



ANÁLISE DA RELAÇÃO ENTRE AS CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DA ESTRADA E ACIDENTES RODOVIÁRIOS

FERNANDA RIBEIRO DE ARAUJO PEREIRA

novembro de 2017

**ANÁLISE DA RELAÇÃO ENTRE AS CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DA ESTRADA E
ACIDENTES RODOVIÁRIOS**

FERNANDA RIBEIRO DE ARAUJO PEREIRA

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de

MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL – RAMO DE INFRAESTRUTURAS

Orientador: Maria da Fátima Portela

Co-Orientador: Henrique Dinis (Universidade Presbiteriana Mackenzie)

OUTUBRO DE 2017

ÍNDICE GERAL

Índice Geral	iii
Resumo.....	v
Abstract	vii
Agradecimentos	ix
Índice de Texto	xi
Índice de Figuras.....	xiii
Índice de Tabelas.....	xv
Abreviaturas	xvii
Capítulo 1 Introdução	1
Capítulo 2 Revisão da Literatura	7
Capítulo 3 Características Técnicas das Estradas.....	15
Capítulo 4 Sistema Operacional das Rodovias.....	40
Capítulo 5 Estudo de Caso	49
Capítulo 6 Conclusão.....	69
Capítulo 7 Desenvolvimentos Futuros	71
Referências Bibliográficas	73
Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais -Referências Bibliográficas.....	104

RESUMO

Nos dias de hoje, o acidente rodoviário é uma das maiores causas de mortalidade no mundo, exigindo uma determinada atenção. Portugal e o Brasil são países que possuem um elevado índice de acidentes nas rodovias devido a diversos fatores, como os fatores viários, os fatores veiculares, os fatores humanos e os fatores ambientais. O foco deste trabalho são os fatores viários, e de modo específico o projeto geométrico e a operação das rodovias. Apesar da existência de uma certa diferença entre as normas de traçado portuguesa e brasileira, verificadas ao longo da pesquisa realizada, não é isto que faz com que o índice de acidentes no Brasil seja maior do que o de Portugal. O principal problema das estradas brasileiras é o não seguir a norma e a saturação das rodovias. O volume de tráfego aumentou dez vezes mais que o crescimento da malha rodoviária do país, fazendo com que as rodovias trabalhem além de sua capacidade, aumentando a quantidade de acidentes.

Palavras-chave: acidentes; rodovias, geometria, Brasil, Portugal

ABSTRACT

Nowadays, the road accident is one of the biggest causes of mortality in the world, demanding a certain attention. Portugal and Brazil are countries that have a high rate of road accidents due to several factors such as road factors, vehicular factors, human factors and environmental factors. The focus of the following work is the road factors, specifically the geometric design and the operation of the highways. There is a little difference between the rules of Portuguese and Brazilian, however this is not what makes the accident rate in Brazil is higher than that of Portugal. The main problem of the Brazilian roads is the disrespect to the norm and the saturation of the highways. The volume of traffic increased ten times more than the growth of the road network, causing the highways to work beyond their capacity, increasing the amount of accidents.

Keywords: accident, road, geometric, Brazil, Portugal

AGRADECIMENTOS

A Deus, fonte de toda sabedoria, pela força e pela coragem que me concedeu, permanecendo ao meu lado em todo o percurso desta caminhada.

Ao Prof. Dr. Henrique Dinis, minha eterna gratidão, por ter sido meu orientador persistente e amigo.

A engenheira Maria da Fátima Portela, meu agradecimento, por ter sido minha orientadora e me ajudado na elaboração do trabalho mesmo estando em Portugal.

À minha família e ao meu noivo, Alexandre, pela paciência e compreensão.

Aos meus amigos Ana Beatriz Lee e Caue Zarzour que me apoiaram e me ajudaram.

À querida amiga Prof.^a Mestre Ana Cristina Cestari Santos que me guiou e me deu o apoio que eu precisava.

Aos especialistas na área de transporte do grupo Systra: Roberto de Araujo Pereira, Marcos Monteiro, Maki Arakawa, que contribuíram com seus acervos e conhecimentos.

Ao Jurandir Leiva Zupolini, ao Flavio Simões e ao Edson Ferreira Costa Júnior que forneceram dados e informações para a elaboração do trabalho.

ÍNDICE DE TEXTO

Índice Geral	iii
Resumo.....	v
Abstract	vii
Agradecimentos	ix
Índice de Texto	xi
Índice de Figuras.....	xiii
Índice de Tabelas.....	xv
Abreviaturas	xvii
Capítulo 1 Introdução	1
1.1 Considerações Iniciais	1
1.2 Objetivos.....	3
1.2.1 Objetivo Geral.....	3
1.2.2 Objetivos Específicos	3
1.3 Justificativa	3
1.4 Metodologia.....	4
1.5 Estrutura do Trabalho	5
Capítulo 2 Revisão da Literatura.....	7
2.1 Situação das Rodovias no Brasil.....	7
2.2 Situação das Rodovias em Portugal	10
2.3 Principais Causas dos Acidentes Rodoviários	12
Capítulo 3 Características Técnicas das Estradas.....	15

ÍNDICE DE TEXTO

3.1	Contexto Brasileiro.....	15
3.2	Contexto Português	31
3.3	Discussão.....	38
Capítulo 4	Sistema Operacional das Rodovias	40
Capítulo 5	Estudo de Caso.....	49
5.1	Análise do Nível de Serviço da Rodovia	54
5.2	Análise das Características Geométricas da Rodovia.....	55
Capítulo 6	Conclusão.....	69
Capítulo 7	Desenvolvimentos Futuros	71
	Referências Bibliográficas.....	73

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 - Distribuição dos Acidentes por Causa no Brasil (2016).....	12
Figura 3.1 - Curva da Enésima Hora	19
Figura 3.2 - Acidentes com Veículos Pesados em Rampas.....	37
Figura 4.1 - Distância de Visibilidade Horizontal	41
Figura 4.2 - Densidade da Malha Rodoviária Pavimentada por País (em km/1000km ²)	43
Figura 4.3 - Extensão de Rodovias Federais Pavimentadas de Pista Dupla por Região (km).....	44
Figura 4.4 - Evolução do Número de Acidentes com Vítimas (2014x2015)	45
Figura 4.5 - Relação Fluxo e Velocidade	47
Figura 5.1 - Estado de São Paulo Destacado no Mapa do Brasil	49
Figura 5.2 - Malha Rodoviária do Estado de São Paulo.....	50
Figura 5.3 - Localização da Rodovia SP - 098.....	51
Figura 5.4 - SP-098 no Km 92	52
Figura 5.5 - Planta do Trecho da Serra da Rodovia SP-098	53
Figura 5.11 - Planta do Trecho 84,000-84,999	61
Figura 5.12 - Planta do Trecho 88,000-88,499	63
Figura 5.13 - SP-098 Km 88.....	64

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1.1 - Classificação das Dez Maiores Causas da Mortalidade do Mundo	2
Tabela 3.1 - Relação geral entre as classes de projeto e as classes funcionais.....	16
Tabela 3.2 - Quantidades de Veículos por Hora para Cada Nível de Serviço	20
Tabela 3.3 - Seleção do Nível de Serviço	21
Tabela 3.4 - Velocidades Diretrizes para Cada Classe de Projeto	22
Tabela 3.5 - Composição do Tráfego Analisando o VMD	23
Tabela 3.6 - Distância de Velocidade de Ultrapassagem de Acordo com a Velocidade Diretriz.....	25
Tabela 3.7 - Coeficiente de Atrito em Relação a Velocidade Diretriz	26
Tabela 3.8 - Raios Mínimos (metros).....	26
Tabela 3.9 - Valores da Superlagura.....	27
Tabela 3.10 – Determinação da Superelevação Máxima	28
Tabela 3.11 - Valores Máximos para Rampas	29
Tabela 3.12 - Largura da Faixa de Rolagem de Acordo com a Classe de Projeto.....	30
Tabela 3.13 - Velocidade Base de Acordo com a Classificação da Estrada	32
Tabela 3.14 - Velocidade de Tráfego.....	33
Tabela 3.15 - Distância Mínima de Visibilidade.....	34
Tabela 3.16 - Raio Mínimo	35
Tabela 3.17 - Declividades Máximas	36
Tabela 4.1 - Frota Total de Veículos por Região.....	44
Tabela 4.2 - Volume Médio Diário de Tráfego (2015).....	46
Tabela 5.1 - Volume Diário Médio SP098.....	54
Tabela 5.2 – Trechos Críticos da Rodovia SP-098 (2014)	58

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 5.3 - Trechos Críticos da Rodovia SP-098 (2015) 58

ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANTT	Agência Nacional de Transporte Terrestre
CONIT	Conselho Nacional de Integração de Políticas de Transporte
CNT	Confederação nacional do transporte
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura e Transporte
DERSA	Desenvolvimento Rodoviário S/A
EP	Estradas de Portugal
HCM	Highway Capacity Manual
IC	Itinerários Complementares
INFOSIGA	Sistema de Informações Gerenciais de Acidentes de Trânsito do Estado de São Paulo
IP	Infraestruturas de Portugal
IP	Itinerários Principais
JAE	Junta Autónoma de Estradas
Km	quilometro
Km/h	quilometro por hora
m	metro
REFER	Rede Ferroviária
SNV	Sistema nacional de viação
TMD	Tráfego médio diário
UE	União Europeia
VMD	Volume Médio Diário

ABREVIATURAS

VHP Volume Horário de Projeto

ZAA Zona de Acumulação de Acidentes

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Desde os primórdios, os seres humanos têm a necessidade de se locomoverem de um lugar ao outro, e sempre desejando alcançar maneiras mais rápidas e confortáveis de fazê-lo. Com o passar dos anos, a tecnologia evoluiu drasticamente na área de transportes, e como consequência aumentou significativamente o tráfego, o que trouxe maior segurança em alguns aspectos e maiores riscos em outros.

O acidente rodoviário é um tema que tem merecido grande preocupação nos dias de hoje. Estes acidentes, que estão entre as 10 maiores causas de morte no mundo, ocorrem devido a diversos fatores, conforme mostra na Tabela 1.1:

Tabela 1.1 - Classificação das Dez Maiores Causas da Mortalidade do Mundo

	Causas das Mortes	% das Mortes em 2004	% das Mortes em 2030
1°	Doenças cardíacas	12,2%	14,2%
2°	Doenças cerebrovasculares	9,7%	12,1%
3°	Doenças respiratórias	7,0%	3,8%
4°	Doenças pulmonares crônicas	5,1%	8,6%
5°	Diarreia	3,6%	-
6°	HIV/AIDS	3,5%	1,8%
7°	Câncer de pulmão, traqueia e brônquios	2,3%	3,4%
8°	Tuberculose	2,5%	1,0%
9°	Acidentes de trânsito	2,2%	3,6%
10°	Mortalidade infantil	2,0%	-

Fonte: GLOBAL STATUS REPORT ON ROAD SAFETY, 2009

Segundo Leal (2013), o Brasil em 2004 era o quinto país com o maior número de óbitos por acidentes. Em 2013 este índice no país subiu para a terceira posição, o que denota um aumento do número de acidentes em relação aos outros países. Das regiões brasileiras, a que aponta os maiores índices de sinistralidades é a Sudeste, concentradas nos Estados de São Paulo e Minas Gerais (WAISELFISZ, 2012).

Embora uma grande parte dos acidentes rodoviários tenham como causa o fator humano, a intervenção viária pode ser utilizada para reduzir significativamente esse número, afirma Leal (2013). De acordo com Fernandes (2014), a infraestrutura e o ambiente rodoviário têm uma contribuição significativa nos acidentes nas estradas. Um exemplo específico é o de Portugal, onde a infraestrutura representa até 70% dos acidentes rodoviários.

Já, Lima e Franco (2015) afirmam que as principais causas dos acidentes nas rodovias são: a falta de atenção do condutor, a embriaguez, a alta velocidade, o elevado número de veículos pesados a as ultrapassagens ilegais.

Existem diversas características técnicas nas estradas que contribuem para segurança e conforto dos seus usuários. Na elaboração de um projeto viário no Brasil como também em Portugal, é

exigido seguir normas em todos os aspectos do projeto: geometria, pavimentação, sinalização. Além de um projeto bem elaborado, uma rodovia necessita de uma constante fiscalização e eventuais manutenções.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Avaliar as causas de acidentes em rodovias relacionadas às características físicas e operacionais.

1.2.2 Objetivos Específicos

Descrever as características técnicas, níveis de serviço e velocidade de projeto, segundo os manuais de orientação de projeto para Brasil e Portugal.

Comparar o padrão operacional da malha rodoviária dos dois países.

Avaliar causas de acidentes intensificadas pela saturação do tráfego.

Comparar os dados rodoviários entre os dois países, Portugal e Brasil, em função das características técnicas, classes, níveis de serviço, operação e manutenção.

1.3 JUSTIFICATIVA

As rodovias têm como objetivo principal conectar regiões, permitindo o transporte de pessoas e mercadorias, de uma maneira segura. Porém, existem muitas estradas no mundo que deixam a desejar no quesito segurança, e por este motivo, apresentam um elevado índice de acidentes.

Um estudo feito pela CNT (Confederação Nacional do Transporte) em sua 20ª edição, Pesquisa CNT de Rodovias (2016), analisou mais de cem mil quilômetros de rodovias por todo o Brasil, quanto a situação dos pavimentos, da sinalização e da geometria da via, por trechos. A CNT classificou esses três itens em ótimo, bom, regular, ruim e péssimo, visando encontrar maneiras de melhorá-los e conseqüentemente, diminuir os acidentes nas rodovias. O resultado da pesquisa mostrou que entre todos os itens analisados, o maior percentual de péssimo foi atribuído a geometria (31,8%) e com apenas 17,1% para ótimo.

A má condição das rodovias traz prejuízo aos veículos que nela transitam, pois diminui sua vida útil, além de gerar intenso tráfego, e isto é uma das causas que contribui para o elevado índice

de acidentes. De acordo com dados do DNIT, em 2015, nas rodovias brasileiras foram registrados 121.438 acidentes, sendo mais de 5.500 deles com vítimas fatais, somente nas rodovias federais policiadas. Também em Portugal, mesmo que as condições do tráfego sejam melhores que no Brasil, o índice de acidentes supera o desejado.

Segundo a Infraestruturas de Portugal (IP), por mais que este país tenha registrado melhorias nas taxas de sinistralidade, ainda há muito o que fazer para atingir os níveis de segurança das rodovias quando comparado aos países da União Europeia (U.E). No ano de 2010, o número de locais de sinistralidade em Portugal foi de 36 e reduzido para 18 pontos em 2012. Já no ano de 2014, a pontuação subiu para 36, ou seja 38% acima da meta anual. Estes dados mostram que ainda há uma grande necessidade de melhorias nas estradas portuguesas.

Este trabalho se justifica ao avaliar as condições de tráfego das estradas brasileiras e as consequentes causas de acidentes, além de situá-las quanto às condições da U.E., mais especificamente, as de Portugal.

1.4 METODOLOGIA

O estudo foi desenvolvido por meio de pesquisas aos referenciais bibliográficos, como, manuais de projetos, boletins informativos de instruções na área, trabalhos em congressos e publicações em geral, como, bibliografias, trabalhos de outros autores e as normas de traçado brasileira e portuguesa. Também foi efetuada uma pesquisa prática.

Inicialmente foi realizada uma análise da situação dos dois países, Portugal e Brasil, quanto ao funcionamento das rodovias. Na sequência são apresentados os tópicos sobre o surgimento do transporte rodoviário em cada país. Posteriormente, efetuou-se a análise das normas de traçado utilizadas para o desenvolvimento de projetos de estradas nos países citados, o padrão de operação das rodovias, tais como os níveis de serviço, sinalização e velocidade de projeto, e ainda o nível de manutenção e estado de conservação.

A partir da análise desses tópicos foi realizada a comparação entre os aspectos operacionais rodoviários dos dois países, no qual foi possível discutir os principais motivos dos acidentes, quanto às características técnicas, operacionais e estado de conservação das estradas.

Na pesquisa prática, foi realizado um estudo de caso de uma rodovia do estado de São Paulo, na qual foi feita uma análise referente às características geométricas da via, às características de sinalização e os

aspectos da manutenção. Estes dados foram relacionados com a ocorrência de acidentes, dadas às condições apresentadas pelas rodovias brasileiras e portuguesas. Finalmente, sugestões foram apresentadas afim de solucionar tais ocorrências.

1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

A estrutura deste trabalho apresenta quatro seções.

A seção 1 refere-se à introdução do trabalho e apresenta como componentes: os objetivos, a justificativa e a metodologia adotada no seu desenvolvimento.

A seção 2 apresenta uma revisão da literatura, que analisa estudos, trabalhos, normas e artigos já realizados e relacionados com o assunto. Essa seção é dividida em duas partes, a primeira direcionada ao Brasil e a segunda a Portugal, contendo abordagens sobre o histórico, normas, operação, manutenção, tráfego e suas relações com acidentes nas vias.

A seção 3 mostra a contextualização do tema, identificando por meio dos tópicos: as características técnicas, operacionais e de manutenção, e as condições que levam à causa de acidentes.

A seção 4 apresenta, por meio de estatísticas publicadas por órgãos oficiais, as principais causas de acidentes nas estradas no Brasil e em Portugal.

Na seção 5 é apresentado o estudo de caso, no qual é citada a estrada estudada, a sua localização, a sua extensão, as características geométricas e dados de tráfego. São analisados os pontos críticos dessa estrada, ou seja, em qual quilometragem ocorre a maior parte dos acidentes e os motivos deles. A parte final desse capítulo apresenta as melhorias para a segurança nessa estrada e em como se situa relativamente às condições brasileiras e portuguesas.

Na seção 6 encontra-se a conclusão e as considerações finais obtidas após o estudo, além de propostas e sugestões para um desenvolvimento futuro.

CAPÍTULO 2

REVISÃO DA LITERATURA

2.1 SITUAÇÃO DAS RODOVIAS NO BRASIL

A história do transporte rodoviário no Brasil tem como maior referência, as carruagens da família real em 1808, seguindo-se de iniciativas isoladas para o transporte de mercadorias, especialmente, nas províncias do Rio de Janeiro, Minas Gerais e São Paulo. Porém, a malha de estradas só começou a se desenvolver na década de 1920, com o governo de Washington Luís, que tinha como lema “Governar é abrir estradas”. A única estrada pavimentada durante as próximas duas décadas foi a Rio-São Paulo (BR-465) localizada no estado do Rio de Janeiro com aproximadamente 32 quilômetros de extensão.

Com o surgimento do DNER, em 1937, e com o desenvolvimento da industrialização, a malha rodoviária brasileira começou a crescer. Devido a Segunda Guerra Mundial o Brasil, por não conseguir importar os produtos europeus, se viu obrigado a iniciar a produção de suas próprias mercadorias e seu conseqüente escoamento. Assim em menos de 10 anos as estradas brasileiras já contavam com mais de 170 mil quilômetros, facilitando deste modo a integração física do território nacional. Segundo Dinis (2016), um grande estímulo ao desenvolvimento das rodovias ocorreu no final de 1945, quando foi sancionado o Decreto-lei 8.463, que permitiu ao DNER uma autonomia técnica e financeira além de criar o Fundo Rodoviário Nacional.

Outra iniciativa importante para o desenvolvimento rodoviário foi a implantação do plano nacional de metas, no governo de Juscelino Kubitschek (1956-1961). Tal plano teve como objetivo o desenvolvimento dos setores de transporte e energia a partir do investimento em estradas, siderúrgicas e usinas hidrelétricas. Este período foi marcado pela construção de grandes rodovias como a Belém-Brasília, Brasília-Rio Branco e Cuiabá-Porto Velho, inicialmente desprovidas de pavimentação.

Apesar da crise econômica da década de 80, o Brasil continuou expandindo sua malha rodoviária, tendo como principal objetivo de integração nacional. Entretanto, devido a extinção do Fundo Rodoviário Nacional, os recursos para o setor começaram a ficar escassos. Nesta ocasião, novas ideias surgiram, como foi o caso do Programa de Concessões Rodoviárias que induziu o crescimento da implantação de autoestradas (DINIS,2016). Como consequência do processo de privatização, foram

criados órgãos para controlar esse setor de transportes como o DNIT (Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes), o Conit (Conselho Nacional de Integração de Políticas de Transporte) e a ANTT (Agência Nacional de Transporte Terrestre).

O DNIT é responsável pela construção, manutenção e recuperação das vias de transportes federais. Para conseguir alcançar os objetivos de desenvolver a infraestrutura do país de maneira sustentável, o DNIT, utiliza um mapa estratégico visando elevar o nível de serviço das vias.

A ANTT é uma autarquia federal que regulariza a infraestrutura rodoviária e ferroviária e sua missão é assegurar a adequada prestação de serviço de transporte terrestre aos seus usuários. Para atingir os seus objetivos de promoção da melhoria contínua da operação, esta autarquia possui um atendimento eficaz, seguro e de manutenção da qualidade.

O Brasil, um país de grande extensão, possui uma densa malha rodoviária, mas em grande parte, são estradas de integração regional com baixo nível para o tráfego. Segundo o SNV (Sistema Nacional de Viação, 2016), o Brasil tem 1.720.756 quilômetros de rodovias e somente 12,3% são pavimentadas, ou seja, com baixa capacidade de tráfego, colocando o país em situação desfavorável, relativamente a outros países. A qualidade das rodovias brasileiras foi classificada, pelo ranking de competitividade global do Fórum Econômico Mundial, como a 111ª pior entre 138 países analisados, perdendo para países da América do Sul, como Argentina, Chile e Uruguai.

Com o desenvolvimento das tecnologias automotivas, a velocidade começou a aumentar, exigindo que as informações de trânsito ficassem mais claras e de fácil entendimento.

A sinalização se tornou primordial ao desempenho operacional de uma rodovia, no entanto, com a queda dos investimentos nas últimas décadas, a malha rodoviária brasileira deixou a desejar nesse quesito. Segundo dados da Confederação Nacional de Transporte, 2016, 62 % das estradas estão em condições regulares, ruins ou péssimas. Os projetos de sinalização não foram feitos adequadamente e não sofrem manutenção regular, 50 % das rodovias não apresentam placas de aviso diante de curvas perigosas. Grande parte das rodovias possui sinalização em péssimo estado: placas caídas devido aos ventos ou acidentes, placas pichadas e/ou cobertas por vegetação, impossibilitando a sua visualização pelo motorista.

A falta de manutenção e fiscalização também é verificada nos telefones existentes nos postos de socorro das rodovias. Estes equipamentos muitas vezes apresentam mau funcionamento e estão cobertos por vegetação que dificulta o acesso e a utilização dos usuários que necessitam deste serviço.

As rodovias em condições ruins aumentam os riscos dos acidentes, custo do transporte e manutenção dos veículos. Os condutores no Brasil gastam 26% a mais devido as condições das estradas, demonstram dados da Confederação Nacional e Transporte (2016).

Além da atual situação das rodovias, contribui também para parte dos acidentes, o descuido dos motoristas. Vários usuários transitam pelas estradas com veículos mal conservados (luzes queimadas, pneus e freios desgastados), além de não respeitarem os limites de velocidade preconizados, por insuficiência na fiscalização. De acordo com o DNIT, as rodovias brasileiras possuem limites de velocidade que variam entre 80 e 100 km/h em rodovias de pista simples, variando de 100 a 120 Km/h em pista dupla.

Um outro tipo de fiscalização existente nas operações das rodovias brasileiras é o sistema de pesagem para caminhões. Este sistema tem como finalidade evitar que os veículos de carga prejudiquem o pavimento rodoviário devido ao excesso de peso, todavia nem todas as estradas contam com este recurso.

Uma rodovia projetada e operada de maneira eficaz também pode gerar certos problemas se não houver um cuidado especial com a manutenção. O desenvolvimento da malha rodoviária brasileira foi extremamente acelerado devido as demandas que surgiram com o elevado crescimento econômico, porém acabou deixando a conservação das vias a desejar.

Igual a todas as outras construções, se as rodovias não forem submetidas a limpezas regulares e reparações acabarão se deteriorando de maneira mais rápida. Segundo Akishino (2008), uma rodovia em mau estado de conservação, aumenta em até 100% o tempo de viagem, eleva em 50% o índice de acidentes e acrescenta em até 58% o consumo de combustível. Ele concluiu que para cada um dólar não gasto em manutenção, serão gastos no mínimo 2,5 dólares para restaurar a rodovia.

O governo do Brasil não está conseguindo manter as rodovias da maneira desejada, pois existem estradas que desde sua construção não tiveram nenhuma manutenção. Segundo dados do Sistema Nacional de Viação (SNV), mais de 80% das rodovias brasileiras não receberam pavimentação e apenas uma parte das que possuem pavimento estão em boas condições de uso. Porém o problema de falta de manutenção não se restringe apenas à pavimentação ruim, a sinalização também se deteriora. De acordo com a pesquisa da CNT de 2016, a maior parte das estradas do país tem problemas de pavimento e sinalização.

O Brasil tem um déficit grande na malha ferroviária, como consequência as rodovias são utilizadas para o transporte de determinadas cargas tipicamente ferroviárias, como é o caso do transporte agrícola. Segundo reportagem do Jornal Notícias Agrícolas, “Transporte de grãos por rodovia gera prejuízos” (2008), estima-se que o Brasil perde 2,7 bilhões de grãos a cada safra durante o transporte

rodoviário. Isso ocorre devido à má conservação da estrada e a inadequação do transporte utilizado. De acordo com o Ministério de Transportes, 58% das cargas são transportadas pelo sistema rodoviário, sistema menos indicado, uma vez que o ideal para percorrer longos percursos é o transporte hidroviário ou ferroviário.

A inadequação do tipo de transporte além de trazer prejuízo para a economia agrícola, também prejudica a segurança nas estradas, pois aumenta significativamente a quantidade de veículos pesados, que acabam por diminuir a vida útil da pavimentação rodoviária.

2.2 SITUAÇÃO DAS RODOVIAS EM PORTUGAL

A história das rodovias começa significativamente em Portugal, na época conhecida como “Fontismo”, no século XIX. Guiado por Fontes Pereira de Melo, foi o período marcado pela construção de grandes obras públicas, dando origem ao desenvolvimento rodoviário do país.

No entanto, com a falta de manutenção, a situação das rodovias portuguesas era precária, e só passou a melhorar na década de 20. Em 1927 foi criada a Junta Autónoma de Estradas (JAE) que tinha o objetivo de construir novas estradas, restaurar as antigas e investir em obras de arte. Porém, só se investiu significativamente nas autoestradas por volta da década de 80 (MARÉ, 2011). Em 1994, foi inaugurada a primeira autoestrada de Portugal, uma das primeiras do mundo, que conecta Lisboa com o Estádio Nacional. Hoje, Portugal possui este tipo de estrada em quase todo seu território.

Foi em 1997 que o desenvolvimento nessa área começou a crescer de modo significativo, a partir da lei número 104/97 de 29 de abril, que fundou Rede Ferroviária Nacional (REFER), que tinha como principal objetivo, organizar as infraestruturas de Portugal.

Em 1999, a JAE foi dividida em três novas organizações: O Instituto para a Construção Rodoviária (ICOR), o Instituto para a Conservação e Exploração da Rede Rodoviária (ICERR) e o Instituto das Estradas de Portugal (IEP). Três anos depois, esses três Institutos se uniram com a denominação única de Instituto das Estradas de Portugal (IEP).

No ano de 2004, o IEP se transformou em uma entidade pública denominada Estradas de Portugal (EP) visando um novo quadro operacional que melhorasse a qualidade dos recursos e os resultados. No dia 9 de abril de 2015 ocorreu a fusão da EP com a REFER, portanto hoje em dia é uma organização, apenas, que cuida da parte ferroviária e rodoviária.

A malha rodoviária Portuguesa ainda possui diversos pontos de sinistralidade, entretanto, a grande maioria das estradas portuguesas hoje operam no nível de serviço A, B ou C, isso mostra a qualidade da sua malha rodoviária.

Uma das grandes responsáveis pela atual situação das estradas de Portugal é a sua conservação. São 18 contratos de Conservação Corrente que se dividem por regiões em todo o país, com o objetivo de fazer um serviço de qualidade, e diminuir o custo de futuras intervenções.

De acordo com o IP, 2017, os principais serviços realizados por esses contratos é a reparação dos pavimentos, a melhoria do sistema de drenagem, a conservação das obras de arte, a reposição e adequação da sinalização e a fiscalização dos equipamentos de segurança. Com a execução de todas essas atividades, a estrada passa a ter uma menor necessidade de manutenção.

Já, Ortolá (2016) afirma que dentro da malha viária portuguesa, muitas rodovias estão abandonadas, degradadas e são consideradas perigosas. O autor acredita que essa falta de manutenção ocorre pelo fato de existir uma autoestrada nas redondezas, ou seja, apenas é dada a devida atenção a auto estrada, deixando as estradas menores sem fiscalização.

A degradação do pavimento, por exemplo, é decorrente da falta de manutenção, por mais que a estrada não possua um fluxo intenso, ela ainda possui um certo movimento e está exposta às condições climáticas, afirma Ortolá (2016).

Ortolá (2016), também cita outros problemas nas estradas portuguesas, como a existência de buracos no pavimento e sinais que não estão em condições visíveis para o condutor. As patologias podem ser causados por diversas razões: pela chuva, pelas máquinas que destroem o pavimento, pelo tráfego de veículos acima do peso ou pelos pavimentos mal construídos. O ideal é que sejam realizadas intervenções para que não ocorra o surgimento de buracos, pois os mesmos, em uma via, podem causar acidentes.

De acordo com os sinais de trânsito, também é necessário tomar providências. Existem situações em que o sinal está escondido por vegetação, derrubado por chuva e vento ou mesmo desatualizado. Isso também é um fator responsável pela ocorrência de sinistralidades. O importante é ter uma fiscalização diária para realizar intervenções se necessário.

Uma situação que se encontra em Portugal, e não no Brasil, é a neve nas rodovias. Esta situação climática tem-se tornado mais frequente neste país, que não está habituado a este tipo de problema, e as estradas por não estarem preparadas acabam sendo fechadas para o tráfego, isolando cidades. Nos outros países, onde essa situação é mais comum, as rodovias estão adequadamente preparadas e possuem entidades eficientes, não havendo a necessidade de impedir a circulação do tráfego. Portugal necessita se desenvolver tecnicamente para começar a tomar providências significativas

em relação a este assunto. Isto porque, além de não ser adequado para o país possuir trechos da malha rodoviária interditados, não é uma situação segura aos seus usuários.

2.3 PRINCIPAIS CAUSAS DOS ACIDENTES RODOVIÁRIOS

Os acidentes podem acontecer por diversos motivos e cada um deles tem uma causa diferente. Segundo Campos (2005), as principais causas são o fator humano, o fator ambiental, o fator veicular e fatores relacionados a via.

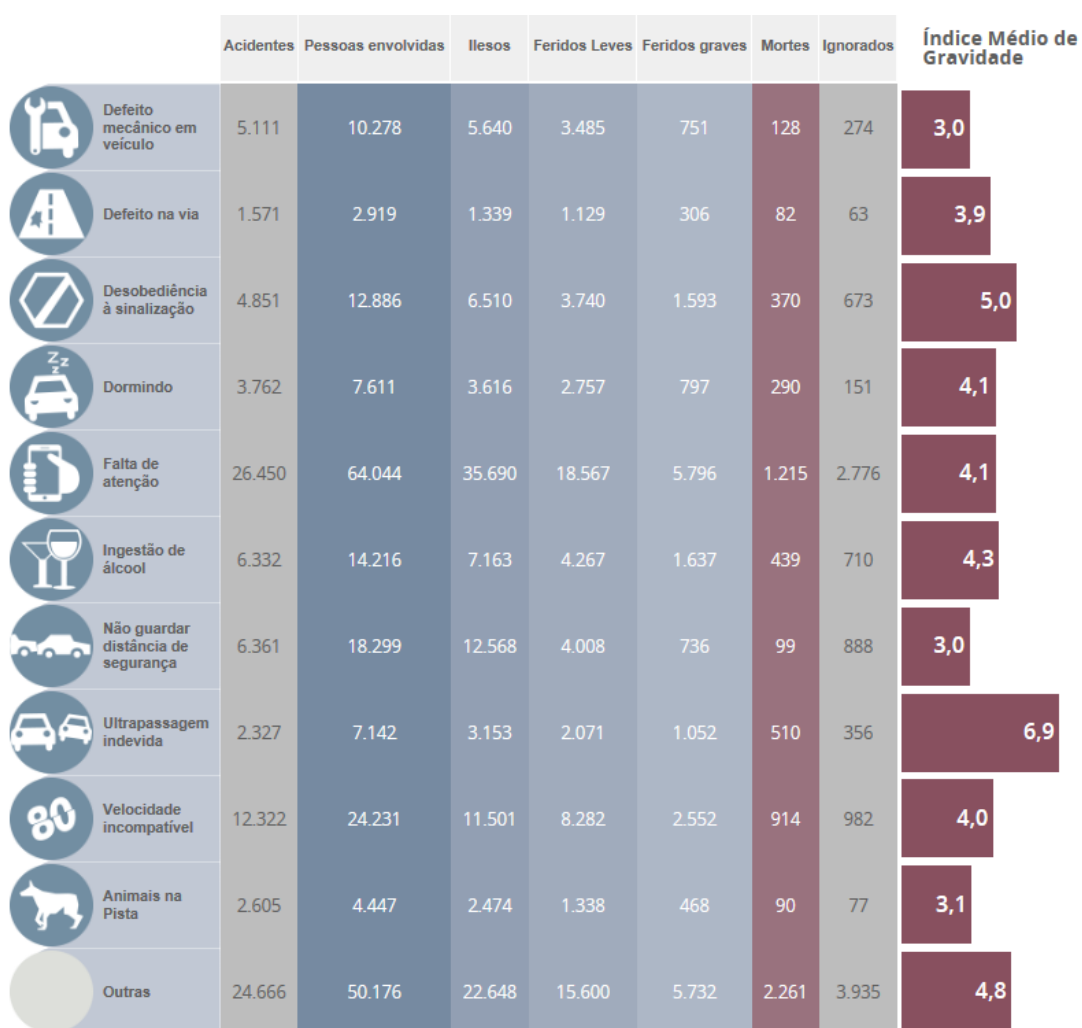


Figura 2.1 - Distribuição dos Acidentes por Causa no Brasil (2016)

Fonte: ATLAS DE ACIDENTALIDADE O TRANSPORTE BRASILEIRO, VOLVO 2016.

O fator humano depende de diversas características, como a condição social, sexo e idade, experiência ao volante e até a personalidade. Segundo Associação brasileira de prevenção dos acidentes

de trânsito (2016), o fator humano está presente em quase todos os acidentes rodoviários. As principais causas são a desatenção, o cansaço, consumo de álcool, consumo de drogas e o desrespeito das indicações da rodovia.

A desatenção pode ser ocasionada por diversos motivos, como por exemplo, o uso de celulares que tira a atenção o que está acontecendo e deixa o condutor com incapacidade de reagir para evitar um acidente, explica reportagem do site Vias Seguras (2016).

Outro fator comum para os acidentes é o cansaço do motorista. Um condutor cansado fica com a capacidade de reação reduzida. É por isso que se deve regulamentar o tempo de trabalho dos motoristas (Vias Seguras,2016).

Segundo reportagem do Vias Seguras (2016), o consumo de álcool e de drogas acaba gerando no condutor uma superestimação das próprias capacidades, diminuição dos reflexos e danificação da capacidade de avaliar distancias e larguras. Além desses fatores, existe ainda os condutores que ocasionam acidentes por não cumprir as regras de transito, como por exemplo, dirigir em velocidade acima da permitida pela via ou ultrapassar em local proibido.

Existem também os fatores relacionados ao veículo podem ser causados por defeitos na sua fabricação ou do seu projeto de segurança, do modo que é utilizado e da realização de revisões periódicas, afirma Campos (2005). A causa de um acidente que ocorre pela falta de manutenção, pode ser exemplificada por uma falha em algum sistema do carro, pneus desgastados, problema no freio ou no motor.

Já os fatores ambientais não têm como ser evitados, ao contrário dos outros fatores. A neve e a chuva podem deixar a pista escorregadia, dificultando a frenagem e fazendo o condutor perder o controle do veículo. Uma neblina forte restringe a visão do motorista, impedindo-o de visualizar algum obstáculo ou até uma curva que venha no caminho.

Segundo Simino (2015), as fortes chuvas que marcam o verão brasileiro exigem atenção redobrada do motorista nas rodovias, pois em dias chuvosos aumenta a quantidade de acidentes. Os principais problemas deste tipo de clima, além da perda da visibilidade, são a aquaplanagem, alagamento e perda do controle do veículo.

Neste trabalho, também são analisados os fatores relacionados com a via. Segundo Oliveira (2000), o cenário viário é composto por características físicas e técnicas, como o número de faixas, largura, o traçado da via, o perfil longitudinal, a distância de visibilidade e a largura da berma e as características operacionais, como velocidade, composição do trafego, registros de acidentes.

CAPÍTULO 3

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DAS ESTRADAS

3.1 CONTEXTO BRASILEIRO

O desempenho das rodovias depende em grande parte de suas características, principalmente, as técnicas e as operacionais. Uma falha no projeto geométrico, uma sinalização instalada erroneamente ou uma falha na pavimentação podem ser responsáveis pelas sinistralidades. Com isto, existem inúmeras regras para a construção de uma rodovia que devem ser seguidas, com o intuito de minimizar os acidentes, deixando as estradas mais seguras e confortáveis para o condutor.

Em 1999, devido a expansão das inovações no sistema rodoviário, o DNER adotou o Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais (MPGRR) como norma brasileira para a realização de um projeto rodoviário. Portanto, este manual é utilizado por todos os engenheiros no momento de realizar um projeto geométrico, pois o mesmo está de acordo com as normas vigentes no país.

De acordo com o DNER, 1999, a sinalização das estradas pode ser permanente ou temporária. As permanentes são compostas por placas, painéis e marcas no pavimento e tem o objetivo de regular, advertir e orientar os condutores. Já, as temporárias normalmente são sinais verticais que alertam os motoristas quanto a existência de alguma coisa diferente presente na rodovia, como é o caso de uma obra, por exemplo.

A sinalização tem que estar colocada de modo que o condutor do veículo consiga ler, compreender e reagir, desde que esteja trafegando na velocidade máxima permitida pela rodovia. Porém, existem outros fatores que também devem ser levados em conta como a densidade e o tipo de tráfego da via, o tipo da ocupação lateral e a complexidade do percurso.

Algumas etapas são importantes para que uma rodovia apresente uma sinalização adequada. Em primeiro lugar, deve-se levar em conta na elaboração de um projeto a definição dos pontos de inserção da sinalização, os sinais que devem ser utilizados levando em consideração sua forma, cor e dimensão, de acordo com a norma. Em seguida, deve-se realizar implantação da sinalização no local, levando em conta os eventuais ajustes, conforme a necessidade. O processo deve continuar mesmo após

a implantação da sinalização, as placas devem ser avaliadas quanto a sua efetividade para não perder o sentido e a sua credibilidade. Devem ainda passar por uma manutenção cuidadosa para que os dispositivos não se tornem inadequados à utilização dos condutores (DNER, 1999).

As rodovias são classificadas, de acordo com o DNER (1999), em relação ao nível de qualidade de serviço para que um determinado volume de veículos possa trafegar de maneira segura e confortável. A classificação funcional agrupa as vias hierarquicamente, conforme o volume de tráfego, a velocidade e o nível de serviço. Existem 3 sistemas funcionais em que as rodovias brasileiras podem se enquadrar: sistema arterial, sistema coletor e o sistema local (Tabela 3.1).

Tabela 3.1 - Relação geral entre as classes de projeto e as classes funcionais

Sistema	Classes funcionais	Classes de projeto
Arterial	Principal	Classes 0 e I
	Primário	Classes I
	Secundário	Classes I e II
Coletor	Primário	Classes II e III
	Secundário	Classes III e IV
Local	Local	Classes III e IV

Fonte: MANUAL DE PROJETO GEOMÉTRICO DE RODOVIAS RURAIS, 1999, p.28

O sistema arterial é utilizado para grandes volumes de tráfego e integra municípios, estados e países vizinhos. Este sistema pode ser subdividido em principal, primário e secundário. O sistema principal refere-se às viagens internacionais e inter-regionais, conectando capitais ou cidades com mais de 150 mil habitantes e, neste caso, a velocidade média deve estar entre 60 e 120 km/h. O sistema arterial primário liga cidades de menor porte, com aproximadamente 50 mil habitantes e com uma velocidade média entre 50 e 100 km/h. Já, o sistema secundário deve servir às viagens não enquadradas nas classificações anteriores, e liga cidades por volta de 10 mil habitantes e proporciona uma velocidade de 40 a 80 km/h (DNER,1999).

O sistema coletor atende o tráfego intermunicipal, que não é atendido pelo arterial, e os polos geradores de tráfego menores. Neste caso, normalmente as distâncias das viagens são menores e a velocidade é mais moderada. Este sistema se divide em dois outros sistemas, o sistema coletor primário e o secundário. O sistema coletor primário, liga cidades com mais de 5 mil habitantes, que tenham

percursos com uma extensão média de 50 quilômetros, com uma velocidade entre 30 e 70 km/h. O sistema secundário liga cidades com uma população acima de 2 mil habitantes que não estão ligadas com o sistema primário e, possibilita o acesso às regiões de baixa densidade, com uma velocidade que varia entre 30 e 60 km/h (DNER,1999).

Ainda de acordo com o Manual, DNER 1999, o sistema que interliga pequenas cidades ou áreas rurais é o local, e ele está sempre conectado com a malha rodoviária. Este sistema possui pequenas extensões de aproximadamente 20 quilômetros com uma velocidade média de 20 a 50 km/h.

O sistema de classificação funcional acaba ficando impraticável em nível nacional pelo fato de não haver uma continuidade entre as rodovias, por este motivo adotou-se o sistema de classificação técnica que divide as estradas em cinco classes, de 0 a IV.

Os critérios que são utilizados para classificar uma rodovia são: o volume de tráfego médio diário, o nível de serviço, a velocidade permitida, os raios mínimos permitidos, entre outros.

O MPGRR analisado, define o nível de serviço para rodovias rurais de uma pista por sentido, de acordo com a natureza do terreno em que a estrada se encontra, podendo ser plano, ondulado ou montanhoso. Os níveis de serviço são determinados para o Volume Horário de Projeto no décimo ano após a rodovia começar a funcionar e são classificadas de A a F, sendo A o melhor nível e F o pior. Além dessa classificação levar em conta o tipo de terreno, analisa-se também a velocidade média, a percentagem de visibilidade de ultrapassagem e o volume médio diário.

Segundo o DNER, 1999, a classe de projeto com melhor padrão é a 0, que se refere às vias expressas que possuem pista dupla, um número de acessos reduzido e é realizada com o mais alto padrão técnico. O nível de serviço tem que ser inferior a C quando o terreno for plano ou levemente ondulado e inferior a D quando o terreno for fortemente ondulado ou montanhoso.

Já, a classe I é uma classificação para as rodovias arteriais, sendo I-A quando possuir pista dupla e controle parcial de acesso, ou seja, possui mais interferências do que a via expressa. A classe I-B inclui as estradas de pista simples com um limite inferior de veículos por dia.

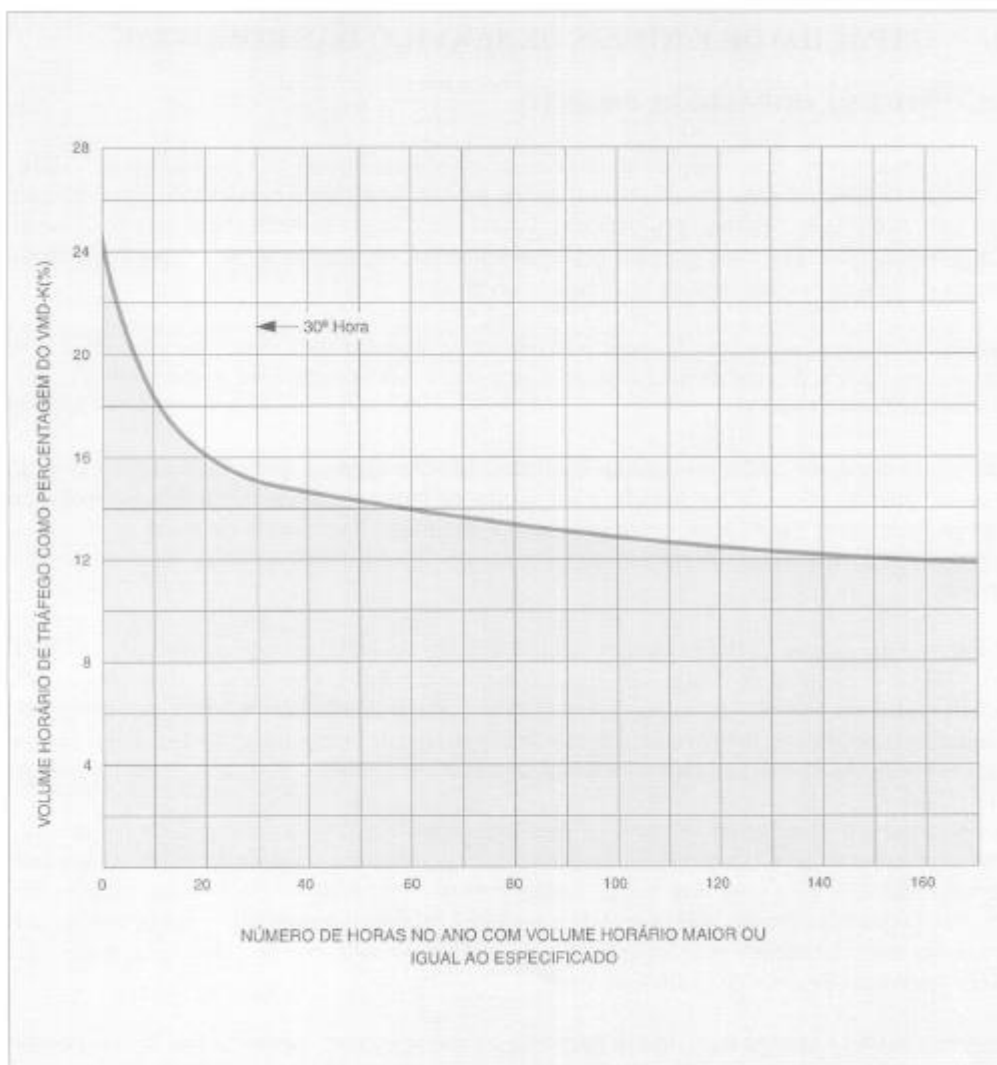
Na classe II estão as rodovias com pista simples que possuem um Volume Médio Diário (VMD) entre 700 e 1400 veículos. A classe III também é adotada para estradas com pista simples, porém possui VMD inferior, que varia de 300 e 700 veículos.

A classe IV classifica as rodovias com o menor índice técnico entre as classes, porém a estrada possui capacidade para atender o tráfego previsto no ano de sua abertura. São divididas em dois grupos, as IV-A que possuem o tráfego médio diário (TMD) entre 50 e 200 veículos no ano de abertura e as IV-B esse número tem que ser inferior a 50 veículos.

A condição ideal de uma rodovia é a de ser projetada de acordo com a sua demanda horária máxima, assim ela nunca ficaria congestionada. Mas o projeto rodoviário não é realizado dessa maneira, pois a rodovia seria superdimensionada e ficaria na maior parte do tempo vazia. Por isso utiliza-se o Volume Horário de Projeto (VHP) ao se projetar uma rodovia, pois ele permite que a rodovia fique congestionada em algumas horas, mas não a deixa antieconômica (DNER,1999).

Para encontrar o valor de VHP utiliza-se a curva da enésima hora (Figura 3.1), que é feita com os volumes horários anuais expressos em percentagem do VMD, que corresponde ao valor de K.

Figura 3.1 - Curva da Enésima Hora



Fonte: MANUAL DE PROJETO GEOMÉTRICO DE RODOVIAS RURAIS, 1999, p.32

O fator K deve ser escolhido no ponto onde a curva sofre uma alteração significativa de declividade. Assim, verifica-se a partir do gráfico que isto acontece na trigésima hora (Figura 3.1). Porém, segundo a norma analisada, no Brasil que o K mais utilizado é o da 50ª hora e, para rodovias que não possuem dados precisos, utiliza-se K=8,5%.

A capacidade de uma rodovia representa o número máximo de veículos que passa por uma seção em determinada hora. Quando a rodovia não tem mais como aumentar sua capacidade, significa que ela está sob condições ideais. A norma cita que estas condições ideais acontecem quando a largura das faixas é maior ou igual a 3,60 metros; quando a velocidade de projeto para pistas com mais

de uma faixa é maior ou igual a 112km/h e para pista simples é superior a 95km/h; quando os obstáculos fixos, como postes e placas, devem estar há uma distância de no mínimo 1,80 metros; quando o terreno é plano e quando a estrada transitada somente por veículos de passeio.

O manual de capacidade (DNER,1999) estabelece seis níveis de serviço que são classificados de acordo com a velocidade, volume de tráfego, percentagem de visibilidade, entre outras características.

O nível de serviço A é para as rodovias que operam com o fluxo livre e possuem ótimas características técnicas. A velocidade média varia de 90 a 93 km/h e em condições normais possui um fluxo de 420 veículos por hora. Já, o nível de serviço B abrange as vias que possuem um fluxo estável com uma velocidade média de 87 a 89 km/h e os motoristas sofrem uma leve restrição pelos condutores mais lentos, situação que não ocorre no nível A.

O nível de serviço C possui possibilidades de manobras menores, devido ao aumento do volume de veículos, mas ainda se encontra no fluxo estável. Este Nível possui uma velocidade média entre 79 e 84 km/h e um fluxo máximo de 1200 veículos por hora.

O nível de serviço D refere-se a rodovias com o fluxo instável, nas quais o motorista tem dificuldade de se manter na velocidade desejada. A velocidade média varia de 72 a 80 km/h e o fluxo máximo em condições ideais chega a 1800 veículos por hora. O nível de serviço E é o que representa a capacidade da rodovia, possui uma velocidade média entre 56 a 72 km/h e o fluxo pode ser no máximo de 2800 veículos por hora.

O nível que reflete a pior situação é o F, neste caso a estrada pode estar engarrafada formando longas filas e possui uma velocidade muito baixa ou nula.

Tabela 3.2 - Quantidades de Veículos por Hora para Cada Nível de Serviço

NIVEL DE SERVIÇO	VEICULOS POR HORA
A	420
B	750
C	1200
D	1800
E	2800
F	>2800

Fonte: MANUAL DE PROJETO GEOMÉTRICO DE RODOVIAS RURAIS, 1999

Ao projetar uma rodovia, deve-se selecionar o nível de serviço desejado e de acordo com essa escolha é que verifica sua eficiência.

Tabela 3.3 - Seleção do Nível de Serviço

Tipo de rodovia	Relevo		
	Plano	Ondulado	Montanhoso
Via Expressa	B	B	C
Via Arterial	B	B	C
Coletora	C	C	D
Local	D	D	D

Fonte: MANUAL DE PROJETO GEOMÉTRICO DE RODOVIAS RURAIS, 1999, p.39

Em relação aos elementos do projeto, existem critérios que devem ser adotados visando aumentar ao máximo a segurança e o conforto da rodovia para o condutor. A norma indica valores mínimos ou máximos, dependendo do elemento, e sua utilização só é indicada para casos específicos de extrema necessidade. Além disso, o ideal para uma estrada é a homogeneidade ao longo do percurso, evitando gerar confusão ao motorista (DNER,1999).

A velocidade é um dos elementos mais importantes, pois é a partir dela que são estabelecidos os outros elementos da rodovia. A velocidade diretriz é a velocidade de projeto que condicionará as outras características, portanto, representa a maior velocidade com que determinado trecho da estrada deve ser percorrido. Assim, os raios das curvas, a superelevação, a distância de visibilidade, as declividades devem estar coerentes com essa velocidade diretriz, que é maior do que a velocidade permitida na via, o que garante extrema segurança. Entretanto, não se pode realizar um projeto rodoviário com uma velocidade diretriz muito acima do normal, pois sua construção ficaria financeiramente inviável (DNER,1999).

Na Tabela 3.4, verifica-se que a velocidade varia de acordo com as classes de projeto e o tipo de terreno, quanto melhor a classe de projeto e mais plano o terreno, maior pode ser sua velocidade.

Tabela 3.4 - Velocidades Diretrizes para Cada Classe de Projeto

Classe de projeto	Velocidades diretrizes para projeto (km/h)		
	Relevo		
	Plano	Ondulado	Montanhoso
Classe 0	120	100	80
Classe I	100	80	60
Classe II	100	70	50
Classe III	80	60	40
Classe IV	80 - 60	60 - 40	40 - 30

Fonte: MANUAL DE PROJETO GEOMÉTRICO DE RODOVIAS RURAIS, 1999, p.42

Outro item importante a ser analisado é a característica física e o tipo dos veículos que irão circular na rodovia. Segundo a norma estudada (DNER 1999), deve-se verificar a largura do veículo, a distância entre eixos, o comprimento, a relação peso bruto total/potência, o peso bruto admissível, a altura e o desempenho quanto a aceleração e a desaceleração. Todos estes itens influenciam nos elementos da estrada e no seu pavimento e, dependendo do número de veículos pesados que irão rodar por esse trecho, exige-se um pavimento diferente.

Para saber a composição do tráfego, o ideal é realizar uma pesquisa origem-destino com os motoristas que irão circular pela região. Entretanto, o DNER 1999, estabeleceu uma composição média de acordo com o VMD que pode ser utilizado na elaboração do projeto rodoviário, conforme mostra a Tabela 3.5.

Tabela 3.5 - Composição do Tráfego Analisando o VMD

VMD (1996)	Composição do tráfego (%)		
	Automóvel	Ônibus	Camião
700 a 1000	45	7	48
1000 a 2000	49	8	43
2000 a 3000	49	8	43
3000 a 4000	51	8	41
4000 a 5000	46	8	46
5000 a 6000	47	7	46
6000 a 7000	52	6	42
7000 a 8000	53	8	39
8000 a 10000	53	7	41
10000 a 13000	54	8	38
13000 a 18000	60	8	33
18000 a 28000	59	7	33
≥ 28000	61	8	31

Fonte: MANUAL DE PROJETO GEOMÉTRICO DE RODOVIAS RURAIS, 1999, p.44

No projeto de uma estrada, também se calcula a distância de visibilidade, que é a distância que o motorista tem para tomar qualquer decisão, repentina ou não. Esta distância é subdividida em: distância de visibilidade de parada, distância de tomada de decisão e a distância de ultrapassagem.

A distância de visibilidade de parada é a distância mínima que o motorista tem que ter, quando estiver numa determinada velocidade, para conseguir parar sem atingir obstáculos na sua trajetória. Quando o condutor enxerga um determinado objeto, ele demora alguns instantes para

perceber se o mesmo traz algum perigo e se é necessário frear o veículo. Portanto, a distância de visibilidade varia de acordo com a velocidade diretriz, com a declividade da rodovia e com o coeficiente de atrito que muda de acordo com a frenagem, ou seja, em um pavimento molhado, o veículo demora mais para conseguir parar. A relação entre estas grandezas, conforme o DNER 1999, é expressa por meio da seguinte equação:

$$d = 0,7V + V^2 / [255(f + i)] \quad (I)$$

Onde: d = distância de visibilidade (m); V = velocidade diretriz (Km/h);

f = coeficiente de atrito e i = perfil longitudinal (m/m)

De acordo com o DNER (1999), os valores do coeficiente de atrito (f) variam de 0,40 a 0,27 aproximadamente, e são inversamente proporcionais à velocidade. Os valores que a norma apresenta são calculados para veículos leves. Os veículos pesados, que demoram mais tempo para parar, utilizam a mesma distância pois o motorista está em uma maior altura, o que permite a visualização antecipada do obstáculo.

A distância de visibilidade para tomada de decisões é a distância necessária para que o condutor perceba uma situação inesperada à frente e consiga avaliar o trajeto que deve seguir e a velocidade mais segura e eficiente para trafegar. Dentro desta distância, pode-se encontrar uma subdivisão entre decisão final de parar na rodovia e decisão final de desviar do obstáculo, sendo a segunda normalmente maior, pois conta com uma margem adicional de erro (DNER 1999).

Já, a distância de visibilidade de ultrapassagem é utilizada nas rodovias de dois sentidos, nos locais onde a ultrapassagem é permitida, levando em consideração as características geométricas. Esta distância é definida como sendo, a distância suficiente para que o motorista realize a ultrapassagem de um veículo mais lento a sua frente, com segurança. O ideal é viabilizar a ultrapassagem em intervalos de 1,5 e 3,0 quilômetros. A tabela 3.6 mostra, segundo o manual do DNER (1999), os valores de distâncias de ultrapassagem de acordo com certas velocidades diretrizes.

Tabela 3.6 - Distância de Velocidade de Ultrapassagem de Acordo com a Velocidade Diretriz

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

Fonte: MANUAL DE PROJETO GEOMÉTRICO DE RODOVIAS RURAIS, 1999, p.60

O alinhamento horizontal é composto por vários elementos, como tangentes e curvas, formando o traçado da rodovia. Para conectar as tangentes podemos utilizar três tipos de curvas: a curva circular simples (quando os dois trechos são ligados por um arco de círculo), a curva circular composta (quando duas tangentes são ligadas por dois ou mais arcos de círculo girando no mesmo círculo) e a curva de transição (uma combinação de curvas de raios variáveis com curva de raio constante).

Conforme o manual do DNER (1999), a curva de transição, conhecida também como clotóide, apresenta inúmeras vantagens fazendo com que seja a mais utilizada. Esta transição facilita a implantação da superlargura e elimina as quebras aparentes do alinhamento.

Para projetar as curvas circular simples, circular composta e a de transição é necessário saber que existe um raio mínimo para cada velocidade estipulada, ou seja a curva não pode ser muito fechada em rodovias de alto nível, pois aumenta o risco de capotamento (DNER 1999).

A força centrífuga que o veículo está sujeito em uma curva é contrabalançada pelo atrito dos pneus e pela superfície da rodovia, portanto, existe um coeficiente de atrito transversal para calcular o raio mínimo das curvas (Tabela 3.7).

Tabela 3.7 - Coeficiente de Atrito em Relação a Velocidade Diretriz

Velocidade diretriz (km/h)	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Coeficiente de atrito transversal f_{max}	0,20	0,18	0,16	0,15	0,15	0,14	0,14	0,13	0,12	0,11

Fonte: MANUAL DE PROJETO GEOMÉTRICO DE ROVIAS RURAIS, 1999, p.71

Para o cálculo do raio mínimo leva-se em consideração a seguinte equação:

$$R_{min} = V^2 / [127(emax + fmax)] \quad (II)$$

Onde: R_{min} = raio mínimo da curva (m); V = velocidade diretriz (Km/h);

f_{max} = coeficiente de atrito máximo; $emax$ = taxa máxima de superelevação.

De acordo com a equação citada acima (II), o manual do DNER (1999), realizou uma tabela com os resultados aproximados (Tabela 3.8).

Tabela 3.8 - Raios Mínimos (metros)

		Velocidade diretriz (km/h)									
		30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
$emax$ (%)	4	30	60	100	150	205	280	355	465	595	755
	6	25	55	90	135	185	250	320	415	530	665
	8	25	50	80	125	170	230	290	375	475	595
	10	25	45	75	115	155	210	265	345	435	540
	12	20	45	70	105	145	195	245	315	400	490

Fonte: MANUAL DE PROJETO GEOMÉTRICO DE RODOVIAS RURAIS, 1999, p.71

Para facilitar o condutor a realizar uma curva, calcula-se a superlargura, que é um aumento da largura da pista nos trechos em curva. Para ser viável a construção desse elemento, é necessário adotar um valor mínimo de 0,40 m e que só seja utilizado em curvas com raios pequenos. Na determinação do valor da superlargura leva-se em consideração a largura normal da pista, a largura total em curva da pista de duas faixas de rolamento, as características do veículo de projeto, o raio da curva e a folga dinâmica. A Tabela 3.9 aponta esses valores para uma pista de duas faixas com 7,20 metros (DNER, 1999).

Tabela 3.9 - Valores da Superlargura

R \ V	R																					
	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125	130
30	2,20	1,80	1,60	1,40	1,20	1,20	1,00	1,00	0,80	0,80	0,80	0,80	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,40	0,40	0,40	0,40*
40					1,40	1,20	1,20	1,00	1,00	1,00	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
50										1,00	1,00	1,00	1,00	0,80	0,80	0,80	0,80	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
60																	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,60

R \ V	R																					
	135	140	145	150	155	160	165	170	175	180	185	190	195	200	205	210	215	220	225	230	235	240
40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	*															
50	0,60	0,60	0,60	0,60	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	*									
60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	*			
70			0,80	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
80														0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60

R \ V	R																					
	245	250	255	260	265	270	275	280	285	290	295	300	305	310	315	320	325	A	360	365	A	420
70	0,40	0,40	0,40	0,40	*																	
80	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	*							
90	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	*		
≥ 100																0,60	0,60	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40*

Fonte: MANUAL DE PROJETO GEOMÉTRICO DE RODOVIAS RURAIS, 1999, p.77

Além da superlargura, e com a mesma função de auxiliar o condutor na realização de uma curva, existe outro elemento geométrico que é a superelevação. Este elemento promove uma leve

inclinação na pista que permite contrabalançar a força centrífuga, conduzindo o veículo para dentro da curva (DNER, 1999). Normalmente esse valor é no mínimo 2% e no máximo 12% e a transição da declividade é feita na espiral da curva. Segundo a norma, adota-se uma taxa máxima de superelevação de acordo com a tabela a seguir:

Tabela 3.10 – Determinação da Superelevação Máxima

$e_{máx.}$	Casos de Emprego
12%	Máximo absoluto em circunstâncias específicas.
10%	Máximo normal. Adequado para fluxo ininterrupto. Adotar para rodovias Classe 0 e rodovias Classe I em regiões planas e onduladas.
8%	Valor superior normal. Adotar para rodovias Classe I em região montanhosa e rodovias das demais classes de projeto.
6%	Valor inferior normal. Adotar para projetos em áreas urbanizadas ou em geral sujeitando o tráfego a reduções de velocidades ou paradas.
4%	Mínimo. Adotar em situações extremas, com intensa ocupação do solo adjacente.

Fonte: MANUAL DE PROJETO GEOMÉTRICO DE RODOVIAS RURAIS, 1999

Da mesma forma que ocorre com a superlargura, nas curvas com raios muito grandes não é necessário a realização da superelevação, pois a força centrífuga é praticamente nula. Isto acontece nas rodovias que apresentam a velocidade diretriz maior que 100 km/h e curvas com raios acima de 5000 metros.

Portanto, o comprimento da espiral de transição tem que ser suficiente para se realizar a superelevação, mas também não pode ultrapassar o comprimento crítico de hidroplanagem. Conforme Arakawa (2013), se o comprimento for muito elevado, a rodovia acaba ficando com a declividade muito próxima do zero em um grande trecho, o que faz gerar acúmulo de água. Quando o veículo deixa de ter o contato pneu/pavimento, o condutor perde o controle do carro podendo levar a graves acidentes.

Outro item que se deve levar em consideração ao realizar um projeto rodoviário são os obstáculos ao redor pista. Uma estrada com uma berma pequena, sem canteiro central, com postes, placas, taludes perto da faixa de rolagem, além de facilitar a ocorrência de acidentes, acaba diminuindo a capacidade da via. O motorista se sente inseguro e acaba reduzindo a velocidade nessas regiões. O ideal é que esses obstáculos estejam afastados no mínimo 0,5 m do bordo da pista (DNER, 1999).

Além dos elementos do alinhamento horizontal, compõe o perfil da rodovia o alinhamento vertical, como é o caso do perfil longitudinal. Este elemento é composto por diversas rampas e curvas verticais. Importante ressaltar que nas regiões de corte pode existir um ponto baixo, ou seja, o

encontro de uma rampa descende com uma ascende. Neste ponto, ocorre um enorme acúmulo de água, podendo causar acidentes.

O Manual do DNER (1999), estabelece para as rampas, valores máximos e mínimos. Os valores máximos são de extrema necessidade, pois para subir uma rampa muito íngreme, os veículos necessitam ter uma potência adequada que nem todos possuem. Isto acarreta na diminuição da velocidade do veículo, o que diminui proporcionalmente a capacidade da via. Da mesma forma, também não é interessante uma declividade muito elevada para os veículos que descem uma rampa. Um enorme número de acidentes ocorre quando os veículos perdem o freio nas descidas e colidem com um obstáculo ou então não conseguem realizar uma curva próxima.

A partir de estudos realizados, o DNER (1999), estabeleceu a declividade máxima para as rampas de acordo com a classes de projeto e o relevo do terreno (Tabela 3.11). As rampas também possuem um raio mínimo para que não haja acúmulo de água na rodovia e este valor pode ser bem próximo do zero.

Tabela 3.11 - Valores Máximos para Rampas

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% *

Fonte: MANUAL DE PROJETO GEOMÉTRICO DE RODOVIAS RURAIS, 1999, p.124

As curvas verticais são utilizadas para realizar ligações entre as rampas. Estas curvas possuem um comprimento mínimo para que o motorista consiga perceber a alteração da inclinação seguinte e os eventuais obstáculos que possam aparecer, diminuindo assim a ocorrência de acidentes. O valor deste comprimento mínimo é a multiplicação da velocidade da rodovia por 0,6 (DNER, 1999).

Outro elemento importante é o gabarito vertical. Este tem que ter uma altura que permita a passagem de caminhões com segurança, sem que os condutores reduzam a velocidade devido a sensação de colisão. No Brasil, o valor adotado é de 5,50 metros. Deve-se ter cautela em relação este valor, quando há manutenção no pavimento. Pode acontecer que, no caso de uma reabilitação do pavimento, ocorra aumento da sua espessura e diminuição do gabarito (DNER, 1999).

Além dos elementos horizontais e verticais, existem os elementos da seção transversal. A largura da faixa de rolamento varia de acordo com a velocidade diretriz e com o nível de conforto que se deseja proporcionar ao condutor (Tabela 3.12). Os valores ideais variam de 3 a 3,6 metros.

Tabela 3.12 - Largura da Faixa de Rolagem de Acordo com a Classe de Projeto

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

Fonte: MANUAL DE PROJETO GEOMÉTRICO DE ROVIAS RURAIS, 1999, p.142

A diminuição da largura da faixa não aumenta a capacidade da via, mas pode aumentar o número de acidentes. Com o espaço muito estreito, o condutor não se sente seguro e acaba reduzindo a velocidade, não se posiciona ao lado de outro veículo e permanece um pouco para trás, diminuindo a capacidade da rodovia (DNER, 1999).

As bermas são indispensáveis nas estradas estejam elas pavimentadas ou não, pois ajudam na operação da via e também na parte estrutural, no caso das vias pavimentadas. Sua maior utilização é para os veículos que quebram no meio da rodovia e não podem continuar o trajeto. Se, estes

veículos fiquem parados na faixa de rolamento, os outros motoristas terão que dobrar a atenção para desviar e evitar uma colisão (DNER, 1999).

Segundo o manual do DNER (1999), a largura da berma varia de acordo com a classe de projeto e o relevo do terreno. Para uma rodovia classe 0 com terreno plano, essa largura deve ser de pelo menos 3,5 metros. Já para rodovias na classe III com terreno montanhoso, a largura pode ser de 1,5 metros.

Outro elemento da seção transversal é o canteiro central. Este não tem uma largura máxima, pois para os aspectos operacionais e de segurança poderiam ter a maior largura possível. Entretanto, isto pode tornar a construção da rodovia inviável financeiramente. O desejável é que este comprimento fique entre os 10 e 18 metros e que não seja inferior a 3 metros.

O canteiro central é outro elemento fundamental para a prevenção de acidentes, muito embora sua existência seja praticamente nula em uma colisão frontal entre veículos, que trafeguem em sentidos opostos. Além do canteiro central, as barreiras e as defensas apresentam o mesmo objetivo e não necessitam de um espaço grande para serem instaladas. Os separadores rígidos de concreto têm aproximadamente 0,6 metros de largura enquanto que as defensas metálicas duplas tem 0,8 metros.

3.2 CONTEXTO PORTUGUÊS

Para os projetos rodoviários portugueses existe uma norma técnica a ser seguida. Criada em 1994, pela Junta Autónoma de Estradas, a Norma de Traçado é a norma que contém as características técnicas de acordo com os princípios da Engenharia de Tráfego.

Segundo a Junta Autónoma de Estradas (JAE), 1994, as estradas são classificadas em dois grandes grupos, as que constituem a Rede Fundamental e as fazem parte da Rede Complementar. A Rede Fundamental abrange nove Itinerários Principais (IPs), sendo três deles longitudinais e seis transversais. Os IPs são estradas ou autoestradas que ligam as capitais de distritos e devem possuir o nível de serviço do C para cima. O Nível de Serviço é uma avaliação das condições de operação de uma rodovia, levando em consideração fatores como a velocidade, o tempo que se leva para percorrer determinada distância, a segurança e o grau de liberdade de manobra (DINIS, 2016).

Já a Rede Complementar é constituída pelos Itinerários Complementares (ICs) e as estradas nacionais. Os ICs são estradas que complementam os IPs, garantem a ligação de cidades ou a ligação entre dois IPs e devem conter o nível de serviço de pelo menos C.

As características técnicas das estradas são selecionadas a partir do seu nível de serviço e do seu volume horário de projeto no ano horizonte. Para encontrar o nível de serviço de uma rodovia é necessário saber sua velocidade média e a percentagem da perda de tempo. O nível C exige uma perda de tempo menor ou igual a 60% e uma velocidade média maior que 70km/h. Já o nível B, que é equivalente a estradas melhores, necessita de uma perda de tempo menor que 45% e uma velocidade média maior que 80 km/h (JAE,1994).

Outro fator que influencia o nível de serviço da estrada é o volume de serviço. Este valor refere-se ao número máximo de veículos que podem circular em um determinado trecho, em uma hora sem alterar as características de circulação. Nas estradas de duas faixas com o nível de serviço C, o volume de serviço deve ser de 1200 veículos enquanto que para o nível B este serviço é de 790. Igual a brasileira, a norma portuguesa, (JAE,1994), também determina o nível de serviço de acordo com o *Highway Capacity Manual*.

O volume horário de projeto é calculado para o ano horizonte, este ano corresponde ao número mais próximo múltiplo de cinco somado com vinte anos. Sobre este volume horário de projeto é elaborada uma rodovia que suporte o tráfego e opere em um nível de serviço adequado durante pelo menos vinte anos.

A norma portuguesa (JAE,1994), bem como a brasileira, também se baseia na velocidade específica para determinar as demais características técnicas da estrada, como o traçado. Já, a velocidade base é a velocidade que depende da função da rodovia e varia de acordo com a classificação da mesma (Tabela 3.13)

Tabela 3.13 - Velocidade Base de Acordo com a Classificação da Estrada

Tipo de Estrada	Velocidade Base (km/h)				
	140	120	100	80	60
Itinerários Principais	x(a)	x(b)	x	x(c)	-
Itinerários Complementares	-	x(b)	x	x	x(c)
Outras Estradas	-	-	x	x	x

Fonte: NORMA DE TRAÇADO 1994, p.22

A velocidade base é a que determina o raio mínimo e a inclinação máxima das rampas. Esta deve manter-se constante durante o trajeto para gerar maior conforto e segurança aos condutores. Uma rodovia que apresente trechos com grande variação de velocidade de base, se torna perigosa para os seus usuários devido a estas mudanças bruscas (JAE,1994).

Segundo JAE (1994), a velocidade de tráfego é aquela que estabelece a velocidade máxima da via. Esta velocidade é estipulada de acordo com a velocidade de base (Tabela 3.14). Assim, um condutor que trafegar além da velocidade de tráfego estará sujeito a sofrer um risco maior de acidentes

Tabela 3.14 - Velocidade de Tráfego

Velocidade Base (km/h)	Velocidade do Tráfego (km/h)
60	80
80	100
100	120
120	130
140	140

Fonte: NORMA DE TRAÇADO 1994, p.24

De acordo com a visibilidade, os projetistas devem observar uma distância suficiente para que os condutores tenham espaço para controlar a velocidade do veículo e com isto evitar colisões com obstáculos ou outros motoristas (JAE,1994).

A distância de visibilidade é o trecho visível para o motorista durante seu trajeto em uma estrada. Assim como na norma brasileira, (DNER,1999), esta distância de visibilidade apresenta três tipos: a de paragem, a de decisão e a de ultrapassagem (Tabela 3.15). A distância de paragem é a distância mínima para que um condutor consiga parar e não colidir com um obstáculo que apareça repentinamente na faixa de rolagem. Esta distância é medida pela altura do olho do condutor, 1,05 m acima do pavimento e o obstáculo a 0,15 m e varia de acordo com a declividade da pista. Se a estrada possui uma inclinação maior que 3% e extensão maior que 1,5 Km, a distância mínima de visibilidade deve ser aumentada em 20% (JAE,1994).

Tabela 3.15 - Distância Mínima de Visibilidade

Velocidade do Tráfego (km/h)	Distância de Visibilidade (m)		
	Paragem (DP)	Decisão (DD)	Ultrapassagem (DU)
40	40	-	280
50	60	-	350
60	80	200	420
70	100	240	490
80	120	270	560
90	150	300	630
100	180	330	700
110	220	370	770
120	250	400	840
130	320	430	910
140	390	470	980

Fonte: NORMA DE TRAÇADO 1994, p.26

Para declividades superiores a 6%, deve-se calcular a distância mínima por uma fórmula que tem as variáveis como velocidade do tráfego, coeficiente de atrito e inclinação do perfil longitudinal (JAE,1994).

Porém, a distância de visibilidade de paragem só é utilizada na norma portuguesa, (JAE,1994), quando não for viável economicamente adotar a distância de ultrapassagem. Já, a distância de decisão é a utilizada para estipular as outras características da estrada. Esta tem que ser suficiente para o condutor identificar uma informação inesperada, adequar sua velocidade e conseguir realizar a manobra desejada.

A distância de ultrapassagem para a norma portuguesa, (JAE,1994), igual a brasileira é a mínima distância que o condutor precisa para ultrapassar outro veículo em segurança. Essa distância só é considerável em estradas de duas vias. Dependendo do caso é mais fácil, mais barato e mais seguro alargar a pista para duas faixas, do que criar essa distância mínima.

Já para os alinhamentos retos, não é indicado que tenham a mesma declividade durante uma grande extensão. Essa distância deve ser menor que o produto da velocidade base vezes vinte. O alinhamento também deve proporcionar conforto ao condutor, o ideal é que sua orientação não esteja na direção do nascer do sol ou ao seu poente (JAE,1994).

Em relação ao raio mínimo da curva, diferentemente na norma brasileira (DNER 1999), varia de acordo o tipo de estrada e a extensão do alinhamento reto. Estes só devem ser utilizados em situações extremas, pois não proporcionam conforto e segurança aos condutores (JAE,1994).

Tabela 3.16 - Raio Mínimo

Tipo de Estrada	Extensão do Alinhamento reto (m)	Raio Mínimo da Curva Circular (m)
IP E IC	$AR \geq 600$	$R > 600$
IP E IC	$AR < 600$	$R > AR$
Outras Estradas	$AR \geq 500$	$R > 500$

Fonte: NORMA DE TRAÇADO 1994, p.33

Igual na norma brasileira, as curvas nas estradas portuguesas também possuem a superelevação para contrabalançar com a força centrífuga. O valor máximo indicado para a superelevação é de 7%, valor menor que o brasileiro que pode chegar a 12%.

Para ajudar o condutor com a força centrífuga é também importante ter a curva de transição entre o alinhamento e a curva circular. A curva de transição também permite efetuar a transição da superlargura e superelevação de maneira confortável ao condutor. Para calcular o parâmetro da clotóide (A) deve-se realizar o produto do raio da curva circular (r) e a extensão da clotóide (l), e fazer a raiz quadrada desse valor. Como já analisado na norma brasileira, essa extensão deve ser muito bem estudada não podendo ser curta e nem longa, para garantir a segurança do condutor (JAE,1994).

O perfil longitudinal de uma rodovia é composto pelas curvas verticais e pelas rampas, chamadas de traineis no manual português. Segundo JAE (1994), o perfil varia principalmente de acordo com o terreno no qual a estrada se insere, se for um terreno plano, deve-se ter bastante atenção na drenagem, para não haver acúmulo de água na pista de rolamento.

Já em um terreno ondulado, o ideal é que o perfil longitudinal acompanhe o movimento do terreno, tomando cuidado para que não tenha uma diferença de declividade significativa entre dois alinhamentos, causando desconforto ao condutor.

Para a construção de uma estrada em terreno montanhoso, deve-se realizar um projeto visando declividades não muito elevadas, para não atrapalhar o condutor e o colocá-lo em risco. Em situações extremas, aconselha-se a construção de obras de arte, porém não se pode abusar dessa solução, pois tornaria a obra economicamente inviável.

Para preservar a segurança e conforto do condutor foram estipuladas, pela norma portuguesa, declividades máximas variando de acordo com a velocidade base (Tabela 3.17).

Tabela 3.17 - Declividades Máximas

Velocidade Base (km/h)	Inclinação Máximas Desejável (%)
40	8
60	7
80	6
100	5
120	4
140	3

Fonte: NORMA DE TRAÇADO 1994, p.51

Em casos de terrenos muito acidentados, estes valores poder ser aumentados em 1% quando a extensão da rampa for de até 600 metros e aumentados em 2% quando for de até 300 metros (JAE,1994).

Ambas as normas, brasileira e portuguesa, possuem limites praticamente iguais, sendo a maior inclinação permitida em casos especiais de 10%. A declividade mínima estipulada é de 0,5% para que não haja problema de drenagem na pista.

Não é apenas a inclinação máxima que garante segurança ao condutor e a capacidade da estrada. Para estipular as extensões críticas, sabe-se que quanto maior foi a declividade da rampa menor terá que ser sua extensão. A norma recomenda para rampas com 3% de inclinação, a extensão crítica de 420 metros e para rampas com 8% de inclinação uma extensão de 120 metros (JAE,1994).

É importante não ultrapassar a extensão crítica das rampas, pois uma rampa muito longa provoca diminuição da velocidade dos veículos pesados. Quanto maior for a diferença entre a velocidade média realizada pelos condutores e a velocidade na rampa, maior será a probabilidade de acidentes. A Figura 3.2 mostra que quanto maior for a diminuição da velocidade dos veículos pesados na rampa, maior será o número de acidentes.

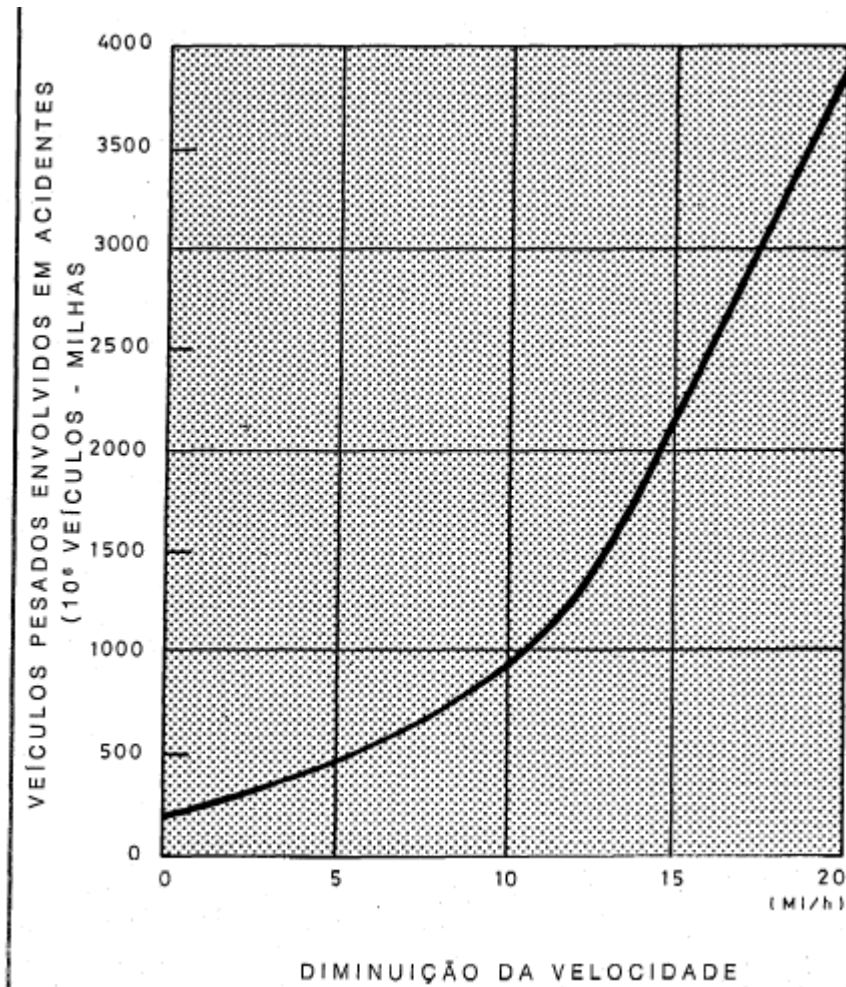


Figura 3.2 - Acidentes com Veículos Pesados em Rampas

Fonte: NORMA DE TRAÇADO 1994, p.53

3.3 DISCUSSÃO

As normas de traçado, portuguesa e brasileira, foram elaboradas de acordo com o *Highway Capacity Manual*, então elas possuem muitas similaridades. Entretanto, a grande maioria das estradas portuguesas seguem os critérios estabelecidos pelo manual, já as brasileiras não. Segundo a Autoridade Nacional de Segurança Rodoviária, foram registrados 480 acidentes com vítimas fatais em Portugal no ano de 2014. No Estado de São Paulo, estatísticas do DER- SP apontaram que naquele mesmo ano, entre os meses de abril e dezembro, ocorreram 4583 óbitos em acidentes rodoviários.

O índice de acidentes no Brasil é elevado em relação ao de Portugal e o motivo não tem ligação com as pequenas diferenças entre as normas, mas sim com o fato de que a maioria das estradas brasileiras não respeitam os critérios que a norma indica. Outro fato importante é que diferente do Brasil, Portugal possui uma extensão pequena e o transporte rodoviário não é seu modal prioritário.

CAPÍTULO 4

SISTEMA OPERACIONAL DAS RODOVIAS

Para a rodovia ser segura aos seus usuários, ela deve conter um sistema operacional adequado e possuir as características técnicas dentro dos padrões estipulados. Os acidentes podem ser causados por diversos fatores viários, que na maioria das vezes, surgem de erros no projeto. O projeto geométrico, por exemplo, define as características da via de acordo com a velocidade de projeto, um desses parâmetros equivocados pode ser prejudicial a segurança do condutor. Segundo Souza e Jacques (2012), os principais elementos viários são as curvas horizontais, a superelevação, a superlargura, a distância de visibilidade, a rampas máximas, a largura dos elementos da seção transversal e as faixas adicionais.

As faixas adicionais, por exemplo, são utilizadas quando a distância de visibilidade para ultrapassagem é menor que a indicada pela norma, ou quando o volume da estrada é elevado ou ainda nas rampas ascendentes, que a faixa adicional é utilizada pelos veículos lentos, principalmente os pesados (SOUZA E JACQUES, 2012). A faixa adicional é um elemento de segurança eficiente e de baixo custo e segundo Lucas (2004) também é importante nas faixas descendentes quando sua inclinação e comprimento forem elevados, comprometendo a frenagem dos veículos pesados.

Além das faixas adicionais, é importante a utilização da faixa de escapatória para os veículos pesados. Um acidente muito comum nas estradas é quando um veículo pesado não consegue realizar uma curva, devido a alta velocidade da rampa, e acaba saindo da pista.

A escapatória é construída logo após curvas perigosas e é indicada para declives maiores que 6% e extensões maiores que 2 quilômetros. Ela é constituída com um material solto que mantém o veículo parado, como areia ou agregado britado. O ideal é que a escapatória possua uma inclinação positiva para ajudar na paragem do veículo.

A distância de visibilidade também requer uma elevada atenção, principalmente nas rodovias de pista simples, que englobam 90% das estradas brasileiras (DNIT,2013). Segundo Garcia et al.

(2016), locais com restrição à ultrapassagem são diretamente proporcionais a segurança e a capacidade da via. Vide Tabela 3.6, esta distância varia de acordo com a velocidade diretriz da rodovia.

Para calcular a distância de visibilidade é necessário analisar duas etapas, a planimétrica e a altimétrica. A primeira é uma análise da influência da curva horizontal na visibilidade do condutor, a qual se leva em conta uma plataforma com a largura das faixas de rolamento, berma e folga, e dentro dessa plataforma não pode existir qualquer obstáculo ou interferência externa. Já a segunda análise é em relação as curvas verticais, considerando o efeito das rampas e sua intensidade (GARCIA et al., 2016).

Na figura 4.1, pode-se perceber que as linhas vermelhas tracejadas indicam locais em que a ultrapassagem é proibida, pois possuem obstrução de visibilidade. Já as linhas vermelhas contínuas indicam que não há nenhuma obstrução e a ultrapassagem pode ser realizada. Essas obstruções podem ser de diversos tipos, como obstáculos naturais ou construções. Nas rodovias, é muito comum a presença de muros de contenção que atrapalham significativamente a visibilidade do motorista.

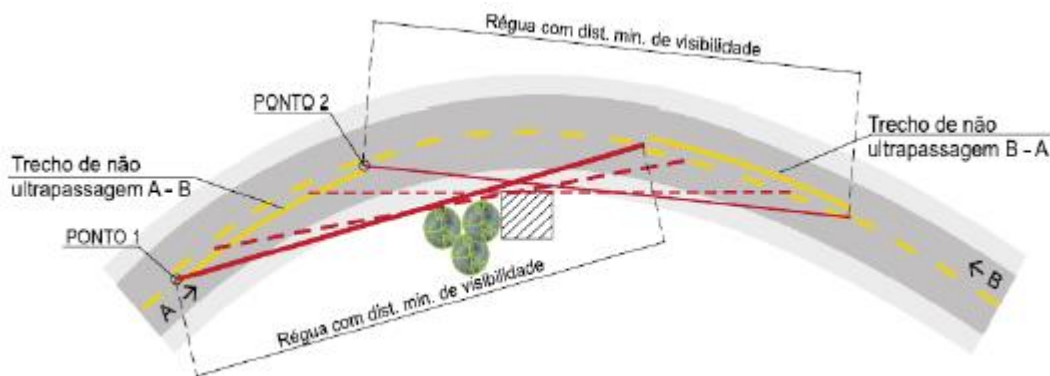


Figura 4.1 - Distancia de Visibilidade Horizontal

Fonte: CONTRAN,2007 E DNIT 2010

Entre os itens do projeto geométrico, as interseções devem conter um cuidado especial. Segundo Da Costa e Figueiredo (2001), este é o item geométrico mais crítico, pois são áreas que exigem extrema atenção dos condutores. O risco de acidentes nestes locais pode aumentar nos trechos em aclive ou declive, nos trechos de curva, no fundo de vales e em ângulos agudos (DNER, 1998). As recomendações do Manual de Projeto de Interseções (DNIT, 2005), para diminuir a quantidade de acidentes em interseções, são: utilizar uma distância de visibilidade que permita ao motorista enxergar os veículos que estão vindo nas outras aproximações e promover espaços adequados nas faixas de mudança de velocidade, para que o condutor realize esse movimento sem interferir no fluxo.

No projeto de sinalização também se deve ter uma elevada atenção, uma vez que o uso adequado das placas pode reduzir em até 29% o índice de acidentes fatais (Ogden, 1996 apud Nodari, 2003). A sinalização viária é composta por sinalização vertical horizontal, dispositivos auxiliares, sinalização de obras e semafórica e deve atender princípios como legalidade, suficiência, padronização, uniformidade, clareza, precisão, confiabilidade, visibilidade, manutenção e conservação (SOUZA E JACQUES, 2012).

Segundo Souza e Jacques (2012), os elementos principais da sinalização são: a marcas longitudinais que permitem ao condutor saber quando pode ultrapassar ou não; a sinalização de advertência quando adiante encontra-se uma curva perigosa ou uma rampa íngreme; a sinalização de direito de passagem; e os sinais que indicam a velocidade máxima permitida na via.

A velocidade da via é o elemento principal para segurança da estrada, a sua escolha deve proporcionar segurança para todos os condutores da via e promover fluidez nos níveis compatíveis com a necessidade da via (MARQUES, 2012)

Existe também o projeto de dispositivos de proteção, que analisa a colocação de barreiras de concreto e defensas metálicas, aumenta significativamente a segurança da rodovia, pois retém veículos desgovernados, e evita colisões de veículos no fluxo oposto e impede que pedestres ultrapassem em lugares proibidos (SOUZA E JACQUES, 2012).

Os acidentes podem ocorrer por diversos motivos, porém nas estradas existem pontos em que essa ocorrência é mais elevada. Segundo Couto e Ferreira (2012), a zona geográfica que possui uma frequência de acidentes acima do esperado, influenciada por características da infraestrutura rodoviária, é chamada de Zona de Acumulação de Acidentes (ZAA). Estudos realizados nas ZAAs de uma estrada, costumam ser muito eficientes para a redução do índice de acidentes.

Portugal é um país de pequena extensão, com uma área de aproximadamente 92.212 km². A malha rodoviária portuguesa tem uma extensão de 17.874 km, ou seja, uma proporção de 0,194 km de estrada a cada km² de extensão. Comparando esses mesmos dados em relação ao Brasil que tem uma malha rodoviária de 1.563.447 km e uma extensão de 8.516.000 km², chega-se numa proporção um pouco menor, a de 0,184 km de estrada por km² de área.

A diferença entre os valores não é significativa, o que demonstra que ambos os países têm uma relação entre extensão de rodovia e área parecida. Porém, a maior diferença está na comparação de quilometragem de estradas pavimentadas entre os dois países. Segundo a pesquisa da CNT de 2016, o Brasil só possui 12,3% de suas rodovias pavimentadas, o que equivale a 211.468 km, mudando sua proporção para 0,025 km de estradas pavimentadas por km² de área. Já em Portugal, as estradas não pavimentadas são minoria, quase não fazendo diferença nesta proporção.

A proporção de estradas pavimentadas no Brasil é pequena, relativamente a toda malha rodoviária, não só quando comparada com Portugal, mas também em relação aos outros países de extensão semelhante conforme mostra a Figura 4.2.

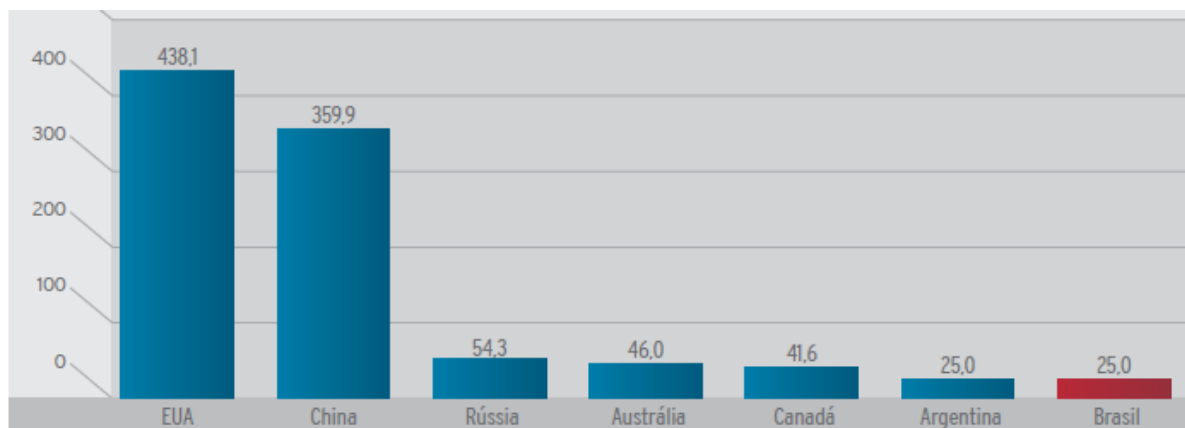


Figura 4.2 - Densidade da Malha Rodoviária Pavimentada por País (em km/1000km²)

Fonte: ELABORAÇÃO CNT COM BASE EM DADOS DO SNV (2015), PARA O BRASIL, E DA CENTRAL INTELLIGENCE AGENCY – CIA, PARA OS DEMAIS PAÍSES.

Entretanto, essa discrepância ocorre no Brasil, devido a sua ocupação geográfica ser recente. Inicialmente o país foi ocupado nas regiões costeiras, por meio do transporte de cabotagem, seguido da conquista das terras mais centrais pelas ferrovias, devido a economia agrícola. Somente após a década de 1950, o interior do país passou a se integrar ao resto, devido ao surgimento das rodovias.

Nessas circunstâncias, passou a existir entre as regiões brasileiras uma enorme diferença de desenvolvimento econômico e populacional. Na Amazônia, por exemplo, a densidade demográfica é de 2,5 habitantes/km² enquanto que em Brasília (DF) é de aproximadamente 500 habitantes/km². Estas diferenças acabam por justificar a baixa quantidade de estradas não pavimentadas, nos estados como o Amazonas enquanto que em São Paulo, este número é mais elevado, 180,28 habitantes/km². Na Figura 4.3 fica bastante claro essa diferença das rodovias em cada região brasileira.

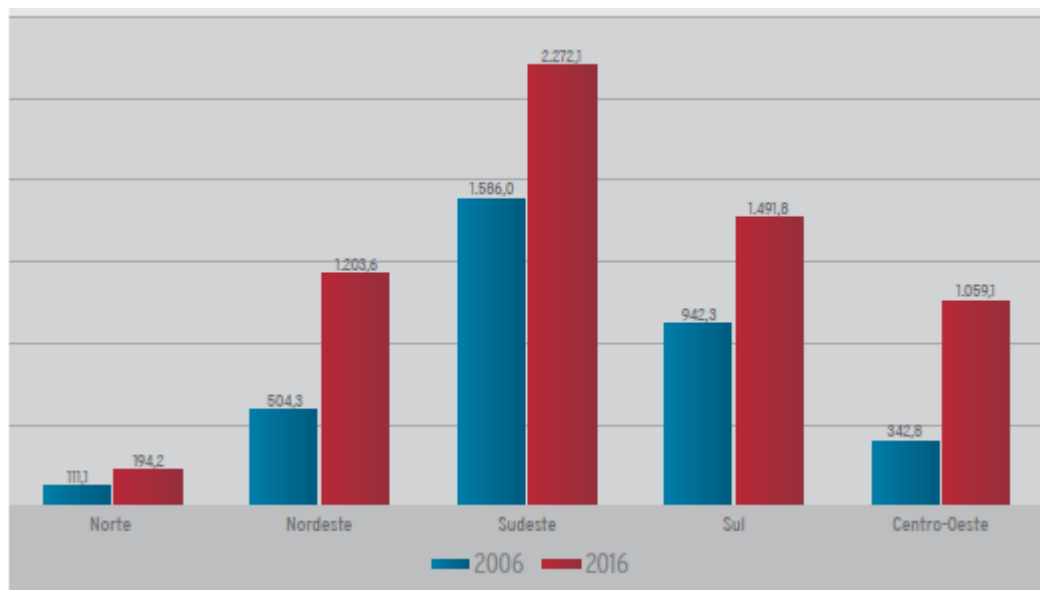


Figura 4.3 - Extensão de Rodovias Federais Pavimentadas de Pista Dupla por Região (km)

Fonte: PESQUISA CNT DE RODOVIAS 2016, pg.13

Esses dados já refletem a grande diferença existente entre as malhas rodoviárias dos dois países, Brasil e Portugal. Outro item que demonstra a situação das rodovias brasileiras é o crescimento do volume de tráfego, que nos últimos anos aumentou significativamente.

Tabela 4.1 - Frota Total de Veículos por Região

Região	2006	2016	Crescimento 2006-2016(%)
Brasil	43.854.594	92.281.081	110,4%
Norte	1.606.785	4.715.567	193,5%
Nordeste	5.552.427	15.623.307	181,4%
Sudeste	23.426.896	45.102.127	92,5%
Sul	9.546.257	18.292.787	91,6%
Centro-Oeste	3.722.229	8.547.293	129,6%

Fonte: PESQUISA CNT DE RODOVIAS 2016, p.16

A partir da análise da tabela 4.1, verifica-se que em um período de 10 anos, entre 2006 e 2016, o volume de veículos nas rodovias duplicou em todas as regiões do país. Entretanto, não houve o mesmo crescimento da malha rodoviária. Enquanto o volume de veículos aumentou em média 110%, o

crescimento da quilometragem das estradas foi de menos de 14%, saturando as rodovias existentes. Esses motivos mostram porque as rodovias brasileiras operam, em grande parte, em níveis de serviço abaixo do nível D, apontando a principal diferença em relação às estradas portuguesas, que operam acima do nível C.

Estradas com volume de veículos acima de sua capacidade, acabam tornando-se perigosas para os condutores, como mostra a Figura 4.4, fazendo com que ocorra no Brasil, um aumento do número de acidentes a cada ano.

Segundo o Sistema de Informações Gerenciais de Acidentes de Trânsito do Estado de São Paulo (INFOSIGA), os acidentes com vítimas das estradas do Estado de São Paulo aumentaram em 2% entre os anos de 2014 e 2015.



Figura 4.4 - Evolução do Número de Acidentes com Vítimas (2014x2015)

Fonte: SISTEMA DE INFORMAÇÕES OPERACIONAIS DA POLÍCIA MILITAR – SSP/SP JAN-DEZ/2015 E JAN-DEZ/2014 POLÍCIA RODOVIÁRIA FEDERAL - JAN-DEZ/2015 E JAN-DEZ/2014

No Brasil, entretanto, soma-se aos fatores abordados, o agravamento da falta de investimento, que não fizeram frente ao crescimento da frota. O aumento do volume de veículos em mais de 100% nos últimos 10 anos, exigiria um investimento significativo do governo na infraestrutura.

Devido a esta falta de investimento, as estradas brasileiras acabam operando em níveis baixos. A Tabela 4.2 apresenta alguns exemplos de rodovias, que estão operando em nível E e F, no Estado de São Paulo.

Tabela 4.2 - Volume Médio Diário de Tráfego (2015)

Descrição do Trecho	Volume Diário Médio de Tráfego
SP055-PRAIA GRANDE	55439
SP065-CAMPINAS	66492
SÃO PAULO-SP021	167252
SP 021-SP029	183999

Fonte: ESTATÍSTICA DE TRÁFEGO-DER-VOLUME DIÁRIO MÉDIO POR RODOVIA (2015)

O caso mais crítico é do trecho SP 021 a SP 029 que possui um volume diário médio de tráfego igual a 183999, isso resulta em aproximadamente 7819,96 veículos por hora transitando pela rodovia por sentido. Como são duas pistas por sentido, tem-se um valor de 3909,98 por pista por sentido. Para uma estrada operar em nível E, o tráfego deve ter no máximo 2800 veículos por hora, ou seja, isto indica que esta rodovia opera em nível F. Uma estrada saturada, como é o caso destas citadas acima, acabam tendo uma velocidade média baixíssima, o que leva o motorista a cometer imprudências, aumentando a quantidade de acidentes.

Tanto Portugal, quanto o Brasil, apresentam índices de acidentes insatisfatórios. As estradas de ambos os países, possuem um grande número de ZAAs, derivadas de problemas nas características geométricas, na sinalização ou mesmo no pavimento. O que faz este número ser maior no Brasil, é a relação da quantidade de estradas existentes para o volume de veículos que as demandam.

No caso de Portugal, toma-se como referência o índice de acidentalidade da EU. Segundo Couto e Ferreira (2012), grande parte dos acidentes nas rodovias portuguesas ocorrem nas interseções.

No Brasil, o maior agente causador de acidentes, fora a situação crítica de baixos investimentos, é a grande incidência de caminhões na composição do tráfego. Como mostra na Figura 4.5, a maior incidência de veículos pesados em estradas de pista única, reduz significativamente a velocidade do fluxo, gerando filas de arrasto, induzindo a ultrapassagens perigosas. A Figura 4.5 apresenta essa relação entre o fluxo e a velocidade de uma rodovia, quanto maior o volume de tráfego da rodovia, menor é sua velocidade.

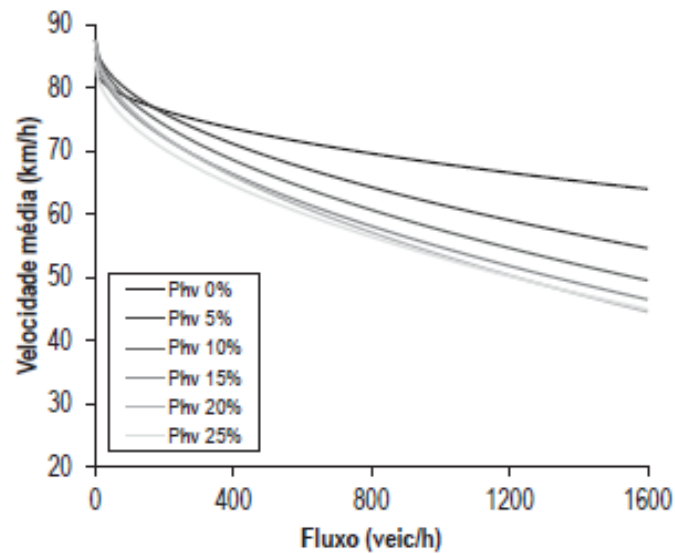


Figura 4.5 - Relação Fluxo e Velocidade

Fonte: TRANSPORTE EM TRANSFORMAÇÃO XVII, p. 40

Devido a essa saturação das estradas, as ZAAs acabam ficando mais perigosas. Por exemplo, no projeto geométrico de uma rodovia é calculada a distância de visibilidade de ultrapassagem, planejada para que a mesma não exceda o volume médio diário permitido. Assim, quando esse volume é ultrapassado, esta distância já não é mais segura para o condutor.

No Brasil, devido à falta de investimento na contratação de novas rodovias e na recuperação das antigas, as ZAAs só vêm aumentando. Isto significa que cada vez mais a capacidade das estradas tem sido ultrapassada, resultando no aumento da velocidade e conseqüentemente, em um maior número de acidentes.

CAPÍTULO 5

ESTUDO DE CASO

A estrada analisada neste trabalho está localizada no Brasil, no Estado de São Paulo. São Paulo é uma das 27 unidades federativas brasileiras, e está situada na região sudeste do país (Figura 5.1). Tem uma área de aproximadamente 248222,362 km² com mais de 44 milhões de habitantes.



Figura 5.1 - Estado de São Paulo Destacado no Mapa do Brasil

Fonte: [HTTP://CIDADANIZA.COM.BR/AS-TRES-ESFERAS-DE-GOVERNO](http://CIDADANIZA.COM.BR/AS-TRES-ESFERAS-DE-GOVERNO)

Segundo dados do DER-SP (2016), São Paulo é um dos estados brasileiros que possui o maior número de estradas pavimentadas e não pavimentadas, totalizando 199293,34 km. Nesta malha rodoviária, no ano de 2016, ocorreram 192582 acidentes com vítimas, sendo 5727 deles com óbitos. Destes acidentes, 37% ocorreram por colisão e 27 % por atropelamento.

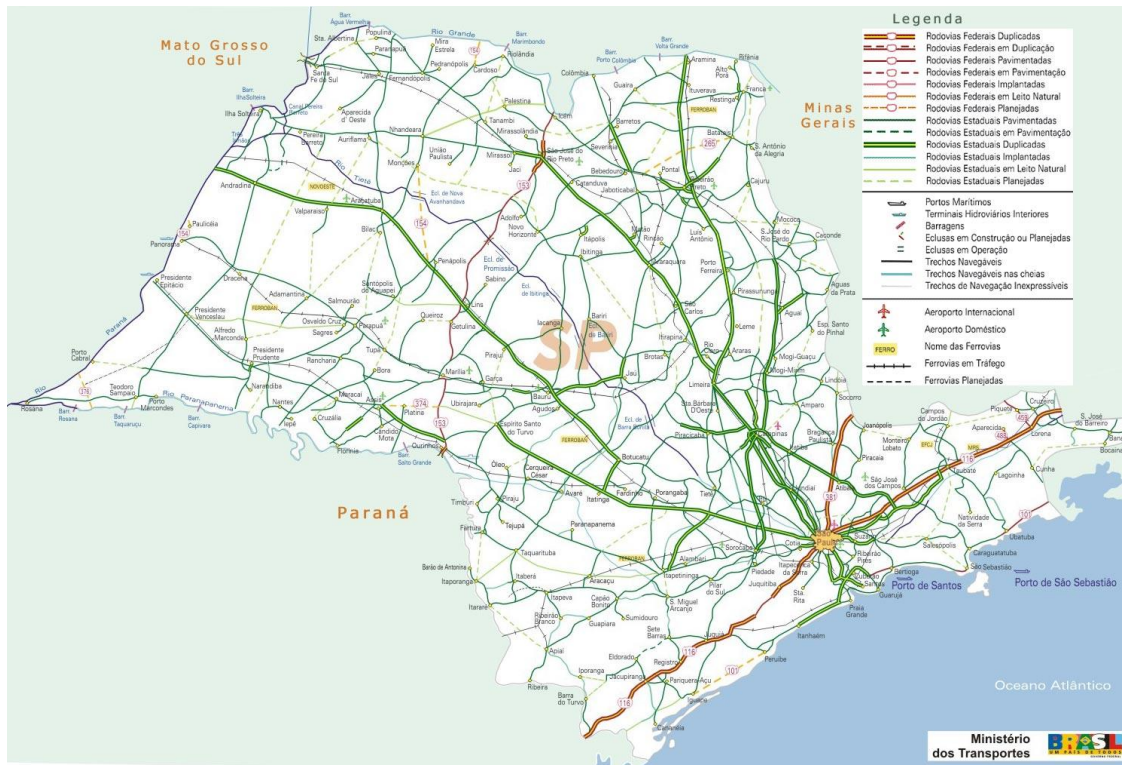


Figura 5.2 - Malha Rodoviária do Estado de São Paulo

Fonte: [HTTP://WWW.MAPAS-SP.COM/SP-RODOVIARIO](http://www.mapas-sp.com/sp-rodoviario)

A estrada do estudo é a SP-098, seu nome é Rodovia Dom Paulo Rolim Loureiro, mais conhecida como Mogi-Bertioga. Esta rodovia foi construída em 1982, no governo de Paulo Maluf, e liga as cidades Mogi das Cruzes e Bertioga. O seu traçado passa por diferentes relevos, os morros do planalto, a Serra do Mar e a parte plana do litoral. O pior trecho está situado na Serra do Mar, que é conhecido como Cordilheira Brasileira devido à sua formação montanhosa, com uma altitude que varia em 700 metros (Exposti,2013). Devido a estes fatores, é uma rodovia com declividades íngremes e curvas acentuadas.



Figura 5.3 - Localização da Rodovia SP - 098

Fonte: GOOGLEMAPS-[HTTPS://WWW.GOOGLE.COM.BR/MAPS/@-23.6481757,-46.2229072,11z](https://www.google.com.br/maps/@-23.6481757,-46.2229072,11z)

Segundo dados o DER-SP (2017), a SP-098 possui quase 50 km de extensão e tem apenas uma faixa por sentido na maior parte do trecho, sem barreira separando as pistas. No trecho inicial de Mogi das Cruzes até o encontro com a SP -102, a estrada é duplicada nos dois sentidos e no trecho da serra, são duas faixas ascendentes e uma descendente, com o objetivo de aliviar o fluxo da subida.

Em sua maior parte, a velocidade permitida é de 80 Km/h, em alguns trechos mais sinuosos essa velocidade cai para 60 Km/h. A estrada possui um pequeno trecho, em seu início, que passa por uma área urbana e a velocidade permitida é de 50 km/h.



Figura 5.4 - SP-098 no Km 92

Fonte: AUTOR

É uma estrada conhecida pelo alto número de acidentes e pelo congestionamento frequente. Em 2014, por exemplo, ocorreram 432 acidentes na Mogi-Bertioga com 243 vítimas (DER-SP,2014). A SP-098 possui uma frequência de veículos pesados elevada, e em seu volume médio diário, estes veículos representam mais de 10%.

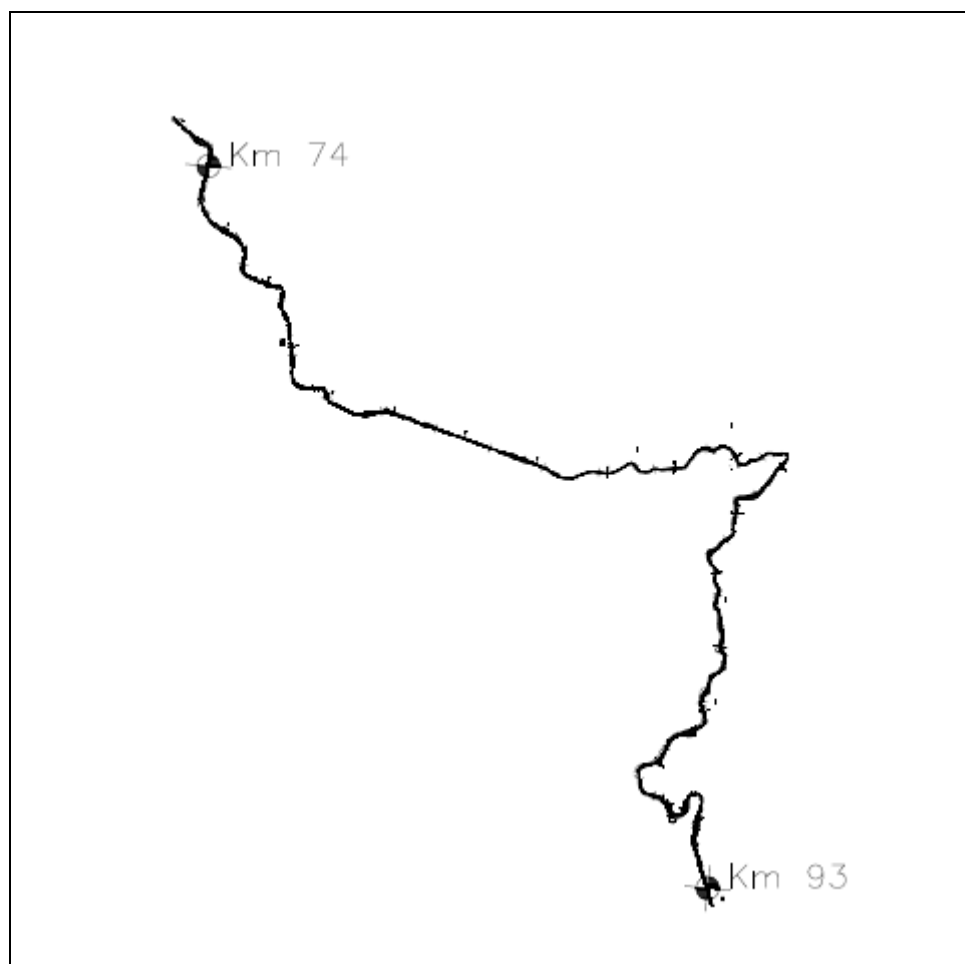


Figura 5.5 - Planta do Trecho da Serra da Rodovia SP-098

Fonte: DER- DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM 2017

5.1 ANÁLISE DO NÍVEL DE SERVIÇO DA RODOVIA

O nível de serviço de uma rodovia é adotado por meio de uma avaliação da operação da corrente de tráfego, a partir da velocidade e o tempo do percurso, do volume horário e da segurança da via.

A análise da Tabela 5.1, mostra que o volume diário médio do ano de 2015 foi de 40923 veículos por dia e quando comparado com o dos últimos anos, este número só vem aumentando. Em casos como o da Rodovia SP-098, que não possui dados de VPH, calcula-se este valor de acordo com o VDM. No Brasil o K utilizado para rodovias, que não possuem dados precisos, é de 8,5%, vide página 19. Portanto, adotando um VDM de 40923, chega-se a um VPH de 3478,45.

Tabela 5.1 - Volume Diário Médio SP098

	2013			2014			2015		
	PASSEIO	COMERCIAL	TOTAL	PASSEIO	COMERCIAL	TOTAL	PASSEIO	COMERCIAL	TOTAL
SP098	34257	3924	38181	35243	3975	39218	37940	2983	40923

Fonte: SECRETARIA DE LOGISTICA DE TRANSPORTE- DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM, DER-SP, 2013,2014,2015

De acordo com a Tabela 3.2, uma rodovia com um VPH maior do que 2800 é considerada Nível F, portanto a rodovia Mogi-Bertioga trabalha em nível F.

Devido ao seu VDM e por ser de pista simples, esta estrada se encaixa na Classe I, vide página 17. Entretanto, a classe I só deve operar entre os níveis de serviço A e C, como mostra na Tabela 3.3, ou seja, a rodovia SP-098 não se adequa as indicações da norma.

Outro item que está fora dos padrões do manual é a velocidade diretriz, que conforme mostra a Tabela 3.4, em uma estrada pertencente a classe I, que possui terreno montanhoso, a velocidade máxima deveria ser 60 km/h e na Mogi-Bertioga essa velocidade é de 80 Km/h.

5.2 ANÁLISE DAS CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DA RODOVIA

Com esse alto volume de veículos e com suas características geométricas e operacionais, a Mogi-Bertioga não é uma estrada segura aos seus usuários. A rodovia possui períodos em que o volume diário chega a mais de 60 mil veículos, em uma direção apenas. Conforme reportagem do G1, estima-se que, a partir dos dados do DER, no dia 24 de fevereiro de 2017, mais de 67 mil veículos trafegaram pela Mogi-Bertioga em direção ao litoral.

Uma reportagem publicada no Jornal Digital o Diário, relatou um acidente ocorrido no dia 13 de novembro de 2016, que deixou um morto e mais sete feridos. Foi uma colisão frontal entre um carro e uma van, no quilometro 77.

As Figuras 5.6 e 5.7 mostram o acidente ocorrido no dia 25 de março de 2016, envolvendo um caminhão, resultando em três vítimas, uma delas fatal. O veículo ultrapassou pelo sentido oposto e capotou.



Figura 5.6 - Local do Acidente do Dia 25 de Março de 2016

Fonte: DER/SP (25/03/2016 10:39)



Figura 5.7 - Veículo Após o Acidente do Dia 25 de Março de 2016

Fonte: DER/SP (25/03/2016 10:39)

Outro acidente que ocorreu no ano de 2016, foi de um caminhão que trafegava no sentido de Bertioga, perdeu o controle e atingiu 5 carros na mesma rodovia. Segundo reportagem do jornal G1, este acidente ocorreu no dia 29 de dezembro de 2016 perto do quilometro 84. De acordo com o DER, o caminhão atravessou a pista que vai em direção a Mogi das Cruzes e tombou. Em 30 de dezembro de 2016 ocorreu mais um acidente no quilometro 84 da Mogi-Bertioga, relatado pelo Jornal Digital o Diário, o acidente envolveu um caminhão, um veículo utilitário e mais cinco carros, com 6 pessoas feridas. O motorista explicou para o jornal G1 que perdeu o controle do caminhão quando trafegava pelo trecho mais íngreme da serra.

Mais um acidente que ocorreu no quilometro 84, no dia 26 de fevereiro de 2017, deixou 7 vítimas, interditando a rodovia por uma hora (Figuras 5.8 e 5.9).



Figura 5.8 - Veículo Após Acidente do Dia 26 de Fevereiro de 2017

Fonte: DER/SP (26/02/2017 13:46)



Figura 5.9 - Rodovia SP-098 Após Acidente do Dia 26 de Fevereiro de 2017

Fonte: DER/SP (26/02/2017 13:36)

Foi na rodovia Mogi-Bertioga que ocorreu o oitavo pior acidente com ônibus do país, afirma Patrício (2016). O acidente ocorreu no dia 8 de junho de 2016, também próximo do quilometro

84, com a morte de 18 pessoas, 17 passageiros e o motorista. Devido a essa frequência de acidentes no mesmo local, este ponto é considerado uma ZAA. A Mogi-Bertioga possui mais algumas ZAAs na sua trajetória, que necessitam de intervenções para deixar a estrada segura para seus usuários.

Tabela 5.2 – Trechos Críticos da Rodovia SP-098 (2014)

Rodovia	km Inicial	km Final	Acidentes				Total
			Sem Vítimas	Com Vítimas			
				Feridas	Fatais	Total	
98	058,500	058,999	7	5	0	5	12
98	059,000	059,499	3	7	1	8	11
98	063,000	063,499	15	3	0	3	18
98	077,500	077,999	9	7	0	7	16
98	084,000	084,499	9	7	0	7	16
98	084,500	084,999	6	7	1	8	14
98	086,000	086,499	13	3	0	3	16
98	088,000	088,499	24	9	0	9	33
98	091,000	091,499	17	7	1	8	25

Fonte: DER- DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM 2014

Tabela 5.3 - Trechos Críticos da Rodovia SP-098 (2015)

Rodovia	km Inicial	km Final	Acidentes				Total
			Sem Vítimas	Com Vítimas			
				Feridas	Fatais	Total	
98	063,000	063,499	8	1	0	1	9
98	067,000	067,499	6	1	1	2	8
98	077,500	077,999	10	11	0	11	21
98	084,000	084,499	5	7	0	7	12
98	084,500	084,999	10	3	0	3	13
98	085,000	085,499	7	1	0	1	8
98	086,000	086,499	10	7	0	7	17
98	088,000	088,499	12	8	0	8	20

Fonte: DER- DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM 2015

As tabelas 5.2 e 5.3 mostram os trechos da rodovia SP-098 em que ocorrem a maior parte dos acidentes. Foram escolhidos três trechos para serem analisados no trabalho: o trecho do quilometro 77,500 ao 77,999 onde ocorreram 37 acidentes entre 2014 e 2015, o trecho entre os quilômetros 84,000

e 84,999 em que tiveram 55 sinistralidades no mesmo período e o trecho do quilometro 88,000 ao 88,499, no qual ocorreram 53 acidentes.

O primeiro trecho que vai do quilometro 77,500 ao 77,999 (Figura 5.10), é constituído por uma faixa no sentido descendente e duas no sentido ascendente, todas elas com 3,5 metros de largura. Possui uma defesa metálica do lado direito em uma das curvas e uma barreira rígida do lado esquerdo da outra curva, mas não possui barreiras físicas entre a pistas e nem do lado interno das curvas. Este trecho não possui berma em ambos os lados.

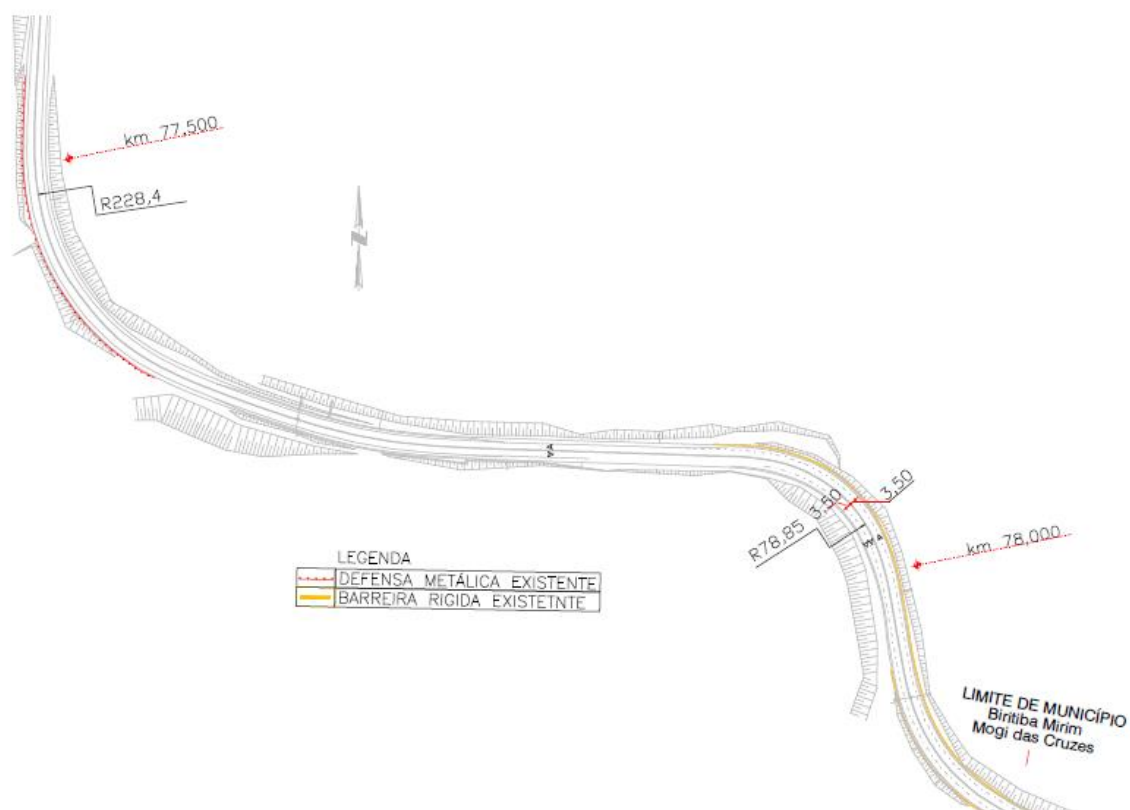


Figura 5.10 - Planta do Trecho 77,500-77,999

Fonte: MODIFICADO-DER- DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM



Figura 5.11 - SP-098 Km 77+500

Fonte: AUTOR

A velocidade permitida neste trecho é de 60 Km/h, portanto, segundo a tabela 3.7, possui um coeficiente de atrito de 0,15. Devido a SP-098 se tratar de uma rodovia classe I e estar em terreno montanhoso, adota-se a máxima taxa de superelevação igual a 8% (Tabela 3.10). Com o coeficiente de 0,15, e a velocidade de 60 km/h e a taxa de superelevação de 8%, calcula-se o raio mínimo através da equação II, e chega-se a um resultado de 123,24, adotando, então, um raio mínimo de 125 m. Ou seja, a segunda curva deste primeiro trecho que possui um raio de 78,85, está abaixo do valor do raio mínimo indicado pelo manual do DNER,1999.

Um trecho com declividade elevada e curvas acentuadas deveria possuir defensas ou barreiras em ambos os lados da curva, pois caso o motorista perca o controle do veículo, não correrá o risco de escapar para fora da faixa de rodagem.

Esses itens de segurança também deveriam existir entre as duas pistas, para evitar o risco da colisão frontal entre dois veículos. Outro item que está fora dos parâmetros da norma, é o raio

da segunda curva que é de aproximadamente 79 m e que está muito abaixo do indicado. A falta da berma também é um fator importante para a falta de segurança da rodovia. Se um veículo quebrar no meio de seu trajeto, por exemplo, não terá um lugar que possa ficar para esperar a remoção.

O segundo trecho (Figura 5.12) que inicia no quilometro 84,000 e termina no 84,999, também possui duas faixas ascendentes e uma descente e como no trecho anterior, não possui berma. Neste segundo trecho, em apenas uma das curvas existe defesa metálica para proteger os veículos. Entretanto, não possui nenhuma barreira de segurança entre os dois sentidos.

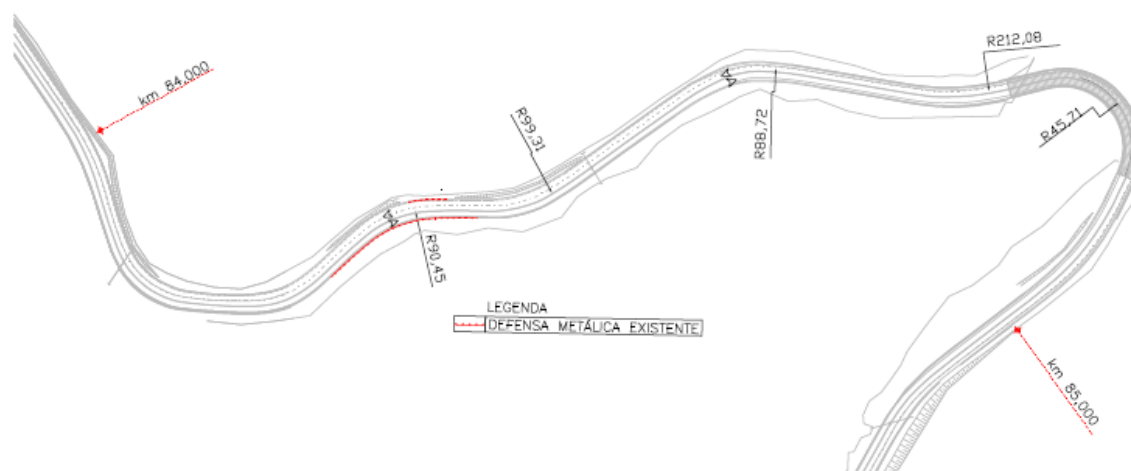


Figura 5.11 - Planta do Trecho 84,000-84,999

Fonte: MODIFICADO-DER- DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM



Figura 5.13 - SP-098 Km 84

Fonte: AUTOR

Neste trecho a velocidade permitida também é de 60 km/h, ou seja, existem quatro curvas com raio abaixo do indicado, de 125 m. A primeira, com o raio de aproximadamente 90,45m, a segunda com 99,30m, a terceira com 88,70 m e a última, e mais crítica, possui um raio de 45,71m.

Um item bastante prejudicial a segurança da estrada, que aparece no primeiro e no segundo trecho é a barreira rígida ou defesa metálica, por mais que protejam os carros de curvas sinuosas, estas obstruem a visibilidade do motorista, impedindo a realização de ultrapassagem, vide página 41.

O terceiro trecho (Figura 5.14) possui as mesmas características dos outros dois, uma faixa descendente e duas ascendentes, sem berma e com a velocidade permitida de 60 Km/h. Neste trecho não existe nenhuma barreira ou defesa entre as pistas (Figura 5.15) e possui uma curva também fora das características indicadas, com um raio de 79,74m e possui uma curva reversa logo depois.

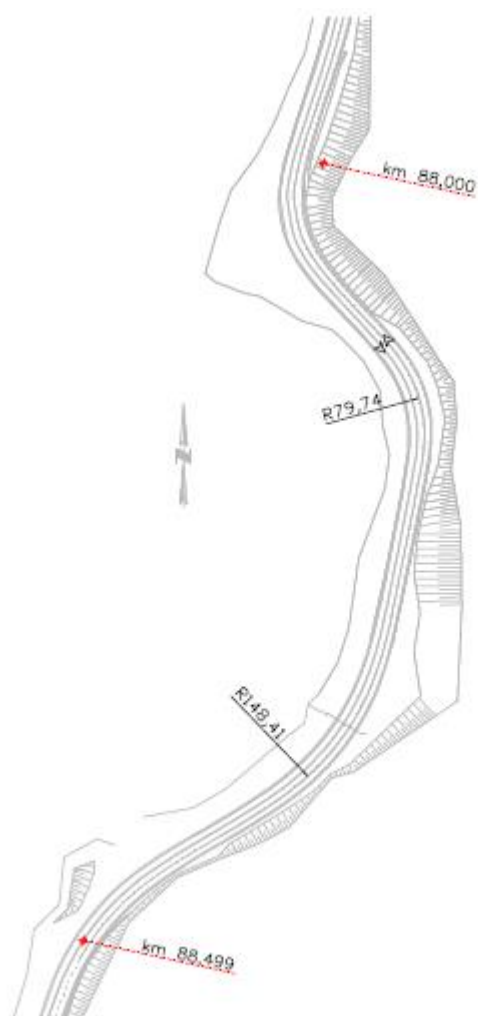


Figura 5.12 - Planta do Trecho 88,000-88,499

Fonte: MODIFICADO-DER- DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM



Figura 5.13 - SP-098 Km 88

Fonte: AUTOR

Nos trechos analisados ocorrem erros de projeto semelhantes, curvas com raios menores do que permitido pela norma (125 m), falta de berma e falta de barreiras centrais. Apenas esses três itens já podem ser os responsáveis pela frequência de acidentes nestes trechos.

O raio da curva, que consta na norma, é calculado em função da velocidade da via, para que seja seguro ao motorista executar a curva na mesma velocidade do restante do trajeto. Quando a curva possui um raio pequeno, o motorista acaba tendo que frear e executá-la em uma velocidade reduzida, se não, corre o risco de conseguir completá-la e perder o controle do veículo.

O ideal para uma rodovia é conter berma em ambos os sentidos para que o motorista possa utilizá-lo em caso de emergência. Um veículo que fica sem funcionar no meio da rodovia, não deverá ser deixado na pista de rodagem para que não ocorra o risco de uma colisão com outro veículo em movimento.

Além disso, nas rodovias de mão dupla é importante a implantação de uma barreira ou canteiro central entre as pistas para evitar a colisão frontal. Se o motorista que está percorrendo a rodovia no sentido contrário perder o controle do veículo, e a estrada não possuir a barreira central, o mesmo acaba invadindo a contramão, colocando em risco ou outros condutores.

Os riscos de acidentes com tais deficiências de projeto já são elevados, entretanto acabam se intensificando mais ainda quando a capacidade da via é ultrapassada, como é o caso da SP-098. Outro item que prejudica a segurança desta rodovia é a quantidade elevada de veículos pesados, que formam filas nos trechos em que a pista é simples. E neste caso, o condutor acaba tendo que ultrapassar mais de um caminhão e a distância de visibilidade fica abaixo da necessária, sendo também causa de muitos acidentes.

A norma de traçado geométrico portuguesa, JAE 1994, também cita que o caso de rodovia de duas vias, como é o caso da SP-098, quando não é possível uma distância de visibilidade de ultrapassagem segura, é necessário que a rodovia possua curvas com raios maiores que assegure a distância de visibilidade de paragem.

Para um projeto de uma rodovia em um terreno montanhoso, como ocorre na SP-098, o ideal é concentrar o estudo apenas no traçado mais conveniente. Devido ao difícil acesso e a topografia complicada acabam não existindo outras alternativas viáveis economicamente, por conta do número de obras de arte que seriam necessárias (JAE,1994).

Além disso o projeto de uma rodovia neste tipo de terreno, já deve pensar em um possível alargamento da faixa de rodagem no futuro, porque se isso não for pensado na fase de projeto fica muito mais complicado depois (JAE,1994). E isso é um dos grandes problemas da Mogi-Bertioga, ela necessita ser duplicada, porem devido ao seu terreno sinuosa seria uma medida onerosa.

Segundo o capítulo 6 do Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais que encontra-se no anexo, para a melhoria de rodovias já existentes deve-se considerar determinados critérios de projeto, como velocidade diretriz, distancia de visibilidade, alinhamento horizontal e vertical, para que seja possível aumentar o padrão da rodovia com investimentos pequenos (DER,1999).

Em relação as distâncias de visibilidade da SP-098, deve-se analisar in loco todas as curvas, verificando o parâmetro K e comparando com os valores estipulados pela norma. Assim torna-se possível

identificar os pontos mais críticos e realizar um novo projeto geométrico apenas para esses pontos específicos e não para a rodovia inteira (DER,1999).

De acordo com DER (1999), não é possível deixar o traçado da rodovia mais fluente com um projeto de reabilitação. No caso de curvas com raios inferiores aos sugeridos pela equação II, deve-se encontrar uma solução para aumentá-los e se não for possível aumentar estes raios, deve-se elevar a taxa de superelevação até o máximo admissível. Em casos específicos que não tenha como modificar estas características geométricas, a curva deverá ser sinalizada com placas de perigo e medidores de velocidade.

No caso da SP-098, já é sabido seus principais pontos críticos de acidentes, sendo assim, é mais fácil estipular os locais que necessitam de elementos de segurança como barreiras e defensas (DER,1999).

Outro elemento de segurança importante para a rodovia Mogi-Bertioga é a terceira faixa nas rampas ascendentes, pois é uma solução para pontos em que a distância de visibilidade é menor do que a indicada pelo manual e para o elevado número de veículos pesados. Nos projetos realizados tempos atrás, não era normal planejar a terceira faixa devido ao alto custo, entretanto o número elevado de acidentes nestes trechos, acaba sendo vantajoso financeiramente (DER,1999).

A solução ideal para a SP-098 seria a readequação por meio de um projeto de medidas correctivas. A principal medida seria a duplicação da rodovia em todos os trechos de pista simples, visando aumentar a largura da faixa de rodagem permitindo incluir berma e barreiras ou canteiros centrais entre as pistas.

A adequação principal, que deveria ser a prioridade, é a duplicação da rodovia em todos os trechos, porque só depois deste item concluído, é que seria possível a colocação de barreiras centrais entre os sentidos. Rodovias de pista simples não possuem barreiras centrais, porque caso ocorra algum problema em um dos sentidos, uma das soluções é desviar o tráfego para o sentido contrário.

Também seria importante otimizar a geometria do traçado, aumentando os raios que estão críticos e diminuir as declividades nos piores trechos. Uma rodovia que faz essa ligação entre duas cidades importantes com este elevado volume de tráfego e de veículos pesados, deveria ser de uma classe mais elevada visando principalmente a sua segurança e a homogeneidade de traçado.

A falta de homogeneidade do traçado é um elemento relevante para o aumento do índice de acidentes. Segundo Almeida, 2016, um traçado homogêneo previne que o condutor passe por mudanças abruptas nas características geométricas da rodovia. Como por exemplo, mudanças consecutivas na velocidade permitida da via, situação decorrente na SP-098.

Estas soluções ajudariam a diminuir o número de pontos críticos na rodovia Mogi-Bertioga, porém são soluções a longo prazo que são trabalhosas, possuem um custo elevado e necessitariam da interdição da rodovia por um período.

Uma ideia a curto prazo mais simples e econômica seria a instalação de equipamentos fixos de fiscalização da velocidade, como as lombadas eletrônicas, nos pontos mais críticos e o desvio do tráfego de veículos pesados para outras rodovias.

CAPÍTULO 6

CONCLUSÃO

As variáveis responsáveis pelos acidentes nas estradas são a geometria, a sinalização vertical e horizontal, o pavimento, o mau comportamento dos condutores e as condições ambientais.

As características geométricas de uma estrada devem ser muito bem estudadas na fase de projeto, respeitando as normas, para garantir conforto e segurança ao condutor. Uma curva projetada com um raio muito pequeno ou uma superelevação construída para o lado errado podem ser responsáveis por capotamentos, por exemplo.

O projeto de sinalização também é de extrema importância para o bom funcionamento das rodovias, os sinais devem ser claros e sucintos. Uma placa mal colocada ou deteriorada pode confundir o condutor, prejudicando-o no seu percurso.

O pavimento deve ser dimensionado de acordo com alguns critérios como o tipo de tráfego, sua quantidade e a temperatura, gerando conforto, segurança e estabilidade ao motorista. É necessário também uma manutenção adequada para evitar o aparecimento de fissuras e buracos, que podem gerar graves colisões. Uma causa de acidente comum é o veículo perder o controle devido acúmulo de água na pista que poderia ser evitado se a via fosse constituída de pavimento drenante. Outro exemplo é a neblina, que diminui drasticamente a visibilidade do condutor podendo gerar colisões.

A atitude dos condutores dos veículos é outro grande motivo para a ocorrência de acidentes nas estradas. Isto por que alguns motoristas dirigem embriagados, outros sob efeito de remédios e até mesmo aqueles que dirigem falando ao celular.

O estudo mostra que todos esses itens são responsáveis pelos acidentes, entretanto, analisa especificamente as causas devido a inadequação dos projetos, operação da via, a velocidade e questões de segurança. Conclui-se que as normas de traçado portuguesa e brasileira possuem diferenças, mas não é esta a causa para que o número de acidentes no Brasil seja mais elevado que o de Portugal. Na verdade, isto se deve ao descumprimento às orientações de projeto à norma brasileira existente.

Outro motivo que aumenta significativamente os acidentes no Brasil, é a falta de investimento do governo na infraestrutura rodoviária. O volume de tráfego aumentou desproporcionalmente em relação ao crescimento da malha rodoviária, deixando as estradas já existentes saturadas e com alto número de veículos pesados.

Como se observou no estudo de caso, a SP-098, não segue a as indicações do manual (DNER,1999), em vários aspetos. Principalmente em relação a velocidade diretriz, ao nível de serviço e o raio mínimo. Esse descumprimento a norma acaba se intensificando devido a saturação da rodovia.

O ideal seria ter um cuidado maior na execução do projeto, seguindo as indicações da norma para garantir ao condutor a segurança da rodovia. E, em relação a saturação da via, o Brasil necessita de maiores investimentos na sua malha rodoviária, para redistribuir os fluxos existentes com as novas estradas, possibilitando que as rodovias existentes trabalhem no nível de serviço para que foram planejadas.

CAPÍTULO 7

DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

Em trabalhos futuros poderia ser desenvolvido um estudo em relação ao custo de um ponto crítico de uma rodovia, levando em consideração a quantidades de acidentes sem vítimas, com vítimas e com óbitos.

O ideal seria existir uma classificação dos pontos críticos de uma rodovia de acordo com a sua gravidade e falta de segurança para o condutor. Sendo assim resolver-se-ia primeiro os pontos com uma classificação pior e depois os com classificação melhor, adequando a segurança da rodovia com o menor tempo possível.

Seria interessante também, realizar uma comparação entre dois valores, um deles seria o custo que os acidentes em determinado ponto geram para o governo por ano e o outro seria o preço para arrumar este mesmo ponto crítico e acabar com as causas que o classificam como ponto de risco. Com esta comparação seria possível verificar que diminuindo os pontos críticos, além de aumentar a segurança da rodovia, também diminuiria o custo da estrada para o governo.

Outro estudo que ajudaria na segurança das rodovias seria sobre o tipo de pavimento. Defeitos na faixa de rolamento, como buracos e fissuras, também fazem parte de uma grande porcentagem nas causas dos acidentes rodoviários. Poderia ser desenvolvido uma análise comparativa entre os tipos de pavimentos das rodovias que possuam um maior índice de acidentes e concluir se existe alguma semelhança entre eles que possa ajudar na redução de pontos críticos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA BRASIL. **Pesquisa aponta defeitos na maioria das rodovias brasileiras.** 2016. Disponível em: <<http://www.jb.com.br/pais/noticias/2016/10/26/pesquisa-aponta-defeitos-na-maioria-das-rodovias-brasileiras/>>. Acesso em: 15 mar. 2017.

AKISHINO, Jorge. **Conservação Rodoviária.** 2008. Disponível em: <http://www.der.pr.gov.br/arquivos/File/RHTemp/ConservacaodeRodovias_JorgeAkishino.pdf>. Acesso em: 05 mar. 2017.

ALMEIDA, Raul Tomaz de. **Homogeneidade do traçado de estradas interurbanas.** 2016. 1 v. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Viseu, Viseu, 2016. Disponível em: <<http://repositorio.ipv.pt/handle/10400.19/3159>>. Acesso em: 6 out. 2017.

ARAKAWA, Maki. **CONTRIBUIÇÃO AO ESTABELECIMENTO DO COMPRIMENTO DESEJÁVEL DA ESPIRAL DE TRANSIÇÃO EM RODOVIAS RURAIS E URBANAS.** 2013. 132 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PREVENÇÃO DOS ACIDENTES DE TRÂNSITO (São Paulo). **Vias Seguras. Fatores humanos de risco:** o fator humano está presente em quase todos os acidentes de trânsito. 2016. Disponível em: <http://vias-seguras.com/os_acidentes/causas_de_acidentes/fator_humano>. Acesso em: 26 maio 2017.

Associação Brasileira De Normas Técnicas. **Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais.** Rio de Janeiro: Copiarte Copiadora e Artes Gráficas, 1999. 195 p.

AUTORIDADE NACIONAL SEGURANÇA RODOVIÁRIA. **SINISTRALIDADE RODOVIÁRIA EM PORTUGAL CONTINENTAL EM 2014 (VALORES PROVISÓRIOS).** 2015. Disponível em: <<http://www.ansr.pt/Noticias/Pages/Sinistralidade-Rodoviária-em-Portugal-Continental-em-2014.aspx>>. Acesso em: 05 abr. 2017.

BARBOSA, Ludmyla; PEREIRA, Lorena Rodrigues dos Santos; SILVA, Stephanie Cristhyne Araujo da. **Evolução dos Transportes.** 2014. Disponível em: <<http://meios-de-transporte.info/evolucao-dos-transportes.html>>. Acesso em: 02 mar. 2017.

BENEVIDES, Carolina. **No Brasil, 80% das estradas não contam com pavimentação**: Ministério do Transporte prevê investir R\$ 11 milhões este ano. 2014. Disponível em: <<http://oglobo.globo.com/brasil/no-brasil-80-das-estradas-nao-contam-com-pavimentacao-13710994>>. Acesso em: 04 mar. 2017.

Brasil. Confederação Nacional Do Transporte. **Pesquisa CNT de rodovias 2016**. 20. ed. 2016. 402 p.

BRASIL. DNIT. **Infraestrutura Rodoviária**. Disponível em: <<http://www.dnit.gov.br/modais-2/capa-infraestrutura-rodoviaria>>. Acesso em: 16 dez. 2016.

BRITTO, Rafael Ribeiro. **Evolução do transporte rodoviário de cargas no Brasil**. 2011. Disponível em: <<http://logisticamenteconectado.blogspot.com.br/2011/05/evolucao-do-transporte-rodoviario-de.html>>. Acesso em: 17 fev. 2017.

CAMPOS, Monica Maria. **Uma análise da relação entre acidentes de tráfego e variáveis sociais, econômicas, urbanas e de mobilidade na cidade do rio de janeiro**. 2005. 147 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Transporte, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.

CARDOSO, João Paulo Lourenço. **Estudo Das Relações Entre As Características Da Estrada, A Velocidade E Os Acidentes Rodoviários. Aplicação A Estradas De Duas Vias E Dois Sentidos**. 1996. 315 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 1996.

CARGOBR. **Frota e estradas – Um crescimento desigual**. 2014. Disponível em: <<http://blog.cargobr.com/frota-e-estradas-um-crescimento-desigual/>>. Acesso em: 02 abr. 2017.

Chagas, D.C. (2011). Estudo sobre fatores contribuintes de acidentes de trânsito. Porto Alegre – RS, 2011.

CNT CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE (Brasília). **Transporte em Transformação XVII: Trabalhos Vencedores do Prêmio CNT Produção acadêmica 2012**. Brasil: Gráfica e Editora Positiva, 2013. 202 p.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE; ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTE. **Transporte em Transformação XVII: Trabalhos Vencedores do Prêmio CNT Produção Acadêmica 2012**. 2013.

CONTRAN (2007) Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito. Volume IV – Sinalização Horizontal.. Ministério das Cidades. Brasília. DF.

COSTA, Jocilene Otilia da et al. **ACIDENTES RODOVIÁRIOS DAS ESTRADAS NACIONAIS DE PORTUGAL: ESTUDO DA ASSOCIAÇÃO ENTRE AS VARIÁVEIS RECOLHIDAS**. 2011. Disponível em: <[https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/15483/1/Costa et al.pdf](https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/15483/1/Costa%20et%20al.pdf)>. Acesso em: 12 fev. 2017.

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM. **MALHA RODOVIÁRIA DO ESTADO DE SÃO PAULO**. 2016. Disponível em: <<http://www.der.sp.gov.br/WebSite/Arquivos/MALHARODOVIARIA/PlanilhaMalha.pdf>>. Acesso em: 03 abr. 2017.

DEPARTAMENTO DE POLÍCIA RODOVIÁRIA FEDERAL. **Estudo estima custo dos acidentes de trânsito em rodovias:** Relatório 'Acidentes de Trânsito nas Rodovias Federais Brasileiras: Caracterização, Tendências e Custos para a Sociedade' será apresentado nesta quarta-feira. 2016. Disponível em:

<<https://www.prf.gov.br/portal/noticias/nacionais/estudo-estima-custo-dos-acidentes-de-transito-em-rodovias>>. Acesso em: 17 fev. 2017.

DINIS, Henrique. **Projeto de estradas e rodagem e ferrovias:** tópicos gerais do projeto de rodovias. São Paulo: 2016. 41 p.

DNER. **Manual de Sinalização Rodoviária**, Rio de Janeiro, 1999, 176 p. Disponível em:

<http://www1.dnit.gov.br/arquivos_internet/ipr/ipr_new/manuais/ManualSinalizacaoRodoviaria.pdf>. Acesso em: 15 fev. 2017.

DNIT. DNIT moderniza sistema de pesagem de veículos nas rodovias federais: Postos automatizados vão permitir maior agilidade no registro e conferência do peso dos veículos, bem como nas providências relativas às notificações necessárias. 2015. Disponível em: <<http://www.dnit.gov.br/noticias/dnit-moderniza-sistema-de-pesagem-de-veiculos-nas-rodovias-federais>>. Acesso em: 03 mar. 2017.

DNIT (2013) Relatório dos Levantamentos Funcionais das Rodovias Federais. Brasília. DF.

EXPOSTI, Karen Degli. **Serra do Mar**. 2013. Disponível em: <<http://www.infoescola.com/geografia/serra-do-mar/>>. Acesso em: 06 abr. 2017.

FERNANDES, Ana. **Avaliação da relação entre as características superficiais dos pavimentos rodoviários e a segurança de circulação do tráfego**. 2005. Disponível em:

<<http://www.velocidade.prp.pt/Sites/velocidade/CentroDocumentacao/InvestigacaoEstudos/30%20-%20AVALIACAO%20DA%20RELACAO%20ENTRE%20AS%20CARACTERISTICAS%20SUPERFICIAIS.pdf>>.

Acesso em: 20 mar. 2017.

G1. **Mogi-Bertioga deve receber mais de 127,5 mil veículos durante o carnaval:** Somente na saída, 67,6 mil deve passar pela via, diz DER. Operação especial começa à 0h de sexta (24) no Alto Tietê. 2017. Disponível em: <<http://g1.globo.com/sp/mogi-das-cruzes-suzano/noticia/2017/02/mogi-bertioga-deve-receber-mais-de-1275-mil-veiculos-durante-o-carnaval.html>>. Acesso em: 07 abr. 2017.

GARCIA, Daniel Sergio Presta et al. Análise de Projeto de Sinalização Horizontal sob a ótica da distância de visibilidade de ultrapassagem: confronto entre norma, realidade e modelagem tridimensional. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA EM TRANSPORTE DA ANPET,XXX, 2016, Rio de Janeiro. p. 1561 - 157

GUIA DO TRANSPORTADOR. **O buraco é mais embaixo**. 2012. Disponível em:

<<http://www.guiadotrc.com.br/infra/situacaodasestradas.asp>>. Acesso em: 18 fev. 2017.

INFRAESTRUTURAS DE PORTUGAL. **ESTRADAS DE PORTUGAL**. 2015. Disponível em:

<<http://www.infraestruturasdeportugal.pt/sobre-nos/historico/ep>>. Acesso em: 03 mar. 2017.

JUNTA AUTONOMA DE ESTRADAS. **NORMA DE TRAÇADO**. 1994 ed. Portugal: Tipografia Jeronimus, 1994. 127 p.

LEAL, Bruno Alexandre Brandimarte. **Análise da relação das características das rodovias e vias urbanas com as causas de acidentes**. 2014. 120 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014. Disponível em:

<<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10009111.pdf>>. Acesso em: 08 mar. 2017.

LIMA, Caique Oliveira; FRANCO, Lucas Descrova. **Estudo das correlações de acidentes em rodovia**. 2015. 25 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2015. Disponível em:

<http://www.feis.unesp.br/Home/Instituicao/administracao/cpeu/rf_estudo_correlacao_acidente_2015_2.pdf>. Acesso em: 26 fev. 2017.

LIRA, Natan. **Acidente na Mogi-Bertioga deixa um morto e sete feridos, diz bombeiros**. 2016.

Disponível em: <<http://odiariodemogi.com.br/acidente-na-mogi-bertioga-deixa-um-morto-e-sete-feridos-diz-bombeiros/>>. Acesso em: 05 abr. 2017.

Lucas, M. J (2004) - Faixas adicionais para trechos de rodovias com declives longos considerando os aspectos técnicos da frenagem de veículos de carga. Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo.

MACEDO, Edivaldo Lins. **Noções de Topografia Para Projetos Rodoviários**. 2003. Disponível em:

<<http://www.topografiageral.com/Curso/capitulo07.php>>. Acesso em: 18 jan. 2017.

MAPAS SP. **Mapa Rodoviário do Estado de São Paulo**. 2016. Disponível em: <<http://www.mapas-sp.com/sp-rodoviario.htm>>. Acesso em: 05 abr. 2017.

MARÉ, Florbela Lima. **HISTÓRIA DAS INFRA-ESTRUTURAS RODOVIÁRIAS**. 2011. 154 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2011. Disponível em: <<https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/61562/1/000148960.pdf>>. Acesso em: 25 mar. 2017.

Marques, E. C. S. (2012). Fatores a Serem Considerados para a Definição de Velocidade Limite em Rodovias Brasileiras. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Transportes, Universidade de Brasília, Brasília.

- NOTÍCIAS AGRÍCOLAS. **Transporte de grãos por rodovia gera prejuízos**. 2008. Disponível em: <<https://www.noticiasagricolas.com.br/noticias/logistica/34085-transporte-de-graos-por-rodovia-gera-prejuizos.html#.WPUBHHfOqu6>>. Acesso em: 12 fev. 2017.
- OLIVEIRA, M. J. de, (2000), *Acidentes de Trânsito: Uma Contribuição no Processo de Coleta de Informações*, Tese de mestrado submetida ao IME/Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro.
- ORTOLÁ, Jorge. **Buracos na faixa-de-rodagem que condicionam a segurança de todos**. 2016. Disponível em: <<http://www.circulaseguro.pt/via-e-climatologia/buracos-na-faixa-de-rodagem-que-condicionam-a-seguranca-de-todos#more-7835>>. Acesso em: 23 mar. 2017.
- ORTOLÁ, Jorge. **Que perigos ocorrem quando as estradas nacionais são repavimentadas?** 2016. Disponível em: <<http://www.circulaseguro.pt/mobilidade-sustentavel/que-perigos-ocorrem-quando-as-estradas-nacionais-sao-repavimentadas>>. Acesso em: 23 mar. 2017.
- ORTOLÁ, Jorge. **Sinais escondidos com rabo de fora**. 2015. Disponível em: <<http://www.circulaseguro.pt/instituicoes-e-legislacao/sinais-escondidos-com-rabo-de-fora>>. Acesso em: 23 mar. 2017.
- POR VIAS SEGURAS. **Extratos da pesquisa IPEA 2015: Parte 1: Acidentes e custos**. Disponível em: <http://vias-seguras.com/os_acidentes/custo_dos_acidentes_de_transito/acidentes_nas_rodovias_federais_pesquisa_ipea_2015/extratos_da_pesquisa_ipea_2015_parte_1_acidentes_e_custos>. Acesso em: 7 nov. 2016.
- POR VIAS SEGURAS. **Má qualidade das rodovias e falta de investimentos**. Disponível em: <http://www.vias-seguras.com/os_acidentes/causas_de_acidentes/fator_infra_estrutura_e_meio_ambiente/ma_qualidade_das_rodovias_e_falta_de_investimentos>. Acesso em: 11 dez. 2016.
- PORTUGAL. Infraestruturas De Portugal. **Segurança Rodoviária**. Disponível em: <<http://www.infraestruturasdeportugal.pt/rede/rodoviaria/seguranca-rodoviaria-0>>. Acesso em: 11 dez. 2016.
- SÃO PAULO. DER. Volume Diário Médio das Rodovias. Disponível em: <<http://www.der.sp.gov.br/WebSite/Acessos/MalhaRodoviaria/VolumeDiario.aspx>>. Acesso em: 13 dez. 2016.
- SEMPRE TOPS. **Velocidade das Rodovias do Brasil**. 2011. Disponível em: <<http://www.sempretops.com/informacao/velocidade-das-rodovias-do-brasil/>>. Acesso em: 08 fev. 2017.
- SILVA, Luísa Schneiders da. **Estratégia no DNIT**. 2017. Disponível em: <<http://www.dnit.gov.br/planejamento-estrategico/estrategia/estrategia-no-dnit-1>>. Acesso em: 15 fev. 2017.
- TELES, Giovana. *Maior parte das estradas brasileiras está em condições ruins ou péssimas: É o que aponta uma pesquisa da Confederação Nacional de Transportes. 40% das estradas não têm berma e 87% ainda são de pista simples*. **Jornal da Globo**, Brasília, p.1, out. 2014. Disponível em:

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

<<http://g1.globo.com/jornal-da-globo/noticia/2014/10/maior-parte-das-estradas-brasileiras-esta-em-condicoes-ruins-ou-pessimas.html>>. Acesso em: 13 fev. 2017.

TODA MATÉRIA. **Meios de Transporte**. 2015. Disponível em: <<https://www.todamateria.com.br/meios-de-transporte/>>. Acesso em: 20 mar. 2017.

TRANSPORTE EM FOCO. **A Evolução do transporte rodoviário no Brasil e no Mundo**. 2015. Disponível em: <<http://transporteemfoco.com.br/noticia/274/a-evolucao-do-transporte-rodoviario-no-brasil-e-no-mundo>>. Acesso em: 15 mar. 2017.

WAISELFISZ, J.J., 2012 - Mapa Da Violência 2012 Caderno Complementar 21: Acidentes De Trânsito, Instituto Sangari, São Paulo.

WHO – World Health Organization, 2009, Global Status Report On Road Safety: Time For Action, Organização das Nações Unidas, Suíça.

ANEXO

Como anexo ao trabalho realizado é apresentado três capítulos do Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais, DER 1999. Estes auxiliam em soluções para rodovias como a apresentada no estudo de caso, a SP-098.

O Capítulo 6, indica características de projeto que podem ser melhorados em rodovias já existentes, como por exemplo, velocidade diretriz, distâncias de visibilidade, defensas e barreiras. O capítulo 7 é sobre a terceira faixa, sua necessidade e suas características geométricas. Já o capítulo 8 cita melhorias em rodovias de pista simples, como faixa de ultrapassagem, trechos de três faixas e baias de ultrapassagem.

CAPITULO 6

6. MELHORAMENTOS EM RODOVIAS EXISTENTES

6.1 CRITERIOS DE MELHORAMENTOS

Os projetos de reabilitação e/ou melhorias pressupõe o máximo aproveitamento da pista e plataforma existentes. Portanto, em princípio, não seria cabível falar em Projeto Geométrico em serviços dessa natureza. Entretanto, ainda assim a conveniente levar em consideração determinados critérios de projeto, seja porque são intrínsecos e necessários a esses serviços, seja porque podem melhorar o padrão da rodovia com acréscimos pequenos de investimentos.

Deve-se salientar que o estabelecimento de critérios e a determinação de melhorias necessárias em rodovias existentes é facilitada pela experiência disponível e a possibilidade da verificação "in loco" da adequação das características da rodovia.

Os critérios a seguir são complementares aos critérios constantes do Capítulo 5.

6.1.1 Velocidade diretriz

A velocidade diretriz influencia os padrões de visibilidade a proporcionar, a superelevação, a sinalização, etc. Os valores a serem considerados serão desejavelmente estabelecidos a partir das velocidades de operação efetivamente verificadas, determinando-se um valor médio estatisticamente representativo. A velocidade diretriz deverá ser mantida constante em cada subtrecho homogêneo, evitando-se frequentes alterações. Ademais, deverá ser compatível com a classe da rodovia e o relevo.

6.1.2 Veículos de projeto

Deverão ser selecionados, entre os quatro tipos recomendados no item 5.2, veículos de projeto adequados para representar o fluxo principal e, especialmente, os fluxos nas intersecções que será^o melhoradas.

6.1.3 Distancias de visibilidade

Difícilmente será possível melhorar a visibilidade nas curvas verticais, sob pens de perda do pavimento, fugindo ao conceito de reabilitação. Ainda assim, deverão ser examinadas "in loco" as condições de visibilidade em todas as curvas verticais. Igualmente, com base no levantamento topográfico, será^o verificados os parâmetros K e comparados com os valores requeridos, procurando confirmar as observações feitas e detectar situações em que quebras isoladas de padrão possam se tornar pontos perigosos e justifiquem melhorias isoladas na geometria.

MANUAL DE PROJETO GEOMETRICO DE RODOVIAS RURAIS

Por sua vez, deficiências de visibilidade em curvas horizontais, especialmente aquelas que restringem as ultrapassagens, oferecem um maior campo para a execução de melhorias e, eventualmente, uma perceptível elevação no nível de serviço. Deve ser ressaltado que os serviços de melhorias da visibilidade nesses casos não requerem perda do pavimento e frequentemente, de acordo com seu vulto, adequam-se ao objetivo dos projetos de reabilitação. De qualquer forma, é desejável proporcionar as distâncias mínimas de visibilidade de parada.

6.1.4 Alinhamento horizontal

Geralmente, nos projetos de reabilitação, não será viável tornar o traçado mais fluente. Onde porem forem realizadas melhorias localizadas de traçado, os controles deverão ser levados em conta sempre que possível.

No que diz respeito aos raios mínimos de curvatura horizontal, em princípio, nenhuma curva deveria ter um raio inferior ao raio mínimo calculado pela formula apresentada no item 5.4.3, sendo que os elementos da formula agora a considerar são:

V = velocidade predominante de operação efetivamente ocorrente no local.

e = superelevação existente na curva.

f = máximo coeficiente de atrito transversal admissível, função da velocidade V .

Uma curva com raio inferior ao valor calculado pela referida formula não é suficientemente segura para ser percorrida pelo trafego, as velocidades de operação efetivamente ocorrentes no trecho. Nesse caso, é desejável introduzir melhorias, seja elevando a taxa de superelevação (até o valor máximo admissível), seja aumentando o raio. Em caso contrário, a curva deverá ser sinalizada adequadamente como local perigoso.

Com relação aos gabaritos horizontais, deverão ser obedecidos os valores recomendados para todas as novas construções, objetos e dispositivos permanentes a serem executados ou introduzidos durante as obras. Ademais, é altamente desejável expandir o âmbito dos serviços, sempre que for possível e os custos se mantiverem em limites razoáveis, para eliminar deficiências existentes nesses aspectos e elevar o padrão da rodovia ao nível desejável.

6.1.5 Alinhamento vertical

Via de regra, não será possível levar em conta nos projetos de reabilitação os critérios fixados anteriormente, salvo onde forem realizadas melhorias de traçados.

Com efeito, as rampas máximas serão atendidas nos projetos de reabilitação no caso de serem projetadas melhorias localizadas. Ademais, nesse caso, os valores adotados deverão ser coerentes com as rampas dos segmentos adjacentes.

MANUAL DE PROJETO GEOMETRICO DE RODOVIAS RURAIS

Relativamente as curvas verticais, os valores mínimos do parâmetro K deverão atender aos recomendados no item 5.5.3, não devendo ser inferior, em ordem de grandeza, aos valores das curvas verticais dos segmentos adjacentes.

Observa-se, ainda, que os serviços de reabilitação não são influenciados pelos gabaritos verticais disponíveis. Entretanto, é sempre desejável eliminar, na medida do possível, as restrições existentes nesse aspecto.

6.1.6 Coordenação dos alinhamentos horizontal e vertical

O caráter localizado das eventuais melhorias geométricas previstas dificilmente permitirá o atendimento dos critérios recomendados.

Deve-se destacar que os serviços de reabilitação preveem o aproveitamento da pista e da plataforma com manutenção das condições existentes. As mesmas características podem ser mantidas no caso de melhorias localizadas, em coerência com os segmentos adjacentes.

6.1.7 Defensas e barreiras

No caso de projetos de reabilitação e/ou melhorias, a pré-existência da rodovia possibilita a verificação e observação direta de situações perigosas e proporciona registros de acidentes ocorridos que revelem possíveis pontos negros. Dessa forma, a caracterização da necessidade de defensas ocorre de forma direta e mais realista do que aquela decorrente da mera aplicação de gráficos gerais.

6.2 CARACTERISTICAS DE PROJETO

As dificuldades apontadas para obediência a critérios rígidos de projeto na execução de melhoramento de rodovias existentes não impede a fixação de características adequadas que deverão servir de metas a serem cumpridas sempre que possível, cabendo justificativas técnicas quando se revelarem inviáveis.

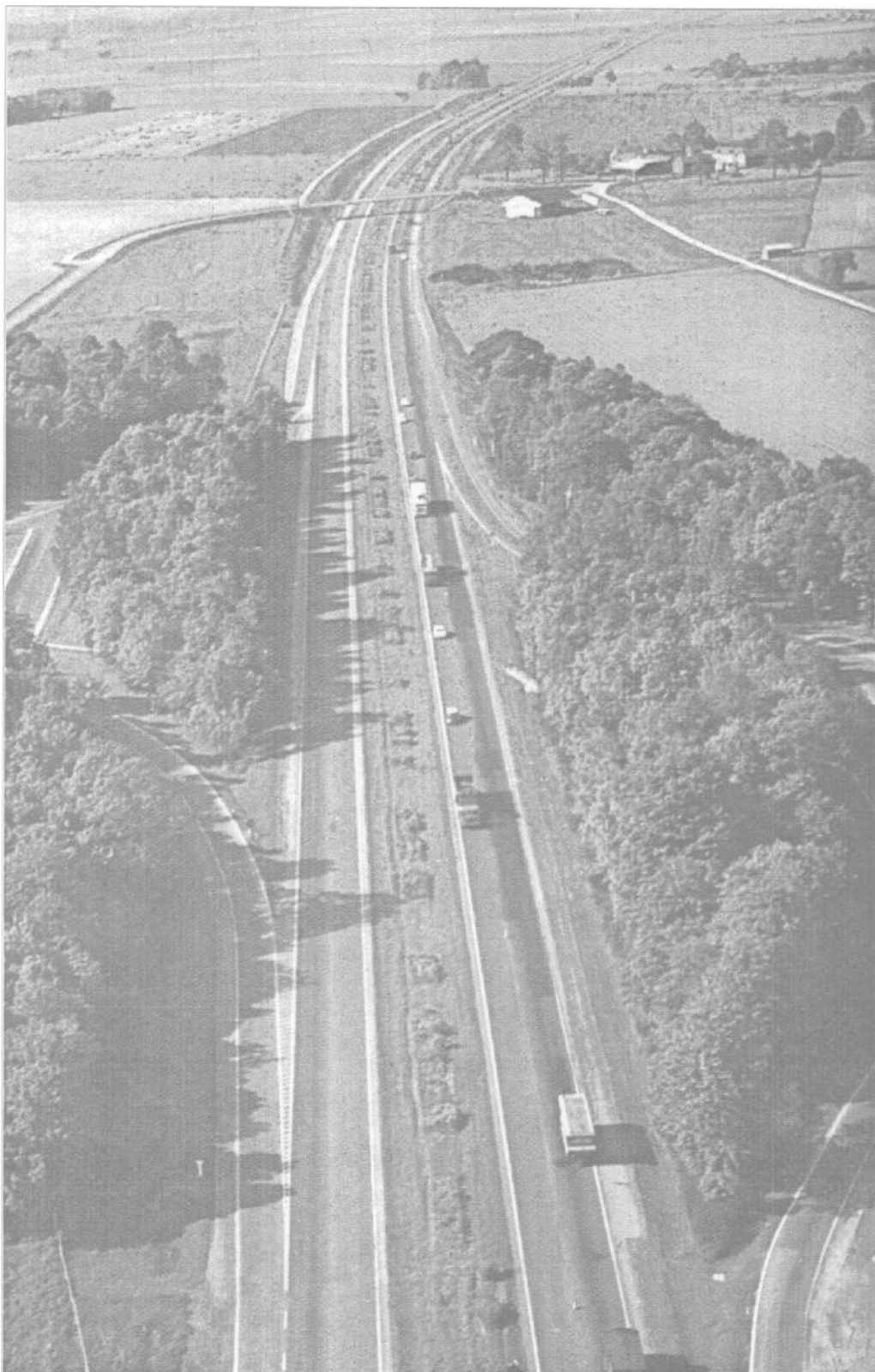
A Portaria 3602 do DNER, de 24/10/69, fixou parâmetros que estão detalhados no Quadro 6.2.1 — Normas Admissíveis de Projetos Rodoviários para Melhorias de Estradas Existentes. Para distinguir das classes de projeto de novas rodovias, já que tem características técnicas diferentes, as designações das classes de rodovias são precedidas da letra M.

MANUAL DE PROJETO GEOMETRICO DE RODOVIAS RURAIS

**Quadro 6.2.1 - Normas admissíveis de projetos rodoviários
para melhorias de estradas existentes**

Características	Região	Classe da Rodovia			
		m.0	M./	ivi-II	M. III/III
1. Velocidade diretriz — (km/h)	Plana	100	100	80	60
	Ondulada	80	80	60	40
	Montanhosa	60	60	40	30
2. Raio horizontal minim ^o — (m)	Plana	430	340	200	110
	Ondulada	280	200	110	50
	Montanhosa	160	110	50	30
3. Greide maxinno — (%)	Plana	3	3	3	4
	Ondulada	4	4,5	5	6
	Montanhosa	5	6	7	8
4. Distancia de visibilidade de parada — (m)	Plana	150	150	100	75
	Ondulada	100	100	75	50
	Montanhosa	75	75	50	--
5. Distancia de visibilidade de ultrapassagem — (m)	Plana	650	650	500	350
	Ondulada	500	500	350	175
	Montanhosa	350	350	175	--
6. Largura do pavimento — (m)	Plana	7,50	7,00	7,00	7,00
	Ondulada	7,50	7,00	a	a
	Montanhosa	7,50	7,00	6,00	6,00
7. Largura do acostamento — (m)	Plana	3,00	2,50	2,00	1,50
	Ondulada	2,50	2,00	1,50	1,20
	Montanhosa	2,00	1,50	1,20	1,00
	Muito	1,50	1,00	1,00	0,80
	Montanhosa				
8. Faixa de dominio — (m)	Plana		60	30	30
	Ondulada		70	40	30
	Montanhosa	--	80	50	50

MANUAL DE PROJETO GEOMETRICO DE RODOVIAS RURAIS



Áreas de descanso

MANUAL DE PROJETO GEOMETRICO DE RODOVIAS RURAIS**CAPITULO 7****7. TERCEIRA FAIXA NAS RAMPAS ASCENDENTES****7.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS**

A liberdade e a segurança de operação em rodovias de duas faixas e dois sentidos de tráfego são muito dependentes da extensão e frequência de ocorrência de trechos com adequada visibilidade para ultrapassagem e da percentagem da participação de veículos pesados, principalmente nos trechos com greides extensos. Antigamente não era comum a implantação de uma faixa adicional para subida devido aos custos envolvidos, mas o número crescente de acidentes tem feito com que os projetos novos e de melhoramentos já as incluam nos seus cronogramas de implantação.

Um trecho de rodovia com uma faixa de subida não é considerado como tendo três faixas, mas antes como um trecho com duas faixas dotado de uma faixa adicional própria para veículos movendo-se lentamente nas subidas mais extensas. Desta forma os veículos mais leves, que são menos afetados pelos greides elevados, não são retardados por veículos lentos, e não dependem da utilização da faixa de sentido contrário para ultrapassá-los. Projetos típicos de faixas de subida são apresentados nas Figuras 7.1.1 e 7.1.2. Os dois exemplos mostram as combinações possíveis, com faixas de subida de um só lado ou dos dois lados da rodovia, dependendo das condições de desenvolvimento do greide.

Nos últimos anos, o DNER e os órgãos rodoviários estaduais têm projetado consideráveis extensões de terceiras faixas para uso por caminhões carregados nas rampas ascendentes íngremes, visando reduzir, na medida do possível, o retardamento do fluxo normal de veículos nesses locais. Os critérios e metodologias empregados para determinar a necessidade, localização e extensão dessas terceiras faixas tem se baseado em parâmetros utilizados em outros países, especialmente nos Estados Unidos. Muitos desses parâmetros diferem sensivelmente daqueles realmente representativos das condições prevalentes na rede rodoviária do Brasil.

Com efeito, analisando-se os estudos e projetos executados para o DNER, constata-se a falta de uniformidade das metodologias e dos critérios adotados pelos projetistas para prever a implantação de terceiras faixas e dimensioná-las. Essa constatação despertou um especial interesse em efetuar pesquisas para estabelecer se os critérios e metodologias geralmente utilizados respondiam de forma prática as necessidades reais das nossas rodovias. Algumas pesquisas realizadas a respeito da velocidade de caminhões em rampas ascendentes revelaram que as curvas de desaceleração e as velocidades de sustentação ou arrasto, preconizadas pela AASHTO para os caminhões norte-americanos, não correspondiam de forma ampla e exata, as características predominantes dos caminhões da frota brasileira.

Esse fato, portanto, sugere a necessidade de se efetuar um trabalho técnico mais profundo para se chegar a uma metodologia mais adequada as reais condições do País.

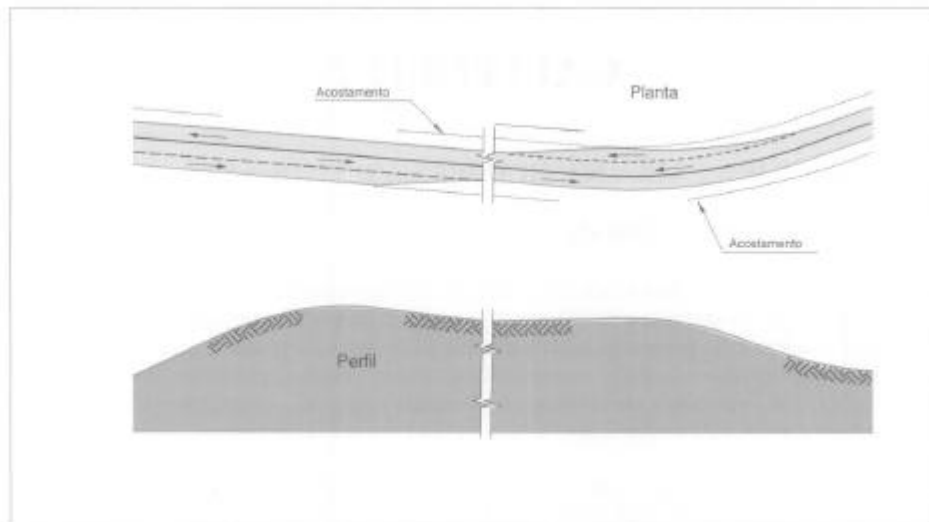


Figura 7.1.1 - Terceiras faixas nas rampas ascendentes

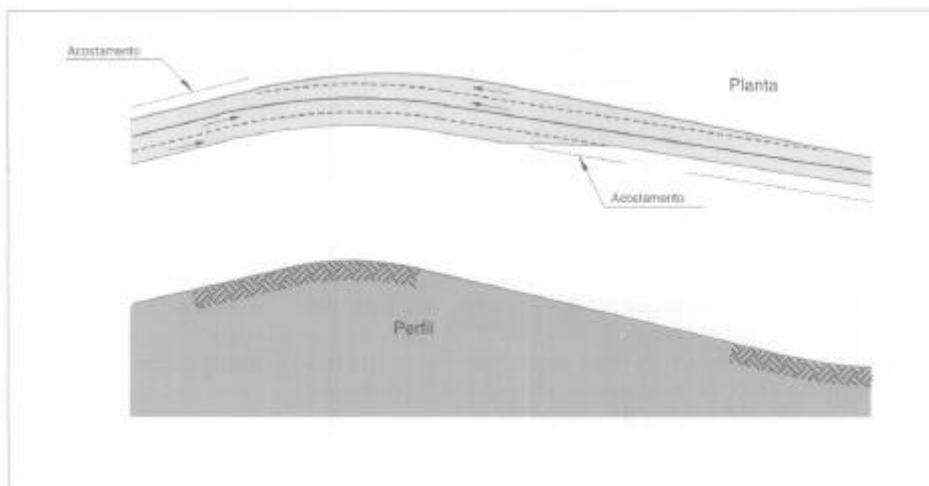


Figura 7.1.2 - Terceiras faixas sobrepondo-se a crista da curva vertical

MANUAL DE PROJETO GEOMETRICO DE RODOVIAS RURAIS

7.2 CRITERIOS PARA AVALIAR A NECESSIDADE DE TERCEIRA FAIXA

Veículos trafegando em velocidade reduzida, especialmente em decorrência de rampas ascendentes, restringem as características operacionais dos demais veículos, que, por hipótese, estariam espontaneamente trafegando a velocidades superiores e em condições operacionais menos restritas e mais confortáveis para motorista e passageiros. Essa restrição pode ser suavizada aumentando as oportunidades de ultrapassagem, seja melhorando em geral as condições de visibilidade (p. ex. eliminando restrições laterais existentes), seja implantando terceiras faixas em rampas ascendentes, onde justificável.

A interferência causada pelos veículos lentos sobre os demais veículos reflete-se tanto sob forma de acréscimo do tempo de viagem, dos custos operacionais e da possibilidade de acidentes, como de redução do padrão operacional.

O padrão operacional está ligado as características do fluxo de tráfego, no que Lange a velocidade e a fluidez de operação, esta última exemplificada pelas oportunidades de ultrapassagem proporcionadas. Essas condições definem o padrão de conforto a que estarão sujeitos motoristas e passageiros, cuja mensurados envolve, inclusive, aspectos subjetivos.

Em princípio, sob esse ponto de vista, a terceira faixa torna-se necessária quando o padrão operacional cai abaixo de um certo nível estabelecido como limite inferior admissível, o nível mínimo absoluto sendo aquele correspondente a capacidade. Deve ser lembrado que geralmente são aceitos partes inferiores em rampas específicas quando comparadas a trechos planos percebidos como favoráveis.

A metodologia mais usual empregada para aferir o padrão operacional a aquela estabelecida pelo "*Highway Capacity Manual, Special Report 209*", do "*Transportation Research Board*". Essa metodologia, conforme já exposto, estabelece seis níveis de serviço (designados pelas letras A até F), que abrangem desde a condição operacional mais favorável até a condição de esgotamento da capacidade.

Em geral, a implantação de uma terceira faixa deve ser considerada quando:

- O volume horário de veículos na faixa de subida ultrapassa 200 veículos por hora.
- Desse volume pelo menos 10% é constituído por caminhões.
- Uma das seguintes condições está presente
 - Prevê-se uma redução de velocidade de pelo menos 15 km/h para os veículos pesados
 - O trecho em subida tem nível de serviço E ou F.
 - A rodovia experimenta queda de dois ou mais níveis de serviço no trecho em subida.

MANUAL DE PROJETO GEOMETRICO DE RODOVIAS RURAIS

O fluxo de subida é determinado multiplicando o volume horário de projeto pelo fator de distribuição direcional correspondente e dividindo o resultado pelo fator de hora de pico. O número de caminhões na faixa de subida é obtido pela multiplicação do fluxo de subida pelo percentual de caminhões.

Observa-se, contudo, que os equivalentes de caminhões "E" tabelados, estabelecidos nos Estados Unidos para rampas específicas sob determinadas condições, são de aplicação discutível diante das condições predominantes no Brasil.

Outro aspecto a ser ressaltado é de que os valores de "E" recomendados pelo HCM foram estabelecidos a partir de pesquisas de campo realizadas com participação de caminhões inferior a 20%, com predominância de participação inferior a 10%, não estando clara a sua validade para percentagens maiores.

Por sua vez, estudos patrocinados pela AASHTO, em cooperação com a "*Federal Highway Administration*", realizaram pesquisas e simulações em computadores para testar o efeito da percentagem de caminhões sobre os equivalentes de caminhões. Verificou-se que as hipóteses adotadas não preveem adequadamente os efeitos dos veículos lentos em uma vasta gama de percentagens de caminhões, ou seja, os equivalentes de caminhões são variáveis com a percentagem de caminhões. Os valores para elevadas percentagens de caminhões requerem ainda calibrações por pesquisas de campo.

Assim sendo, as evidências acima mencionadas sugerem que a referida metodologia seja aplicada com cuidado, a luz das circunstâncias locais. Os valores recomendados devem ser encarados como representativos de uma diretriz geral ou ponto de partida complementar e não substituir o bom senso técnico do projetista, familiarizado com as condições físicas e operacionais locais.

7.3 CARACTERÍSTICAS GEOMETRICAS DAS TERCEIRAS FAIXAS

7.3.1 Largura

Uma faixa de subida deveria ter preferivelmente a mesma largura de uma faixa de trânsito^o da rodovia. Tendo em vista, entretanto, que a terceira faixa é um elemento auxiliar sujeito a condições de operação menos amplas e sensivelmente uniformes (velocidades baixas, apenas caminhões, etc.), justifica-se a adoção de valores mais restritos para sua largura. Admite-se assim a redução da folga lateral dinâmica, do valor usual de 0,50m para 0,40m, do lado do veículo que sobe pela faixa adjacente normal e sua eliminação do lado do acostamento, que passa a atuar como faixa de segurança.

Desta forma, a faixa de subida deverá ter uma largura mínima de 3,00m, correspondente a largura máxima de um veículo pesado acrescido de folga lateral de 0,40m.

MANUAL DE PROJETO GEOMETRICO DE RODOVIAS RURAIS

O acostamento de preferência será tão largo quanto o adotado para o resto da via. As condições locais podem, entretanto, tornar recomendável reduzi-lo para um mínimo de 1,20m, principalmente no caso em que uma faixa de subida é acrescentada a uma pista existente. Observa-se que essa largura de 1,20m em combinação com a faixa de subida, geralmente constitui largura suficiente para que um veículo lento passe um veículo parado sem necessidade de invadir a faixa de tráfego adjacente.

Nos casos em que os custos de implantação da terceira faixa forem mais baixos e a participação de veículos comerciais (ônibus, caminhões leves, caminhões vazios) na faixa de rolamento normal for elevada, pode-se considerar uma folga média de 0,60m entre veículos emparelhados. De forma análoga, resultaria 3,20m para a largura da terceira faixa e 1,20m para o acostamento.

Em casos excepcionais de rodovias de alto padrão, em pista dupla, havendo a necessidade de se implantar terceira faixa, pode-se adotar 3,50m de largura e 1,50m para o acostamento.

A escolha final das larguras a adotar decorrerá do bom senso técnico, levando em conta os elementos acima abordados, bem como o padrão geral da rodovia nos demais segmentos. A largura da faixa de subida acrescida do acostamento e subtraída do acostamento normal, representar o aumento efetivo da largura do pavimento.

Outrossim, deve ser observado, quando do alargamento de plataformas existentes, que muitas vezes a terraplenagem pertinente tem sua largura determinada por condicionantes executivas vinculadas ao equipamento utilizado.

Convém ressaltar ainda que, em alguns casos, devido a restrições muito grandes de ordem construtiva, o alargamento da plataforma existente para introdução de uma terceira faixa pode ser efetuada total ou parcialmente no lado esquerdo. Nesse caso, os trechos pavimentados existentes imediatamente antes e após a terceira faixa devem ser ajustados de forma tal que a seção pavimentada resultante no trecho com terceira faixa tenha a configuração normal, com a terceira faixa resultando de um alargamento a direita e as faixas normais possuindo continuidade geométrica.

A largura estabelecida para a terceira faixa e o acostamento deve ser mantida uniformemente em cada extensão, não se admitindo restrições a citada largura por elementos de qualquer espécie: caixas coletoras, pôster, placas, proeminências rochosas, construíveis, alinhamento sinuoso de meios-fios ou sarjetas, etc.

Por sua vez, e desejável dispor, com a frequência possível, função das condições locais, prestígios adequados para estacionamento de veículos, aproveitando áreas que espontaneamente surgem da topografia local e da terraplenagem realizada, visando suprir a ausência de acostamentos apropriados ao longo das terceiras faixas. Esses locais deverão ser claramente delimitados e sinalizados, distinguindo-os da terceira faixa.

As seções transversais básicas a considerar encontram-se ilustradas na Figura 7.3.1.1

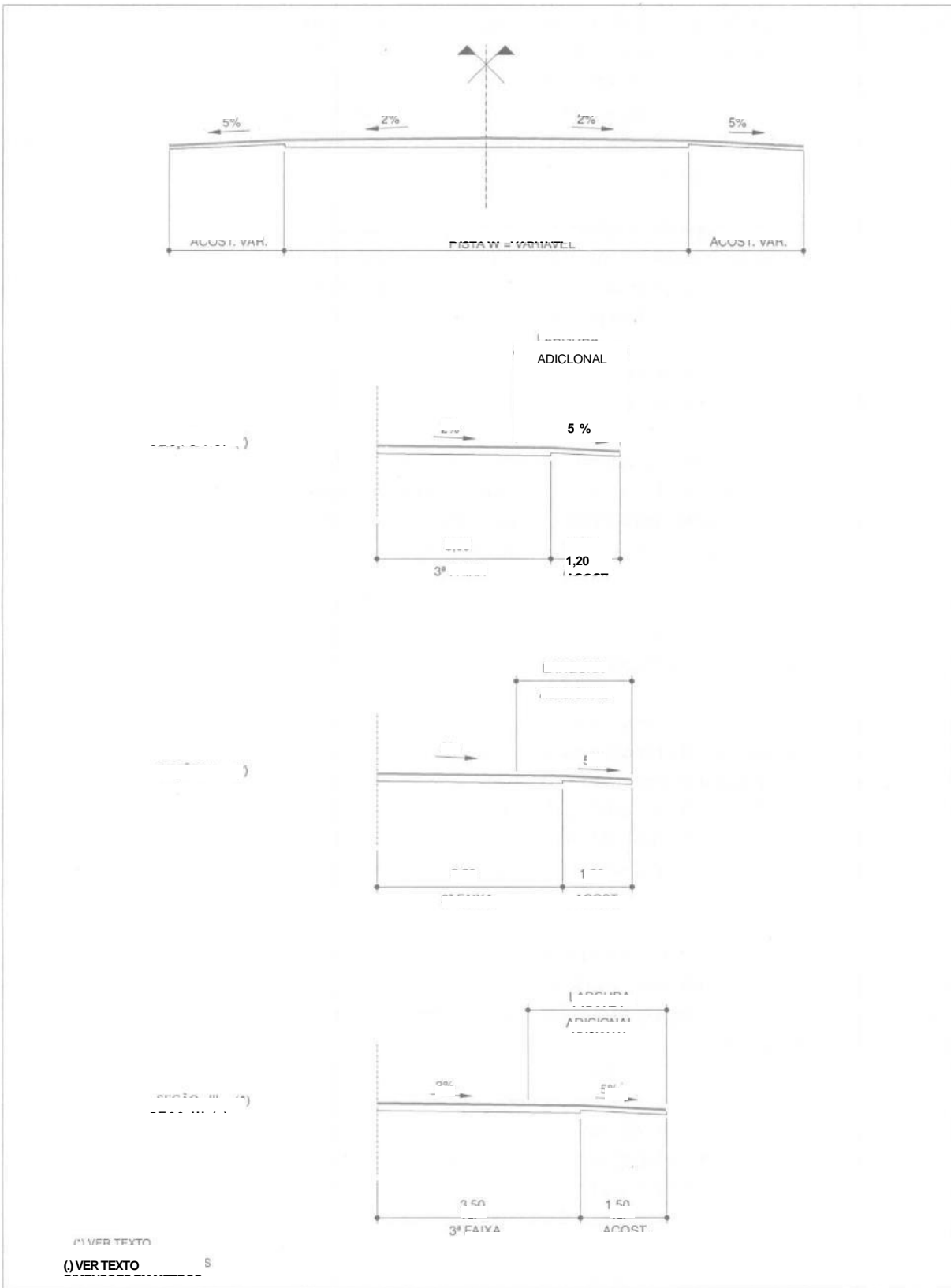


Figura 7.3.1.1 - Seção transversal da 3ª faixa

MANUAL DE PROJETO GEOMETRICO DE RODOVIAS RURAIS

A solução ideal seria estender a faixa de subida além da crista da curva vertical, até alcançar um ponto em que um caminhão típico possa atingir uma velocidade que não difira de 15 km/h dos veículos leves e de preferência da ordem de 60 km/h, que corresponde aproximadamente ao nível de serviço D. Essa solução pode não ser viável em vista das extensões relativamente longas, necessárias para que o caminhão atinja a velocidade desejada. Uma solução prática a terminar a faixa em um ponto que possibilite a entrada do caminhão na faixa normal, sem problema de segurança. Pode-se adotar como critério exigir que as condições de visibilidade nesse ponto sejam suficientes para permitir ultrapassagem e que essa situação se mantenha por mais 60 metros. Além disso, um "taper" de comprimento adequado deve ser projetado seguindo o mesmo critério de deslocamento lateral do "taper" que antecede o início da terceira faixa. No caso de vias de alto padrão recomenda-se uma relação de 50:1 entre o comprimento do "taper" e a sua largura máxima.

Finalmente, observa-se que os pontos de Início e término dos "tapers" dispostos antes e após as terceiras faixas acrescentadas a rodovias existentes são muitas vezes condicionadas por obstáculos e restrições a largura da seção transversal. O caso mais usual é representado por obras-de-arte especiais sem acostamento ou dotadas apenas de uma faixa de segurança restrita. Nessas situações, por questões de visibilidade e levando ainda em conta a trajetória da roda traseira direita, os referidos pontos onde iniciam ou terminam os "tapers" em foco deverão se situar adequadamente afastados da extremidade da obra-de-arte.

7.4. Outros controles de projeto

Pavimento

A estrutura do pavimento das terceiras faixas deve ter resistência pelo menos igual à da pista principal, devendo-se ter em mente a maior intensidade dos esforços tangenciais longitudinais. Eventualmente, poderá ser distribuído por textura, coloração, concedido ou processo construtivo diferentes.

No caso frequente de alargamento de pista pré-existente, é necessário incluir medidas que assegurem a perfeita conexão geométrica e estrutural entre o pavimento novo e o pré-existente, especialmente no sentido de evitar degraus ou posteriores fissuras decorrentes de recalques diferenciais. O pavimento da terceira faixa compreenderá também o acostamento, devendo-se observar que a distribuição entre acostamento e terceira faixa é feita apenas mediante a pintura de bordo de pista.

Drenagem

A drenagem da pista, tanto a superficial como a subsuperficial, deverá considerar a superfície adicional decorrente da terceira faixa. Tratando-se de alargamento de rodovia existente, os bueiros serão alongados (ou substituídos, conforme requerido pelos estudos hidrológicos, a experiência disponível sobre seu comportamento ou por seu estado de conservação). Sarjetas, valetas, caixas coletoras, drenos, banquetas, descidas d'água, etc. serão construídos conforme necessário.

MANUAL DE PROJETO GEOMETRICO DE RODOVIAS RURAIS**7.3.2 Declividade transversal**

A declividade transversal da terceira faixa em tangente será a mesma da pista principal.

Para acostamento adjacente, recomenda-se adotar em tangente a mesma declividade transversal adotada nos demais segmentos da rodovia, com as correspondentes vantagens de facilitar a drenagem superficial e servir de sarjeta expandida quando de condições hidrológicas excepcionais.

Em curvas, tendo em vista o diferencial de velocidade entre os veículos rápidos e lentos, os motoristas destes últimos são beneficiados se a superelevação adotada para a terceira faixa for inferior à da principal, reduzindo a aceleração transversal no sentido do lado interno da curva atuante sobre o caminhão. A diferença entre as declividades transversais da terceira faixa e da principal neste caso não deve ultrapassar 4%. O problema construtivo no caso frequente de alargamento de pista e plataformas pré-existentes não assume maiores proporções.

O acostamento adjacente terá em curva a mesma declividade da terceira faixa.

7.3.3 "Tapers"

O ponto de início da faixa de subida é função da velocidade com que os caminhões atingem a rampa ascendente. Se não houver restrições de visibilidade que reduzam a velocidade de aproximação, o caminhão iniciar a subida com a embalagem necessária para manter velocidade tolerável durante algum tempo. Do ponto de vista da capacidade o ideal é que a velocidade dos caminhões se reduza para 60 km/h. Considera-se entretanto que a redução de 15 km/h das velocidades medias de operação dos caminhões seja a máxima redução tolerável do ponto de vista de capacidade e segurança. Essa variação de 15 km/h, que corresponde aproximadamente a variação de velocidade entre níveis de serviço adjacentes, é a base geralmente aceita para fixar o ponto de início das faixas de subida.

Antes do início da terceira faixa deve ser previsto um "taper" de comprimento adequado, projetado para que o caminhão possa mudar de faixa com segurança, o que se consegue admitindo o deslocamento lateral de 1m/seg. Os valores recomendados constam do Quadro 7.3.3.1.

Quadro 7.3.3.1 - Comprimento do "taper" nas terceiras faixas

Velocidade diretriz da rodovia (km/h)	60	80	100	120
Comprimento desejado (m)	55	70	85	100
Comprimento mínimo (m)	45	55	65	75

MANUAL DE PROJETO GEOMETRICO DE RODOVIAS RURAIS

Sinalização

As terceiras faixas, analogamente a outros elementos singulares de uma rodovia (p. ex. intersecções), requerem uma intensificação e adequação da sinalização, de forma a alertar o motorista e orientá-lo sobre os procedimentos operacionais específicos a serem seguidos, sem prejuízos da sinalização normal.

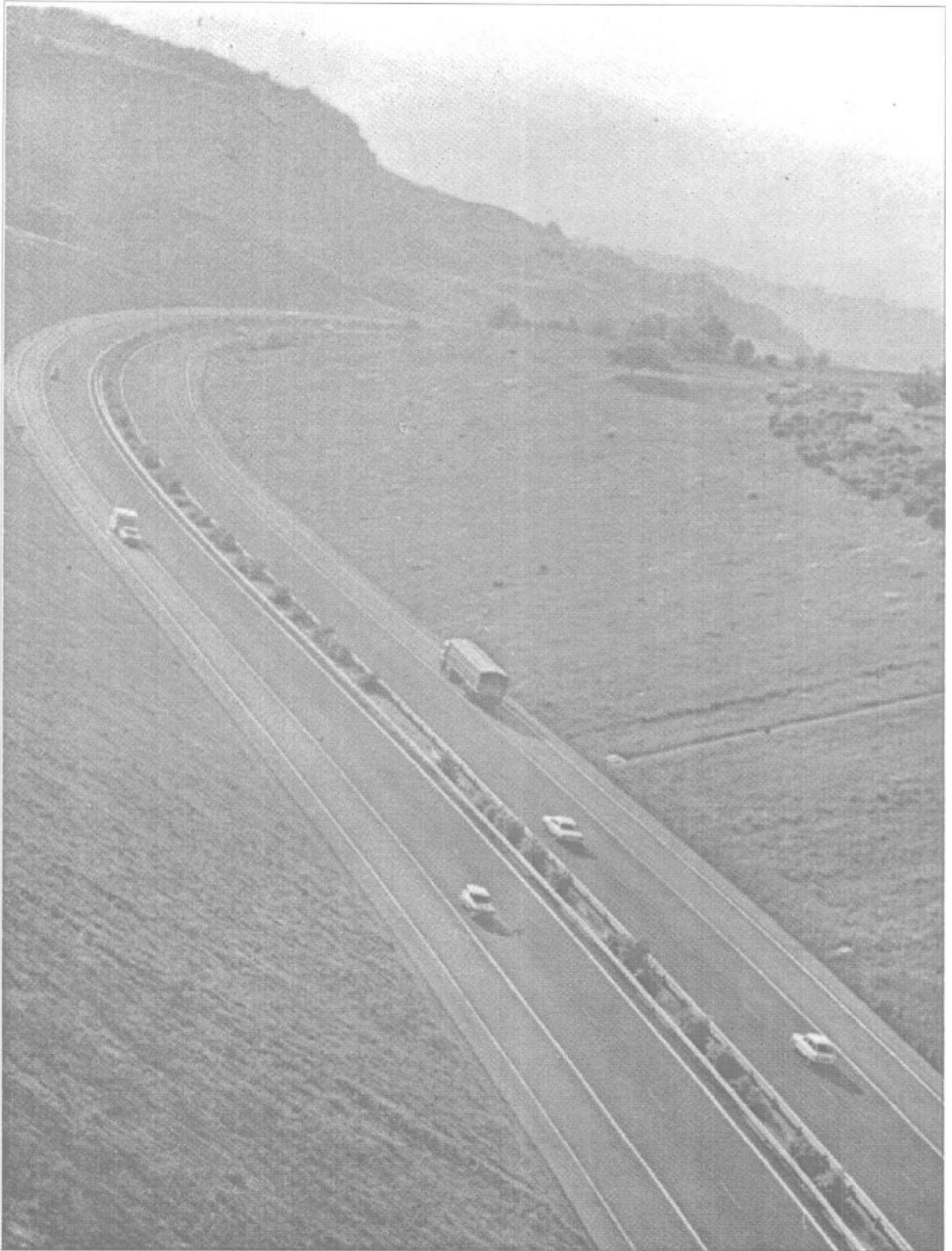
Recomenda-se dotar as placas de advertência e regulamentação de plaqueta de legenda, para melhor orientação dos motoristas. O posicionamento das placas de sinalização, os elementos construtivos, inclusive dimensões e cores, e de fixação seguirão os projetos tipo e as especificações do "Manual de Sinalização Rodoviária" - DNER — 1999.

Deve ser observado que em diversas circunstâncias os motoristas dos veículos mais rápidos terão maior dificuldade em enxergar as placas dispostas da forma habitual (do lado direito), por ficarem ocultas seja pelos caminhões, seja pelas características geométricas (estas últimas influenciando especialmente ao final da terceira faixa, situado logo após uma curva vertical convexa). Nesses casos, conforme a importância da mensagem e tendo em vista considerações de segurança, poderá ser conveniente dispor pórticos.

Defensas

Os mesmos critérios que governam a adoção de defensas, barreiras ou qualquer outra proteção lateral aplicam-se ao caso de pistas dotadas de terceiras faixas, devendo-se porem ter em conta a velocidade reduzida dos veículos que trafegam na faixa adjacente aos citados dispositivos, bem como a distância superior a habitual que separa a faixa onde trafegam os veículos rápidos dos dispositivos em foco.

No que se refere a localização em relação a pista, deve ser observado, especialmente em curvas de pequeno raio, o acréscimo de área requerido pelo percurso do balanço dianteiro dos veículos que utilizam a terceira faixa e, ademais, a largura reduzida do acostamento adjacente.



Pistas com 3- faixas

MANUAL DE PROJETO GEOMETRICO DE RODOVIAS RURAIS**CAPITULO 8****8. MELHORIAS OPERACIONAIS DE RODOVIAS DE PISTA SIMPLES**

São a seguir apresentadas algumas medidas que se revelaram eficientes na melhoria das condições de operação de rodovias de uma pista e dois sentidos de trafego.

8.1 FAIXAS DE ULTRAPASSAGEM

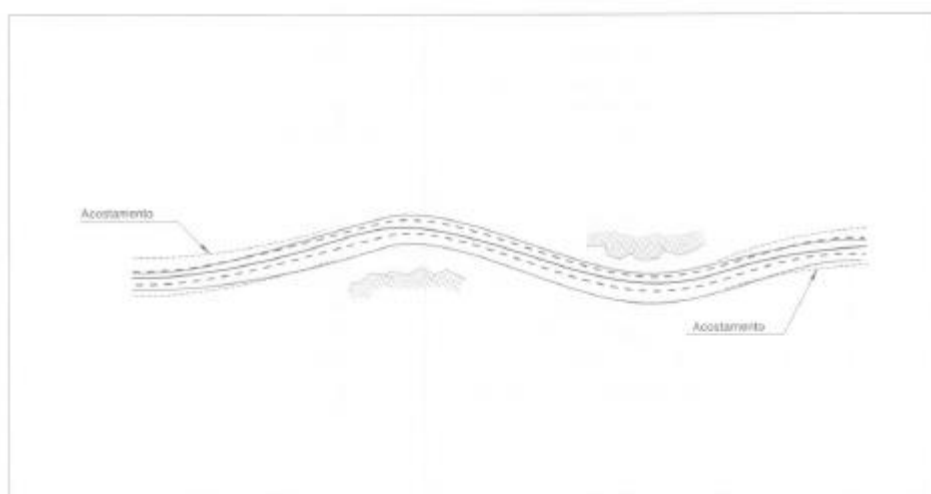
Trechos para ultrapassagem com quatro faixas de rolamento são eventualmente construídos em rodovias de duas faixas, para oferecer a frequência desejada de zonas de ultrapassagem com segurança ou para eliminar a interferência de veículos lentos pesados, ou as duas coisas. Quando é impossível obter trechos para ultrapassagem com segurança número ou extensão suficiente na fase de projeto, um trecho com quatro faixas pode ser ocasionalmente introduzido, conforme mostrado na Figura 8.1.1, proporcionando segmentos mais longos e mais frequentes para ultrapassagem segura. Esses trechos são especialmente vantajosos em terreno ondulado, particularmente quando o traçado é sinuoso ou o perfil inclui trechos críticos em aclave. Em terreno ondulado, uma rodovia com alinhamento em tangente pode ter condições restritivas de ultrapassagem, mesmo que os trechos em aclave não alcancem extensão crítica. Os trechos com quatro faixas no topo de algumas subidas oferecem mais oportunidades de ultrapassagem nos dois sentidos, nos locais onde eles são mais necessários. Os trechos com quatro faixas devem ser suficientemente longos para permitir a passagem de vários veículos que venham em fila atrás de um caminhão lento, antes de atingir o trecho normal com apenas duas faixas de rolamento.

Trechos com quatro faixas, destinados explicitamente a ultrapassagem, não precisam ser fisicamente separados já que não existe separação do tráfego que vem em direção contrária, na parte da rodovia com duas faixas. A construção de um canteiro central, entretanto, é vantajosa e deverá ser considerada em estradas com 500 vph ou mais, especialmente quando houver plano para duplicação futura da rodovia.

A inclusão de um trecho de quatro faixas numa rodovia de duas faixas não envolve forçosamente muito trabalho adicional. Não é necessário um acostamento com largura total porque os volumes prováveis de trafego serão muito menores do que os da capacidade de quatro faixas. Os veículos que precisarão parar serão poucos e a dificuldade de passar um veículo com duas rodas sobre o acostamento a muito pequena. Um acostamento com largura de 1,20m a 1,80m pode ser suficiente. Portanto, se o acostamento normal tiver a largura de 3,00m bastará alargar o leito da estrada apenas 1,80m a 2,40m de cada lado. As faixas adicionais devem ter, no mínimo, 3,00m de largura ou, preferivelmente, 3,30m ou 3,60m. O conjunto total das faixas nunca deve ter menos de 12,00m de largura.

MANUAL DE PROJETO GEOMETRICO DE RODOVIAS RURAIS

Figura 8.1.1 - Faixas adicionais de ultrapassagem



MANUAL DE PROJETO GEOMETRICO DE RODOVIAS RURAIS

As transições entre os trechos de duas e quatro faixas deverão ser localizadas onde a mudança de largura seja facilmente vista pelo motorista. Especialmente quando se usa canteiro central, trechos de rodovia com quatro faixas, com mais de 3.200m, podem levar o motorista a perder a noção de que está rodando numa estrada que é basicamente de duas faixas. Assim sendo, torna-se essencial que as transições de quatro para duas faixas sejam adequadamente identificadas e sinalizadas, com marcas no pavimento e placas alertando o motorista sobre a aproximação do trecho de estrada com duas faixas, no qual ele deverá permanecer na faixa da direita (exceto para ultrapassagens) consciente de que as ultrapassagens devem ser feitas com cautela. É particularmente importante uma placa alertando sobre o termino do pavimento em quatro faixas, informando com antecedência sobre a aproximação do estreitamento da rodovia.

Em seguida são apresentadas sucintamente as etapas a serem seguidas para o estabelecimento de faixas de ultrapassagem em estradas de pista simples:

- a) Os alinhamentos horizontal e vertical devem ser projetados visando oferecer a maior distância possível com visibilidade para ultrapassagem com segurança.
- b) Quando o volume de serviço projetado se aproxima da capacidade, evidencia-se o efeito da falta de trechos para ultrapassagem na redução do nível de serviço.
- c) Quando o volume de serviço projetado se aproxima do volume de um nível de serviço inferior, devido aos caminhões trafegando nos longos trechos em aclive, deve-se considerar a construção de faixas adicionais de subida nos aclives de extensão crítica.
- d) Quando a extensão e frequência dos trechos de ultrapassagem existentes, determinados conforme aplicação dos itens a e b ainda forem insuficientes, deve ser considerada a construção de trechos com quatro faixas.

8.2 TRECHOS DE TRES FAIXAS

Uma faixa adicional pode ser implantada em um ou ambos os sentidos, para melhorar o tráfego num ponto de estrangulamento, para que tenha a mesma qualidade de serviço dos trechos adjacentes. Servirá também para melhorar a operação do tráfego em geral nas estradas de duas faixas, reduzindo as demoras causadas pela falta de oportunidades adequadas de ultrapassagem em longos percursos das estradas, geralmente trechos de 10 a 100 km. Frequentemente, para melhorar a operacionalidade do tráfego num longo trecho da estrada, uma faixa adicional é implantada sistematicamente a intervalos regulares.

A localização de uma faixa adicional deve parecer lógica para o motorista. Seu valor fica mais evidente em pontos onde a visão para ultrapassagem é restrita do que em longas tangentes que oferecem oportunidade para ultrapassagem. Por outro lado, a escolha do local deve levar em conta a necessidade de visibilidade adequada, tanto na faixa adicional quanto nos "tapers" de acesso. Recomenda-se um mínimo de 300m de visibilidade na chegada a cada "taper". A seleção de um local aceitável deverá levar em conta também a ocorrência de cruzamentos e vias de muito movimento, a fim de minimizar o volume de manobras num trecho da estrada onde a ultrapassagem é encorajada. Além disso, outras restrições físicas, como pontes e valas, devem ser evitadas quando constituírem obstáculo a localização de um acostamento sem interrupções.

MANUAL DE PROJETO GEOMETRICO DE RODOVIAS RURAIS

É necessária uma extensão mínima de 300m, excluindo os "tapers", para que os veículos que estão sendo detidos tenham a oportunidade de completar, pelo menos uma ultrapassagem na faixa adicional. Quando essas faixas forem implantadas para reduzir as demoras num local específico de retendo, a extensão necessária será controlada pelo tamanho do engarrafamento. Uma faixa adicionada com o objetivo de melhorar o tráfego de maneira geral deve ser suficientemente longa, mais de 400m, para proporcionar uma substancial redução das filas de veículos. O comprimento ideal situa-se entre 800 e 1.600 metros. A extensão dessa faixa adicional, entretanto além de 1.600 metros geralmente tem o efeito de diminuir seu impacto na redução das filas. Os benefícios operacionais normalmente resultam na redução do acúmulo de veículos de 5 a 15 quilômetros a jusante, dependendo do volume de tráfego e das oportunidades de ultrapassagem.

Normalmente, a largura de uma faixa adicional deverá ser igual a das faixas de rolamento da estrada de duas faixas. Também desejável que o acostamento adjacente tenha um mínimo de 1,20m de largura e, sempre que possível, a largura do acostamento da faixa adicional deve ser idêntica à do acostamento da estrada de duas faixas. Os "tapers" de transito em cada extremo do trecho alargado devem ser projetados de modo a encorajar uma operação eficiente e segura. O comprimento do "taper" dessa faixa de saída deve ser determinado através da formula $L = 0,6 WV$ (L =comprimento em m, W =largura em m, V =velocidade em km/h) e o comprimento recomendado para o "taper" de acesso a faixa adicional é de metade ou dois terços do comprimento do "taper" de saída da faixa.

Uma placa com a inscrição "FAIXA DE ULTRAPASSAGEM A 1 km" deverá ser colocada antes de cada faixa adicional, para que tanto os motoristas dos veículos lentos quanta as dos veículos que os seguem se preparem para utilizar eficazmente a faixa adicional. Também seria desejável colocar outras três placas distribuídas em 10 quilômetros a montante, pois elas poderão reduzir a frustração e impaciência dos motoristas posicionados atrás de um veículo lento, assegurando-lhes que brevemente terão a oportunidade de ultrapassa-lo. Além disso, uma placa adicional deverá ser colocada no início do "taper" da faixa adicional, para garantir que os veículos lentos se manterão a direita.

8.3 BAIAS DE ULTRAPASSAGEM

Eventualmente, trechos de acostamentos podem ser substituídos por baias de ultrapassagem, que apresentam maior largura e que tem a finalidade de permitir aos veículos lentos desviar da faixa de circulação para dar oportunidade de ultrapassagem aos veículos que vem atrás. Quando percebe a aproximação de outros veículos o motorista de um caminhão lento devera desviar para a baia, permanecendo ali apenas o tempo suficiente para que os veículos que o seguem possam ultrapassa-lo, retornando em seguida a faixa normal de circulação. Quando é seguido por apenas um ou dois veículos, essa manobra pode ser feita sem que o motorista do veículo lento tenha que parar nessa baia lateral. Quando, porém, aqueles veículos forem em número major, o motorista precisara parar para que todos os veículos que o seguem possam passar. As baias de ultrapassagem são usadas com major frequência em estradas com volume de trafego mais baixo, onde o acúmulo de veículos é raro, ou em terreno difícil com rampas íngremes, que torna inviável a construção de faixas adicionais.

MANUAL DE PROJETO GEOMETRICO DE RODOVIAS RURAIS

Essas condições são frequentemente encontradas nas montanhas ou em áreas costeiras ou pitorescas, em que mais de 10% do volume de veículos são caminhões grandes e veículos de lazer. As baías de ultrapassagem devem ser construídas apenas quando existirem ou puderem ser atendidas as seguintes condições:

- Um mínimo de 300m de visibilidade em cada sentido;
- Uma largura disponível de 4,80m a partir do bordo da faixa de circulação;
- Uma superfície firme e lisa;
- Uma extensão mínima de baía, incluindo os "tapers", de acordo com o indicado no Quadro 8.3.1 (geralmente esses "tapers" medem de 15 a 30 metros de comprimento).

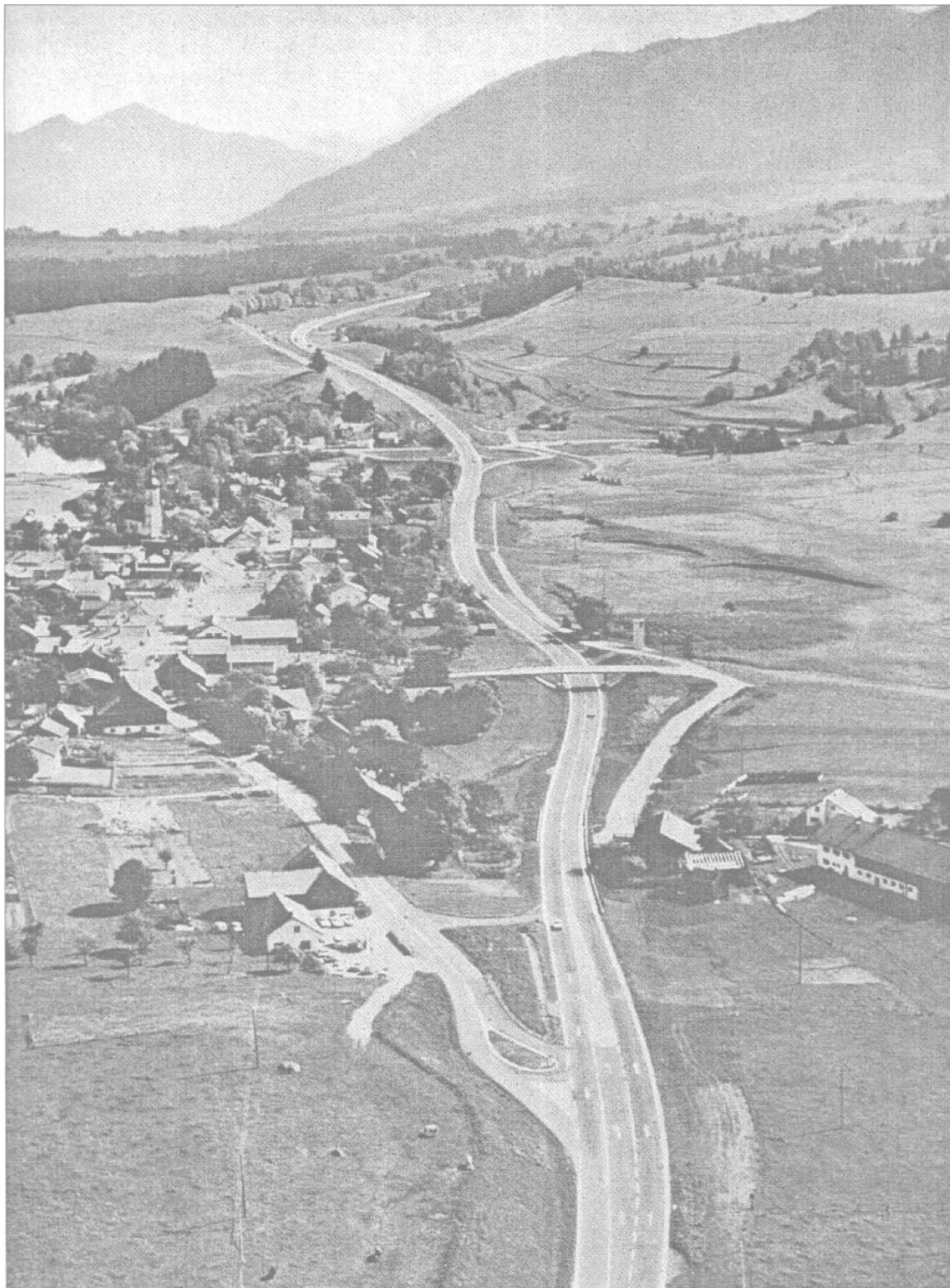
A largura mínima da baía deverá ser de 3,60m, sendo considerada desejável a largura de 4,80m. Também é necessário providenciar sinalização e marcação adequadas, tanto para maximizar a utilização quanto para garantir segurança nas operações.

Quadro 8.3.1 — Extensão das baías de ultrapassagem ("taper" incluído)

Velocidade de aproximação (km/h)	Extensão mínima (m)*
40	60
50	75
60	90
70	100
80	120
90	150
100	170

*A extensão máxima deverá ser de 200 metros, para evitar o use da baía como faixa de ultrapassagem.

MANUAL DE PROJETO GEOMETRICO DE RODOVIAS RURAIS



Variante de contorno

MANUAL DE PROJETO GEOMÉTRICO DE RODOVIAS RURAIS -REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY OFFICIALS, Washington. A policy on geometric design of rural highways. Washington, D.C., 1965.

AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS, Washington. Highway design and operational practices related to highway safety. 2. ed. Washington, D.C., 1974.

A policy on design of urban highways and arterial streets. 2. Print. Washington, D.C., 1974.

A policy on geometric design of highways and streets. Washington, D.C., 1990.

A policy on geometric design of highways and streets. Washington, D.C., 1994.

Roadside design guide. Washington, D.C., 1989.

AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS. Effectiveness of highway safety improvements. New York, 1986.

BAKER, Robert Folton, ed., BYRD, L.G., ed., MICKLE, D. Grant, ed. Handbook of highway engineering. New York: Van Nostrand, Reinhold, c 1975.

BRASIL. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. Normas para o projeto das estradas de rodagem. Reimpr. Rio de Janeiro, 1973.

Diretoria de Desenvolvimento Tecnológico. Divisão de Capacitação Tecnológica.

Glossário de termos técnicos rodoviários. Rio de Janeiro, 1997. 269p. (IPR. Publ., 700).

Diretoria de Planejamento. Normas para a classificação funcional de vias urbanas.

Rio de Janeiro, 1974.

Normas para projeto geométrico de estradas de rodagem. Rio de Janeiro, 1975.

Divisão de Estudos e Projetos. Instruções para o projeto geométrico de rodovias Rurais. Rio de Janeiro, 1979.

Instruções para superelevação e superlargura em projetos rodoviários. Rio de Janeiro, 1979.

BRASIL. Leis, decretos, etc. Código de trânsito brasileiro. Brasília, 1998. 16- CAMPOS, Raphael do Amaral. Projeto de estradas. São Paulo: USP

CANADIAN GOOD ROADS ASSOCIATION, Ontario. Manual of geometric design standards for Canadian roads and streets. Ontario, 1979.

COMPANHIA DO METROPOLITANA DE SAO PAULO. Engenharia de tráfego. São Paulo, 1979.

CONGRESSO PAN-AMERICANO DE ESTRADAS DE RODAGEM. Comissão I. Planejamento Viário., BRASIL. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. Diretoria de Desenvolvimento. Manual interamericano de técnicas de projetos geométricos de rodovias: projeto final. Rio de Janeiro, 1979.

EASA, Say M., HASSAN, Yasser, KARIN, Z. Abdul. Establishing highway vertical alignment using profile field data. 1998.

GARBER, Nicholas J., HOEL, Lester A. Traffic and highway engineering. St. Paul, Min.: West Publishing Company, 1988.

A Traffic and highway engineering. St. Paul, Min.: West Publishing Company, 1997.

GR A-BRETANHA. Department of the Environment. Scottish Development Department the Welsh Office. Layout of roads in rural areas. London, 1968.

INSTITUTO DE PESQUISAS RODOVIARIAS. Manual de projeto de intersecções. Rio de Janeiro, 1976. 80p. (IPR. Publ., 503).

Divido de Treinamento e Conclaves. Capacidade de rodovias. Rio de Janeiro, 1979. 43p. (IPR. Publ., 648. Serie Transferência Interna de Tecnologia, 03).

INSTITUTO DE PESQUISAS RODOVIARIAS, ed.. Normas suecas para a projeto geométrico das rodovias. Tradução por Dennis Nigel Clifton-Riley. Rio de Janeiro, 1975. 148p. (1PR. Pub., 604). Tradução de: Normalbestammelser for vagars geometriska ufformminer

LOREZ, Hans, KASPER, Hugo, SCHURBA, Walter. Die klotoide als trassierungselemen. Hannover, 1968.

LOUREIRO, NOGUEIRA, FORTE, Vila. Manual de projeto de engenharia rodoviária. Rio de Janeiro: DNER, 1967.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Transportation Research Board. Highway capacity manual. Washington, D. C., 1994. (TRB. Special Report, 209).

OLIVEIRA, Amarillo Carvalho. Características geométricas das rodovias. Rio de Janeiro: DER, 1966. 49p. (DER-RJ. Cadernos de Engenharia Rodoviária, 01).

Curso de projeto rodoviário. Rio de Janeiro: SURSAN-DURB, 1994

PACHECO, Manoel de Carvalho. Curso de estradas. 3. ed. Rio de Janeiro: Ed. Científica, 1972. Pv. 1: Estudos, projetos e locação de ferrovias e rodovias.

PEREIRA, Francisco M. de B., SA, Luiz Augusto L. A técnica rodoviária alemã. Revista Brasileira de Estradas de Rodagem. Rio de Janeiro: DNER, a. 2, n. 8, set. 1974. 199p.

PORTO, Joao Geraldo. O problema das curvas horizontais nas estradas de rodagem. Rio de Janeiro: IPR, 1971. 34p. (1PR. Publ., 488).

RIO DE JANEIRO (Estado). Departamento de Estradas de Rodagem. Manual de capacidade das rodovias. Rio de Janeiro, 1973.

ROLDAN VALDES, Antônio Gonzales. Engenharia de tráfico. Madrid, 1978.

SAO PAULO (Estado). Departamento de Estradas de Rodagem, CONSULTORES GERAIS PARA O ANEL RODOVIARIO DE SAO PAULO. Anel rodoviário de Silo Paulo; manual de projeto. São Paulo, [s.d.]. v. 3: Projeto da rodovia.

SCHOON, J. G. Geometric design projects for highways. New York: ASCE, 1993

