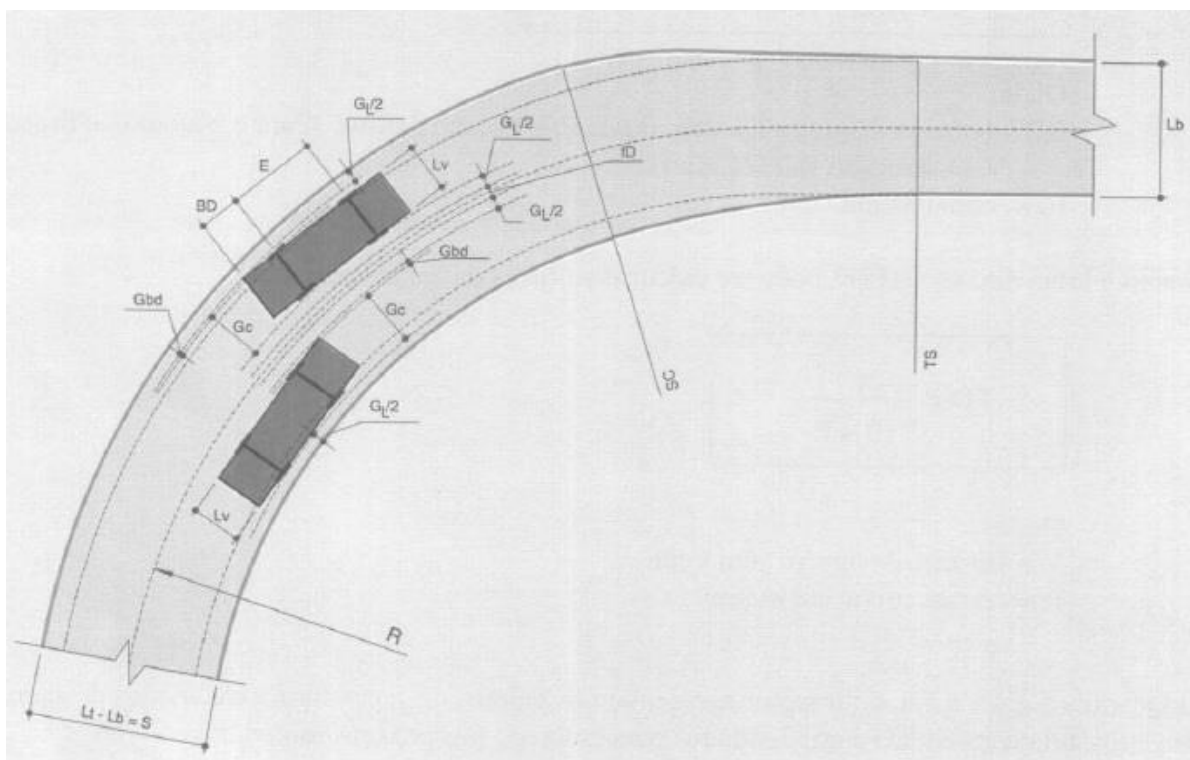
Tabela 10 - Raios Mínimos em função da taxa máxima de superelevação

Superelevação Máxima (em %)	Velocidade de Diretriz (km/h)								
	30	40	50	60	70	80	90	100	120
8	25	50	80	125	170	230	290	375	595
9	25	45	75	115	155	210	265	345	540
10	20	45	70	105	145	195	245	315	490

2.7.5.2. Superlargura

É um acréscimo de faixa que é realizado nas curvas, pois como os veículos não são flexíveis eles precisam de um aumento de faixa para assim poder manter a distância necessária de outro veículo para assim garantir ao motorista maior segurança.

Figura 13 - Parâmetros utilizados para calcular a Superlargura



Fonte: DNER, (1999).

Dimensionamento

Para a incorporação de um acréscimo (superlargura) é necessário quando a curva apresentar um raio de curvatura muito pequeno. Na maioria dos casos elas são utilizadas em terrenos mais acidentados em regiões montanhosas em que os traçados apresentam curvas fechadas e raios muito pequenos.

A seguir são apresentados valores pré-estabelecidos e fórmulas para se elaborar os cálculos da superlargura.

Fórmulas utilizadas para pistas de duas faixas:

$$\text{Veículos VP} \rightarrow S = n(R - \sqrt{R^2 + E^2}) + \left(\frac{V_{\text{máx}}}{10\sqrt{R}} \right) \quad (\text{Eq. 27})$$

$$\text{Veículos O, CO e SR} \rightarrow S = LT - LB \quad (\text{Eq. 28})$$

$$LT = 2(Gc + Gl + Gbd) + \left(\frac{V}{10\sqrt{R}} \right) \quad (\text{Eq. 29})$$

$$GC = 2,60 + (R - \sqrt{R^2 + E^2}) \quad (\text{Eq. 30})$$

Para se determinar a folga lateral necessária é necessário analisar a largura de faixa de rolamento da via em questão para melhor dimensioná-la conforme tabela a seguir.

Tabela 11 - Largura da pista e folga lateral

LB (m)	6,0 – 6,4	6,6 – 6,8	7,0 – 7,2
GL (m)	0,40	0,75	0,90

$$GBD = \sqrt{R^2 + BD(2E + BD)} - R \quad (\text{Eq. 31})$$

Para veículo de projeto CO adota-se $BD = 1,20$ m.

É determinado o balanço dianteiro e a distância entre eixos através do veículo de projeto que trafega pela via conforme visto na tabela a seguir.

Tabela 12 - Determinação do balanço dianteiro e distância entre eixos

Veículo	BD (m)	E (m)
VP	---	3,40
O	2,10	7,60
CO	1,20	6,10
SR	0,90	E_{eq}

Para veículos articulados tem-se a seguinte fórmula:

$$E_{eq} = E_1^2 + E_2^2$$

(Eq. 32)

E_1 = distância entre o eixo dianteiro do veículo trator e o pivô de apoio do semi-reboque;

E_2 = distância entre esse pivô e o eixo traseiro, ou ponto médio dos eixos traseiros do semi-reboque.

Onde:

S = superlargura (m) \geq 40 cm (múltiplo de 20 cm)

LT = largura total em curva de pista de 2 faixas;

LB = largura básica determinada para a pista em curva;

GC = gabarito estático do Veículo de Projeto em curva;

GL = folga lateral do Veículo de Projeto em movimento;

BD = balanço dianteiro (m);

R = raio da curva (m);

V = velocidade diretriz;

E = distância entre eixos;

n = número de faixas de tráfego;

2.7.5.3. Superelevação

Define-se superelevação a inclinação implantada no plano horizontal de uma curva com a finalidade de contrapor a força centrífuga (que é superior à reação do atrito do veículo com a via, e com isso ocorre a derrapagem) para assim manter o veículo na via e não ser arrastado para fora. Esta inclinação se vê necessária porque o atrito do veículo com a via não é o suficiente para eliminar o risco de acidentes e proporcionar o melhor conforto e segurança aos usuários.

Para se analisar a superelevação é inevitável utilizar o coeficiente de atrito transversal f_t , que é utilizado como um parâmetro adimensional conforme é instruído pelo DNIT. Assim são indicados os valores para V (km/h) e f_t (adimensional) conforme é exibido na tabela a seguir.

Tabela 13 - Coeficientes de atrito longitudinal

Velocidade Diretriz (km/h)	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
f	0,40	0,37	0,35	0,33	0,31	0,30	0,29	0,28	0,28	0,27

A superelevação é dependente da velocidade diretriz, pois para cada velocidade existente há um raio mínimo diferente. Para raios grandes não se faz necessário implantar superelevação, pois a força centrífuga é tão pequena que chega a ser desprezível.

A tabela a seguir exhibe raios em que não se faz necessário implantar superelevação.

Tabela 14 - Valores de Raios acima dos quais não é necessário implantar superelevação

V (km/h)	30	40	50	60	70	80	90	≥ 100
R (m)	450	800	1250	1800	2450	3200	4050	5000

Pode-se utilizar a seguinte fórmula para elaborar o cálculo dos raios acima do raio mínimo para obter a taxa de superelevação.

$$e = e_{\text{máx}} \left(\frac{2R_{\text{min}} - R^2}{R} \frac{m_{\text{in}}}{R^2} \right) \quad (\text{Eq. 33})$$

Para se implantar a superelevação existem valores mínimos e máximos dos quais se devem utilizar para um bom projeto geométrico.

O valor mínimo exigido da taxa de superelevação é de 2%, é atribuído este valor visto que se adapta para manter boas condições de escoamento de águas pluviais sobre a seção transversal da via.

E o valor máximo permitido para a taxa de superelevação é de 12%, usualmente é implantada para assim melhorar ou corrigir algum defeito em curvas que não é viável alterar o raio. Porém há casos específicos para se aumentar a superelevação, isto só se faz necessário quando não houver outra opção, o ideal para as vias a título de projeto é aumentar o raio.

2.7.6. Alinhamento Vertical

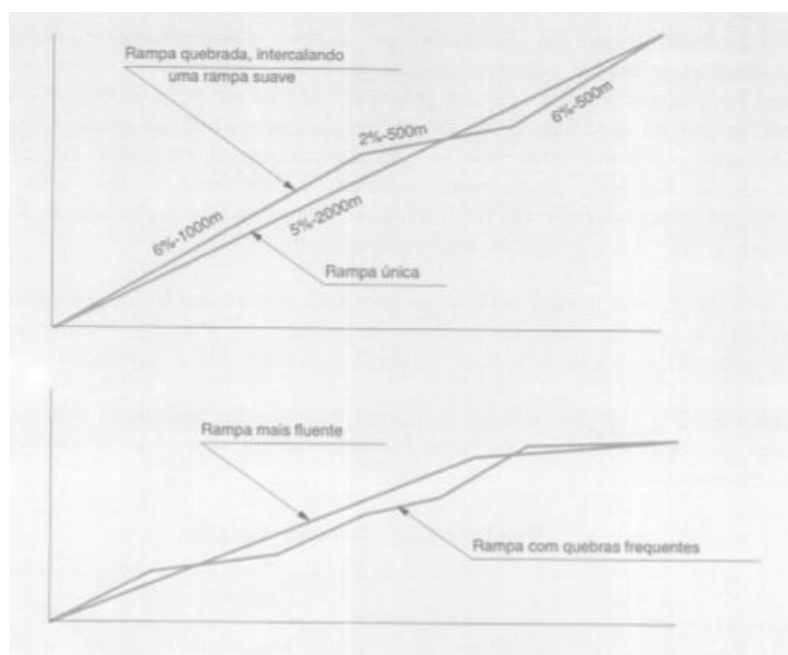
O plano vertical (em perfil) assim como o plano horizontal tem suas restrições e parâmetros mínimos e máximos que tem por finalidade alterar a direção do veículo suavemente em curvas sem que haja mudanças bruscas e repentinas.

Para o lançamento do greide é preciso fazer com que a via não sofra muitas modificações que venham a impactar nas rampas. Os greides devem ter certa distância entre si para assim evitar que ocorra a falsa visibilidade de ultrapassagem que o mesmo pode proporcionar devido ao excesso de rampas sucessivas.

2.7.6.1. Rampas Máximas

A implantação de rampas se faz necessário quando há terrenos íngremes que não favorecem o projeto, e para melhor conceber o projeto é preciso criar rampas acentuadas. Porém, para tal projeto ter uma boa qualidade é preciso gerar rampas mais suaves, mas isso não acontece pelo fator econômico. Uma rampa suave terá um maior custo com movimentações de terra e outros fatores, com isso se vê a necessidade de reduzir os custos elaborando uma rampa com maior inclinação.

Figura 14 - Rampa



Fonte: DNER, (1999).

Para se conceber rampas, elas devem estar em conformidade com as demais propriedades que foram estipuladas para tal via.

A tabela a seguir indica os valores em percentual para cada classe de via.

Tabela 15 - Rampas máximas

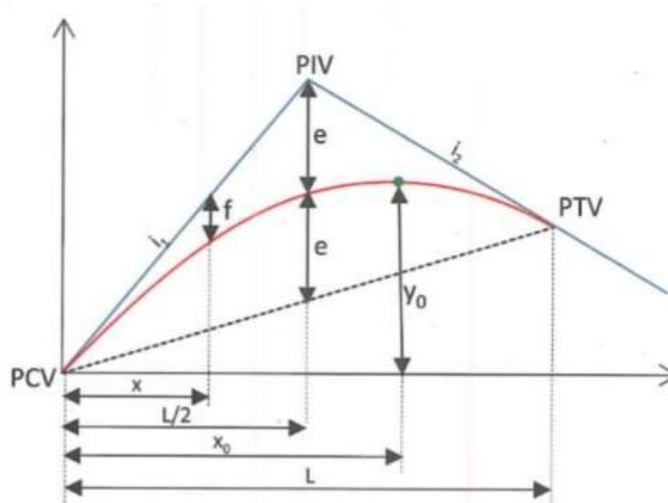
Classe do projeto	Relevo		
	Plano	Ondulado	Montanhoso
Classe 0	3%	4%	5%
Classe I	3%	4,5%	6%
Classe II	3%	5%	7%
Classe III	4%	6%	8%
Classe IV-A	4%	6%	8%
Classe IV-B	6%	8%	10%

2.7.6.2. Concordância Vertical

A concordância vertical tem a finalidade de fazer com que as curvas verticais dos greides sejam concordadas e tenham o ponto de encontro no PIV. Assim como no plano horizontal o perfil vertical também deve apresentar um terreno pouco acidentado, para assim evitar rampas com muita inclinação ou raios de curvas que apresentam características consideravelmente distintas.

Conforme indicado pelo DNER as curvas verticais são projetadas utilizando parábolas do 2º grau.

Figura 15 - Concordância Vertical



Fonte: IME, (2010).

Para os cálculos necessários para concepção das curvas verticais são utilizadas as seguintes equações.

$$\text{Flecha máxima} \rightarrow e = \frac{L \cdot A}{800} \quad (\text{Eq. 34})$$

$$\text{Flecha num ponto qualquer} \rightarrow e = \frac{A \cdot X^2}{200 L} \quad (\text{Eq. 35})$$

Coordenadas do vértice da parábola

$$X_0 = \frac{L \cdot i_1}{A} \quad (\text{Eq. 36})$$

$$Y_0 = \frac{L \cdot i_1^2}{2 A} \quad (\text{Eq. 37})$$

Cota de um ponto qualquer da parábola

$$\text{Cota} = \text{Cota do PCV} \pm \left(\frac{i_1 x}{100} \right) \pm \left(\frac{A x^2}{200 L} \right) \quad (\text{Eq. 38})$$

$$\text{Diferença algébrica das rampas} \rightarrow A = |i_1 - i_2| \quad (\text{Eq. 39})$$

i (ascendente) $\rightarrow (+)$

i (descendente) $\rightarrow (-)$

A seguir são apresentadas as fórmulas para o cálculo de comprimento de concordância vertical para curvas côncavas e convexas.

Tabela 16 - Comprimento de concordância vertical

Curvas	$L \geq dp$	$L < dp$
Convexas	$L_{min} = A \frac{dp^2}{412}$	$L_{min} = 2 dp - \frac{412}{A}$
Côncavas	$L_{min} = A \frac{dp^2}{122 + 3,5dp}$	$L_{min} = 2 dp - 122 + \frac{3,5dp}{A}$

Onde:

A = diferença algébrica dos greides;

Dp = distância de visibilidade de parada;

L = comprimento da concordância vertical;

Lmin = comprimento da concordância vertical necessária.

2.7.7. Largura da Faixa de Rolamento

A concepção da largura da faixa de rolamento é obtida através da largura dos veículos de projeto que trafegam na via. Através das medidas dos veículos, os níveis de serviço, classe da via e velocidade diretriz são dimensionadas as faixas de rolamento para obter uma experiência de conforto e segurança para os motoristas.

A seguir é exibida a tabela para as dimensões básicas de faixa de rolamento em metros conforme indicado pelo DNER.

Tabela 17 - Largura da faixa de rolamento conforme a classe da via

Classe do projeto	Relevo		
	Plano	Ondulado	Montanhoso
Classe 0	3,60	3,60	3,60
Classe I	3,60	3,60	3,50
Classe II	3,60	3,50	3,30
Classe III	3,50	3,30	3,30
Classe IV-A	3,00	3,00	3,00
Classe IV-B	2,50	2,50	2,50

2.7.8. Taludes

Para um bom dimensionamento dos taludes para melhor segurança no tráfego, os mesmos devem ter inclinações mais suaves que possa ser executado. Para a redução de custos e boa execução é viável que sua concepção seja feita em maior conformidade possível com a topografia do terreno, reduzir os custos de

manutenção, menor riscos de tombamentos de veículos e esteticamente torna a via mais confortável.

O valor desejável e mais seguro para a concepção de taludes é de 1:6 que vem a tornar a via mais segura, e dependendo da classe da via esta relação pode ser maior. E em taludes pequenos podendo esta relação ser menor.

2.7.9. Projeto de Terraplenagem

O projeto de terraplenagem é a fase em que define-se os volumes de corte e aterro e a movimentação de terra, e tem por finalidade avaliar a necessidade de haver utilização de bota-foras ou empréstimos regularizados por lei. É aconselhável que se avalie as distâncias dos deslocamentos de terra que os veículos de transportes percorrem, para assim poder fazer a compensação de terra para assim economizar custos.

Para o bom projeto de terraplenagem é de suma importância que se avalie a topografia do local e elaborar estudos geotécnicos para avaliar o tipo de solo e verificar a resistência do solo, para assim elaborar a movimentação de volumes.

Os cálculos dos volumes são elaborados através das equações a seguir:

Cálculo dos Volumes

Método da média das áreas

$$V_a = d \left(\frac{S_1 + S_2}{2} \right) \quad (\text{Eq. 40})$$

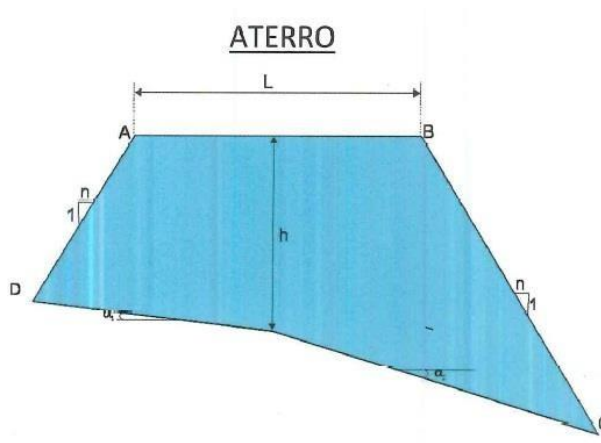
Método da área média

$$V = S_m \cdot d \quad (\text{Eq. 41})$$

Áreas de Aterro

Em relação aos taludes de aterro, no contexto geral a inclinação dos mesmos será de 1H: 1V (isso significa que para cada 1 metro vertical teremos 1 metro horizontal), e para diminuir o risco de erosão é ideal revestir as taludes com vegetação local nativa.

Figura 16 - Aterro



Fonte: IME, (2010).

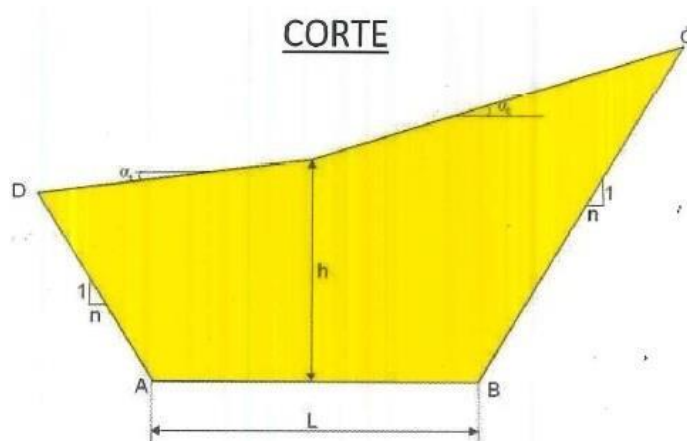
$$\text{Área} = \frac{(L + 2nh)^2}{8n} \left(\frac{1}{1 + n \tan \alpha_1} + \frac{1}{1 + n \tan \alpha_2} \right) - \frac{L^2}{4n}$$

(Eq. 42)

Áreas de Corte

Nesta fase devem ser tomados os devidos cuidados especiais quanto às rampas dos taludes de corte, sendo que uma boa parcela da estrada tem solos que são erodíveis, e os mesmos apresentam condições de elevada instabilidade.

Figura 17 - Corte



Fonte: IME, (2010).

$$\text{Área} = \frac{(L + 2nh)^2}{8n} \left(\frac{1}{1 - n \tan \alpha_1} + \frac{1}{1 - n \tan \alpha_2} \right) - \frac{L^2}{4n}$$

(Eq. 43)

3. METODOLOGIA

Nos métodos utilizados para a concepção desta monografia foi elaborado a demarcação um trecho de estrada rural no Bairro Ponte Nova, município de Camanducaia - MG, com a finalidade de propor a adequação de uma curva em que se encontra de certa maneira um raio de curvatura que não atende o necessário, e a ausência de visibilidade ao usuário, para assim reduzir os riscos de acidentes e propor uma melhor experiência de condução com melhor conforto e segurança.

O presente estudo foi realizado como base no Manual de Projeto Geométrico de Estradas Rurais do Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER, 1999), que sugere a forma adequada de se realizar um projeto geométrico analisando os fatores e conceitos necessários a se aplicar.

Conceitos obtidos do livro Estradas de Rodagem, Projeto Geométrico, (PONTES FILHO, 1998), que aborda conceitos iniciais de crucial importância para a avaliação e concepção do traçado conforme a configuração da topografia do terreno para o melhor traçado possível.

Os dados de tráfego são realizados através das equações fornecidas pelo Departamento Nacional de Infra- Estrutura de Transportes, para assim poder obter o fluxo de veículos e verificação dos horários de maior fluxo (horário de pico). Define-se horário de pico como o número de veículos que passam por uma seção de uma via, ou de uma determinada faixa, durante uma unidade de tempo (DNIT, 2006).

É utilizada para a concepção deste estudo a utilização do Software Google Earth para obter as coordenadas exatas do trecho analisado, também sendo utilizado o Software Global Mapper que fornece o levantamento topográfico da região, e por fim foi utilizado o Software Civil 3D, que elabora o traçado do projeto geométrico e fornece os dados completos do traçado final com suas respectivas características, incluindo também os volumes de corte e aterro, movimentações de terra realizadas, e o traçado final já finalizado.

4. EXPLORAÇÃO E COLETA DOS DADOS DO TRECHO PROPOSTO PARA ADEQUAÇÃO

O presente projeto se situa no município de Camanducaia – MG, localizado na estrada rural em sentido do Bairro Ponte Nova, com coordenadas UTM em: 22°46'26.16"S e 46° 4'7.85"O.

Para este trabalho foi analisado e visto que a estrada em que se situa o projeto é uma via local de Classe IV – A, que é rodovia de pista simples não pavimentada, com volume de tráfego de 50 a 200 vpd (veículos por dia) com velocidade diretriz de 40 km/h, adotado veículo de projeto CO (veículos de transporte de carga rígidos sem articulações), e o nível de serviço após ser analisado, foi visto que se adequa ao nível de serviço D em que o fluxo de veículos é variável e mais elevado de acordo com horário (maior fluxo de veículos é no período das 17: 00 às 19: 00), a velocidade é reduzida, há dificuldade em ultrapassagens e o nível de conforto e segurança é ruim.

Figura 18 – Início da Curva



Fonte: Autor, (2018).

O trecho em questão após ser analisado de perto e em percurso nota-se que há pouca visibilidade ao trafegar pela curva, existe uma superelevação leve e não possui Superlargura que é necessário, pois é uma curva com raio muito pequeno, e

com isso acaba não suprimindo as necessidades para obter o mínimo de conforto e segurança aos usuários.

Figura 19 - Final da Curva



Fonte: Autor, (2018).

O presente traçado possui apenas um alinhamento que é composto por dois trechos, em que o comprimento do primeiro trecho possui 159,02 metros, e o segundo trecho possui uma distância de 143,70 metros, com um comprimento longitudinal total dos trechos de 302,72 metros, e baseado nestes dois trechos é determinado o raio necessário a se empregar na curva.

Figura 20 - Alinhamentos

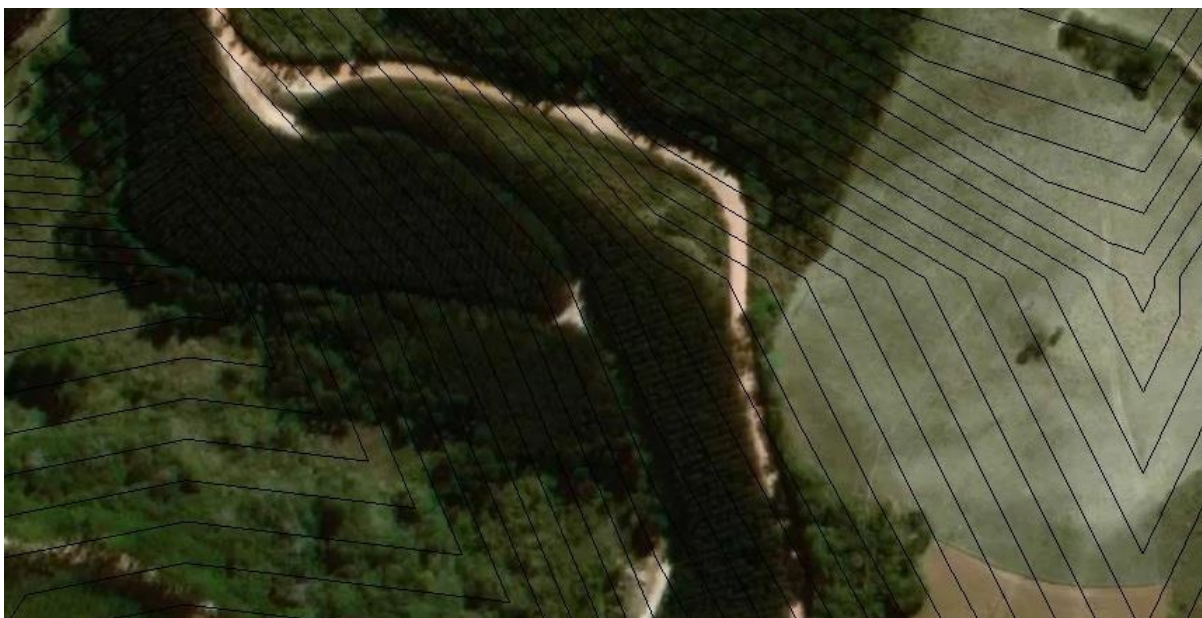


Fonte: Google, (2018).

4.1. Configuração do Terreno

Realizada a análise necessária e o levantamento topográfico do terreno, gerando as curvas de níveis a cada 1 metro, é verificado que a estrada em questão encontra-se em região montanhosa onde a altitude oscila entre 1.440 a 1.470 metros de altitude, o que justifica o motivo da estrada ter tantos trechos sinuosos e ser construída de tal forma. Isso foi feito para assim facilitar o tráfego e não forçar muito os veículos devido as grandes inclinações e desníveis existentes na região.

Figura 21 - Curvas de Níveis do Terreno



Fonte: Google, (2018).

4.2. Softwares e equipamentos utilizados

Na concepção deste projeto foram utilizados os seguintes equipamentos:

- Google Maps para realizar a localização e nomenclatura da estrada;
- Software Google Earth para obter as coordenadas e perfil do terreno;
- Fita Métrica, para obter o comprimento dos alinhamentos;
- Aparelho celular para capturar as imagens;

- Software SketchUp;
- Software Global Mapper para gerar as curvas de níveis e perfil topográfico;
- Software Civil 3D, para a concepção do projeto geométrico, volumes de corte e aterro e projeção da estrada em 3D;
- Material fornecido na disciplina de Projeto de Construção de Estradas.

4.3. Fase de Execução do Projeto

Antes de realizar o traçado foi feita uma verificação do raio mínimo necessário para a curva, o qual foi de 50 metros para a velocidade diretriz de 40 km/h, e visto que está conforme o que solicita o Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais do DNER.

Em sua concepção primeiramente é determinado os dois trechos constituintes do alinhamento, para assim definir o raio mínimo de curvatura, em seguida visto que já foi obtido o Ponto de Curva (PC) na estaca 5+1,539m e o Ponto de Tangente (PT) na estaca 9+18,985m, e visto que o traçado do alinhamento é realizado de forma correta é definida a marcação das estacas a cada 20 metros, com corda de 5 metros devido ao raio <100m.

Com os dados inseridos é projetado o perfil natural do terreno, em seguida é lançado o greide (estrada lançada no terreno natural) com os Pontos de Curvas Verticais (PCV) e os Pontos de Tangentes Verticais (PTV), e são definidas as rampas, com rampa máxima de 5,44% a qual está dentro do padrão aceitável que é de 8% para esta região.

É criada a seção tipo da estrada (composta pelos itens que há na via), são eles, dimensão da faixa de rolamento de 3,00 metros com superelevação de 2%, e determinado talude de 1H:1V por não haver grandes inclinações no projeto.

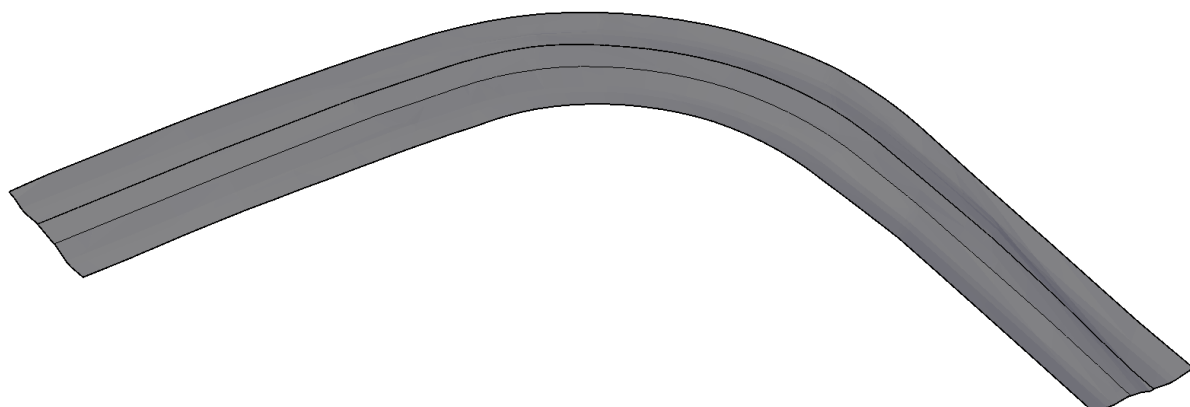
Com a seção típica concluída é gerado o corredor da estrada, que através dos parâmetros adotados na seção típica são inseridos estes dados no alinhamento, mesclando assim os dois elementos tornando possível uma melhor visualização da estrada.

Estando o perfil natural e projetado lançados pode se realizar as vistas de seção da via, que são as vistas de perfil do terreno com as altitudes, e é realizado isto para cada estaca presente no alinhamento, tendo como eixo, o eixo da estrada.

Com as etapas anteriores concluídas é criada a superfície da estrada, que quando feita torna possível à visualização da estrada com as curvas de níveis já alteradas em concordância com a via já lançada no terreno.

Para esta curva o raio mínimo adotado é de 73,18 metros, e o trecho onde se situa a curva já adequada possui 285,20 metros de comprimento, sendo que foi adotado curva circular simples (apenas um arco de círculo ligando duas tangentes).

Figura 22 - Curva Adequada



Fonte: Autor, (2018).

5. RESULTADOS

Os resultados obtidos neste projeto são positivos, fornecendo uma estrada mais confortável e segura, considerando que o único fator de complicação, é necessário apenas um acréscimo de solo para a área de aterro que é maior que a área de corte, porém há perto do local, uma área onde é retirado solo para se utilizar em aterros, não prejudicando o meio ambiente e a comunidade.

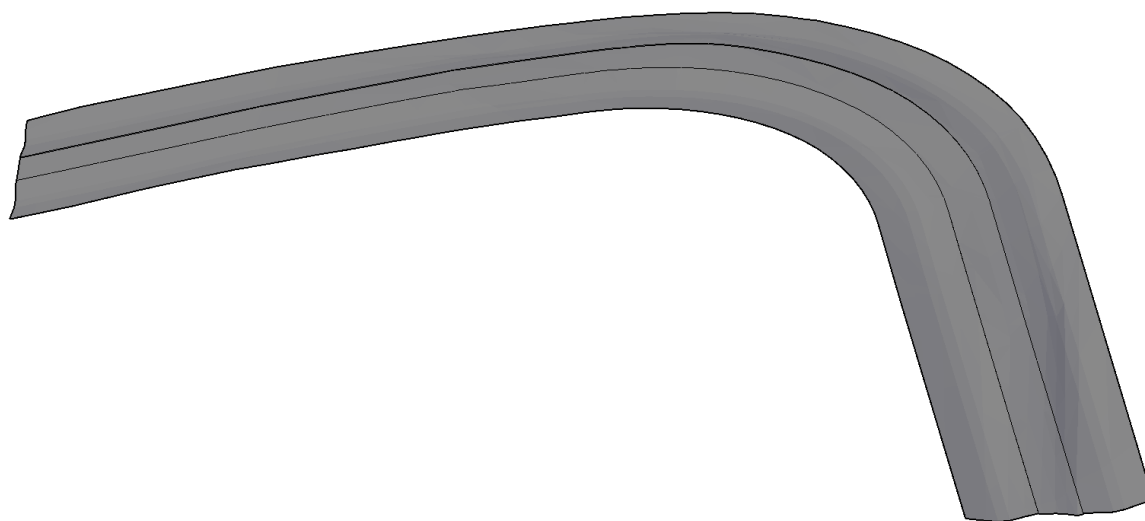
5.1. Volume de Corte e Volume de Aterro

Havendo grandes áreas de corte e aterro devido à região montanhosa a adequação passa por um desnível de aproximadamente 8 metros, os volumes são consideráveis, sendo que o volume de corte é de 7.149,55 m³ e o volume de aterro é de 2.500,63 m³ (3.250,82 com fator de empolamento de 1,30), mas como pode-se fazer a compensação de solo há apenas um acréscimo no volume de corte, havendo necessidade de um bota fora para o volume de 3.898,73 m³ de solo.

5.2. Projeto finalizado

Realizada a fase de execução do projeto com as diretrizes corretas para esta estrada, o projeto está concluído, contendo um alinhamento horizontal, alinhamento vertical, volumes de corte e aterro e determinadas às rampas. Finalizado o projeto é possível se ver a estrada junto à topografia do terreno, e podendo trafegar pela estrada com a velocidade diretriz correta (40km/h) em 3D no software AutoCAD Civil 3D, assim fornecendo uma vista ampla de como fica a adequação e obtendo uma experiência divertida trafegando virtualmente.

Figura 23 - Estrada Finalizada



Fonte: Autor, (2018).

6. ANÁLISE E DISCUSSÕES SOBRE OS RESULTADOS

Finalizado o projeto, e a curva estando adequada em conformidade com as diretrizes pertinentes a esta classe de via, em comparação com o trecho existente no local, é notável uma grande diferença, analisando o desenvolvimento da curva que torna o percurso mais confortável e seguro, adequando assim a distância de visibilidade distância de visibilidade de parada e distância de ultrapassagem, fornecendo uma melhor experiência de condução ao usuário.

Como áreas de corte e aterro são as atividades que levam maior tempo de execução, e há um considerável custo de locomoção em relação à movimentação de terra, assim sendo, e sabendo que os volumes de corte e aterro são aproximados, é possível se realizar a compensação de solo.

Analisando os dados e resultados obtidos e não havendo impecílio na questão ambiental, com isso só há benefícios a se obter para a comunidade na concepção deste projeto, o que se faz relevante considerar a aplicação desta adequação, visto que o turismo na região está aumentando e há um maior fluxo de veículos que trafegam na estrada.

7. CONCLUSÃO

As estradas rurais no passado eram construídas sem equipamentos, instrumentos, tecnologias ou análises necessárias, pois não se via necessário, e financeiramente não havia um retorno justificável para se aplicar um montante mais elevado para proporcionar uma melhor qualidade.

A adequação das estradas rurais é uma forma de beneficiar o homem do campo e apresentar a comunidade que há inovações tecnológicas que podem beneficiar e contribuir para o bom desenvolvimento e integração da comunidade. E comprova que é possível resgatar uma estrada mesmo que esteja em condições fora do mínimo conforto e segurança ocasionado pela degradação ambiental.

A parte ambiental é um grave problema encontrado ocasionado por deformidades e danos ocasionados pela incorreta concepção, pois com isso o risco de erosão do solo é maior, que sem as devidas contenções, com a ocorrência frequente de chuvas o solo é rompido e transportado para os mananciais.

Na concepção das estradas rurais não é levado em consideração os solos existentes em cada trecho que se loca a estrada, o relevo do terreno da região, estudos para melhores traçados, e o principal motivo que torna as estradas rurais inadequadas ao decorrer do tempo é a falta de manutenção por parte do órgão responsável, que por não dispor dos equipamentos, materiais e métodos necessários, quando realizada a manutenção o processo é feito de forma incorreta, o que diminui drasticamente a vida útil da estrada, e se faz necessário realizar manutenções com mais frequência, o que se torna inviável devido ao custo e tempo gasto, resultando no acúmulo de trechos inadequados.

Ciente do elevado custo de manutenção das estradas rurais, esta monografia sugere ao órgão responsável que se aplique técnicas e materiais preventivos. Como a estrada é extensa, é viável adequar apenas os trechos mais críticos que podem ocasionar acidentes, assim sendo o ideal é inserir placas de redução de velocidade, executar o corte e aterro correto do solo nos trechos necessários, utilizar do gabião para as contenções para manter a via em bom estado, realizar a limpeza ao redor da estrada constantemente. Com estas aplicações se tornaria mais vantajoso ao órgão

responsável pelo baixo custo de aplicação e maior durabilidade, e a comunidade pode ter uma estrada em boas condições de uso em qualquer época do ano.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

PONTES FILHO, Glauco. **Estradas de Rodagem: projeto geométrico**. 1ª ed. São Carlos - SP: Glauco Pontes Filho, 1998.

DNIT-GOV. **Departamento Nacional de Infraestrutura e Transportes**: Disponível em: <<http://www1.dnit.gov.br/historico/>> Acesso em: 16 de junho de 2018.

GOOGLE. **Mapas e visualização de satélite**: Disponível em: <<https://www.google.com.br/maps/place/Camanducaia,+MG,+37650-000/@-22.7543786,-46.1298656,349m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x94cc00bfadd9d199:0xff3b33a95d73427f!8m2!3d-22.753817!4d-46.1419896?hl=pt-BR>> Acesso em: 16 de junho de 2018.

MEIO AMBIENTE-MG. **Regularização ambiental**: Disponível em: <<http://www.meioambiente.mg.gov.br/regularizacao-ambiental>> Acesso em: 16 de junho de 2018.

DNIT-GOV. **Normas e Manuais de Projeto Geométrico**: Disponível em: <http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/manuais/documentos/706_manual_de_projeto_geometrico.pdf> Acesso em: 16 de junho de 2018.

DNER. **Departamento Nacional de Estradas de Rodagem**: Disponível em: <https://lief.if.ufrgs.br/pub/cref/pe_Goulart/Material_de_Apoio/Artigos%20Extras/Manual%20Projeto%20Geometrico%20-%20DNER.pdf> Acesso em: 16 de junho de 2018.

DER-SP- Departamento de Estradas de Rodagem de São Paulo: Disponível em:
<[http://sinop.unemat.br/site_antigo/prof/foto_p_downloads/fot_5492notas_tycnicas_d_e_pbojeto_de_estbadas_-_dey_\(sp\)_pdf.pdf](http://sinop.unemat.br/site_antigo/prof/foto_p_downloads/fot_5492notas_tycnicas_d_e_pbojeto_de_estbadas_-_dey_(sp)_pdf.pdf)> Acesso em: 16 de junho de 2018.

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ. Repositório Roca:
Disponível em:
<http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/1185/1/CT_GPM_I_2011_55.PDF> Acesso em: 17 de junho de 2018.

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ. Repositório Roca:
Disponível em:
http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/3388/1/PB_COECI_2014_1_14.pdf > Acesso em: 18 de junho de 2018.

CATI-SP- Coordenadoria de Assistência Técnica Integral: Disponível em:
http://www.cati.sp.gov.br/portal/themes/unify/arquivos/produtos-e-servicos/acervo-tecnico/recursos_naturais/AdequacaodeEstradasRurais.pdf > Acesso em: 18 de junho de 2018.

DAER- RS- Departamento Autônomo de Estradas de Rodagem do Rio Grande do Sul: Disponível em:
<<https://www.daer.rs.gov.br/upload/arquivos/201607/27143350-normas-projetos-geometrico.pdf>> Acesso em: 25 de agosto de 2018

CNT- Confederação Nacional dos Transportes: Disponível em:
<<http://www.cnt.org.br/Estudo/transporte-rodoviario-desempenho>> Acesso em: 25 de agosto de 2018.

9. ANEXOS

ANEXO A – Local de adequação da Curva



ANEXO B – Estrada adequada

