

Departamento Autônomo de Estradas de Rodagem



Normas de Projetos Rodoviários

Volume 1

Parte I : Projeto Geométrico de Rodovias

Parte II : Projeto Geométrico de Ciclovias

Porto Alegre, fevereiro de 1991

NORMAS
DE
PROJETOS RODOVIÁRIOS

Ano 1991

Decisão n.º 20.669 do Conselho Executivo do DAER.
Sessão n.º 2.707, dia 04 de Março de 1991.

Decisão n.º 2.999 do Conselho Rodoviário do DAER
Sessão n.º 1.824, dia 18 de Abril de 1991.

APRESENTAÇÃO

APRESENTAÇÃO.

As Normas de Projetos Rodoviários do Departamento Autônomo de Estradas de Rodagem - RS, estão apresentadas nos seguintes volumes:

VOLUME 1

Parte I : Projeto Geométrico de Rodovias.
Parte II : Projeto Geométrico de Ciclovias.

VOLUME 2

Projeto Geométrico de Interseções.

VOLUME 3

Parte I : Projeto de Terraplanagem.
Parte II : Projeto de Pavimentação.

VOLUME 4

Parte I : Projeto de Drenagem Superficial.
Parte II : Projeto de Drenagem Subterrânea.
Parte III: Projeto de Obras Complementares.

VOLUME 5

Projeto de Restauração.

SUMÁRIO

SUMÁRIO

PARTE I - PROJETO GEOMÉTRICO DE RODOVIAS

1 - Objetivo	15
2 - Classes de rodovias	15
2.1 Rodovias estaduais	15
2.2 Rodovias vicinais	18
3 - Características básicas do projeto geométrico	19
4 - Velocidade diretriz	19
5 - Velocidade operacional	19
6 - Distância de visibilidade	22
7 - Superelevação	25
8 - Largura da faixa de rolamento	26
9 - Acostamentos	27
10 - Inclinação transversal	28
11 - Inclinação dos taludes dos cortes e aterros	29
12 - Faixa de domínio	30
12.1 - Largura da faixa de domínio	30
12.2 - Arborização	31
12.3 - Recuo das obras civis ao longo das rodovias e nas interseções	31
12.4 - Localização das redes da CEEE, CRT e CORSAN	32
13 - Planimetria	32
13.1 - Considerações gerais de traçado	32
13.2 - Raios mínimos de curvatura	32
13.3 - Gabaritos horizontais	34
13.4 - Tangentes mínimas e máximas	35
13.5 - Superelevação de cada curva	35
13.6 - Superlargura	59
13.7 - Canteiros centrais	59
14 - Altimetria	59
14.1 - Considerações gerais sobre o projeto em perfil	59
14.2 - Rampas	59
14.3 - Curvas verticais	60

PARTE II - PROJETO GEOMÉTRICO DE CICLOVIAS

1 - Objetivo	73
2 - Espaço útil do ciclista	73
3 - Classificação	74
4 - Localização da ciclovia	74
4.1 - Ciclovia unidirecional	74
4.2 - Ciclovia bidirecional	74
5 - Seção transversal	74
6 - Inclinação transversal	78
7 - Raios de curva horizontal	78
8 - Início e fim de ciclovias	78
9 - Interseções e travessias	81

9.1 - Circulação canalizada nos cruzamentos	81
9.2 - Circulação partilhada nos cruzamentos	87
10 - Paradas de ônibus	89
11 - Alargamentos das pontes e viadutos	89
12 - Travessias	90
13 - Rampas	91
14 - Estacionamentos	92

Anexos

Anexo 1 - Definições de termos técnicos	99
Anexo 2 - Níveis de Serviço	105
Anexo 3 - Terceira faixa	111
Anexo 4 - Veículos de Projetos	135
Anexo 5 - Considerações gerais de traçado	143
Anexo 6 - Superelevação e superlargura	155

EQUIPE TÉCNICA	169
----------------------	-----

BIBLIOGRAFIA	173
--------------------	-----

RESOLUÇÕES	175
------------------	-----

PARTE I

PROJETO GEOMÉTRICO DE RODOVIAS

PARTE I

PROJETO GEOMÉTRICO DE RODOVIAS

1. OBJETIVO

Estas normas destinam-se a fixar as principais características dos projetos das estradas estaduais e vicinais.

Para efeito das mesmas, consideram-se rodovias estaduais as que fazem parte do Plano Rodoviário do Estado; e rodovias vicinais as municipais. As rodovias estaduais Classe IV apresentam características de rodovias vicinais. A conceituação dos termos técnicos utilizados nestas normas encontra-se no Anexo 1.

Foi adotado para a classificação das rodovias o critério técnico expresso pelo volume diário médio (VDM).

Para as rodovias estaduais será considerado o VDM correspondente ao 10º ano abertura ao tráfego; e para as rodovias vicinais o volume diário médio (VDM) existente no ano de abertura ao tráfego.

A classe atribuída a uma rodovia também poderá decorrer de decisões que se atuam no mais elevado da política de transportes ou de desenvolvimento regional.

Compete a Superintendência de Estados e Projetos, através da Equipe de Traçados, a elaboração e análise dos projetos geométricos de rodovias.

2. CLASSES DE RODOVIAS

2.1 RODOVIAS ESTADUAIS

As classes das rodovias estaduais de acordo com o critério de classificação referido no item 1, estão apresentadas no quadro 1.

a) CLASSE 0

Via expressa, do mais elevado padrão técnico, com o controle total de acesso. O enquadramento de uma rodovia nesta classe decorrerá de decisão administrativa dos órgãos competentes, fundamentando-se, entre outros, nos seguintes critérios:

(1) Quando a função absolutamente preponderante da rodovia for a de atender a demanda do tráfego de passagem pela região atravessada (função mobilidade), sem maiores considerações quanto ao atendimento do tráfego local e das propriedades lindeiras (função acessibilidade) que, por hipótese, serão atendidas por outras vias;

Quadro 1 - Classes de projeto para rodovias estaduais

CLASSE DE PROJETO		CARACTERÍSTICAS		VDM ₁₀ (1)
0		Via expressa controle total de acesso		A classificação técnica nesta classe depende de decisão administrativa
I	A	Pista dupla	Controle parcial de acesso	> 9000 (2)
	B	Pista simples		3000 - 9000 (2)
II		Pista simples		1500 - 3000 (2)
III		Pista simples		300 - 1500 (2)
IV		Pista simples		< 300 (2)

- (1) VDM₁₀ é o volume diário médio previsto para o 10º ano após a abertura ao tráfego.
- (2) Para os projetos de restauração, os VDM apresentados servem como orientação devendo ser verificado o nível de serviço, que não poderá ser inferior ao Nível C para zonas planas e onduladas e inferior ao Nível D para zona montanhosa.

Quadro 2 - Classes de projeto para rodovias vicinais

CLASSES DE PROJETO	CRITÉRIO DE CLASSIFICAÇÃO	
	VDM (1)	LARGURA DA PISTA
A	>200	7,00m
B	>200	6,00m
C	100 - 200	6,00m
D	50 - 100	6,00m

- (1) VDM previsto para o ano de abertura ao tráfego.

- (2) Quando a interferência recíproca entre atividades humanas nas propriedades lindeiras ou áreas vizinhas à faixa de domínio (pedestres, paradas de ônibus, tráfego local, etc) e o fluxo de tráfego direto causarem atritos indesejáveis sob aspectos operacionais e de segurança;
- (3) Quando a rodovia constituir trecho ou parte de um sistema viário (conjunto de estradas do mesmo padrão) cujas características técnicas e operacionais se desejar manter uniformes e homogêneas.
- (4) Quando os volumes de tráfego forem elevados. Os custos e outros fatores condicionais inerentes à implantação de rodovias desse padrão são os mais elevados, justificando-se onde os volumes de tráfego envolvidos sejam relativamente altos geralmente não inferiores aqueles que requeriam uma rodovia Classe 1.A, ressalvado o critério do item (3).

b) CLASSE I

As vias integrantes desta classe são subdivididas em vias de classe I-A (pista dupla) e classe I-B (pista simples).

CLASSE I-A

Rodovia com pista dupla e controle parcial de acesso.

Sua necessidade decorrerá de quando for previsto que futuros volumes de tráfego projetados ocasionarão, numa rodovia de pista simples, níveis de serviço inferiores ao nível C (no caso de rodovias rurais principalmente em terrenos montanhosos, bem como em trechos urbanos de rodovias).

O número de faixas será função dos volumes de tráfego previsto.

No Anexo 2 estão detalhados os níveis de serviço de acordo com o *Highway Capacity Manual - HCM*.

Nos casos de regiões montanhosas, recomenda-se considerar a possibilidade de adoção de faixas adicionais de subida (3° faixa), antes do enquadramento da rodovia na Classe I-A (ver Anexo 3).

CLASSE I-B

Rodovia de elevado padrão, com pista simples, suportando volumes de tráfego, conforme projetado para o 10º ano após a abertura ao tráfego compreendidos entre os seguintes limites: 3000 a 9000.

No caso de regiões montanhosas, recomenda-se considerar a possibilidade de adoção de faixas adicionais de subida (3º faixa), antes do enquadramento da rodovia na Classe I-A.

O dimensionamento da terceira faixa está detalhado no anexo 3.

c) CLASSE II

Rodovia de pista simples, comportando volumes de tráfego conforme projetados para o 10º ano após a abertura ao tráfego, compreendidos entre os seguintes limites: 1500 a 3000.

d) CLASSE III

Rodovia de pista simples, suportando volumes de tráfego conforme projetados para o 10º ano a após a abertura ao tráfego, compreendidos entre os seguintes limites: 300 a 1500.

e) CLASSE IV

Rodovia de pista simples, suportando volumes de tráfego conforme projetado para o 10º ano após a abertura ao tráfego, menores que 300 veículos.

2.2 RODOVIAS VICINAIS

As classes das rodovias vicinais de acordo com o critério de classificação referido no item 1, estão apresentadas no quadro 2.

a) CLASSE A

Rodovia vicinal com VDM > 200 no ano de abertura.
Apresenta a pista de rolamento com 7,00 m de largura..

As características técnicas são as mesmas da rodovia estadual Classe III.

São incluídos nesta categoria os trechos com possibilidades de se tornarem parte futura da malha estadual não constituindo um trecho terminal.

b) CLASSE B

Rodovia vicinal com VDM > 200 no ano de abertura.

Apresenta a pista de rolamento com 6,00m de largura, as demais características técnicas são as mesmas da rodovia estadual Classe III.

São incluídos nesta categoria somente os trechos terminais, ou seja, isolado a uma localidade, ou ligação.

c) CLASSE C

Rodovia vicinal com VDM de 100 a 200, no ano de abertura, e largura de pista de 6,00m.

d) CLASSE D

Rodovia vicinal de acesso com VDM de 50 a 100, no ano de abertura, e largura de 6,00 m.

Observação: Rodovias de acesso a pontos turísticos, ou rodovias podem enquadrar-se, dependendo do tráfego, em qualquer classe de rodovia vicinal descrita acima. Neste caso o volume de tráfego a considerar será o VPD (volume diário de pico) no ano de abertura ao tráfego.

3. CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DO PROJETO GEOMÉTRICO

O resumo das características básicas das rodovias estaduais e vicinais consta nos Quadros 3 e 4.

4. VELOCIDADE DIRETRIZ

A velocidade diretriz, em km/h, é definida em função das características da e da classe da rodovia, e está apresentada no Quadro 5 para as rodovias estaduais e no Quadro 6 para as rodovias vicinais.

5. VELOCIDADE OPERACIONAL

E a velocidade média geral mais alta, exclusivas as paradas, a que o motorista pode viajar sem que exceda, em nenhum momento, a velocidade diretriz.

A relação entre a velocidade operacional (ou de operação) e a velocidade diretriz está apresentada no Quadro 7.

Quadro 3 - Características básicas do projeto geométrico das rodovias estaduais

CARACTERÍSTICAS	REGIÕES	CLASSES					OBSERVAÇÕES
		0	I	II	III	IV	
Tráfego (VDM para o 10º ano de projeto)	-	(1)	(2)	1500-300	300-1500	< 300	
Velocidade diretriz (km/h)	P O M	120 100 80	100 80 60	80 70 50	80 60 40	60 40 30	(1) A classe de rodovia é definida por decisão administrativa.
Distância de visibilidade de parada desejável (mínimo) - (m)	P O M	310(205) 210(155) 140(110)	210(155) 140(110) 85(75)	140(110) 110(90) 65(60)	140(110) 85(75) 45(45)	85(75) 45(45) 30(30)	(2) > 9000 para Classe IA e 3000 a 9000 para Classe IB.
Distância de visibilidade de ultrapassagem (m)	P O M	370 340 280	340 680 280 560 210 420	680 490 350	560 420 270	420 230 180	(3) A largura da plataforma de terraplanagem para cada classe é definida pela soma das larguras de pista + acostamento + folgas.
Taxa máxima de superelevação (%)	O	10%	10%	8%	8%	6%	
Raio mínimo de curvatura horizontal (m)	P O M	540 345 210	345 210 115	230 170 80	230 125 50	135 55 25	(4) Para as Classes 0 a III a folga será de 1,00m para cada semi-plataforma de aterro e 1,50m para cada semi-plataforma de corte.
Rampa máxima (%)	P O M	3% 4% 5%	3% 4,5% 6%	3% 5% 7%	4% 6% 8%	5% 7% 9%	(5) Para a Classe IV, a folga F será de 0,50m para cada semiplataforma de aterro e 1,00m para cada semiplataforma de corte.
Valor mínimo de "k" para curvas verticais convexas - desejável (mínimo)	P O M	233(102) 107(58) 48(29)	107(58) 48(29) 18(14)	107(29) 29(20) 10(9)	48(29) 18(14) 5(5)	18(14) 5(5) 2(2)	(6) Largura do acostamento para pista com duas faixas. Para Três e quatro faixas, ver Q-15.
Valor mínimo de "k" para curvas verticais côncavas - desejável (mínimo)	P O M	80(50) 52(36) 32(24)	52(36) 32(24) 17(15)	52(36) 24(19) 12(11)	32(24) 17(15) 7(7)	17(15) 7(7) 4(4)	
Largura da faixa de rolamento (m)	P O M	3,75 3,60 3,60	3,60 3,60 3,50	3,50	3,50	3,00	(7) A largura de 4m é usada para rodovias com conversão a esquerda. Nos demais casos, a largura poderá ser reduzida para o mínimo de 1,50m.
Largura do acostamento externo (m) (mínimo)	P O M	3,00 3,00-(2,50) 2,50	3,00-(2,50) 2,50 2,50	2,50-(2,00) 2,50-(2,00) 2,00-(1,00)	2,50-(1,00) 2,00-(1,00) 1,50-(1,00)	1,00 0,50 0,50	(8) A largura da faixa de domínio das rodovias Classe 0 será fixada no projeto.
Largura recomendada do acostamento interno (m) - (excepcional) (6)	P O M	(1,2) - 0,6 (1,0) - 0,6 0,5	(1,2) - 0,6 (1,0) - 0,6 0,5	-	-	-	Observação Geral: Os VDMs apresentados servem como orientação devendo ser verificado o nível de serviço.
Gabarito mínimo vertical	-	5,50	5,50	5,50	5,50	5,50	
Afastamento lateral mínimo do bordo do acostamento - obstáculos contínuos	-	0,50	0,50	0,50	0,30	0,30	
Largura do Canteiro Central - Valor mínimo (7)	-	4	4	-	-	-	
Afastamento lateral mínimo do bordo do acostamento - obstáculo isolado	-	1,50	1,50	1,50	0,50	0,50	
Inclinação transversal em tangente	-	2%	2%	2%	2%	3%	
Largura da faixa de domínio (m)	P O M	(8)	60 70 80	30 40 50	30 40 50	30 40 50	
Plataforma de terraplenagem	-	(3) (4)	(3) (4)	(3) (4)	(3) (4)	(3) (5)	

Quadro 4 - Características básicas do projeto geométrico das rodovias vicinais

CARACTERÍSTICAS	REGIÕES	CLASSES				OBSERVAÇÕES
		A	B	C	D	
Tráfego (VDM para o ano de abertura)	-	> 200	>200	100 - 200	50 - 100	(1) A folga F será de 0,50m para cada semiplataforma de aterro, e de 1,00m para cada semiplataforma de corte.
Velocidade diretriz (km/h)	P	80	80	60	60	
	O	60	60	40	40	
	M	40	40	30	30	
Distância de visibilidade de parada desejável (mínimo)	P	110	110	75	75	
	O	75	75	45	45	
	M	45	45	30	30	
Distância mínima de visibilidade de ultrapassagem (m)	P	560	560	420	420	
	O	420	420	270	270	
	M	270	270	180	180	
Taxa máxima de superelevação (%)	P	8%	8%	6%	6%	
	O					
	M					
Raio mínimo de curvatura horizontal (m)	P	230	230	135	135	
	O	125	125	55	55	
	M	50	50	25	25	
Rampa máxima (%)	P	4	4	5	6	
	O	6	6	7	8	
	M	8	8	9	10	
Largura da faixa de rolamento (m)	-	7,0	6,0	6,0	6,0	
Largura mínima do acostamento (m)	-	1,0	1,0	0,5		
Largura da plataforma de terraplenagem (m) - (1)	-	9,0 + F	8,0 + F	8,0 + F	6,3 + F	
Inclinação transversal da pista em tangente (%)	-	2%	2%	2%	2%	
Largura da faixa de domínio (m)	P	30	30	30	30	
	O	40	40	40	40	
	M	50	50	50	50	

A velocidade diretriz define o greide máximo, raio mínimo de curvatura horizontal, distância de visibilidade nas curvas verticais, largura livre nas curvas horizontais, distância de ultrapassagem, etc.; e a velocidade operacional define o comprimento crítico de rampa, superelevação, etc.

Quadro 5 - Velocidade diretriz para rodovias estaduais (km/h)

CLASSES DO PROJETO	RELEVO		
	PLANO	ONDULADO	MONTANHOSO
0	120	100	80
I	100	80	60
II	80	70	50
III	80	60	40
IV	60	40	30

Quadro 6 - Velocidade diretriz para rodovias vicinais (km/h)

CLASSES DO PROJETO	RELEVO		
	PLANO	ONDULADO	MONTANHOSO
A e B	80	60	40
C e D	60	40	30

Quadro 7 - Relação entre a velocidade diretriz e a velocidade operacional

VELOCIDADE DIRETRIZ (km/h)	40	50	60	70	80	90	100	110	120
VELOCIDADE OPERACIONAL (km/h)	37	44	51	58	64	69	74	78	81

6. DISTÂNCIA DE VISIBILIDADE.

a) DISTÂNCIA DE VISIBILIDADE DE PARADA.

A distância de visibilidade de parada é usada na definição das curvas horizontais e verticais em rodovias com duas faixas de tráfego.

Distinguem-se dois tipos de valores para a distância de visibilidade de parada a serem proporcionados ao motorista: os valores mínimos e os valores desejáveis, apresentados no Quadro 8. Sua conceituação decorre de duas hipóteses diferentes concernentes à velocidade do veículo(Quadro 9).

Quadro 8 - Distância de visibilidade de parada (m)

DISTÂNCIA DE VISIBILIDADE DE PARADA	VELOCIDADE DIRETRIZ								
	30	40	50	60	70	80	90	100	120
MÍNIMA	30	45	60	75	90	110	130	155	205
DESEJÁVEL	30	45	65	85	110	140	175	210	310

No caso do valor mínimo, a velocidade do veículo terá sido reduzida, em consequência da chuva, para um valor médio algo inferior à velocidade diretriz (Quadro 9).

Quadro 9 - Velocidade Diretriz com tempo chuvoso

V dir (km/h)	30	40	50	60	70	80	90	100	120
V med (km/h) f	30	38	46	54	62	71	79	86	98

A hipótese adotada para obter os valores desejáveis reflete a tendência de os motoristas trafegarem o mais rápido possível, com uma velocidade igual à velocidade diretriz, mesmo em ocasiões chuvosas.

Todos os cálculos envolvendo a distância de visibilidade de parada adotam 1,10 m como a altura dos olhos do motorista sobre a pista e 0,15m como a altura do obstáculo que obrigue a parar.

Os valores da distância de visibilidade de parada são calculados pela fórmula abaixo e arredondados para fins de projeto:

$$d = 0,7V + \frac{V^2}{255f}$$

onde:

d = distância de visibilidade de parada, em metros.

V = velocidade diretriz, em km/h.

f = coeficiente de atrito entre pneu e pavimento molhado no caso de frenagem (adimensional).

O primeiro termo ($0,7V$) corresponde à distância percorrida durante o tempo de percepção e reação, adotando-se para este valor 2,5 segundos. O segundo termo fornece a distância percorrida desde a atuação do sistema de frenagem até a imobilização (Quadros 10 e 11).

Quadro 10 - Valores de f para velocidade diretriz V

v	30	40	50	60	70	80	90	100	120
f	0,40	0,37	0,35	0,33	0,31	0,30	0,29	0,28	0,27

Quadro 11 - Valores de f para a velocidade média de viagem V'

v'	30	38	46	54	62	71	79	86	98
f	0,40	0,38	0,36	0,34	0,32	0,31	0,30	0,30	0,28

b) DISTÂNCIA DE VISIBILIDADE DE ULTRAPASSAGEM.

Em rodovias de pista simples com duas faixas de tráfego, mesmo naquelas que constituam o primeiro estágio de uma futura rodovia dupla, torna-se necessário proporcionar, a intervalos tão freqüentes quanto possíveis, à distância de visibilidade de ultrapassagem.

A freqüência dos trechos com visibilidade de ultrapassagem é restringida pelos custos de construção da rodovia. Porém, rodovias com elevados volumes de tráfego requerem longos e freqüentes trechos com esta característica, sob pena de seu nível de serviço cair sensivelmente em consequência da redução de capacidade. Cabe observar que, à medida que crescem os volumes de tráfego, diminui o número de oportunidades efetivas de ultrapassagem, por haver um veículo em sentido oposto se aproximando.

Outro critério a ser considerado é aquele do tempo suportado por veículos mais rápido trafegando atrás de um veículo lento, sem que se iniciem ultrapassagens perigosas. Dessa forma, deveria haver pelo menos um trecho com visibilidade de ultrapassagem a cada 2,0 a 3,0 quilômetros e tão extenso quanto possível.

Os valores calculados apresentados no Quadro 12 contemplam o caso de um veículo isolado, trafegando à velocidade média de viagem para volumes de tráfego medianamente elevados, sendo ultrapassado por um outro veículo viajando no mesmo sentido a uma velocidade 16 km/h superior. Supõe-se também que esta seja a velocidade do veículo se aproximando em sentido contrário. Os olhos do motorista encontram-se aproximadamente a 1,14 metros sobre a pista, e a altura do veículo em sentido oposto é de 1,37 metros. Conforme se pode observar no Quadro 12, essas considerações exigem padrões de projeto extremamente elevados (principalmente curvas verticais muito longas e grande afastamento lateral de obstáculos contínuos), que são geralmente de difícil aplicação. Entretanto, sempre que possível e economicamente viável essas distâncias de visibilidade deverão ser proporcionadas.

Os valores assim calculados são os mínimos para permitir que o único veículo realize toda manobra de ultrapasse nas condições descritas, em condições de segurança. E desejável que sejam proporcionadas distâncias superiores, aumentando as oportunidades de ultrapassagem e o número de veículos que a realizam de cada vez. Os valores se referem a condições em tangente. Entretanto, quando se tratar de subidas íngremes, o veículo a ser ultrapassado geralmente trafegará a velocidades baixas, aumentando o diferencial de velocidade. No caso de descidas, diminuirá a necessidade de ultrapassagem.

Quadro 12 - Distância de visibilidade de ultrapassagem

VELOCIDADE DIRETRIZ (km/h)	30	40	50	60	70	80	90	100	120
DISTÂNCIA DE VISIBILIDADE DE ULTRAPASSAGEM (m)	180	270	350	420	490	560	620	680	740

Nos trechos de estradas de pista dupla, à distância de visibilidade será a metade dos valores fixados no Quadro 12.

7. SUPERELEVAÇÃO

A superelevação a ser adotada nas curvas tem influência sobre a segurança e o conforto de viagem.

A principal característica a ser inicialmente estabelecida é a taxa máxima de superelevação. Esta é restringida por diversos fatores.

A superelevação máxima adotada deverá ser de preferência mantida para um trecho inteiro. O valor adotado servirá de base para determinação das taxas de superelevação para raios acima do mínimo. Os valores recomendados encontram-se no Quadro 13 (ver o item 13.5).

Quadro 13 - Taxas máximas de superelevação (e_{max})

RODOVIAS	CLASSES DE PROJETO	e_{max}
Estadual	0 e I	10%
	II e III	8%
	IV	6%
Vicinal	A e B	8%
	C e D	6%

8. LARGURA DA FAIXA DE ROLAMENTO

A largura da faixa de rolamento, de modo geral, é obtida adicionando-se à largura do veículo de projeto adotado a largura de uma faixa de segurança, função da velocidade diretriz e da categoria da via (anexo 4). Os valores obtidos situam-se entre 3,00m e 3,75m. A necessidade de evitar falta de uniformidade nas larguras das faixas, quando comparadas com trechos viários existentes, antecedentes ou subseqüentes ao trecho do projeto, também influi na determinação da largura. Normalmente, nas vias de padrão mais elevado, a mesma largura deve ser mantida em todo projeto, inclusive naqueles segmentos com características tais que impliquem uma redução da velocidade diretriz. Por outro lado, a largura das faixas poderá ser reduzida ao longo de um subtrecho de transição, quando a via em projeto tiver prosseguimento através de uma faixa inferior.

Como a largura da pista também tem influência sobre a capacidade de via, larguras reduzidas, além de proporcionarem economias muito pequenas, só encontrarão justificativas em vias com baixos volumes de tráfego e, demais, com menor participação de veículos comercial principalmente se for de mão dupla, um pequeno aumento na largura da pista, de custo desprezível, contribui sensivelmente para a segurança do tráfego.

Os valores básicos recomendados para a largura de uma faixa de rolamento pavimentada, ressalvadas as observações acima, estão apresentados no Quadro 14.

Quadro 14 - Largura das faixas de rolamento (m).

RODOVIAS	CLASSES DO PROJETO	REGIÃO		
		PLANA	ONDULADA	MONTANHOSA
Estadual	0	3,75	3,60	3,60
	I	3,60	3,60	3,50
	II e III	3,50	3,50	3,50
	IV	3,00	3,00	3,00
Vicinal	A	3,50	3,50	3,50
	B, C e D	3,00	3,00	3,00

9. ACOSTAMENTOS

a) PISTA SIMPLES

A largura dos acostamentos está indicada no Quadro 15.

Quadro 15 - Largura dos acostamentos externos (m).

RODOVIAS	CLASSES DO PROJETO	REGIÃO		
		PLANA	ONDULADA	MONTANHOSA
Estadual	0	3,00	3,00 (2,50)	2,50
	I	3,00 (2,50)	2,50	2,50
	II	2,50 (2,00)	2,50 (2,00)	2,00 (1,00)
	III	2,50 (1,00)	2,00 (1,00)	1,50 (1,00)
	IV	1,00	0,50	0,50
Vicinal	A e B	1,00	1,00	1,00
	C	0,50	0,50	0,50
	D	-	-	-

() valores mínimos.

b) PISTA DUPLA

A largura dos acostamentos internos das pistas de mão única, Classe 0 e I, está indicada no Quadro 16.

A largura dos acostamentos externos das pistas duplas está apresentada no Quadro 15.

Quadro 16 - Largura dos acostamentos internos (m) (*).

NÚMERO DE FAIXAS	REGIÃO		
	PLANA	ONDULADA	MONTANHOSA
2	(1,20)0,60	(1,00)0,60	0,50
(**) 3	(3,00)2,50	(2,50)2,00	(2,50)2,00
≥ 4	(3,00)2,50	(3,00)2,50	(3,00)2,50

(*) valores excepcionais() e recomendados, respectivamente.

(**) quando julgado necessário um acostamento, em caso contrário, adotar os valores referentes a pistas de 2 faixas.

10. INCLINAÇÃO TRANSVERSAL.

Inclinações transversais altas são vantajosas para acelerar o escoamento da água pluvial. Em contraste, valores baixos são preferíveis por motivos estéticos, de conforto para dirigir e de menor desvio lateral quando de freadas bruscas, ventos fortes ou lama na pista. Porém a adoção de valores baixos de inclinação transversal requer pavimentos de alta qualidade e elevado grau de acabamento.

A seção transversal de rodovia de pista simples terá caimento duplo, com a crista situando-se no centro da pista.

No caso de pista dupla, cada pista deverá ter caimento simples, do bordo interno para o bordo externo. Em casos excepcionais, a critério da SEP - ET, visando ao aproveitamento da pista existente, esta poderá ficar com o caimento para os dois lados do eixo, mas a pista nova deverá ter caimento somente para o lado externo.

As inclinações transversais recomendadas, em tangente, estão indicadas no Quadro 17.

Quadro 17 - Inclinação transversal em tangente.

TIPOS DE RODOVIAS	CLASSES	PISTAS	ACOSTAMENTOS (1)
Estadual	0 a III	2%	5%
	IV	3%	3%
Vicinal	A e B	2%	2%
	C e D	3%	3%

(1) Quando o acostamento for inferior a 2,00m, a inclinação será a mesma da pista.

11. INCLINAÇÃO DOS TALUDES DOS CORTES E ATERROS.

As inclinações em relação ao plano horizontal permitida nos taludes dos cortes e aterros são definidas a seguir, considerando-se a relação v/h (vertical/horizontal).

a) Em Cortes

- Nos terrenos sem possibilidade de escorregamentos (condição normal) 1,5:1,0
- Nos terrenos com possibilidade de escorregamentos (com justificativa geológica e geotécnica) 1,0:1,0
- Nos solos arenosos (tipo região de praia) 1,0:2,0
- Nos terrenos de rocha viva 4,0:1,0

b) Em aterros

- Aterros com solos em geral 1,0:1,5
- Aterros em areia 1,0:2,0
- Aterros com fragmentos de rocha 1,0:1,0

As inclinações diferentes das especificadas acima deverão ter justificativas geológica e geotécnica.

12. FAIXA DE DOMÍNIO.

12.1 Largura da faixa de domínio.

a) Nas Zonas Rurais

Nas zonas rurais, a faixa de domínio terá a largura mínima limitada pela distância de 10m, contada a partir das cristas dos cortes ou dos pés dos aterros, para cada um dos lados, não sendo inferior às indicadas no Quadro 18.

Quadro 18 - Largura da faixa de domínio (m)

RODOVIAS	CLASSES DO PROJETO	REGIÃO		
		PLANA	ONDULADA	MONTANHOSA
Estadual	0	(1)	(1)	(1)
	I	60	70	80
	II	30	40	50
	III e IV	30	40	50
Vicinal	A, B, C e D	30	40	50

(1)A faixa de domínio das estradas de características técnicas da Classe 0 será fixada, em cada caso, conforme o objetivo em vista, mas não será de largura inferior a das estradas de características técnicas da Classe I.

Nas estradas de duas pistas independentes contíguas, aplicar-se-á, para a parte externa de cada pista, o critério fixado no início deste item, respeitando-se, também, os mínimos de largura total da faixa de domínio constantes no Quadro 18.

Nas regiões onde seja freqüente o trânsito de animais ou tropas, e não seja possível desvia-las por caminhos ou estradas secundárias, a faixa de domínio poderá ser excêntrica em relação ao eixo da estrada, de modo que se tenha um dos lados (o lado mais conveniente) um corredor de 20,00m de largura para lhes permitir passagem.

A faixa de domínio deverá ser excêntrica nos trechos onde está prevista duplicação.

b) Nos Trechos Urbanos

Sempre que economicamente possível ou nos que apresentem tendências de se tornarem urbanos em futuro próximo, a faixa de domínio deverá ter largura que permita a construção de duas vias fisicamente separadas do corpo da estrada, para atender ao tráfego local.

c) Nos Cruzamentos ou Entroncamentos

Devem ser incorporadas à faixa de domínio as áreas para construção das obras necessárias à eliminação das interferências de tráfego.

12.2 Arborização

Os projetos das estradas devem prever a arborização, tanto quanto possível, da futura faixa de domínio. Esta arborização, a ser constituída de espécies vegetais adequadas, será projetada de modo que, além de servir de defesa contra as erosões, se enquadre no aspecto paisagístico da região e funcione como sinalização viva.

12.3 Recuo das Obras Civas ao Longo das Rodovias e nas Interseções

O recuo mínimo para a construção das obras civis, ao longo das rodovias e nas interseções está apresentando no Quadro 19.

Quadro 19 - Recuo das obras civis (m) - valores mínimos

LARGURA DA FAIXA DE DOMÍNIO (L)	AO LONGO DAS RODOVIAS		NAS INTERSEÇÕES
	ZONA RURAL (*)	ZONA URBANA	
$L \leq 30$ m	10	4	20
$30 \text{ m} < L < 60$ m	10	4	15
$L \geq 60$ m	10	4	10 (**)

(*) De acordo com o Decreto Estadual n.º 7.674 de 6 de Janeiro de 1939, artigo de 155.

(**) Na zona urbana este valor poderá ser reduzida para 4m.

12.4 Localização das Redes da CEEE, CRT e CORSAN

a) Existe tratamento rodoviário implantado

As redes deverão situar-se na parte correspondente aos passeios e canteiros.

As localizações das redes deverão ser aprovadas pelo DAER.

b) Não existe projeto de tratamento rodoviário

Neste caso, para evitar futuro remanejamento das redes, recomenda-se a localização numa faixa de 3m, junto ao limite da faixa de domínio.

13. PLANIMETRIA.

13.1 Considerações Gerais de Traçado

Ver Anexo 5.

13.2 Raios Mínimos de Curvatura

Os valores dos raios mínimos para diferentes velocidades V , em função das diferentes taxas máximas de superelevação (e_{max}), estão apresentados no Quadro 20.

Quadro 20 - Raios mínimos (m)

e_{max}	V (km/h)								
	30	40	50	60	70	80	90	100	120
6%	25	55	90	135					
8%		50	80	125	170	230			
10%				115	155	210	265	345	540

Os valores apresentados foram calculados pela fórmula a seguir e arredondados para fins de projeto.

$$R_{\text{mín}} = \frac{V^2}{127 \cdot (e_{\text{max}} + f_{\text{max}})}$$

onde:

R = raio da curva (m)

V = velocidades diretriz (km/h)

f_{max} = máximo coeficiente de atrito transversal admissível entre pneu e pavimento (adimensional) - Ver Quadro 21.

e_{max} = máxima taxa de superelevação admissível adotada, em valores absolutos (m/m)

Os valores máximos admissíveis geralmente adotados em projetos rodoviários para o coeficiente de atrito transversal *f* constam no Quadro 21. Deve ser ressaltado que, tendo em vista que as características dos veículos modernos e dos pneus atualmente empregados sofreram sensíveis melhorias, os valores de *f* poderiam ser mais elevados.

Quadro 21 - Coeficiente de Atrito Transversal *f*

V (km/h)	30	40	50	60	70	80	90	100	120
f	0,20	0,18	0,16	0,15	0,15	0,14	0,14	0,13	0,13

a) Curvas Circulares

O Quadro 22 indica os valores dos raios acima dos quais se podem dispensar o emprego da curva de transição, valores estes associados à velocidade diretriz.

Quadro 22 - Valores dos raios

V (km/h)	30	40	50	60	70	80	90	100	120
R (m)	200	350	500	700	850	1000	1200	1400	1600

Convém salientar que os valores apresentados no Quadro 22 devem ser adotados apenas como indicadores de ordem de grandeza, uma vez que não cabem tentativas de definição precisa.

b) Curvas de Transição

Um veículo, para entrar ou sair de uma curva circular, segue uma trajetória de transição diferente da circular. Por este motivo, deve-se intercalar as chamadas **curvas de transição** entre a tangente e a curva circular.

Geralmente é usada a espiral como curva de transição (espiral de Van Leber).

Na espiral, a passagem do veículo da tangente à curva circular se faz gradualmente, desaparecendo o choque que resultaria de uma passagem de raio infinito para raio finito no mesmo ponto (caso de tangente e circular sem espiral).

No Quadro 22 são apresentados os valores dos raios das curvas circulares abaixo dos quais se deve usar curva de transição.

O cálculo do comprimento da transição, l_c , será feito de acordo com o critério adotado na Caderneta de Campo do Pacheco de Carvalho.

Nas rodovias vicinais, para valores dos raios abaixo dos apresentados no Quadro 22, poderá ser permitido o uso de curvas sem transição somente quando o ângulo central for pequeno, com valor máximo de 15° (quinze graus).

13.3 Gabaritos Horizontais

Postes, pilares, defensas, guarda-corpos, muros, etc., quando situados muito perto da pista, constituem pontos de perigo em potencial, e tendem a diminuir a capacidade da via ao estimularem os motoristas a se afastarem deles. De fato, muitos motoristas tendem a desviar-se de sua trajetória normal ou a reduzir sua velocidade naqueles locais onde se verificam restrições, sejam reais ou aparentes.

Obstáculos de pequena altura e obstáculos contínuos exercem menores influências e restrições sobre os motoristas, reduzindo o perigo de acidentes e a necessidade de afastamento. Obstáculos contínuos de maior altura podem, porém restringir a visibilidade.

O Quadro 23 indica os valores mínimos a serem adotados para os afastamentos de obstáculos fixos da superfície de rolamento nos trechos em tangente.

As Figuras 1 a 4 apresentam, em forma gráfica, os afastamentos necessários para os diversos raios de curvatura, considerando as distâncias de visibilidade de parada (mínimas e desejáveis) e as distâncias de visibilidade de ultrapassagem. Os valores assim obtidos só se aplicam no caso de o desenvolvimento circular ser superior à distância de visibilidade. Em caso contrário, os valores necessários serão menores e deverão ser verificados graficamente em planta. Os valores a adotar, entretanto, não poderão ser inferiores aos do Quadro 23.

Quadro 23 - Afastamento mínimo dos obstáculos fixos em trechos em tangente (1)

DISCRIMINAÇÃO	VALORES
- Obstáculos isolados (pilares, postes, etc.): afastamento do bordo do acostamento	1,50 (0,50)
- Obstáculo contínuo (muros, paredes, barreiras, etc.): afastamento do bordo do acostamento	0,50 (0,30)
- Parede, muro ou guarda-corpo: Afastamento de meio-fio, sem fluxos de pedestres	0,80 (0,50)
- Idem, com fluxo de pedestres	1,50
- Meio-fio ou sarjetas contínuos: afastamento do bordo da pista adjacente sem acostamentos (2)	0,50 (0,30)
- Meio-fio sem continuidade: idem	0,50

(1) Para trechos curvos verificar as necessidades específicas empregando as Figuras 1 a 4.

(2) Havendo acostamento o meio-fio ou sarjeta situa-se no seu bordo.

() Valores mínimos, inaceitáveis para rodovias das classes 0, I ou II.

13.4 Tangentes Mínimas e Máximas

Os valores a serem adotados constam do Anexo 5.

13.5 Superelevação de Cada Curva

O giro da superelevação é feito em torno do bordo interno da pista considerada com a largura dos trechos em tangente.

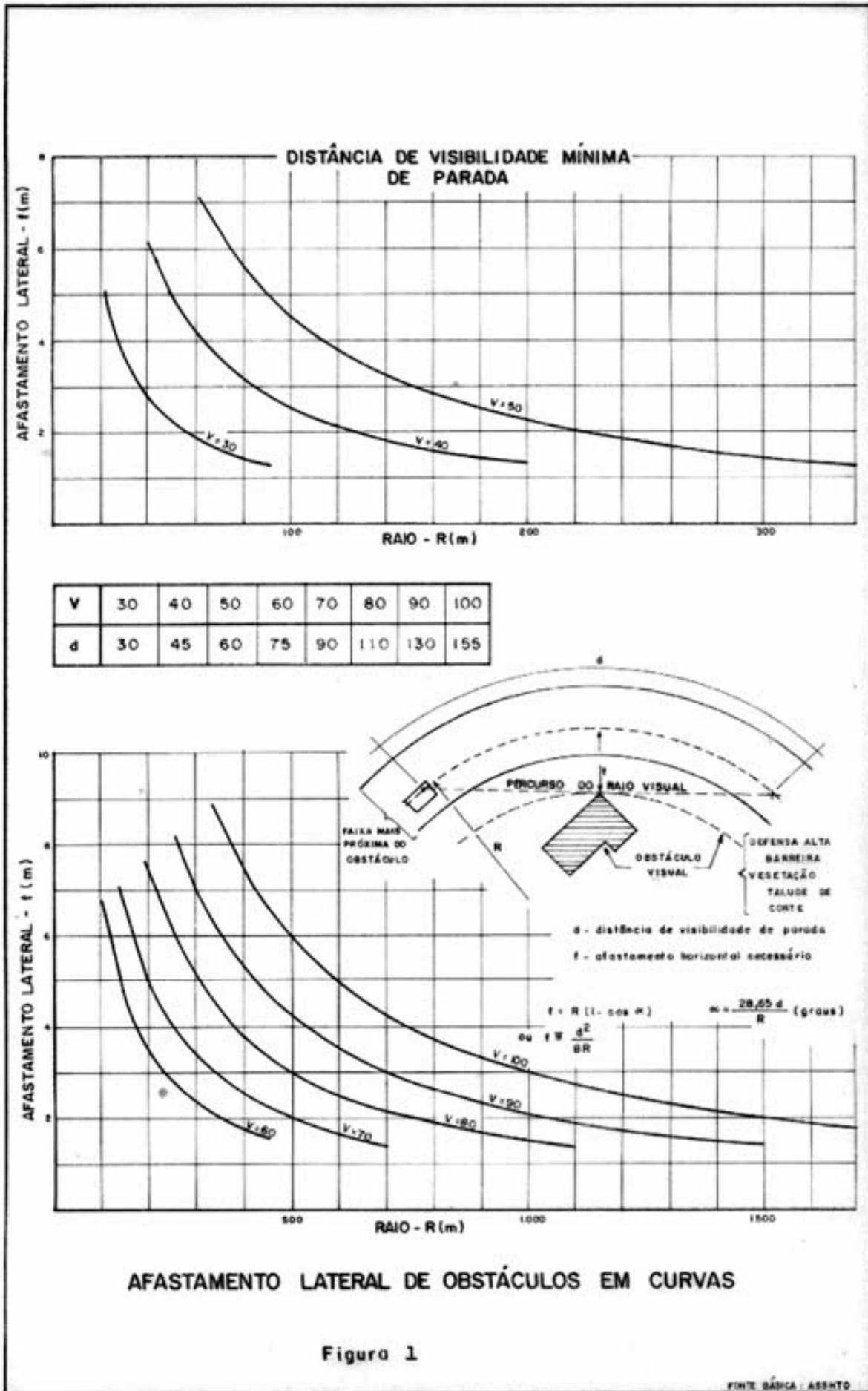
O valor da superelevação de cada curva é obtido nas Figuras 5 a 11.

Os detalhes de cálculo e distribuição da superelevação estão apresentadas no Anexo 6.

No Quadro 24, constam os valores mínimos de raios, em função da velocidade, para os quais a superelevação é dispensável.

Quadro 24 - Valores mínimos de raio

V (km/h)	30	40	50	60	70	80	90	100	120
R (m)	1000	1400	1800	2300	2800	3400	4100	5000	5000

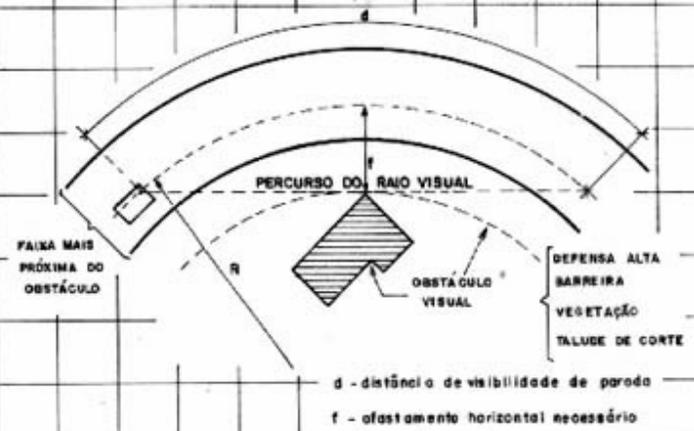
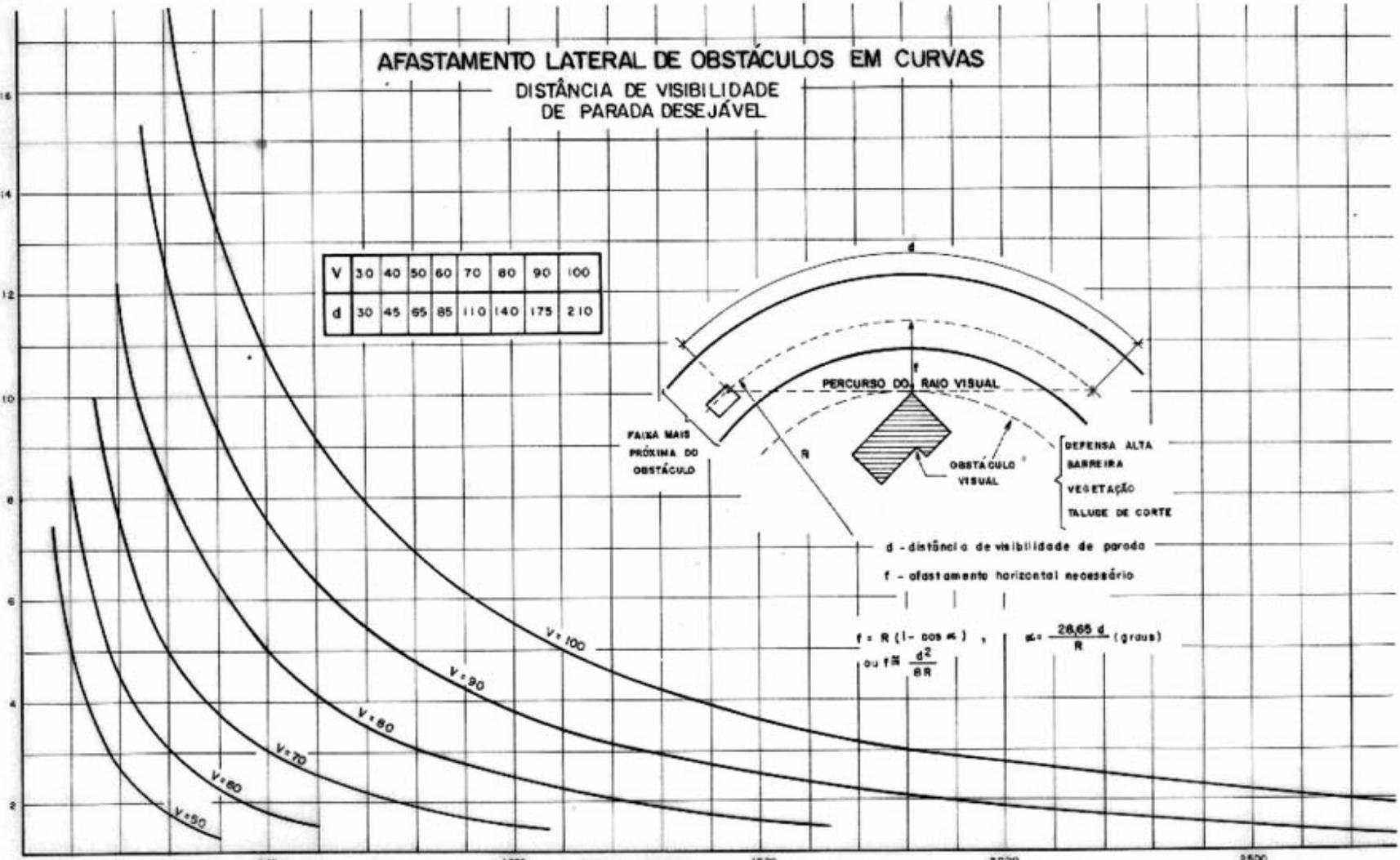


AFASTAMENTO LATERAL DE OBSTÁCULOS EM CURVAS

DISTÂNCIA DE VISIBILIDADE DE PARADA DESEJÁVEL

V	30	40	50	60	70	80	90	100
d	30	45	65	85	110	140	175	210

AFASTAMENTO LATERAL - f (m)



$$f = R (1 - \cos \alpha)$$

$$\text{ou } f \approx \frac{d^2}{8R}$$

$$\alpha = \frac{26,65 d}{R} \text{ (graus)}$$

Figura 2

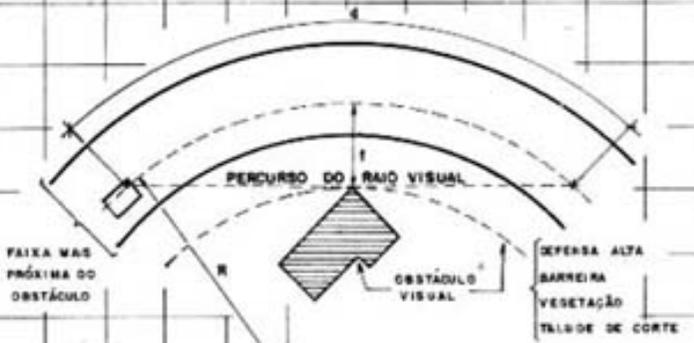
FORTE BÁSICA - AASHTO

AFASTAMENTO LATERAL DE OBSTÁCULOS EM CURVAS

DISTÂNCIA DE VISIBILIDADE DE ULTRAPASSAGEM (I)

AFASTAMENTO LATERAL - f (m)

V	30	40	50	60
d	180	270	350	420



d - distância de visibilidade de ultrapassagem
 f - afastamento horizontal necessário

$$f = R(1 - \cos \alpha), \text{ m} \approx \frac{28,654}{R} (\text{graus})$$

$$\text{ou } f \approx \frac{d^2}{8R}$$

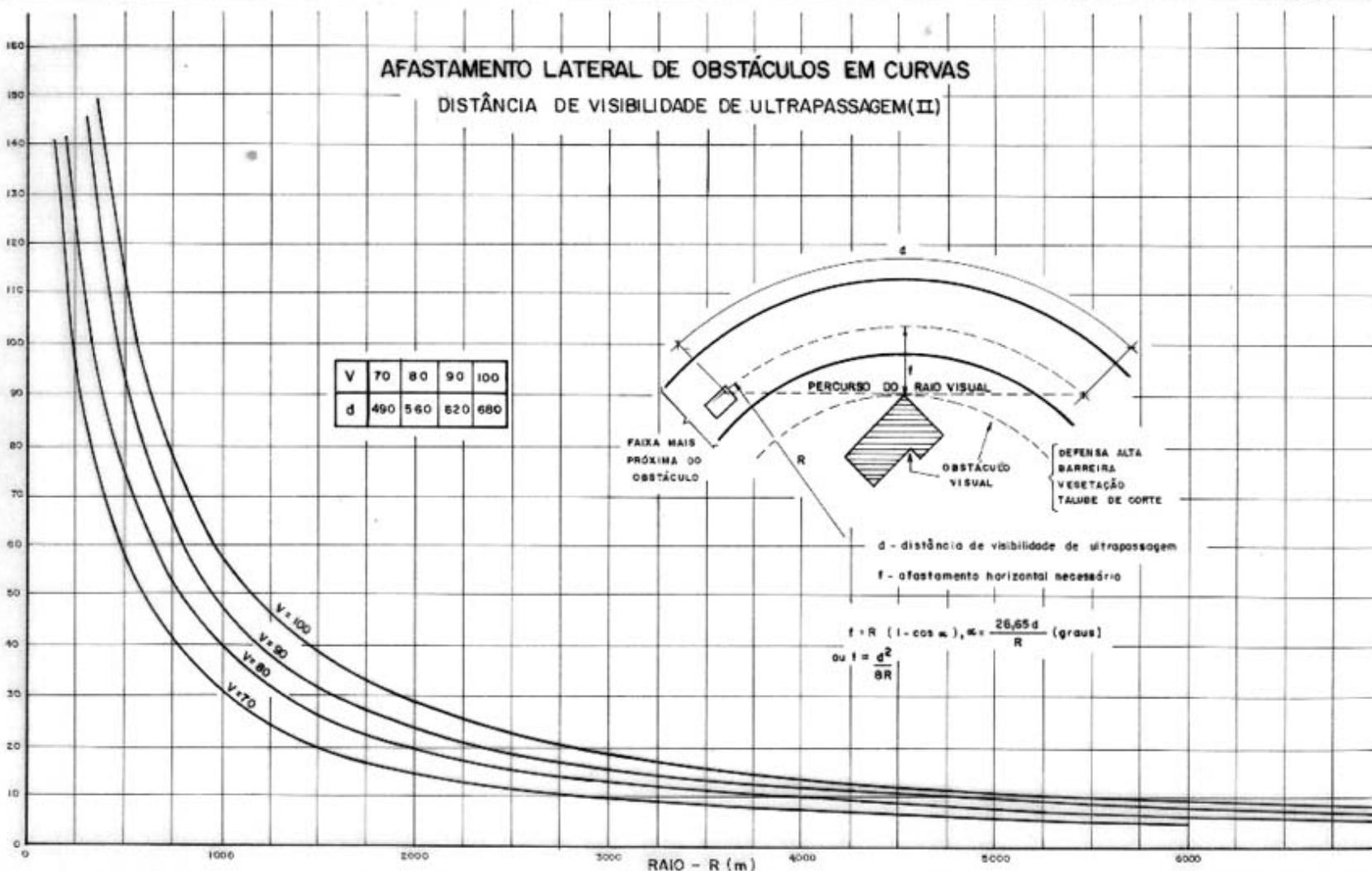
FIGURA 3

RAIO - R (m)

FONTE BÁSICA: AASHTO

AFASTAMENTO LATERAL DE OBSTÁCULOS EM CURVAS
 DISTÂNCIA DE VISIBILIDADE DE ULTRAPASSAGEM(II)

AFASTAMENTO LATERAL - f (m)



$$f = R (1 - \cos \alpha), \alpha = \frac{26,65 d}{R} \text{ (graus)}$$

$$\text{ou } f = \frac{d^2}{8R}$$

Figura 4

FONTE BÁSICA: AASHTO

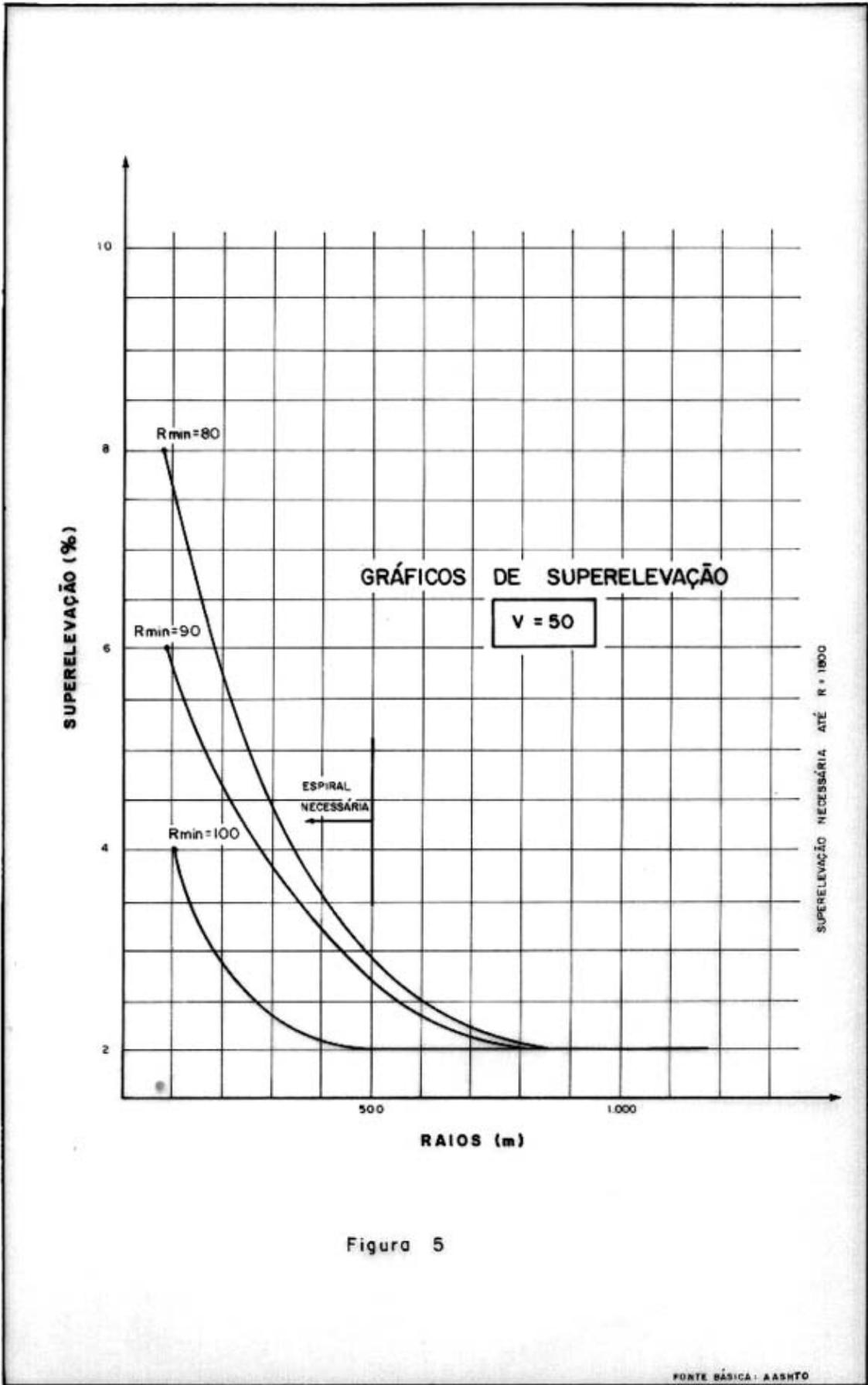


Figura 5

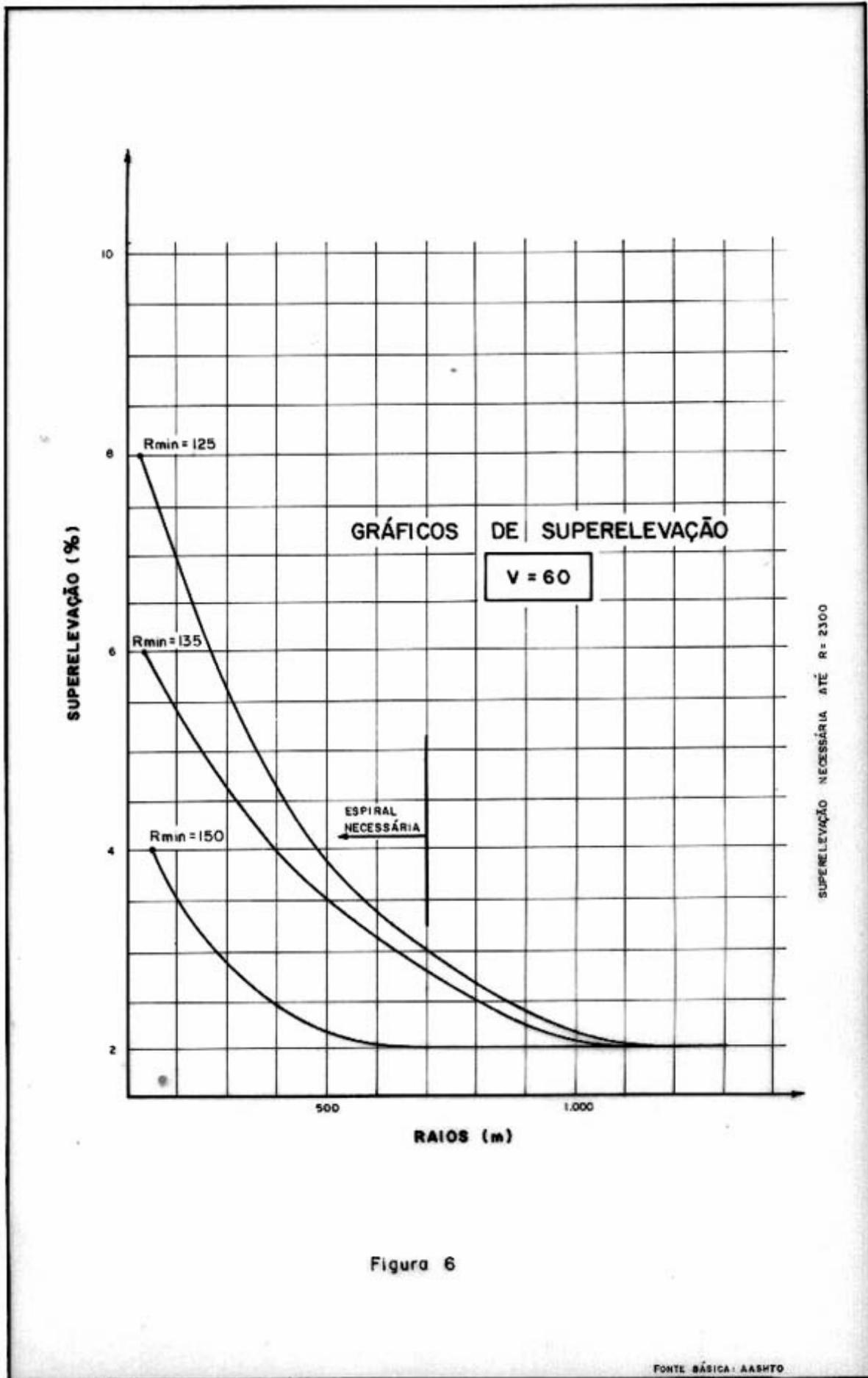


Figura 6

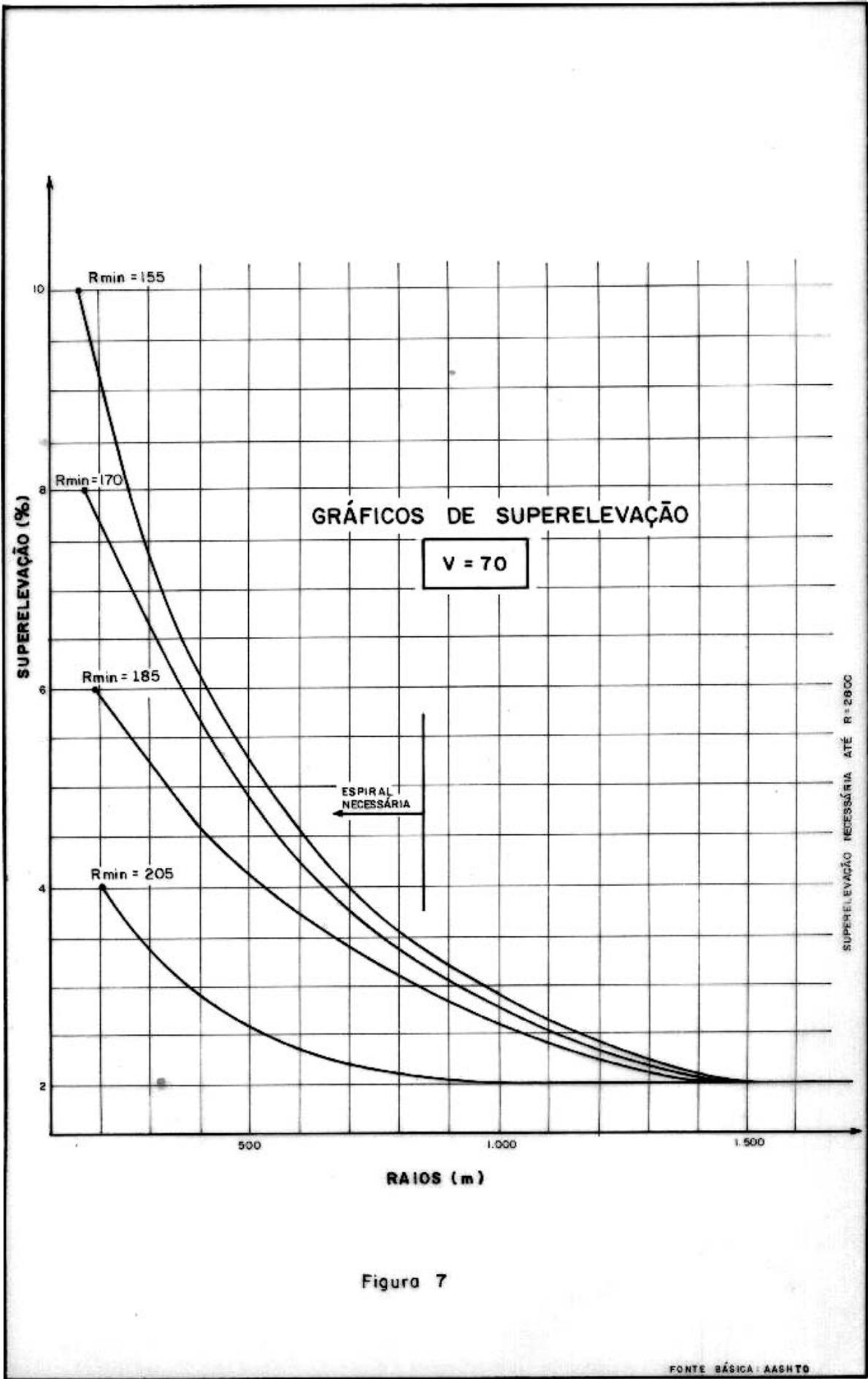


Figura 7

FONTE BÁSICA: ABRNTO

Figura 8

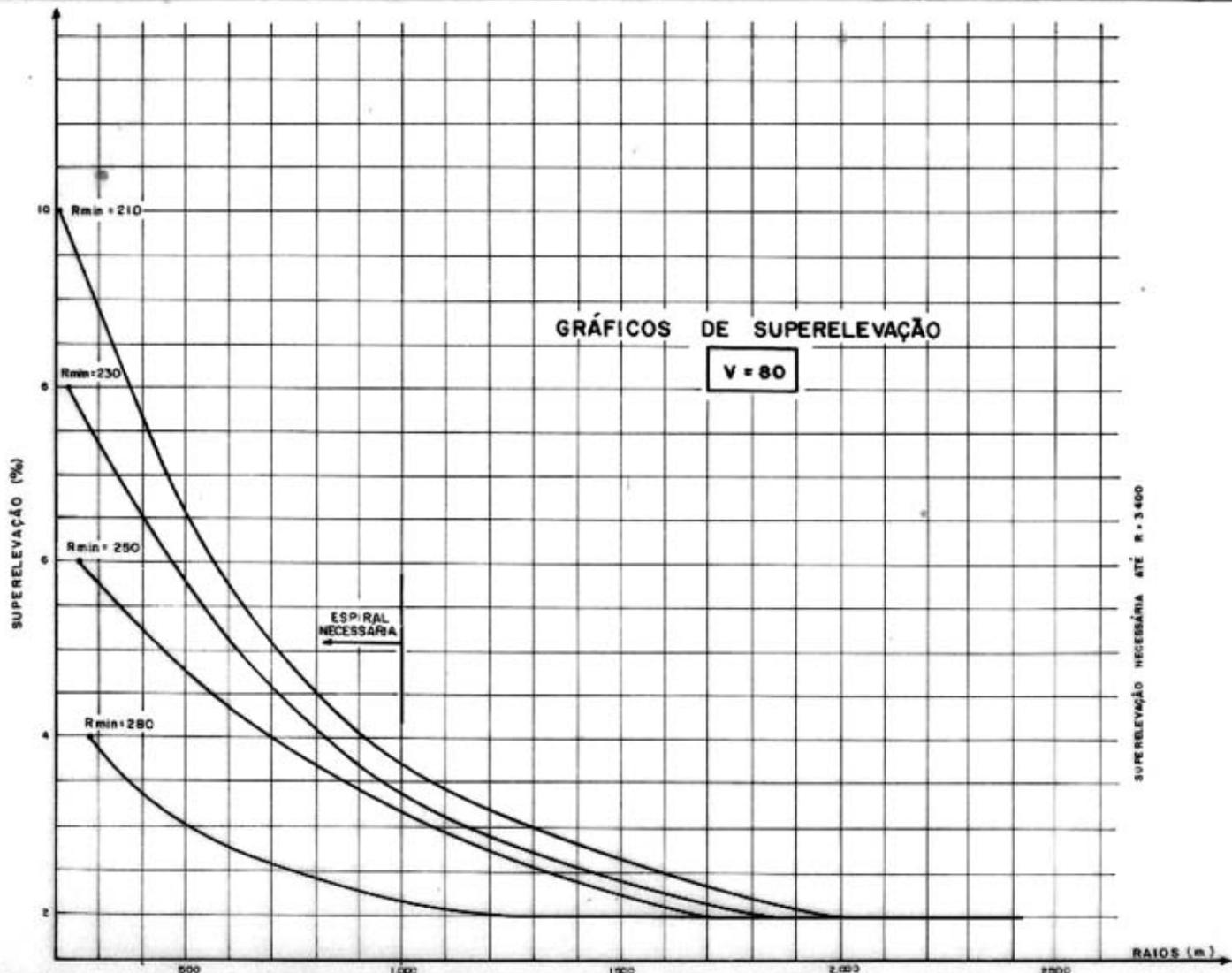


Figura 9

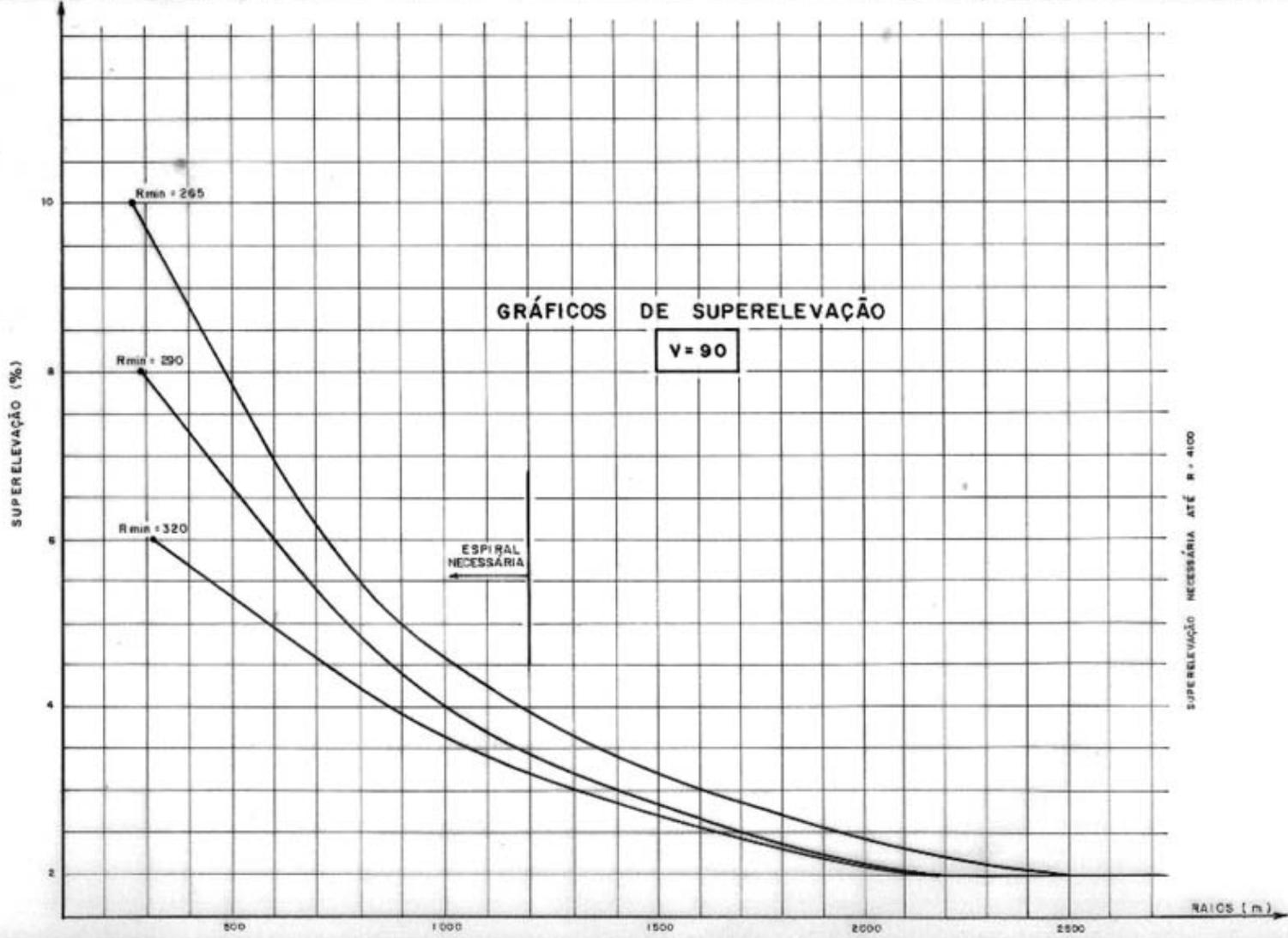
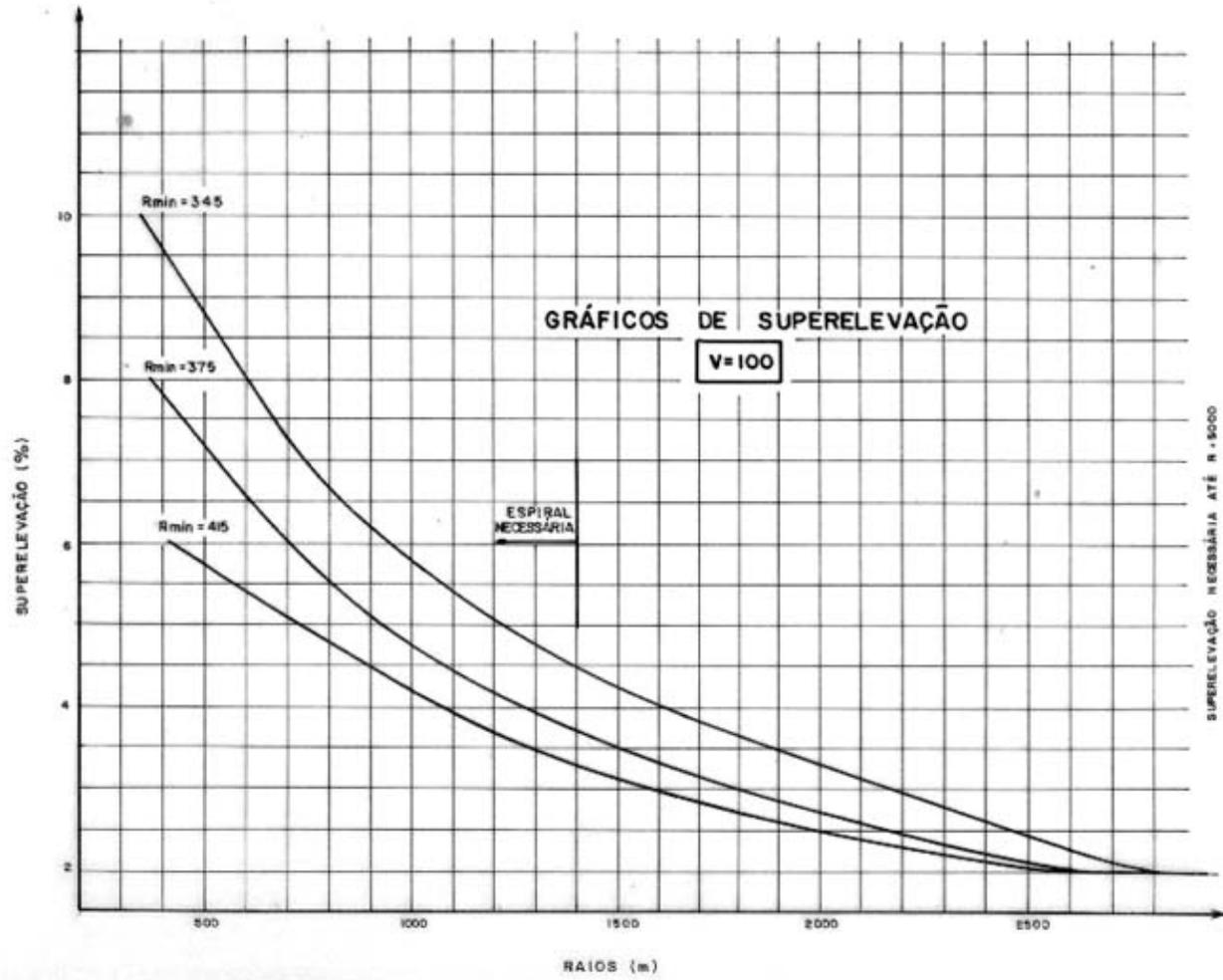
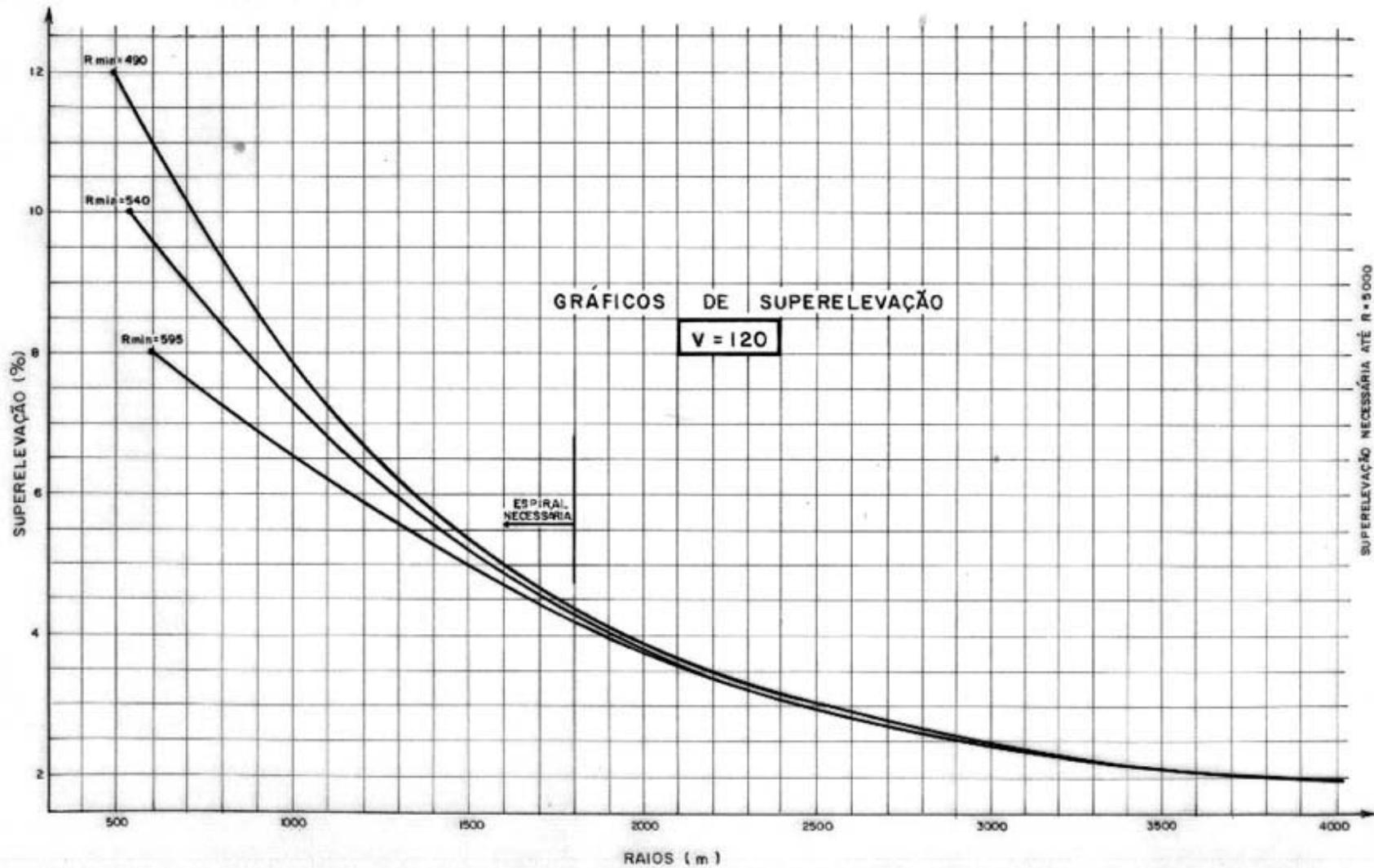


Figura 10



FONTE BÁSICA: AASHTO

Figura 11



13.6 Superlargura

A superlargura nas curvas será determinada pela fórmula:

$$S = n \left(R - \sqrt{R^2 - E^2} \right) + \frac{V}{10\sqrt{R}}$$

onde:

S = representa a superlargura, em m
 n = representa o número de faixas de tráfego
 R = representa o raio da curva, em m
 V = representa a velocidade diretriz, em km/h
 E = representa a distância, em m, entre os eixos da parte rígida do veículo, que normalmente se adota 6m.

O detalhamento do cálculo e distribuição da superlargura está apresentado no Anexo 6.

13.7 Canteiros Centrais

A largura mínima dos canteiros centrais nas rodovias com duplicação será de 4,00m quando for usada conversão à esquerda, o que permitirá a execução do refúgio central com 3,50m de largura.

Nos demais casos, a largura poderá ser reduzida, sendo permitida a largura mínima de 1,50m.

14. ALTIMETRIA

14.1 Considerações Gerais sobre o Projeto em Perfil

Ver anexo 5.

14.2 Rampas

As rampas máximas admissíveis estão indicadas no Quadro 25.

Quadro 25 - Rampas máximas

Rodovias	Classes do Projeto	Região		
		Plana	Ondulada	Montanhosa
Estadual	0	3%	4,0%	5%
	I	3%	4,5%	6%
	II	3%	5,0%	7%
	III	4%	6,0%	8%
	IV	5%	7,0%	9%
Vicinal	A	4%	6%	8%
	B	4%	6%	8%
	C	5%	7%	9%
	D	6%	8%	10%

Esses valores poderão se acrescidos de 1% para extensões de até 900 metros em regiões planas; 300 metros em regiões onduladas; e 150 metros em regiões montanhosas.

Nos trechos em corte ou seção mista, a rampa mínima admissível é de 1%.

No cálculo dos greides deverão utilizados valores das rampas com a precisão do centésimo.

14.3 Curvas Verticais

A função das curvas verticais é concordar as tangentes verticais dos greides. Os pontos de inflexão do greide serão normalmente concordados por parábolas do 2° grau. Essas parábolas são definidas pelo seu parâmetro de curvatura K, que equivale ao comprimento da curva no plano horizontal, em metros, para cada 1% de variação de rampa. Os comprimentos L das curvas de concordância vertical são obtidos pela fórmula $L = K \times A$, onde A é a diferença algébrica das rampas, em porcentagem.

O cálculo dos valores de K se baseia normalmente na necessidade de proporcionar as distâncias de visibilidade de parada. Para valores muito pequenos de A, o comprimento terá um valor mínimo: $L = 0,6V$ (V em km/h).

Os valores de K são calculados considerando-se distâncias de visibilidade inferiores aos comprimentos das curvas verticais. Onde ocorrer o contrário, a visibilidade deverá ser verificada no perfil da rodovia.

Curvas convexas:

$$K = \frac{d^2}{412}$$

Curvas côncavas:

$$K = \frac{d^2}{122 + 3,5d}$$

onde:

d = distância de visibilidade de parada mínima ou desejável (em metros).

Os valores desejáveis e mínimos para curvas verticais convexas encontram-se representados graficamente nas Figuras 12 e 13. Os valores para as curvas verticais côncavas estão representadas nas Figuras 14 e 15.

CURVAS VERTICAIS CONVEXAS

CONDIÇÕES DESEJÁVEIS

- V = VELOCIDADE DIRETRIZ (km/h)
 D = DISTÂNCIA DE VISIBILIDADE DE PARADA (m)
 K = COMPRIMENTO MÍNIMO DA CURVA VERTICAL P/ VARIÇÃO DE 1% NA RAMPA.
 L = K · A

V (km/h)	D (m)
30	30
40	45
50	65
60	85
70	110
80	140
90	175
100	210

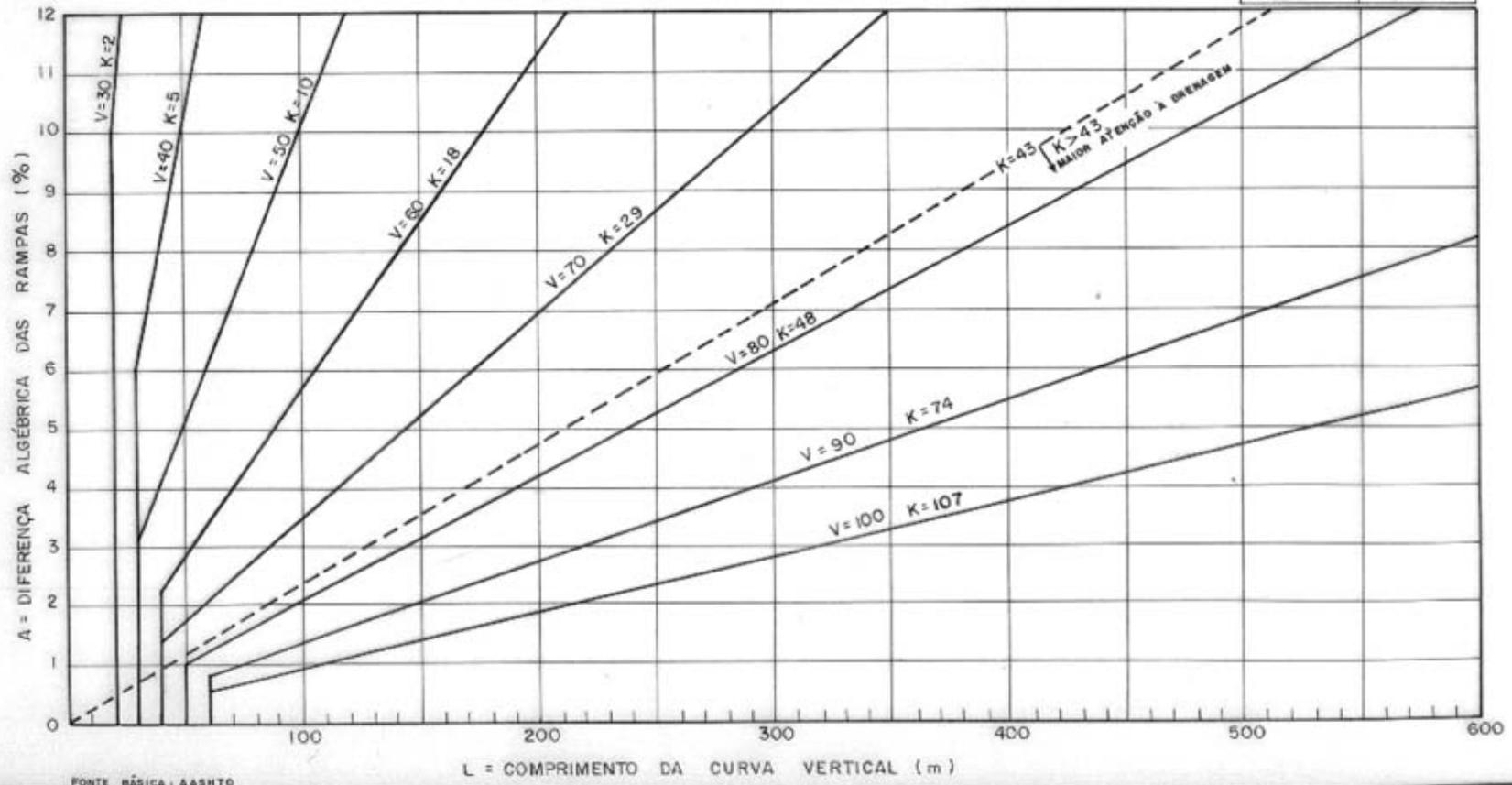
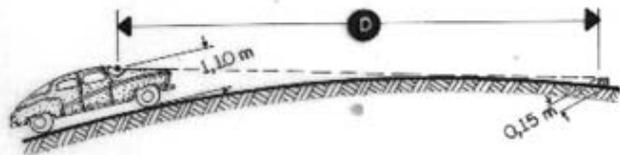


FIGURA 12

FONTE BÁSICA: AASHTO

CURVAS VERTICAIS CONVEXAS

CONDIÇÕES MÍNIMAS

- V = VELOCIDADE DIRETRIZ (km/h)
- D = DISTÂNCIA DE VISIBILIDADE DE PARADA (m)
- K = COMPRIMENTO MÍNIMO DA CURVA VERTICAL P/VARIAÇÃO DE 1% NA RAMPA.
- $L = K \cdot A$

V (km/h)	D (m)
30	30
40	45
50	60
60	75
70	90
80	110
90	130
100	155

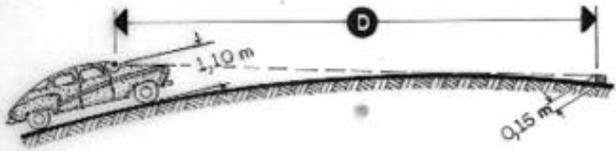
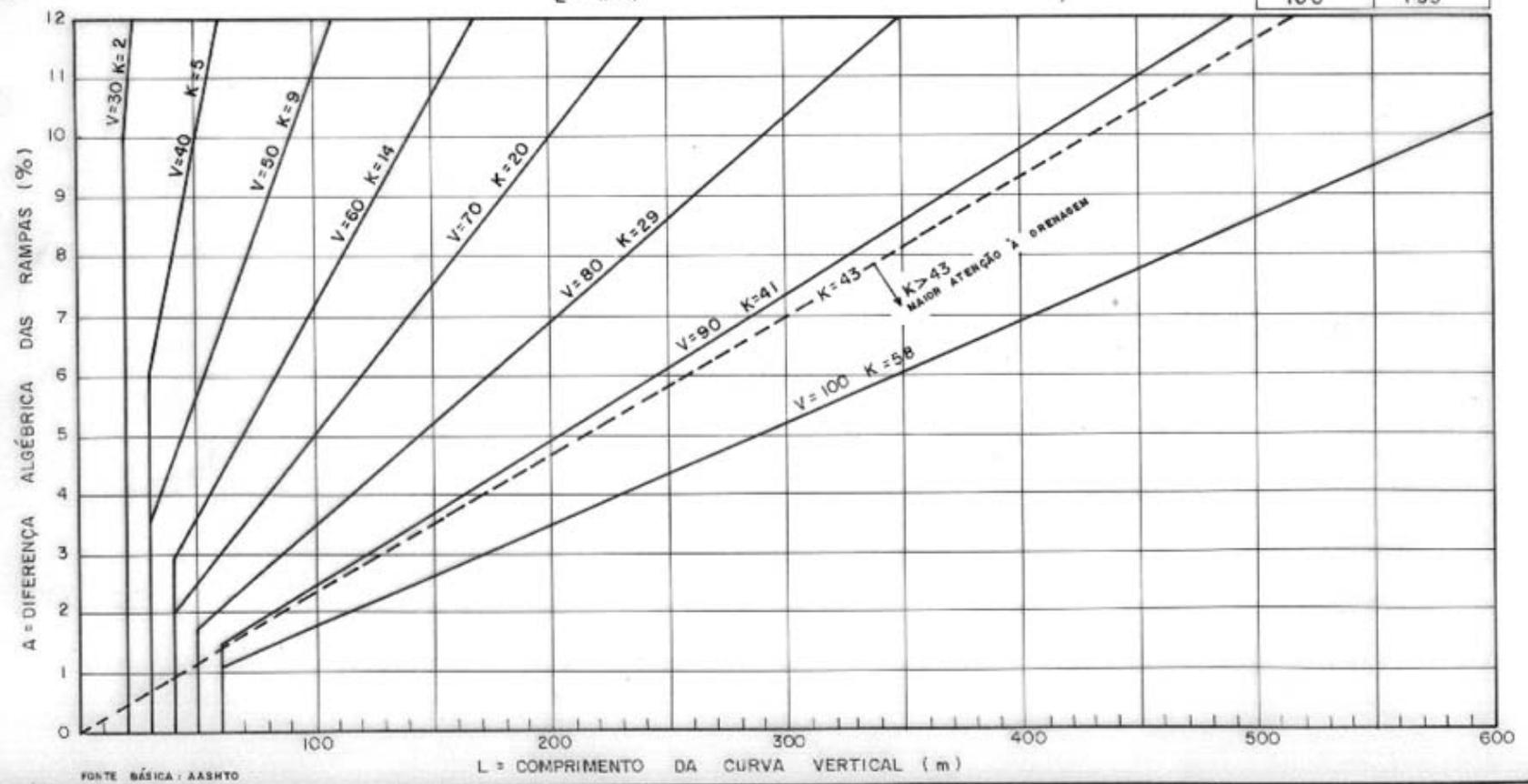
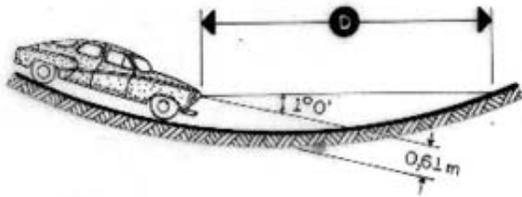


Figura 13



FORTE BÁSICA: AASHTO



CURVAS VERTICAIS CÔNCAVAS

CONDIÇÕES DESEJÁVEIS

- V = VELOCIDADE DIRETRIZ (km/h)
 D = DISTÂNCIA DE VISIBILIDADE DE PARADA (m)
 K = COMPRIMENTO MÍNIMO DA CURVA VERTICAL P/VARIAÇÃO DE 1% NA RAMPA.
 L = K · A

V (km/h)	D (m)
30	30
40	45
50	65
60	85
70	110
80	140
90	175
100	210

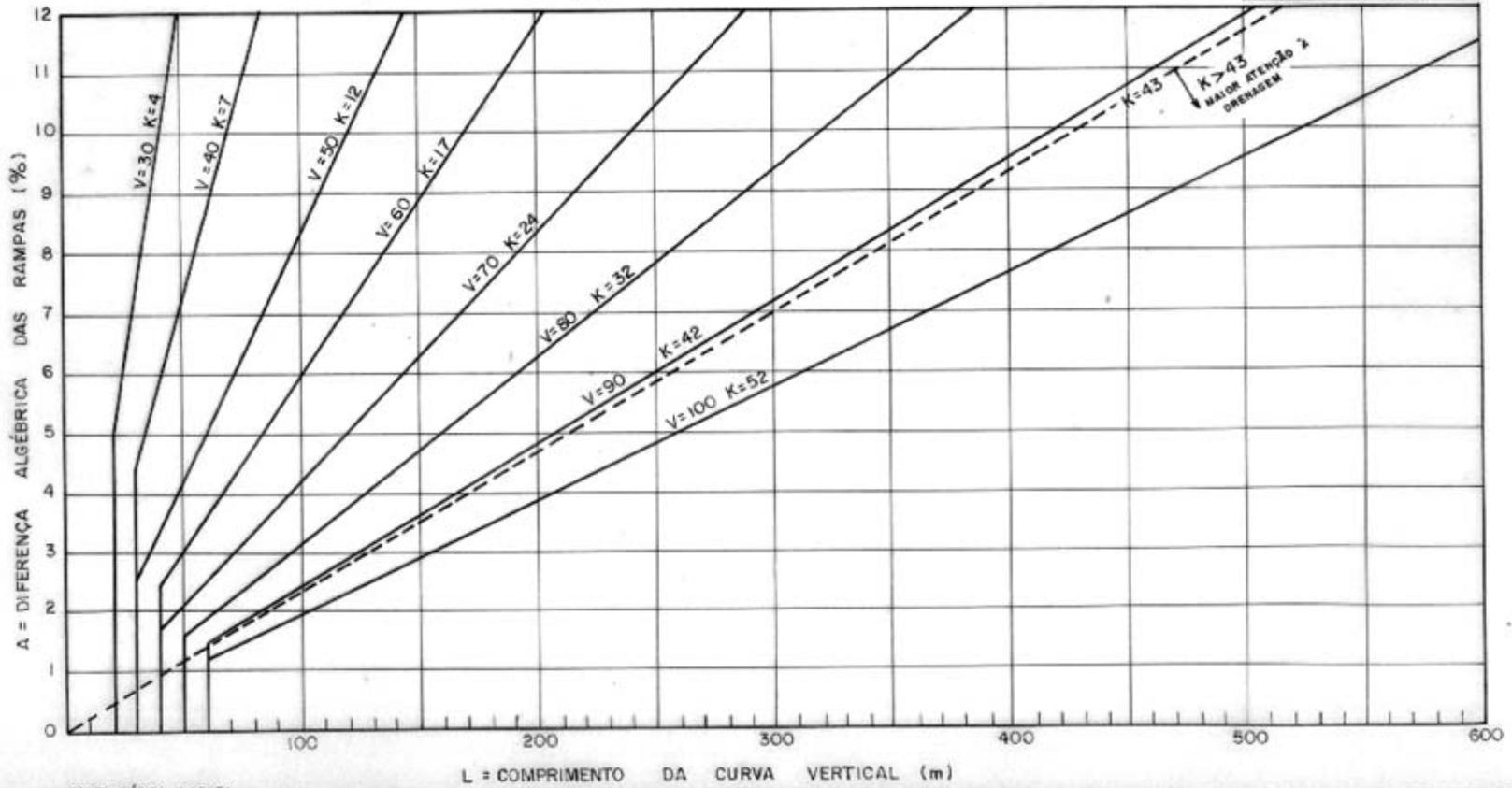
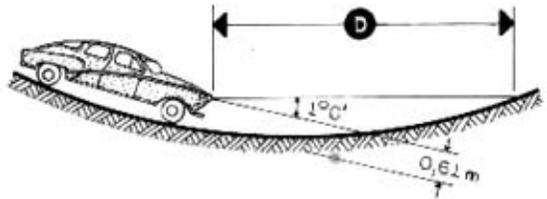


Figura 14

FONTE BÁSICA: AASHTO

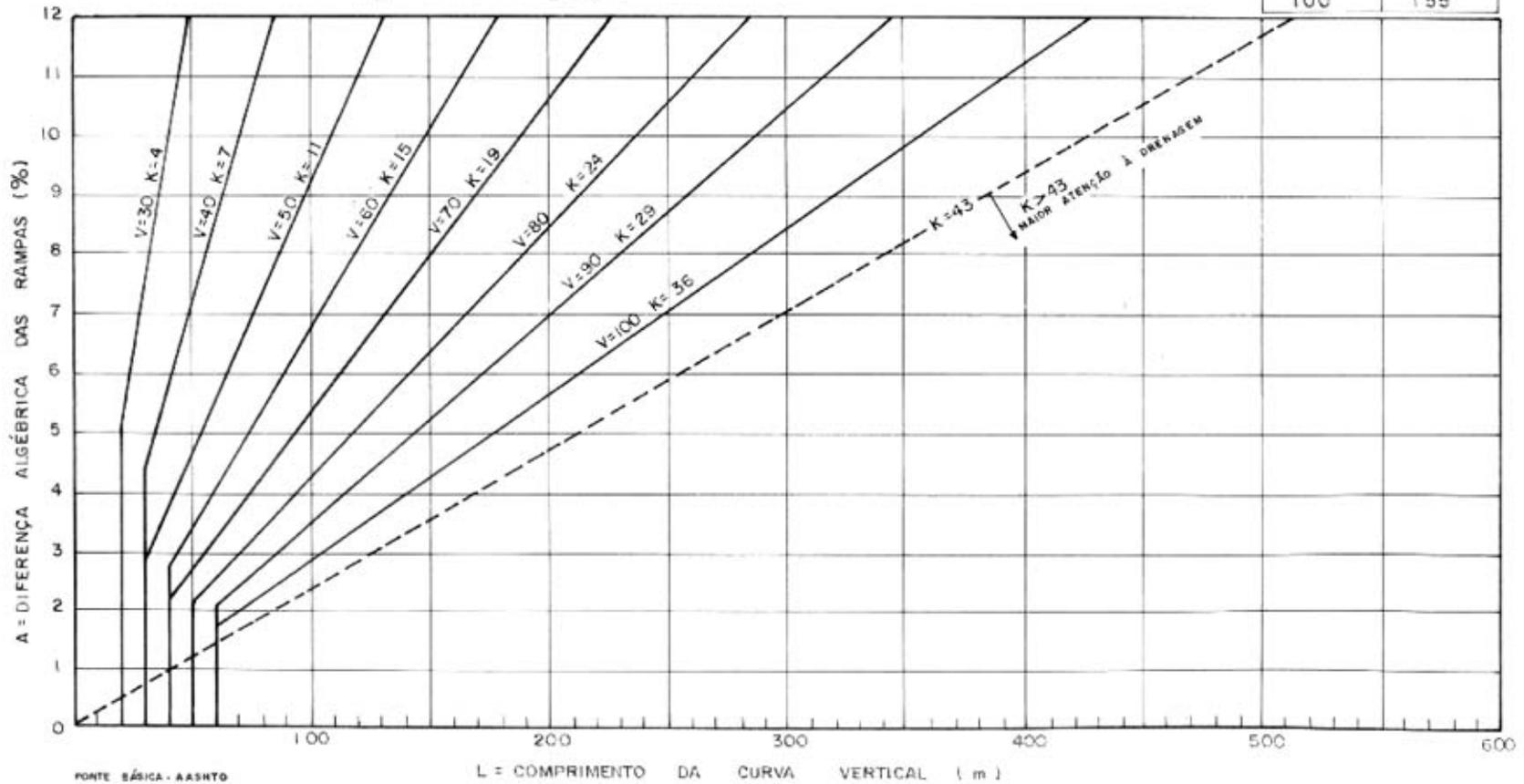


CURVAS VERTICAIS CÔNCAVAS

CONDIÇÕES MÍNIMAS

- V = VELOCIDADE DIRETRIZ (km/h)
 D = DISTÂNCIA DE VISIBILIDADE DE PARADA (m)
 K = COMPRIMENTO MÍNIMO DA CURVA VERTICAL P/VARIAÇÃO DE 1% NA RAMPA.
 L = K · A

V (km/h)	D (m)
30	30
40	45
50	60
60	75
70	90
80	110
90	130
100	155



Figuro 15

PONTE BÁSICA - AASHTO

L = COMPRIMENTO DA CURVA VERTICAL (m)

PARTE II

PROJETO GEOMÉTRICO DE CICLOVIAS

PARTE II

PROJETO GEOMÉTRICO DE CICLOVIAS

1. OBJETIVO

Estas normas visam a fixar as principais características dos projetos das ciclovias.

2. ESPAÇO ÚTIL DO CICLISTA

Admite-se que o ciclista inscreva-se em uma figura prismática com as seguintes dimensões:

- Largura : 1,00m
- Comprimento : 1,75m
- Altura : 2,25m

A largura de 1,00m resulta da largura do guidom (0,60m), acrescida do espaço necessário ao movimento dos braços e das pernas (0,20m para cada lado). O gabarito a adotar, entretanto, será superior em 0,50m na largura, e em 0,25m na altura (ver Figura 1).

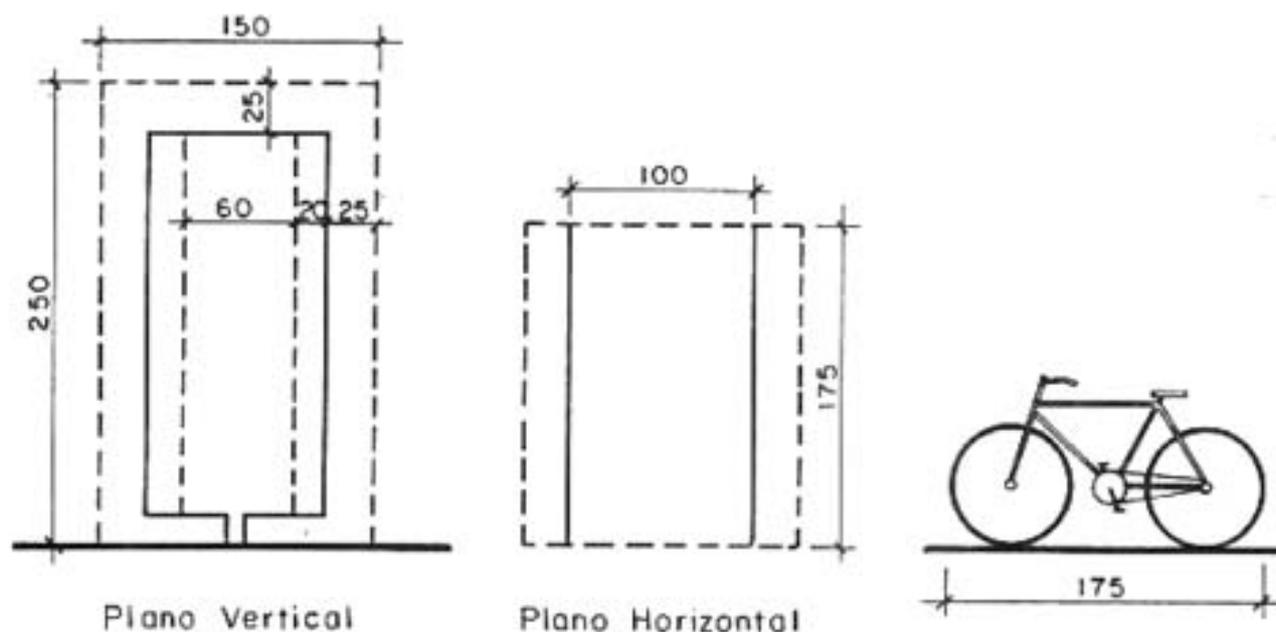


Fig. 1 - Espaço útil de um ciclista (em cm).

3. CLASSIFICAÇÃO

As ciclovias podem ser unidirecionais ou bidirecionais.

O DAER adota, geralmente, o tipo bidirecional em virtude de se dispor de espaços exíguos para a implantação da ciclovia. No entanto, sempre que possível, dar-se-á preferência a ciclovia unidirecional por apresentar maior segurança de circulação.

4. LOCALIZAÇÃO DA CICLOVIA

4.1 Ciclovia unidirecional

As ciclovias são localizadas junto ao passeio, Figura 2.

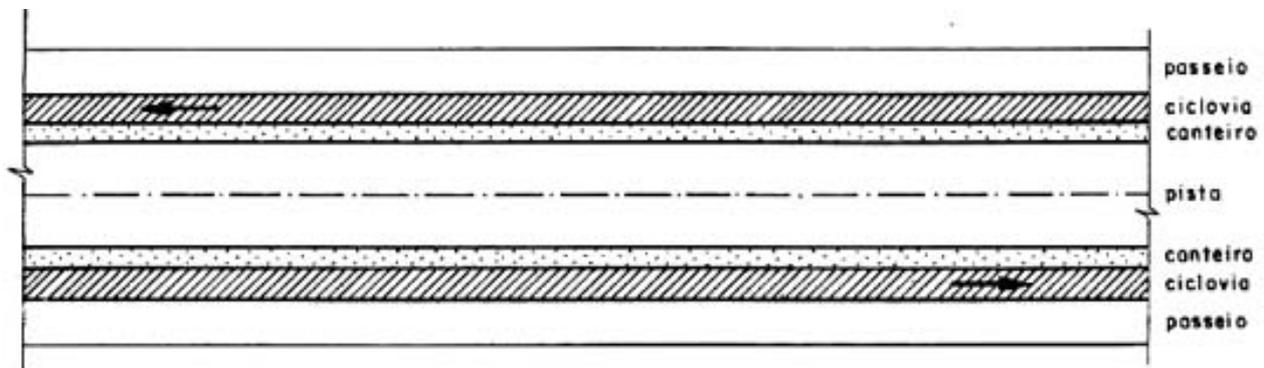


Fig. 2

4.2 Ciclovia bidirecional

A ciclovia pode se localizar no canteiro central das rodovias com pista dupla (tendo o canteiro a largura $L > 6m$) ou junto aos passeios, figuras 3 e 4.

5. SEÇÃO TRANSVERSAL

A largura da pista da ciclovia está indicada no Quadro n.º. 1. São apresentados os valores recomendados e os mínimos permitidos.

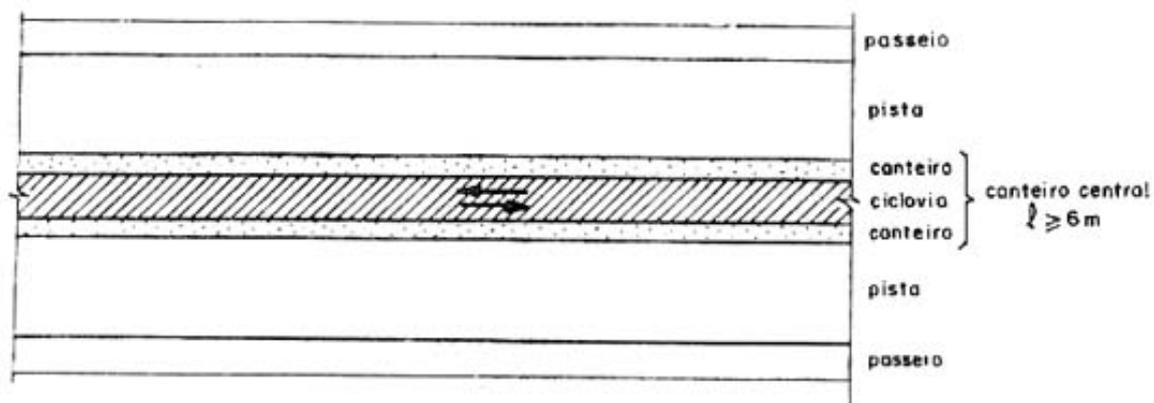


Fig. 3

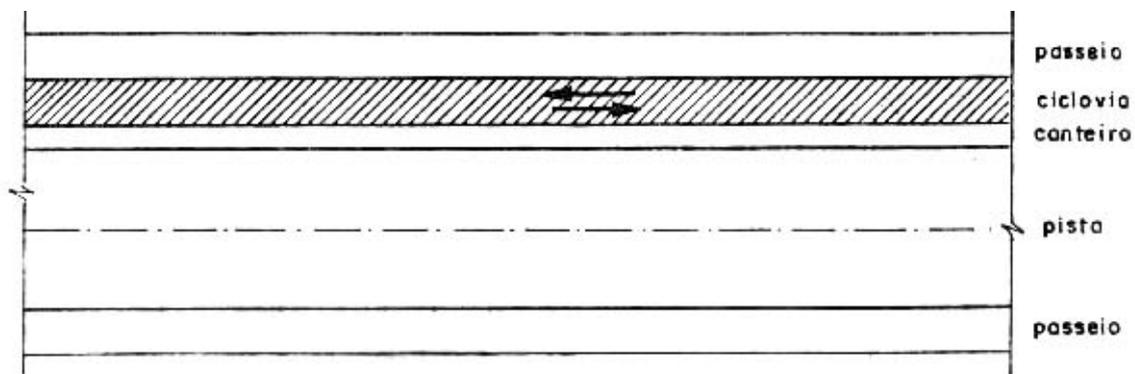


Fig. 4

Quadro 1 - Largura da Pista

Tipo	Largura mínima (m)		
	$D \leq 6\text{cm}$	$D > 6\text{cm} (*)$	
		Desnível numa borda	Desnível nas duas bordas
Unidirecional	2,50 (2,00)	3,00 (2,50)	3,50 (3,00)
bidirecional	2,80 (2,50)	3,30 (3,00)	3,80 (3,50)

(*)D é o desnível da ciclovia junto as bordas (passeio ou canteiro). Ver Figuras 5 a 9.

() Os valores entre parênteses são os mínimos permitidos.

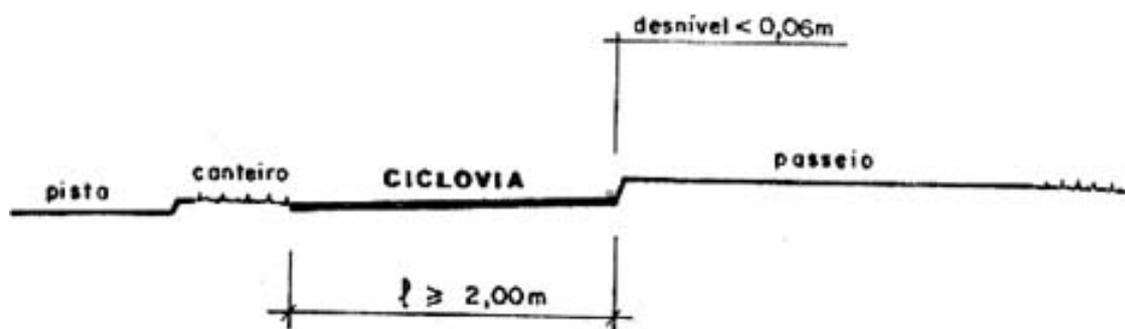


Fig 5 - Seção transversal de pista unidirecional.

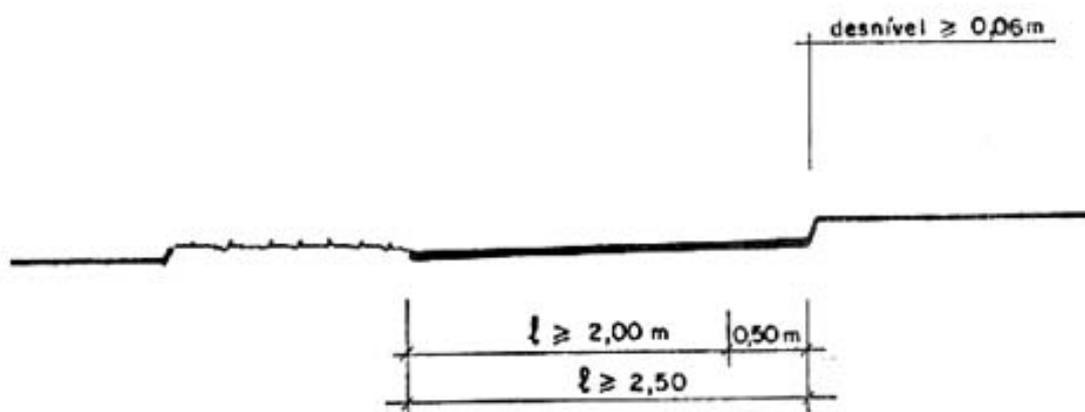


Fig. 6 - Seção transversal de pista unidirecional.

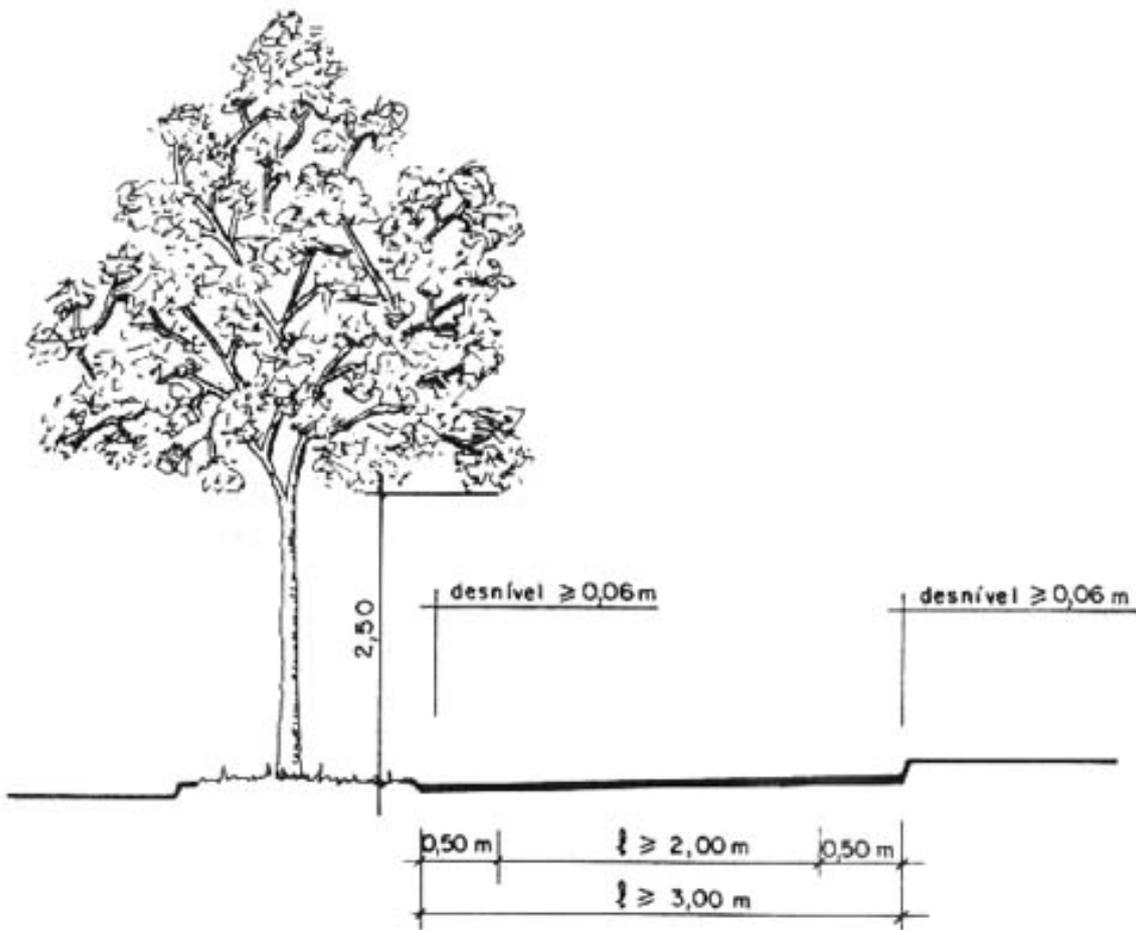


Fig. 7 - Seção transversal de pista unidirecional.

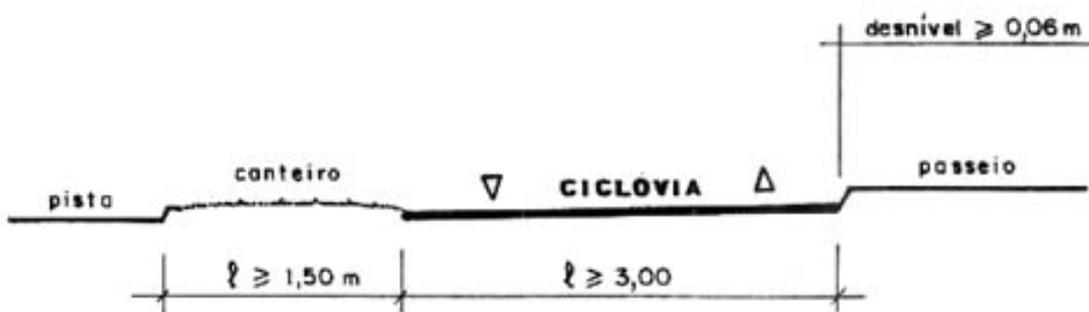


Fig. 8 - Seção transversal de pista bidirecional junto ao passeio.

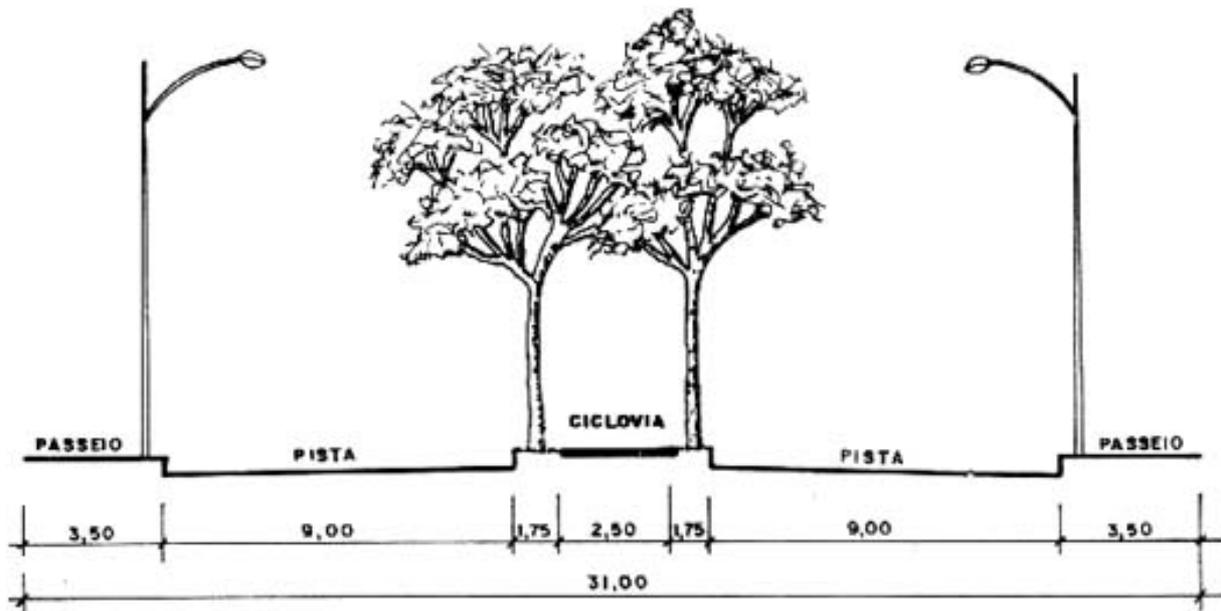


Fig. 9

6. INCLINAÇÃO TRANSVERSAL

A inclinação transversal em tangente deverá ser de 2% para cada lado em relação ao eixo, e variável de 2% a 3% nas curvas, com inclinação única para o lado interno.

7. RAIOS DE CURVA HORIZONTAL

Os raios de curva de uma ciclovia são, em geral, os mesmos que os da rua ou estrada que ela margeia. Quando se tratar de induzir os ciclistas a frear, na aproximação de cruzamentos, por exemplo, devem ser adotados raios de 3 a 5m, para assinalar-lhes um perigo. Antes, porém, adota-se uma curva de 15m de raio, que servirá de transição, para evitar mudanças bruscas no traçado. Nos trechos em seção corrente, o raio mínimo será de 30m.

8. INÍCIO E FIM DE CICLOVIAS UNIDIRECIONAL

No início de uma ciclovia unidirecional, a pista separa-se pouco a pouco da via até ingressar em sítio próprio, dando origem ao aparecimento de um canteiro, conforme o esquema da Figura 10.

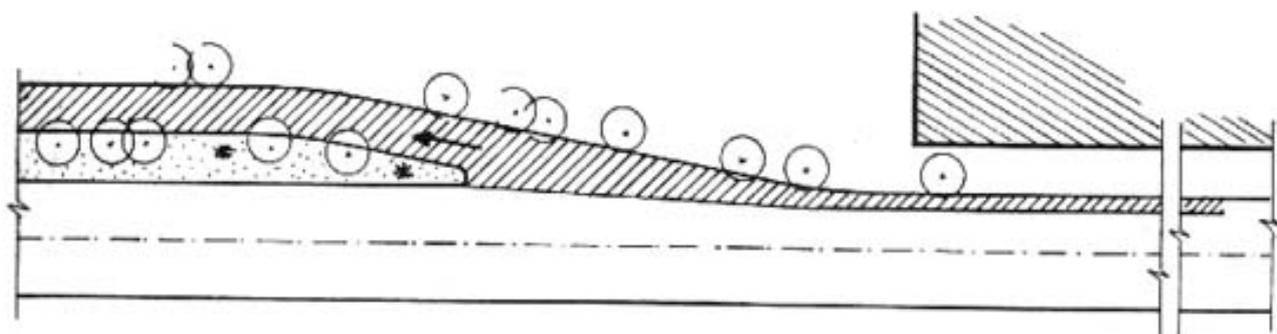


Fig. 10 - Início de pista unidirecional.

No final de uma pista unidirecional devem ser tomadas precauções maiores que no início das mesmas, pois ciclistas e automobilistas circulavam antes em correntes próprias, necessitando, portanto, de uma faixa de transição para voltarem a se misturar (Figuras 11 e 12).

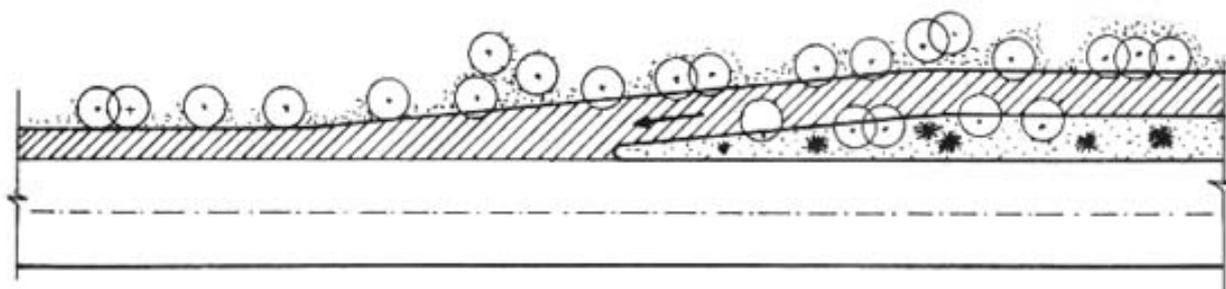


Fig. 11 - Final de pista unidirecional - 1º caso.

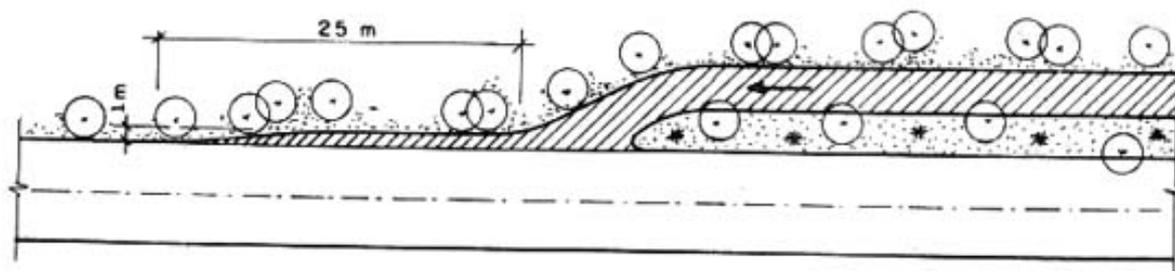


Fig. 12 - Final de pista unidirecional - 2º caso.

O final de uma pista unidirecional corresponde a um alargamento da via ou, pelo menos, uma faixa de transição de 25m de comprimento de acordo com a Figura 12.

Nas pistas bidirecionais, o início e o final ocorrem nos dois extremos, conforme os esquemas apresentados nas Figuras 13 e 14.

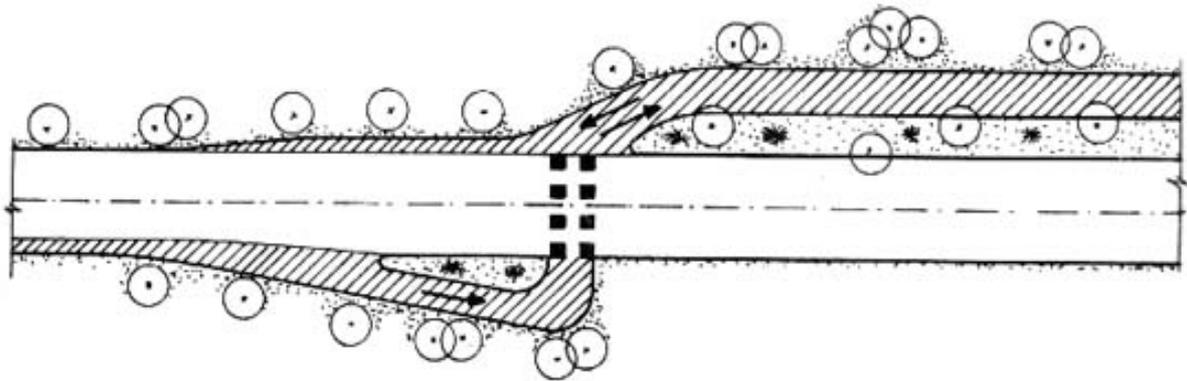


Fig. 13 - Início e final de pista bidirecional - 1º. caso.

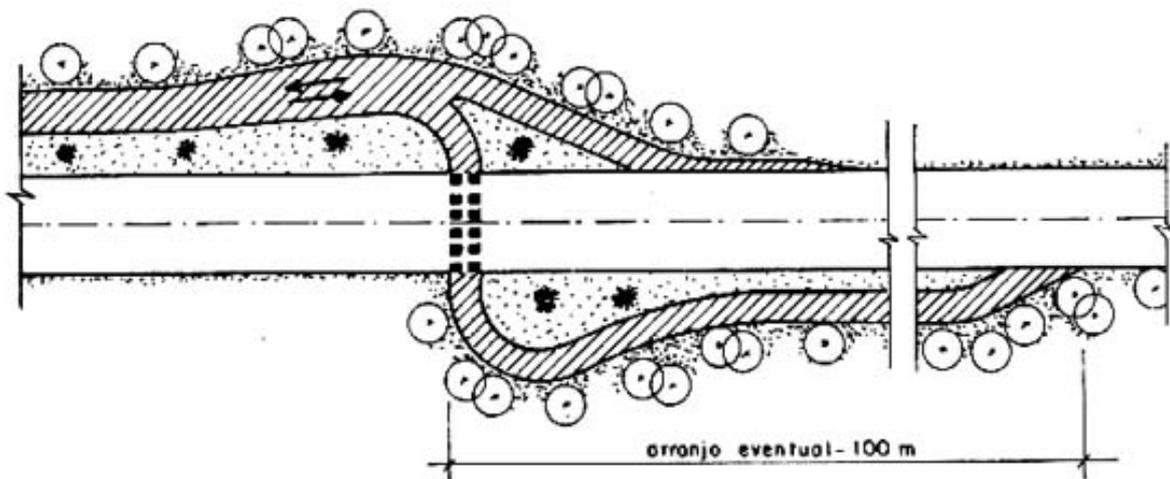


Fig. 14 - Início e final de pista bidirecional - 2º. caso.

9. INTERSEÇÕES E TRAVESSIAS

Como se viu no texto, os ciclista que circulam em uma pista exclusiva trafegam em segurança (salvo no caso de portões de saída de veículos). Para manter total segurança nos cruzamentos, seria preciso, logicamente, manter a separação de circulação, ou seja, fazer a passagem em desnível, em relação às vias de circulação motorizada.

Entretanto, em razão do custo e das dificuldades de ordem física, normalmente em áreas já urbanizadas, estas soluções serão excepcionais. É necessário, assim, adotarem-se esquemas para organização de cruzamentos em nível.

Têm-se, então, duas soluções possíveis, que são: "circulação canalizada" e "circulação partilhada".

9.1 Circulação Canalizada nos Cruzamentos

Neste caso, os ciclistas são guiados na travessia da rua ou no cruzamento, segundo os princípios básicos a seguir descritos.

Antes da travessia da rua, a pista será perpendicular à mesma, a fim de que o ciclista tenha o melhor ângulo de visão possível sobre a circulação dos automóveis; eles poderão, assim, melhor avaliar a velocidade do fluxo de carros;

A passagem da pista de **ciclistas** se faz 10m recuada do cruzamento; assim, os carros que dobram à direita ou à esquerda podem acumular-se e deixar passar os ciclistas;

Antes da travessia da rua, a pista tem uma parte retilínea com pelo menos 3m, para que o ciclista possa parar antes de passar.

Antes da parte retilínea, a pista descreve uma curva (para Distancia-se da rua que ela margeia), com raio de 3 a 5 m. Esta curva visa a fazer com que o ciclista sinta que está próximo de uma zona perigosa.

Outra forma de condicionar o ciclista na aproximação de cruzamentos é a alteração de revestimento da pista (mudança de cor e/ou aumento de rugosidade). Este revestimento poderá permanecer ao longo de toda a travessia da rua. Assim, os motoristas também serão prevenidos do perigo;

A fim de impedir o ciclista de tomar o itinerário que não seja o mais seguro, recomenda-se a colocação de obstáculos físicos para. Impedi-lo de atravessar os canteiros; por exemplo: cercas-vivas (o ciclista tende a encurtar o caminho, sempre que oportunidade se lhe apresenta). Cuidar-se á para que estas cercas não ultrapassem de 0,80 a 1,00m de altura, para não prejudicar a visibilidade (Figuras 15 a 23).

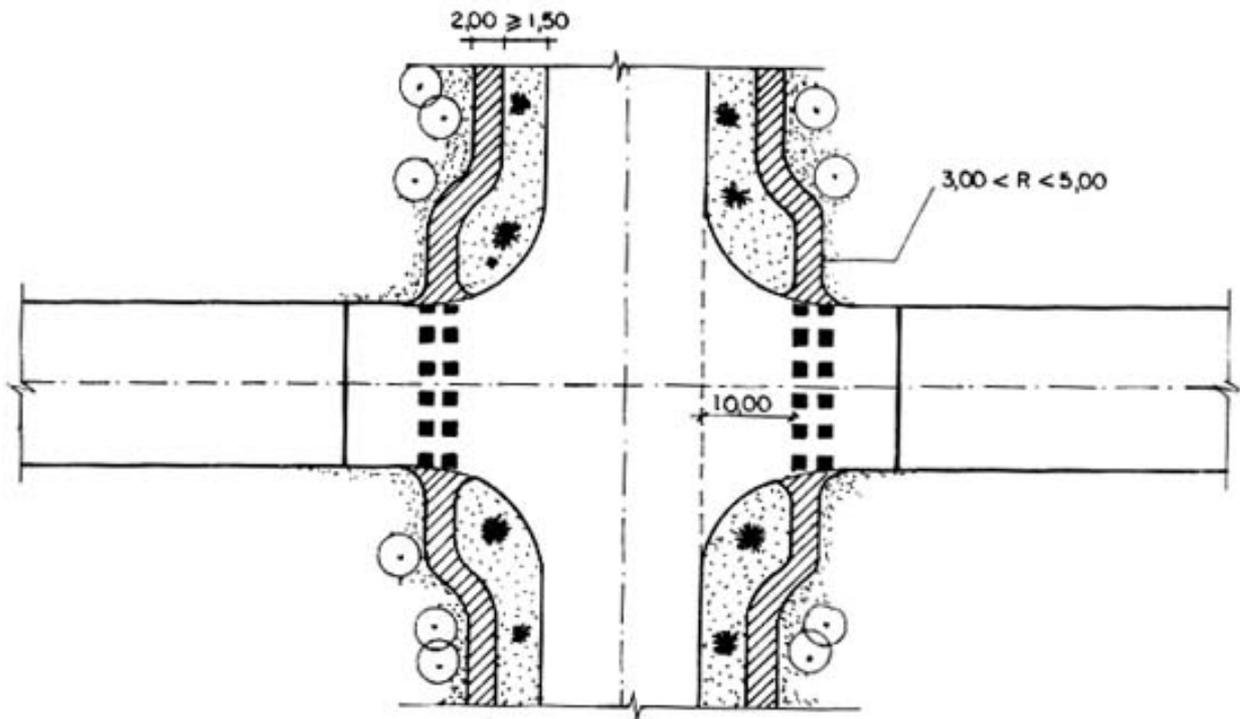


Fig. 15 - Circulação canalizada num cruzamento entre uma via com ciclovias unidirecionais e uma via sem ciclovias.

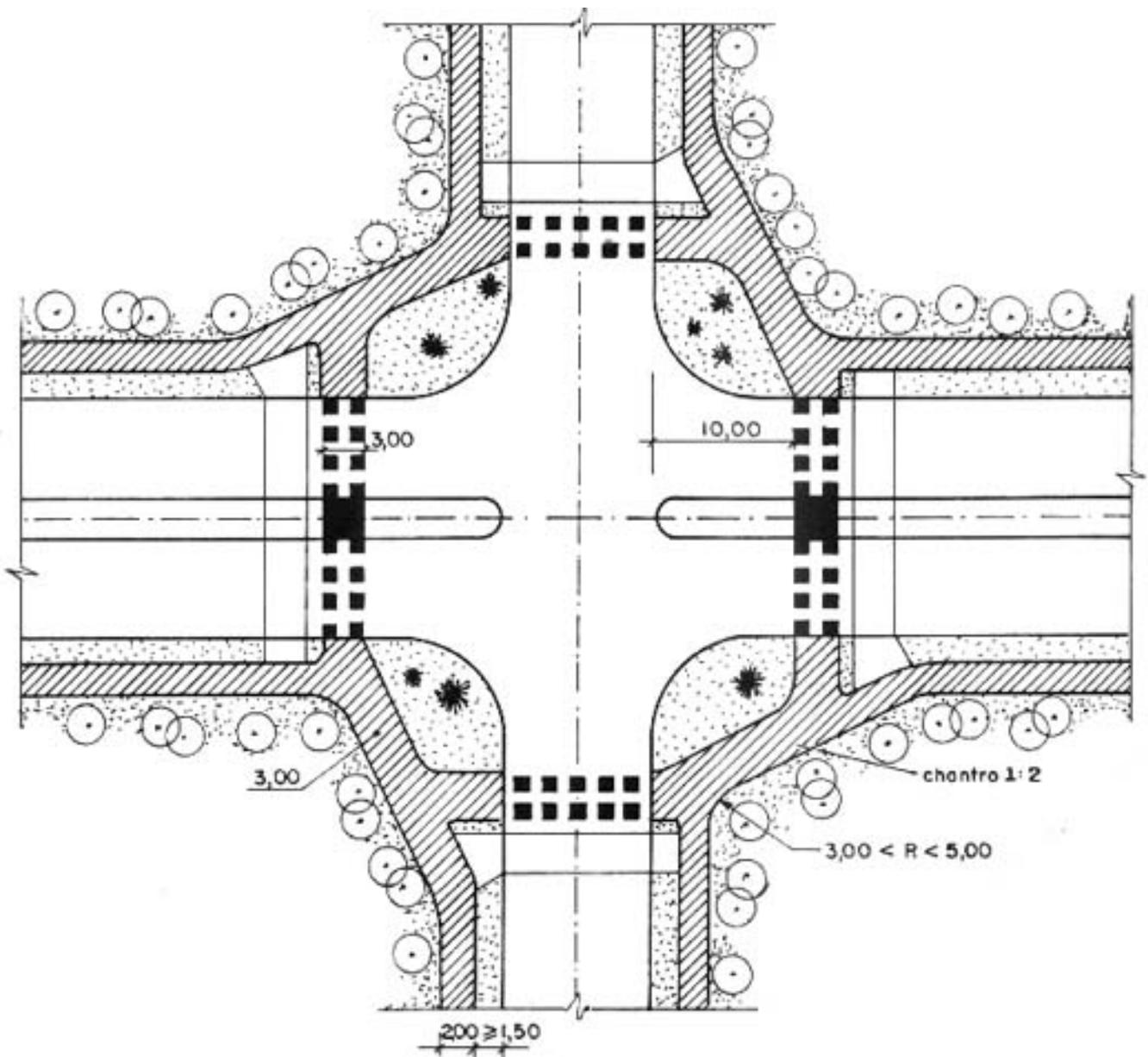


Fig. 16 - Circulação canalizada num cruzamento de 2 vias margeadas por ciclovias.

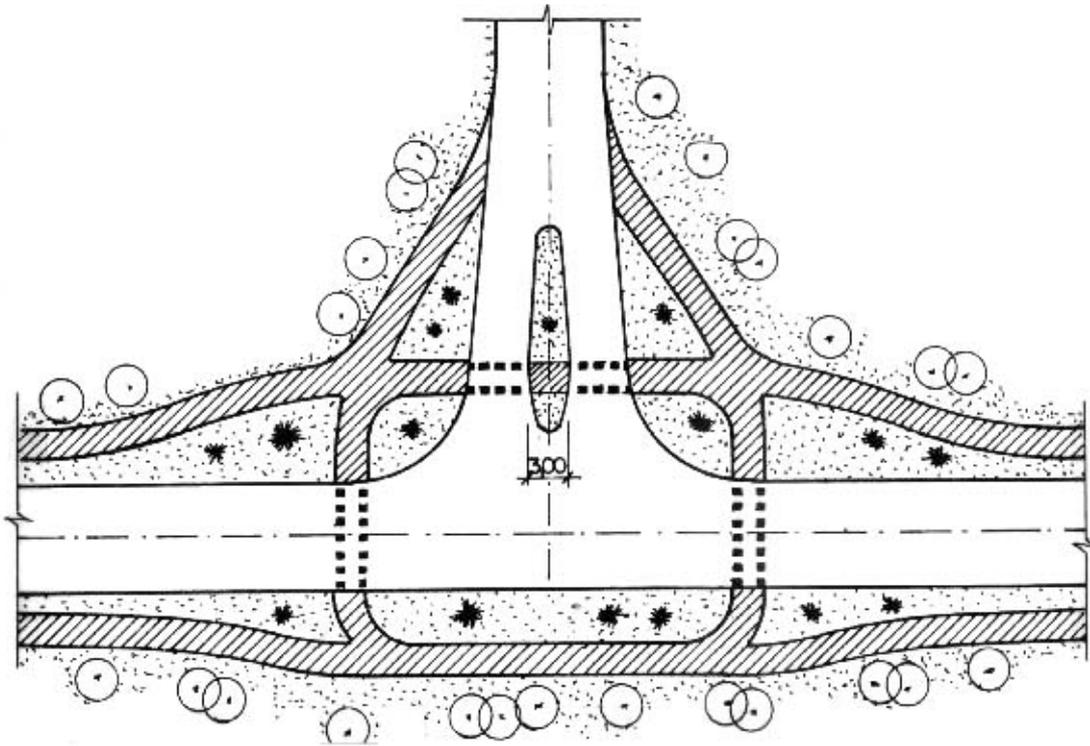


Fig. 17 - Circulação canalizada numa interseção em T.

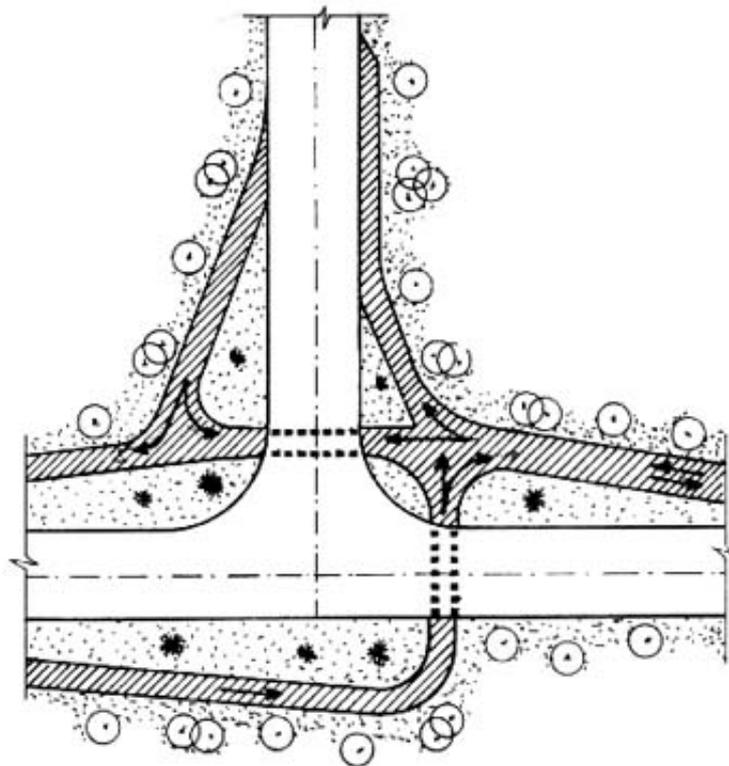


Fig. 18 - Passagem de uma ciclovia bidirecional a 2 ciclovias unidirecionais, numa interseção em T.

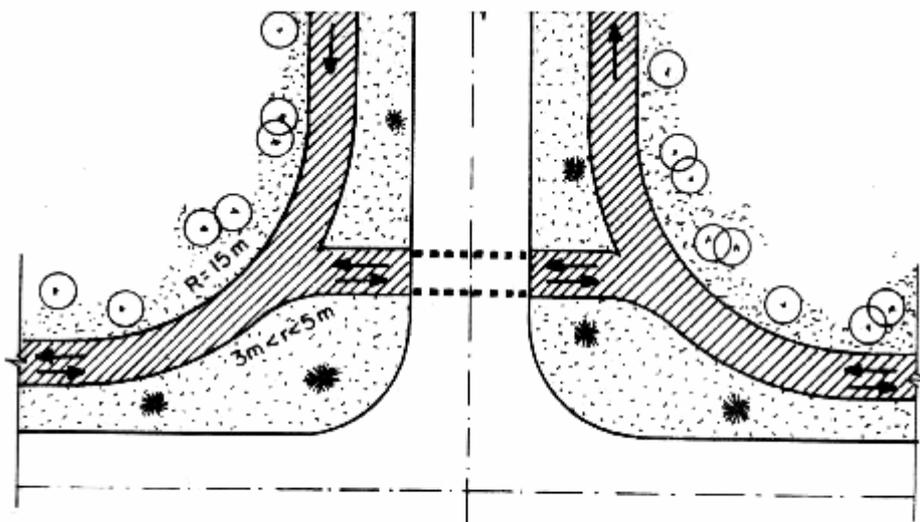


Fig. 19 - Interseção de uma rua margeada de ciclovia bidirecional, com uma rua margeada de 2 ciclovias unidirecionais.

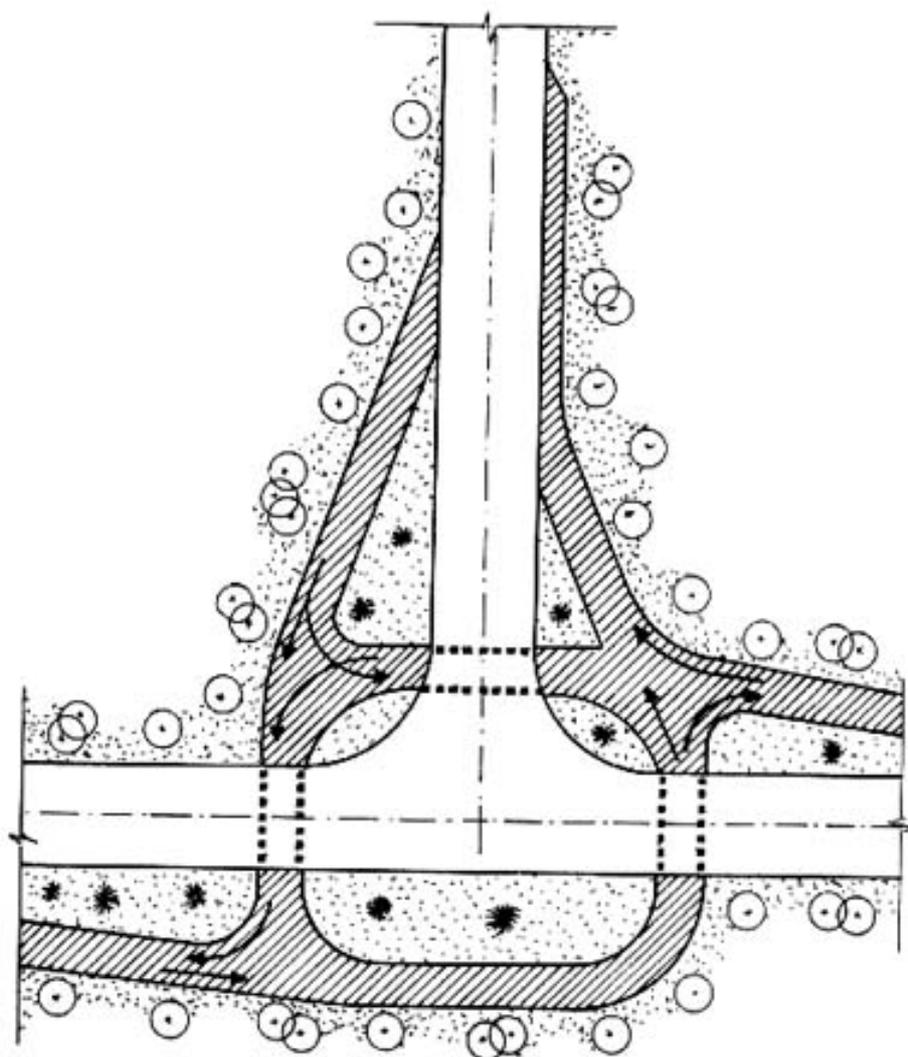


Fig. 20 - Mudança de lado de uma ciclovia bidirecional numa interseção em T.

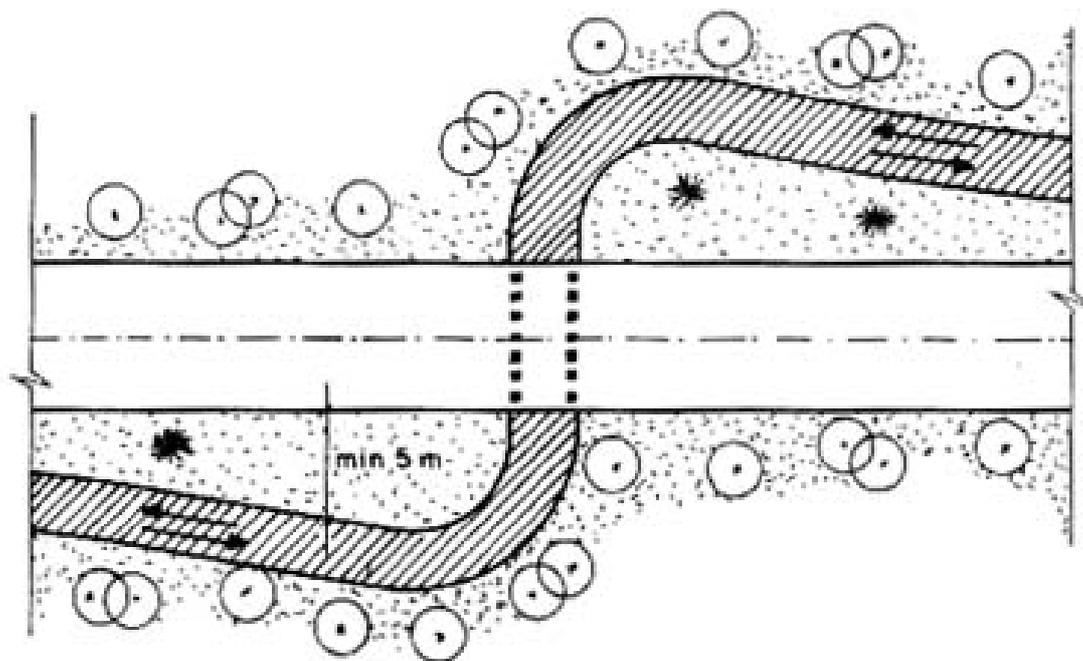


Fig. 21 - Mudança de lado de uma ciclovia bidirecional.

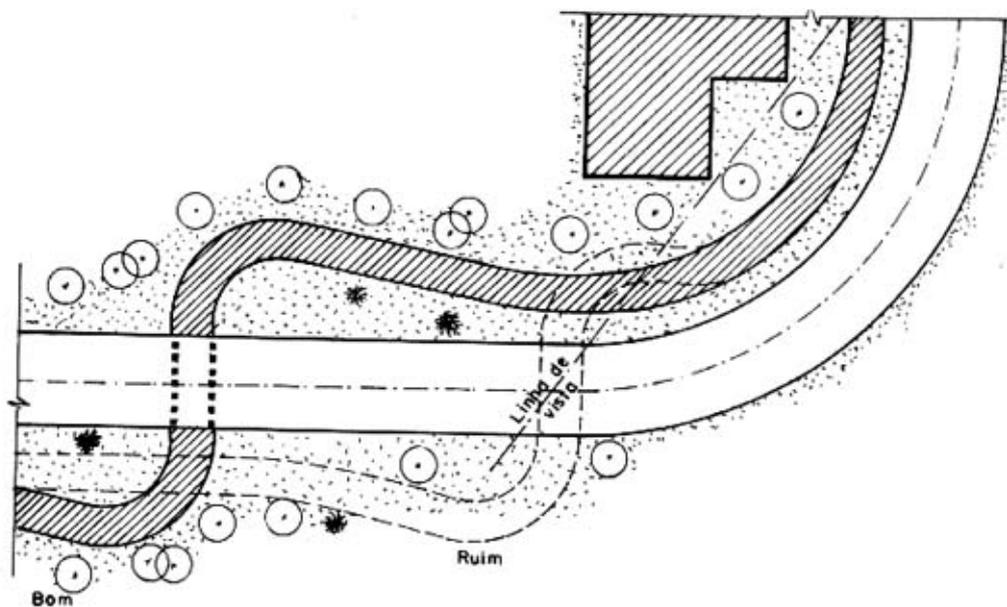


Fig. 22 - Mudança de lado de uma ciclovia bidirecional com problemas de visibilidade na aproximação de uma curva.

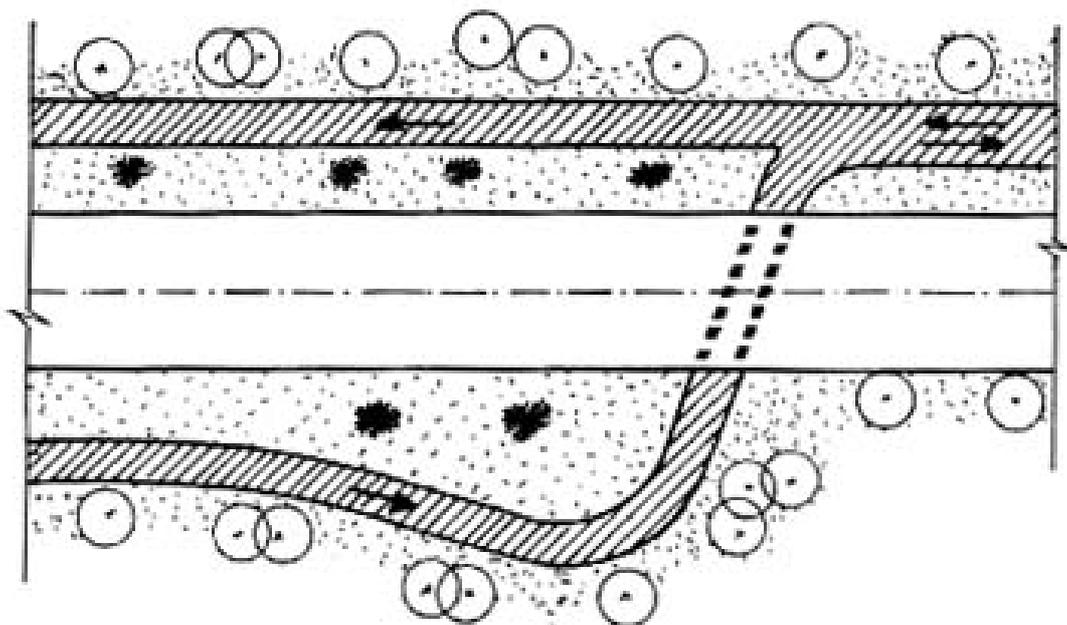


Fig. 23 - Passagem de uma ciclovia bidirecional a 2 ciclovias unidirecionais

9.2 Circulação Partilhada nos Cruzamentos

A canalização do tráfego de ciclistas, descrita no item anterior, pressupõe a existência de espaço para que os remanejamentos sejam feitos. Ora, normalmente isso não ocorre, pois, quase sempre, as áreas (construídas ou não) em torno do cruzamento pertencem a particulares.

Recai-se, assim, na circulação partilhada, com os ciclistas se misturando aos outros veículos, ficando expostos aos riscos de colisão. A organização preconizada tem por objetivo permitir aos ciclistas colocarem-se, desde a entrada do cruzamento à direita da fila de carros que tomam a mesma direção deles (Figura 24).

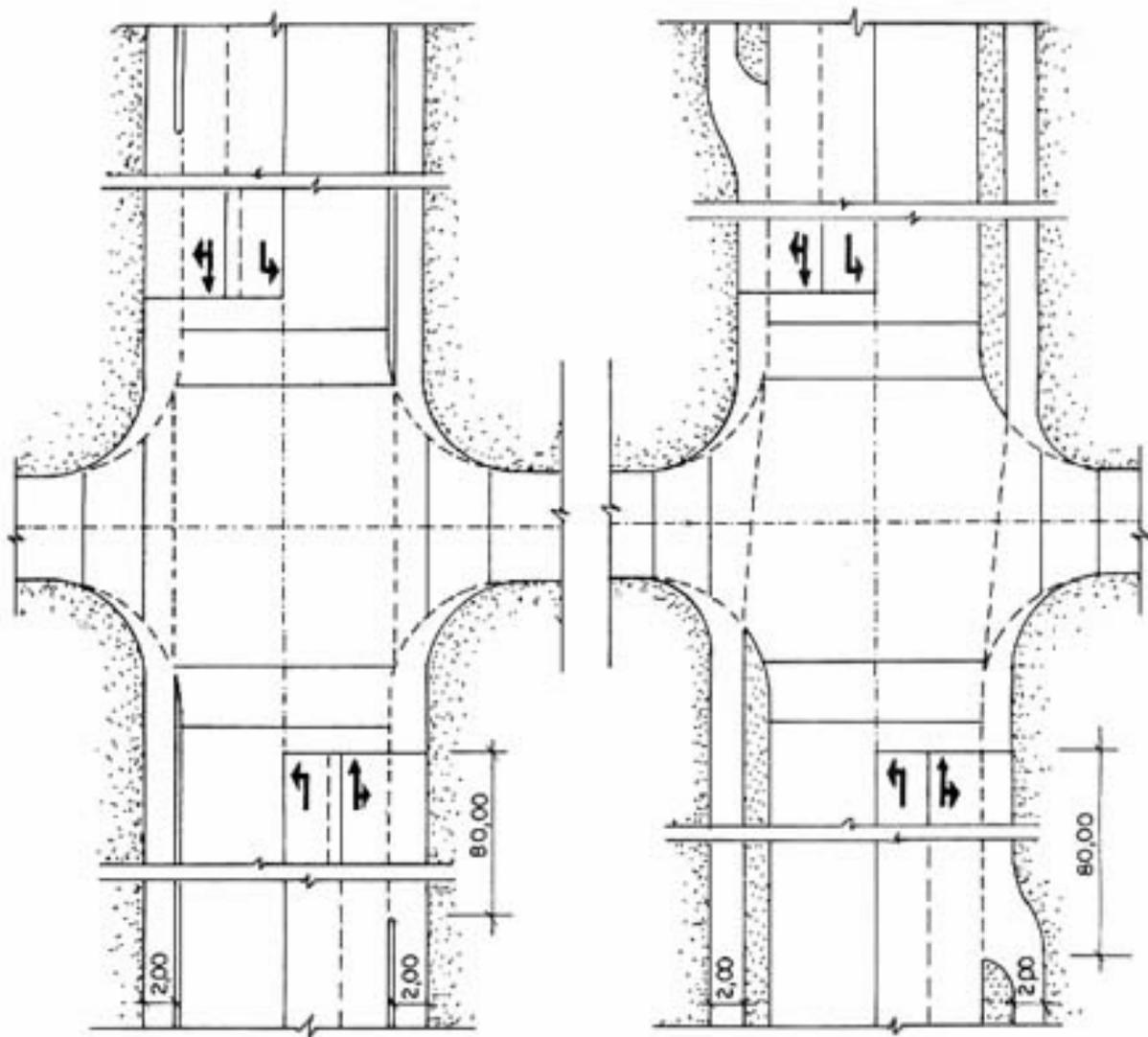


Fig. 24 - Circulação partilhada com interrupção da ciclovia (pista ou faixa) nos cruzamentos.

10. PARADAS DE ÔNIBUS

Nas paradas de ônibus a pista sofre uma deflexão passando por trás da parada (Figura 25).

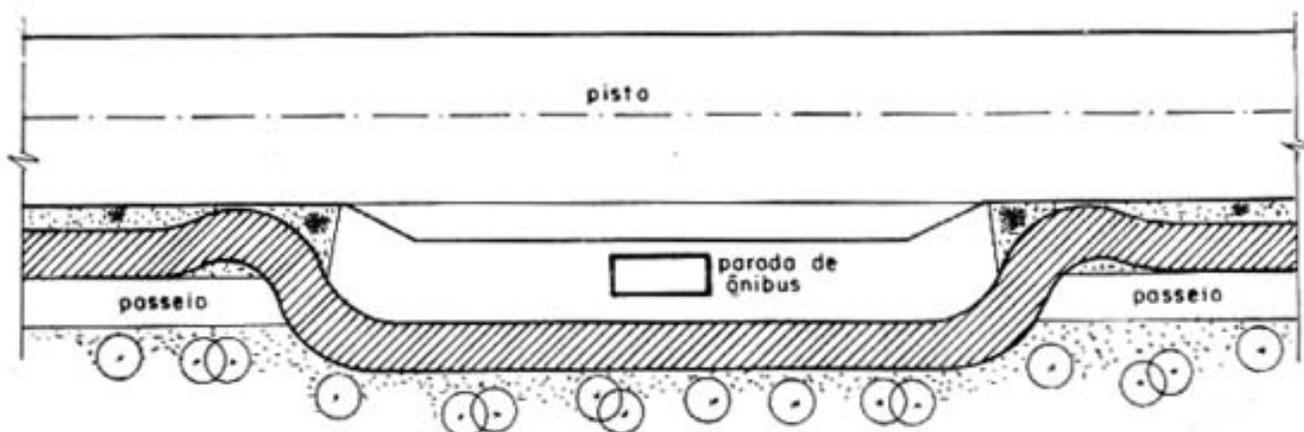


Fig. 25 - Ciclovía em parada de ônibus.

11. ALARGAMENTO NAS PONTES E VIADUTOS

Devem ser executados alargamentos nas obras de arte especiais dando continuidade a ciclovia.

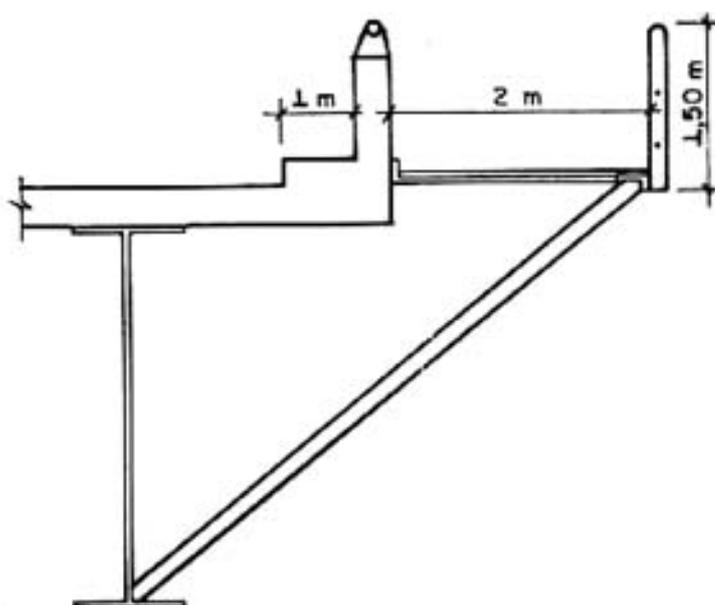


Fig. 26 - Passarela para bicicletas, em alargamento de pontes e viadutos.

12. TRAVESSIAS

Nos cruzamentos recomenda-se colocar uma ilha na ciclovia para evitar a entrada de automóveis e dar maior proteção ao ciclista (Figura 27).

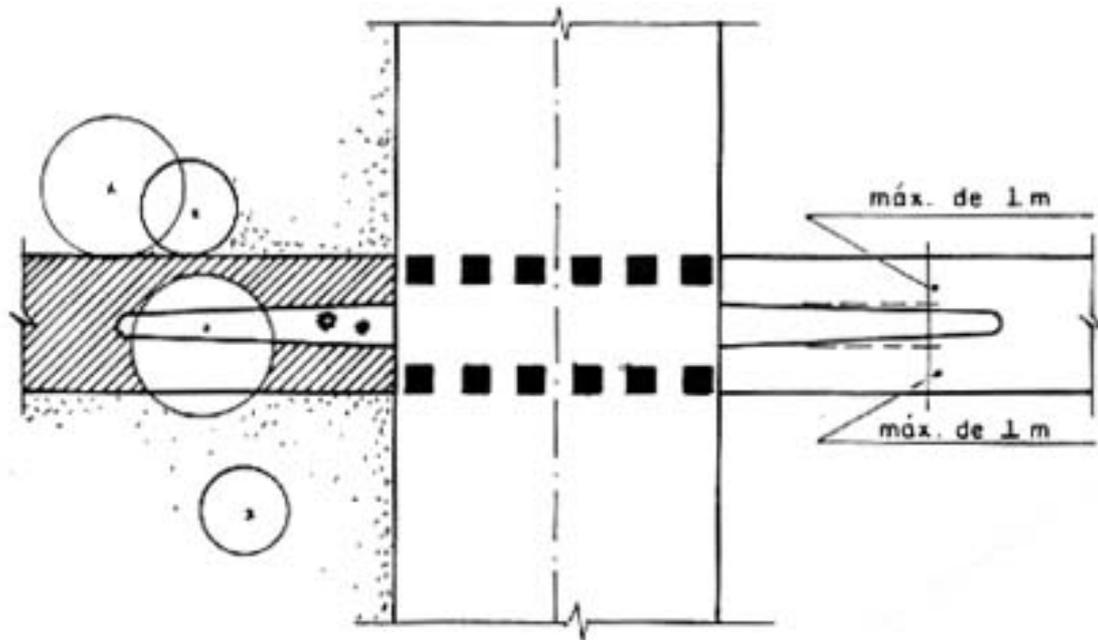


Fig. 27 - Ilha direcional na entrada de ciclovia.

Caso não seja possível recomenda-se a execução de floreiras, que servem, também, para o embelezamento (Figura 28).

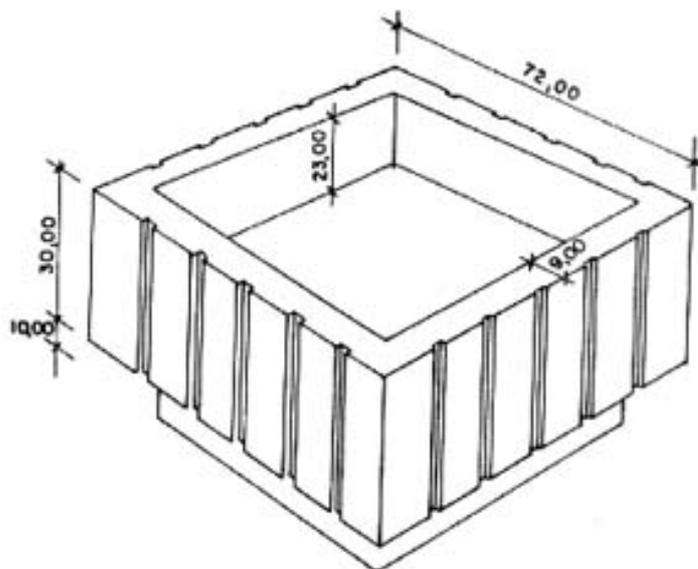


Fig. 28 - Tipo de floreira utilizada em concreto sem fundo.

13. RAMPAS

As rampas normais e as rampas máximas admissíveis são dadas em função do desnível a vencer, conforme a Figura 29.

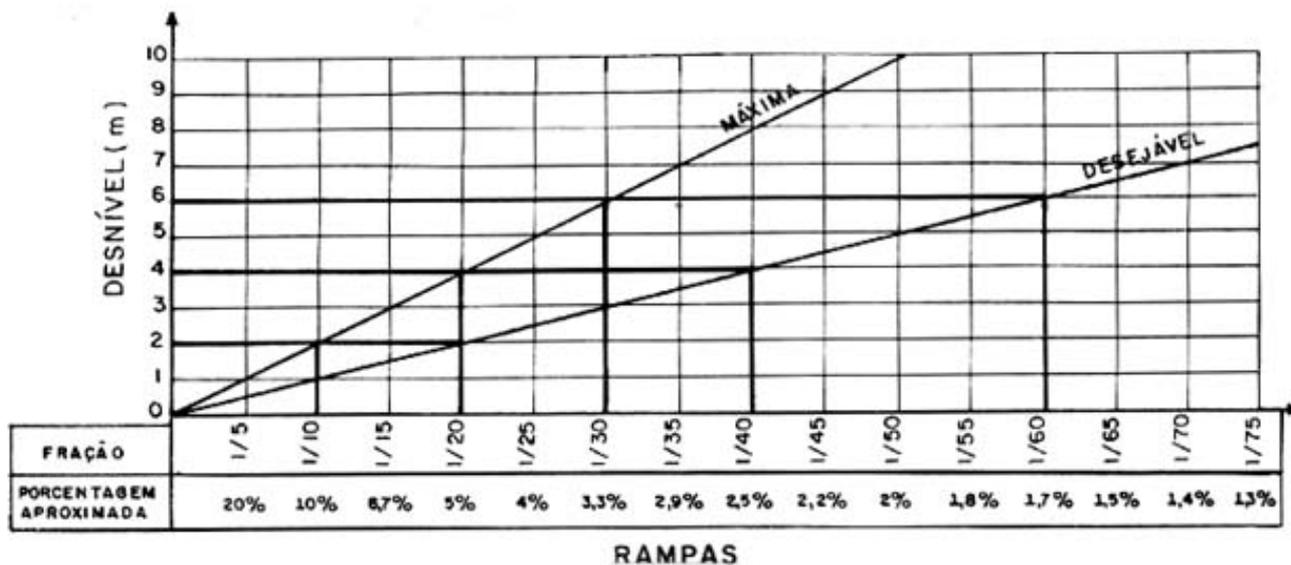


Fig. 29 - Gráfico de rampas.

Exemplos da aplicação da Figura 29 constam no quadro 2.

Quadro 2

DESNÍVEL A VENCER	RAMPA	
	Normal (desejável)	Máxima
2m	5,0%	10,0%
4m	2,5%	5,0%
6m	1,7%	3,3%

Fonte: GEIPOT

14. ESTACIONAMENTO

Deverão ser previstos estacionamentos de curta duração junto a bancos, estabelecimentos comerciais, órgãos públicos e outros locais definidos em projeto.

Os estacionamentos estão constituídos por peças independentes da canoa galvanizados, conforme Figura 30, ou de barras de ferro, Figura 31.

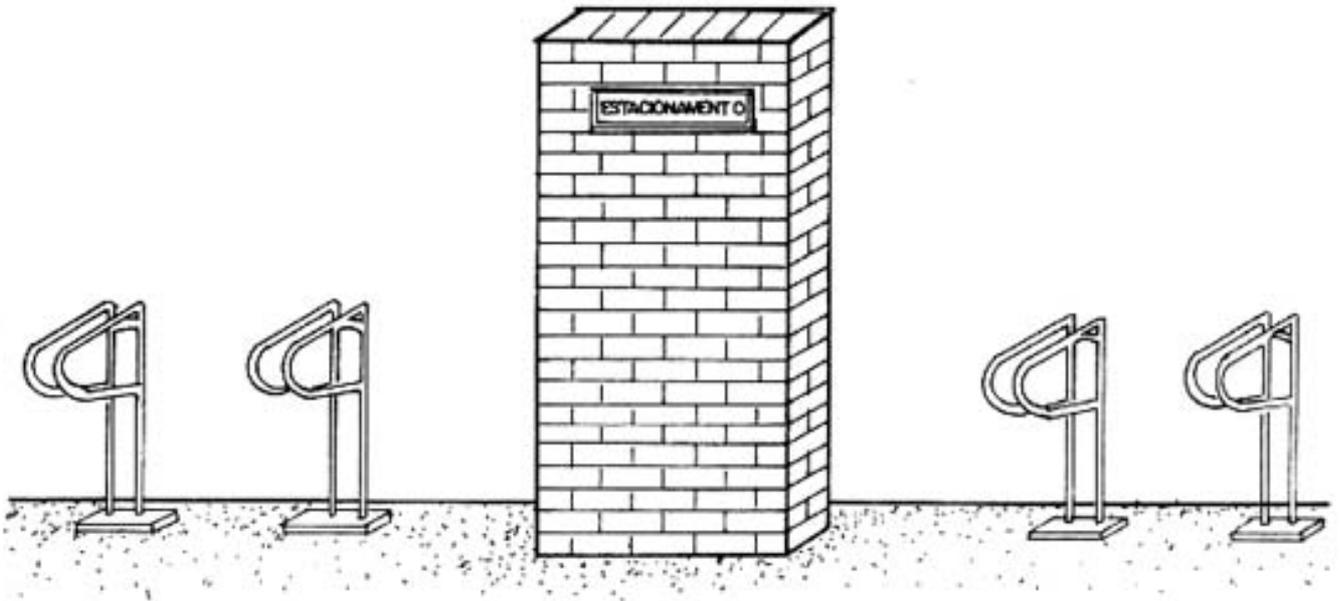


Fig. 30

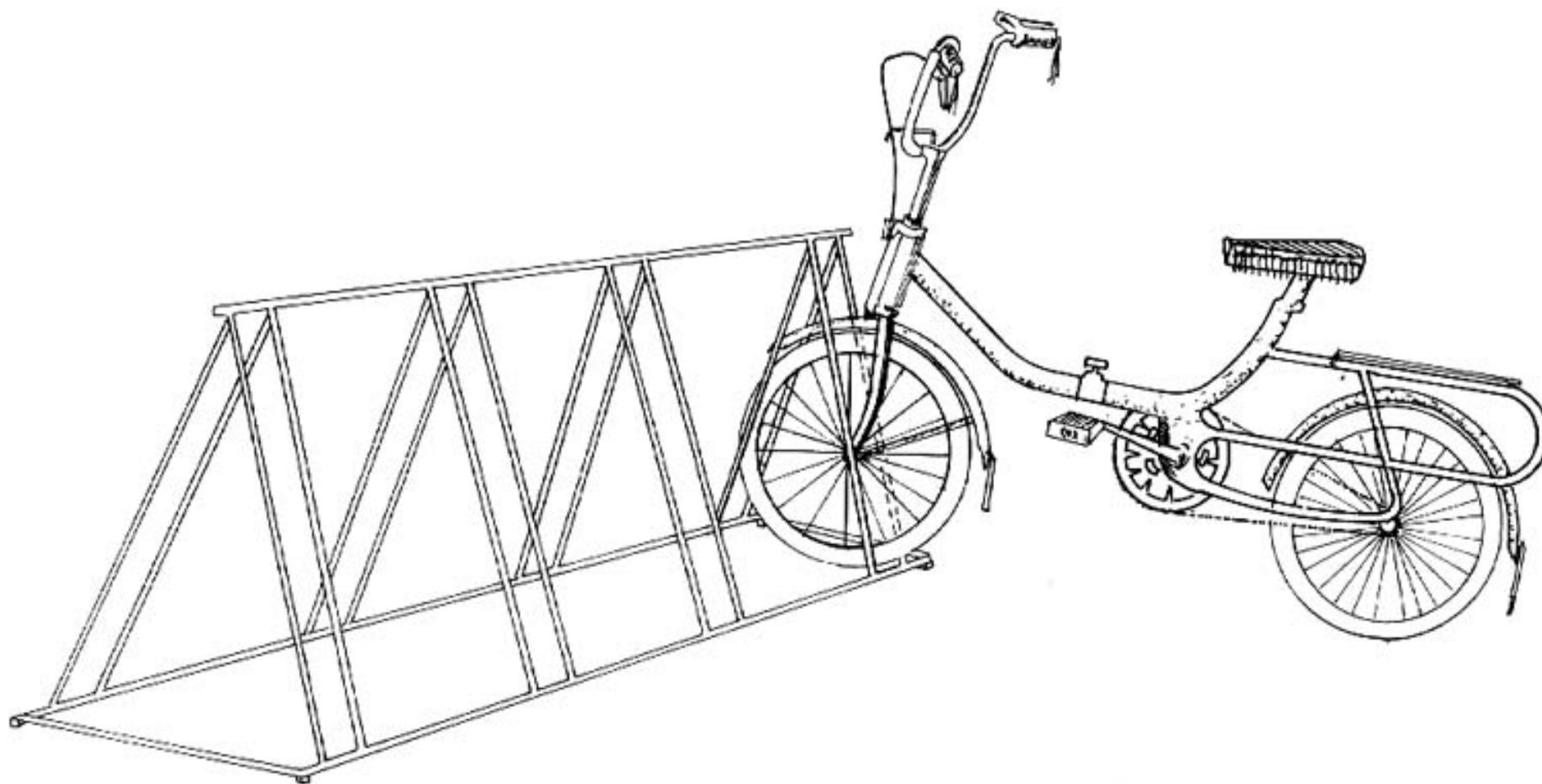


Fig. 31 - Estacionamento de curta duração

ANEXOS

ANEXO 1

DEFINIÇÕES DE TERMOS TÉCNICOS

ANEXO 1

DEFINIÇÕES DE TERMOS TÉCNICOS

Acostamento

É a parcela da área da plataforma adjacente à pista de rolamentos, objetivando permitir aos veículos acidentados, com defeito, ou cujos motoristas fiquem incapacitados de continuar dirigindo, um local mais seguro para estacionamento provisório.

Em rodovias de pista dupla, os acostamentos à direita do sentido de tráfego são denominados externos, e aqueles à esquerda, internos.

Capacidade

É o número máximo de veículos que poderá passar por um determinado trecho de uma faixa ou pista durante um período de tempo determinado, segundo determinadas condições existentes da rodovia e do tráfego.

Distância de Visibilidade de Parada

É a extensão da via à frente que o motorista deve poder enxergar para que, após ver um obstáculo que o obrigue à parada, possa imobilizar o veículo sem atingir o obstáculo.

Distância de Visibilidade de Ultrapassagem

É a extensão da via à frente que o motorista deve enxergar antes de iniciar uma ultrapassagem em via de duas faixas de tráfego, para assegurar a bem sucedida conclusão da manobra e a não interferência com veículo se aproximando em sentido oposto (também chamada distância dupla de visibilidade).

Distância Simples de Visibilidade

É a extensão da via que o motorista deve enxergar antes de uma ultrapassagem em vias com duas pistas.

Estradas Estaduais

São as que fazem parte do plano Geral Rodoviário do Estado. Podem ser rurais ou urbanas.

Estradas Vicinais

São as rodovias municipais. As rodovias estaduais Classe IV, têm também características de vicinais.

Rodovia com Controle Total de Acesso

É a rodovia na qual todas as interseções são em níveis diferentes.

Rodovia com controle Parcial de Acesso ou com Acesso Limitado

São aquelas em que é possível a implantação de acessos às instalações marginais, atendidos os requisitos normalizados.

Eixo

Linha de referência, cujo alinhamento seqüencial projetado no plano horizontal define o traçado em planta, ou seja, a ele são referidos os elementos planimétricos da via.

Faixa de Rolamento

É a faixa longitudinal da pista designada e projetada para uma fila de veículos em movimento contínuo.

É Também chamada de faixa de tráfego.

Faixa de Domínio

Área compreendendo a rodovia, suas instalações correlatadas, faixas adjacentes, legalmente delimitadas, de propriedade ou sob domínio ou posse de órgão rodoviário sobre o qual se estende sua jurisdição.

Greide

È uma linha longitudinal, ao longo do traçado da rodovia, constituída de rampas e curvas verticais parabólicas determinadas de acordo com a classe da rodovia.

Rampa

Declividade longitudinal do greide. Seu valor normalmente é dado pela tangente do ângulo formado com o plano horizontal.

PLATAFORMA

Parte da rodovia compreendida entre os pés de corte e/ou cristas de aterro, incluindo os dispositivos necessários á drenagem da pista.

Perfil de Terreno

Eixo nivelado antes da construção da estrada.

Pista de Rolamento

Parcela da área pavimentada da plataforma designada e projetada para utilização pelos veículos em movimento contínuo.

A maioria das rodovias estaduais está constituída, portanto, de uma pista com duas faixas de tráfego.

Regiões plana, ondulada e montanhosa.

O tipo da região pode ser definido considerando a média ponderada das rampas segundo o eixo da rodovia.

Neste caso:

Plana	:	0% < i ≤ 2,0%
Ondulada	:	2% < i ≤ 4,5%
Montanhosa	:	i > 4,5%

Superelevação

É a declividade em um único sentido que a pista é dotada nas curvas, com o objetivo de contrabalançar a atuação da força centrífuga.

Terceira Faixa (1)

São faixas ascendentes adicionais, auxiliares aos veículos mais vagarosos, pesados, nas zonas montanhosas.

(1) A terceira faixa é necessária em rodovias de pista simples, com duas faixas de tráfego, em zona montanhosa em que a baixa velocidade dos caminhões carregados obriga os veículos mais leves, ante a impossibilidade de ultrapassagem com segurança, a trafegarem em fila indiana atrás dos veículos lentos.

Velocidade Diretriz

É a velocidade selecionada para fins de projeto da via e que condiciona certas características da mesma, tais como: curvatura, superelevação e distância de visibilidade, das quais depende a operação segura e confortável dos veículos.

É a maior velocidade com que um trecho viário pode ser percorrido com segurança, quando o veículo estiver submetido apenas às limitações impostas pelas características geométricas.

É também chamada velocidade de projeto.

Velocidade Operacional

É a velocidade média geral mais alta, excluídas as paradas que o motorista pode viajar sem que exceda, em nenhum momento, a velocidade diretriz.

ANEXO 2

NÍVEIS DE SERVIÇO

ANEXO 2

NIVEIS DE SERVIÇO

O conceito de nível de serviço refere-se a uma avaliação qualitativa das condições de operação de uma corrente de tráfego, tal como é percebida por motoristas e passageiros.

Na consideração dos níveis de serviço, levam-se em conta os fatores de velocidade e tempo de viagem, liberdade de manobra, interrupção de tráfego e os aspectos de conforto ou comodidade e segurança.

São definidos seis (6) níveis de serviço para as vias com fluxo contínuo.

1) Nível de serviço A

Representa o fluxo de tráfego dito "livre", no qual os veículos não são afetados ou influenciados pela presença de outros veículos na corrente de tráfego. A liberdade para escolher a velocidade de percurso desejada é extremamente alta, podendo o motorista manobrar como quiser no trânsito.

2) Nível de Serviço B

A liberdade para escolher a velocidade desejada ainda não é muito afetada pelos veículos no trânsito, mas a possibilidade de executar manobras na corrente de tráfego sofre um declínio em relação ao **Nível de serviço A**. A sensação de conforto proporcionada pela viagem já é inferior, porque os demais veículos do fluxo começam a influenciar o comportamento individual.

3) Nível de Serviço C

A corrente de tráfego ainda pertence a uma faixa de fluxo considerada estável, mas assinala-se o início de uma situação em que as manobras individuais ficam sensivelmente afetadas pela interação, com outros veículos do trânsito. A escolha da velocidade de percurso já não é mais livre, ficando condicionada a presença dos demais veículos. Manobrar no trânsito requer uma atenção especial e o estado de conforto e comodidade declina bastante em relação aos níveis anteriores.

4) **Nível de Serviço D**

Refere-se a um fluxo com alta densidade de tráfego, contudo, ainda é considerado um fluxo estável. A escolha da velocidade de percurso e a possibilidade de executar manobras no trânsito sofrem grandes restrições, e a sensação de conforto e comodidade por parte dos usuários é muito pequena. Neste nível, qualquer acréscimo de veículos na corrente de tráfego causará problemas operacionais.

5) **Nível de Serviço E**

É o nível representativo da capacidade da rodovia. As velocidades ainda que sejam uniformes, são reduzidas a um valor bem baixo. A liberdade de executar operações de ultrapassagem, retornos, etc., fica extremamente restrita e haverá sempre a necessidade de outro veículo "dar passagem" para a execução dessas manobras. O sentido de frustração dos motoristas torna-se alto, enquanto a sensação de conforto e comodidade é extremamente baixa. Neste nível, as operações de tráfego torna-se instáveis, pois qualquer acréscimo no fluxo poderá causar sua parada total.

6) **Nível de Serviço F**

Esta condição de trânsito é para definir um fluxo forçado ou congestionado. Surge sempre o volume de tráfego supera a quantidade limite capaz de ser absorvida pela via em determinado ponto. Nesta situação forma-se combois bem típicos, cuja operação caracteriza-se no fenômeno "para e segue", em um trânsito instável. Os veículos poderão até percorrer pequenos trechos de alguns metros com velocidades consideradas razoáveis, mas, em seguida, deverão parar completamente; o fenômeno, neste nível, repetir-se a ciclicamente.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A figura 1 dá idéia dos diversos níveis de serviço.

O nível de serviço de uma rodovia deverá ser calculado de acordo com os critérios do "HCM - Highway Capacity Manual" (1985), considerando também o trabalho publicado pelo DER/MG "Capacidade e Nível de Serviço de Rodovias de Pista Simples, segundo os conceitos e procedimentos expressos no HCM - 85" de Jayme Dicker (1986).



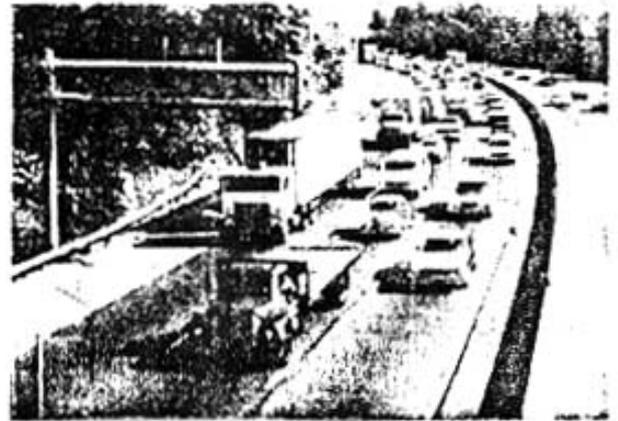
Nível A



Nível D



Nível B



Nível E



Nível C



Nível F

ANEXO 3

TERCEIRA FAIXA

ANEXO 3

**FAIXA ADICIONAL PARA VEÍCULOS LENTOS NAS RAMPAS ASCENDENTES.
(3ª FAIXA)**

1. Introdução

Este anexo se refere ao projeto de 3ª faixa nas rampas ascendente de comprimento superior ao "comprimento crítico da rampa"; e está baseado no trabalho publicado pelo engenheiro Cid Barbosa Lima do DER-SP.

2. Comprimento Crítico da Rampa

Como "comprimento crítico da rampa" deve-se entender o comprimento máximo no qual um caminhão carregado pode operar sem demasiada redução de velocidade.

Os valores dos "comprimentos críticos da rampa" estão apresentados no Quadro 1.

Quadro 1 - comprimento crítico da rampa (m)

GREIDE	RAMPA PRECEDIDA DO TRECHO	
	PLANO	DESCENDENTE
7%	180	240
6%	210	270
5%	240	330
4%	330	450
3%	480	660

Os valores obtidos foram determinados considerando-se um caminhão padrão de 20 toneladas e diminuição permissível da velocidade de aproximadamente 25 km/h nos casos em que a rampa é precedida de trecho horizontal, e de 35 km/h nos casos em que a rampa é precedida de rampa descendente.

Recomenda-se prover a rampa, cujo comprimento exceda o comprimento crítico, isto é, quando seu comprimento causa redução de 25 km/h ou mais na velocidade dos caminhões carregados, de uma faixa adicional para veículos lentos à margem direita da rampa ascendente, desde que, entretanto, o volume de trânsito e a porcentagem de caminhões pesados justifiquem o seu custo.

Em rampas com comprimento inferior ao crítico, ao atrasos causados pelos caminhões são considerados pouco significativos para qualquer volume de trânsito, e em estradas de baixos volumes ocasionalmente um ou outro carro é atrasado, não obstante o comprimento da rampa ser maior que o crítico, razão pela qual não se justifica, nesses casos, a implantação de faixa adicional.

3. Capacidade de Projeto de Rampa

- (1) A justificativa para a adoção de faixa adicional, onde o comprimento crítico da rampa é excedido, é feita com base na capacidade da estrada.
- (2) O efeito dos caminhões sobre a capacidade é dada pela diferença entre a velocidade dos caminhões e a velocidade de operação dos carros de passageiros na estrada.
- (3) As dimensões dos caminhões e suas características mecânicas influem no espaço que ocupam na corrente de trânsito, razão pela qual, mesmo em greides em nível, o caminhão ocupa duas vezes o espaço de um carro de passageiros, em que pese o fato dos caminhões terem então quase a mesma velocidade que os carros de passageiros.
- (4) A diferença de velocidade entre os carros de passageiros e os caminhões cresce no caso de rampas ascendentes longas. Então a equivalência de carros de passageiros de um caminhão cresce notadamente. Nos trechos em nível ou descida essa equivalência é de 2,5 carros de passageiros. Nas rampas o efeito dos caminhões é muito mais severo.
- (5) A determinação da capacidade de projeto em uma rampa é feita com base na velocidade do caminhão na rampa e na velocidade de operação de todo o trânsito, determinando-se equivalência do caminhão em carros de passageiros. Vide Quadro 2.
- (6) A velocidade média do caminhão é determinada, preliminarmente, pelo Quadro 3, em função do greide (3% a 7%) e do comprimento da rampa (160 a 9650m).
- (7) Com a utilização dos Quadros 2 e 3 determina-se o fator de equivalência do caminhão na rampa em questão.
- (8) Toma-se a seguir a capacidade de projeto (expressa em veículo de passageiro) indicada no Quadro 4, em função da porcentagem das distâncias com visibilidade menor que 450 metros, sobre a extensão da estrada em estudo e da velocidade de operação média e da velocidade diretriz (velocidade do projeto).

Quadro 2 - Número de carros de passageiros equivalentes a um caminhão nas rodovias de duas faixas.

VELOCIDADE DO CAMINHÃO (km/h)	VELOCIDADE DE OPERAÇÃO DO CARRO DE PASSAGEIRO		
	56 a 64 km/h	64 a 72 km/h	72 a 80 km/h
56	2,5	2,7	3,0
48	3,0	4,9	5,0
40	5,0	7,6	8,5
32	8,8	11,7	13,9
24	15,0	18,7	22,9
16	25,2	32,5	40,5
8	50,0	75,0	94,5

Quadro 3 - Velocidade média do caminhão padrão em rampa (km/h).

COMPRIMENTO DE RAMPA (m)	GREIDE				
	7%	6%	5%	4%	3%
161	52,5	54,7	56,6	58,1	60,0
322	34,4	41,5	47,1	51,0	55,7
644	19,0	23,3	29,3	37,7	45,7
965	16,4	20,0	23,9	29,8	39,6
1287	15,3	18,5	22,0	26,7	35,2
1609	14,8	17,7	21,1	25,3	32,8
2414	14,2	16,9	19,8	23,5	30,1
3218	13,7	16,4	19,1	22,7	28,8
4827	13,5	16,1	18,7	21,9	27,8
6430	13,4	15,8	18,5	21,6	27,2
8045	13,2	15,8	18,3	21,4	26,9
9654	13,2	16,6	18,2	21,2	26,7
Velocidade sustentada	12	15,3	17,7	20,6	25,7

Quadro 4 - Capacidade de projeto nas duas direções, nas estradas de duas faixas, em veículos de passageiros/hora.

RESTRIÇÃO DE VISIBILIDADE (*)	VELOCIDADE DE OPERAÇÃO MÉDIA DE		
	56 A 64 km/h	64 a 72 km/h	72 a 80 km/h
	Velocidade de projeto de 64 km/h		
0	1.200	-	-
20	1.070	-	-
40	900	-	-
60	720	-	-
80	400	-	-
	Velocidade de projeto de 80 km/h		
0	1.450	1.010	-
20	1.340	900	-
40	1.200	770	-
60	1.050	620	-
80	900	440	-
	Velocidade de projeto de 96 km/h		
0	1.500	1.150	900
20	1.410	1.050	810
40	1.320	930	700
60	1.220	810	585
80	1.110	680	480
	Velocidade de projeto de 104 ou 112 km/h		
0	1.500	1.150	900
20	1.450	1.120	860
40	1.400	1.070	800
60	1.350	920	720

(*) Porcentagens das distâncias, com visibilidade menor que 450 m, calculadas sobre a extensão da estrada em estudo.

- (9) Finalmente ajusta-se essa capacidade para a porcentagem de caminhões e para o caso específico da rampa, com a utilização do fator de equivalência obtido através dos Quadros 2 e 3. Este fator deve ser reajustado em função da distribuição direcional (D) para os veículos que sobem e descem pela fórmula:

$$J = 2,5 (1 - D / 100) + f \cdot D / 100$$

Onde:

J = equivalente em veículos de passageiros de um caminhão médio subindo e descendo em estradas de duas faixas
 D = distribuição direcional, expressa em %
 F = fator de equivalência obtido dos Quadros 2 e 3.

- (10) o ajuste da capacidade para o caso da rampa e da frequência é feito pela fórmula:

$$C = \frac{100 \times \text{capacidade do quadro 4}}{100 \times T (j-1)}$$

onde:

C = Capacidade de projeto nas rampas em ambas as direções
 T = porcentagem de caminhões

- (11) Os carros de passageiros, assim, são capazes de manter a velocidades de operação que utilizamos no uso dos quadros, desde que o volume de trânsito não exceda a essa capacidade de projeto na rampa.

(12) Os usuários toleram alguma redução na liberdade de operação das rampas, desde que não seja excessiva e que seja equilibrada por melhores condições ao longo da estrada. O volume na rampa pode exceder em 20% o volume de projeto da rampa, dado prático que assegura seja o volume sempre inferior á capacidade possível da rampa.

- (13) Assim, caso o volume seja maior que 120% da capacidade de projeto da rampa, justifica-se o melhoramento do projeto com a instalação da faixa adicional onde o comprimento crítico da rampa é excedido.

(14) Uma análise detalhada na forma acima descrita á atualmente recomendada pela AASHTO, quando se cogita da instalação de faixas adicionais. Apresentamos, no entanto, a seguir um quadro (Quadro 5) de volumes horários com valores próximos aos antes fixados pela própria AASHTO e que poderão servir juntamente com o quadro de comprimentos críticos das rampas (Quadro 1) como orientação preliminar:

Quadro 5 - Volumes Horários

PORCENTAGEM DOS CAMINHÕES (T)	VOLUME HORÁRIO MÍNIMO
5	450
10	300
15	250
20	200
25	170
30	150
35	130
40	120
45	110
50	100

O Quadro 5 fornece as condições mínimas que justificam o emprego de faixa adicional de subida em estradas de pista simples, de 2 faixas, quando o comprimento crítico da rampa é excedido

Os volumes desse quadro correspondem a um fator 12 de equivalência para os caminhões e a uma capacidade na estrada da ordem de 600 vph.

4. Procedimento para Cálculo Justificativo da 3ª faixa, em rodovias com uma pista e duas faixas de tráfego

Duas condições têm que ser satisfeitas:

4.1 Primeira condição: Comparação do comprimento da rampa com a "rampa crítica"

O Quadro 1 indica o comprimento crítico da rampa. Se este é excedido pelo comprimento da rampa em questão está satisfeita a 1ª condição para a implantação da 3ª faixa.

4.2 Segunda condição: Comparação do vph com a capacidade da rampa

O Quadro 3 indica a velocidade média do caminhão para o greide e a extensão da rampa em questão.

O Quadro 2 fornece o fator de equivalência do caminhão em carros de passageiros (f).

$$\text{Calcula-se } j = 2,5 (1 - D / 100) + f \cdot D / 100$$

Onde:

J = equivalente em veículos de passageiros de um caminhão médio subindo e descendo em estradas de duas faixas.

D = distribuição bidirecional, expressa em %

F = fator de equivalência (Quadros 2 e 3)

O Quadro 4 indica a capacidade de projeto (p) expressa em veículos de passageiros por hora.

A capacidade (p) é ajustada para a rampa e a porcentagem de caminhões (T) pela fórmula:

$$C = \frac{100 \times P}{100 + T (j-1)}$$

onde:

C = capacidade de projeto da rampa em ambas as direções (veic/h)
Este valor é majorado da seguinte forma:

$$C = 1,20 \times C$$

A 2ª condição é de que o volume horário exceda o valor C.

CONCLUSÃO: satisfeitas as duas condições, comprimento da rampa maior que o comprimento crítico e a demanda horária de projeto maior que a capacidade da rampa (C), justifica-se a adoção da 3ª faixa.

1° exemplo

Em uma estrada de duas faixas, isto é, de pista única com as seguintes características geométricas de trânsito:

Velocidade de projeto	= 80 km/h
Velocidade de operação	= 60 km/h
Porcentagem de visibilidade inferiores a 450m sobre a extensão da estrada em estudo	= 40
Demanda na hora de pico	= 300 veíc./hora
Porcentagem de caminhões nessa hora de pico	= 45%
Distribuição direcional na hora de pico	= 60%

Uma rampa, precedida de trecho plano, tem 350m de comprimento em greide de 5%. Verificar se é justificado prover essa rampa de faixa adicional para veículos lentos.

RESOLUÇÃO

Verificação da 2ª Condição

Pelo quadro 3, com os dados comprimento da rampa = 350m e greide = 5%, tem-se:

Velocidade média do caminhão na rampa = 45,3 km/h

Pelo quadro 2 tem-se, para a velocidade do caminhão = 45,3 km/h; velocidade de operação dos carros de passageiros = 60 km/h; e $f = 3,7$.

Aplicando-se a fórmula:

$$J = 2,5 (1 - D / 100) + f \cdot D / 100$$

tem-se:

$$j = 2,5 \times 0,4 + 3,7 \times 0,6$$

$$j = 3,22$$

Do quadro 4 tira-se, entrando-se com a restrição de visibilidade de 40% e velocidade de operação média de 60 km/h e velocidade diretriz de 80 km/h, o seguinte valor:

$$P = 1.200 \text{ veículos de passageiros/hora}$$

Aplicando-se a fórmula:

$$C = \frac{100 \times P}{100 + T (j-1)}$$

tem-se:

$$C = 600 \text{ veículos/hora}$$

Aplicando-se a fórmula:

$$C' = 1,20 \times C$$

tem-se:

$$C' = 1,20 \times 600$$

$$C' = 720 \text{ veículos/hora}$$

Sendo o volume horário = 300 inferior ao valor $C' = 720$ a 2ª condição não é satisfeita, não se justificando, assim, a construção da terceira faixa.

2º exemplo

Mesmos dados do exemplo anterior, salvo extensão da rampa que é de 1.000 metros.

Resumindo-se:

Velocidade de projeto = 80 km/h

Velocidade de operação = 60 km/h

Restrição de visibilidade = 40%

Demanda na hora de pico = 300 veículos/hora

T = 45%

D = 60%

Greide = 5%

Rampa = 1.000 metros

RESOLUÇÃO

Verificação da 1ª Condição

A rampa = 1.000 metros é maior que o comprimento crítico da rampa = 240 metros (quadro 1).

Verificação da 2ª Condição

Do quadro 3 tem-se a velocidade do caminhão = 23,7 km/h.

Do quadro 2 tem-se $f = 15,4$.

Cálculo de j

$$J = 2,5 \times 0,4 + 15,4 \times 0,6 = 10,2$$

Do quadro 4 tem-se:

$$P = 1.200 \text{ veículos/hora}$$

Cálculo de C

$$C = \frac{100 \times 1200}{100 + 45 (x 10,2)} = 215$$

Cálculo de C'

$$C' = 215 \times 1,2 = 258$$

Como a demanda = 300 veículos/hora é maior que $C' = 258$ veículos/hora justifica-se a construção de faixa adicional nessa rampa.

5. Considerações Gerais sobre a 3ª faixa

5.1 Início da 3ª faixa

O ponto a partir do qual a faixa adicional deve ser instalada depende da velocidade com que o caminhão se aproxima da rampa e da extensão das restrições de visibilidade na aproximação.

Quando não existem restrições causando velocidades baixas de aproximação a 3ª faixa pode ser instalada além do início da rampa quando a velocidade, baixando, atinge o valor de 48 km/h.

Para qualquer velocidade de aproximação, verifica-se qual a perda de velocidade até 48 km/h. Com o valor desta perda e do greide, tem-se, pela Figura 1, a distância do início da rampa, até o início da instalação da faixa adicional.

Admitindo-se uma condição de aproximação do caminhão na velocidade de 73 km/h, a perda de 25 km/h reduz a velocidade a 48 km/h, velocidade da máxima capacidade. Se o greide for de 4% o ponto do início da rampa situar-se a 330m, Fig. 1.

A distância do ponto de início da rampa ascendente ao ponto de início da terceira faixa constitui o comprimento crítico da rampa, determinado conforme exposto. O ponto de início do comprimento crítico é determinado de acordo com os seguintes critérios:

a) a rampa ascendente em análise é precedida de trecho em nível:

- a estaca do ponto de início da rampa coincide com a estaca do PIV das duas rampas em pauta.

b) a rampa ascendente em análise é precedida de uma rampa descendente:

- o ponto de início da rampa ascendente se situa eqüidistante do ponto baixo da curva vertical côncava de concordância das duas rampas em foco e do término no sentido ascendente dessa curva vertical. Sua posição é obtida empregando as expressões a seguir:

$$d = \frac{L * i_2}{2(i_2 - i_1)} \text{ ou } \frac{K * i_2}{2}$$

onde:

d = distância do ponto considerado como início da rampa ao término da curva vertical de concordância das rampas em foco (m)

L = comprimento da curva vertical (m)

I_2 = valor algébrico do greide da rampa ascendente (%)
 I_1 = valor algébrico do greide da rampa descendente (%)
 K = parâmetro de curvatura da parábola de concordância (m)

Por razões de ordem prática, a estaca a estabelecer para o ponto de início da terceira faixa deverá, preferivelmente, coincidir com uma estaca inteira ou inteira + 10m, sendo sempre antecedida taper adequado. As demais, poderá ser conveniente em alguns casos deslocar rampa acima ou abaixo o ponto de início, conforme necessário para proporcionar uma visibilidade adequada aos motoristas.

5.2 Fim da 3ª Faixa

É desejável que a faixa adicional no término funcione também como uma faixa de aceleração, e termine em um ponto além da crista, no qual o caminhão atinja a velocidade de 48 km/h. Em virtude da longa distância necessária, isso pode não ser praticável em certos casos.

Um método prático seria a determinação do ponto onde o caminhão pode retornar à faixa normal da estrada sem perigo, quando a distância de visibilidade permite a passagem acrescentando-se a esta distância 60 metros correspondente ao taper.

Tendo em vista a existência de curvas verticais de concordância no final de todas as rampas, que influem sobre o desempenho dos caminhões, medem-se as distâncias de aceleração, por simplicidade, a partir de um ponto situado antes do término da curva vertical, de acordo com os seguintes critérios:

a) a rampa ascendente em análise é seguida de uma rampa descendente:

- medem-se as distâncias de aceleração a partir do ponto alto (topo) da curva vertical, cuja posição é dada pelas expressões a seguir:

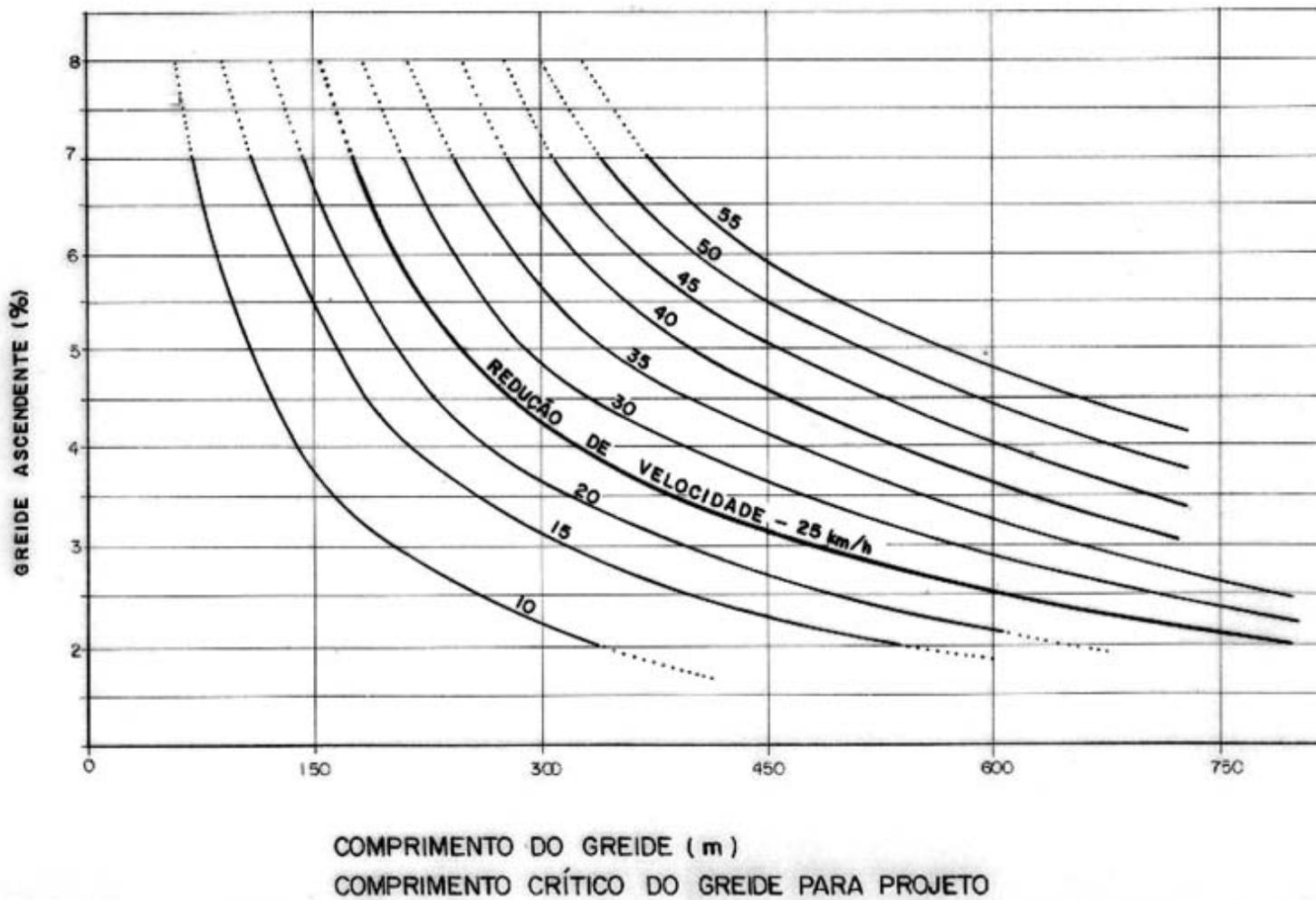
$$d = \frac{L * i_2}{2(i_3 - i_2)} \text{ ou } K * i_2$$

onde:

d = extensão desde o início da curva vertical (no sentido ascendente) até seu topo (ponto alto) (m)

L = comprimento da curva vertical (m)

Figura 1



i_2 = valor algébrico do greide da rampa ascendente (%)

i_3 = valor algébrico do greide da rampa seguinte (%)

K = parâmetro de curvatura da parábola de concordância (m)

b) a rampa ascendente da análise é seguida por uma rampa ascendente ou um trecho em nível:

– medem-se as distâncias de aceleração a partir do PIV das rampas em foco.

No Quadro 6 são apresentadas as distâncias de aceleração que podem ser utilizadas como orientação levando em consideração as observações existentes.

Na Fig. 2 esta representada graficamente a localização de terceira faixa.

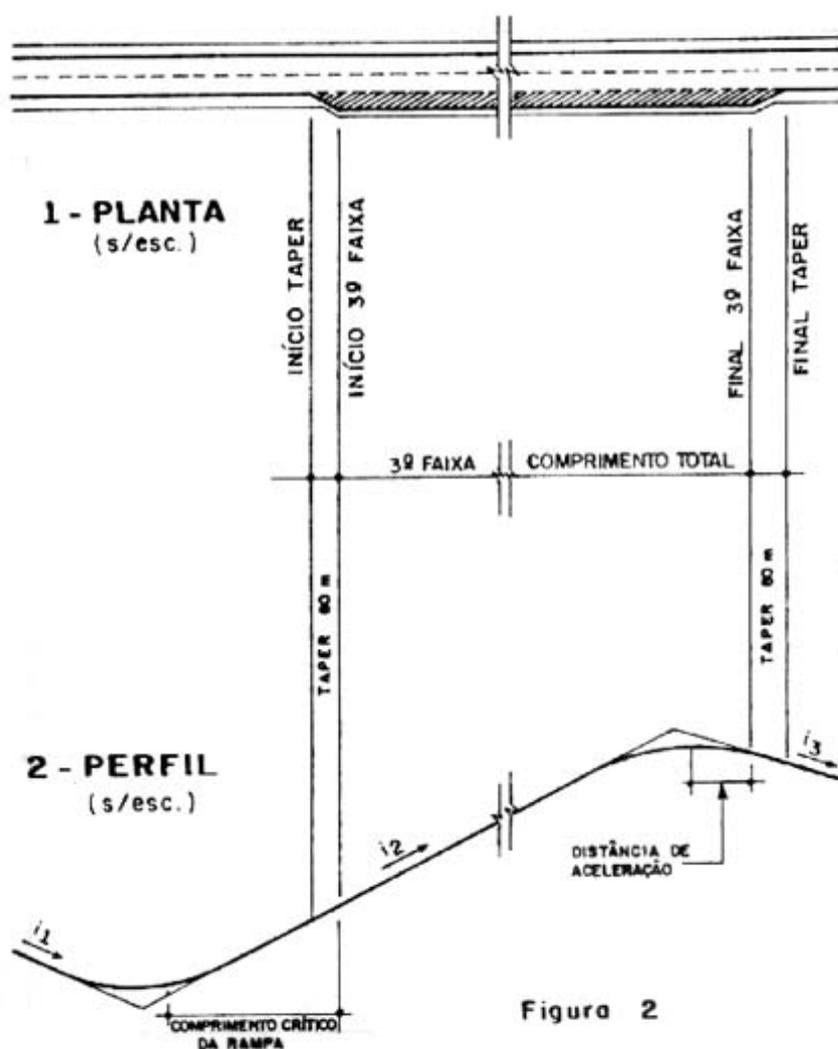


Figura 2

Quadro 6 - Distâncias de aceleração

GREIDE	VELOCIDADE DE SUSTENTAÇÃO DOS CAMINHÕES (km/h)	DISTÂNCIA EM METROS A PARTIR DO TOPO DA CURVA VERTICAL ATÉ O FINAL DA TERCEIRA FAIXA (EXCLUINDO TAPER), QUANDO A RAMPA SEGUINTE FOR:								
		-6%	-5%	-4%	-3%	-2%	-1%	0%	+1%	+2%
3,0	33	50	50	50	55	60	75	190	190	420
3,5	29	50	50	55	65	80	100	260	260	530
4,0	26	50	55	65	75	95	125	300	300	610
4,5	23	55	60	70	85	105	140	330	330	660
5,0	21	55	65	75	90	115	155	350	350	710
5,5	19	60	65	80	95	120	165	360	360	730
6,0	18	60	70	85	100	130	170	365	365	740
6,5	17	60	70	90	110	140	175	370	370	750

- Obs:
- 1 - As distâncias foram calculadas de modo a permitir que os caminhões acelerando atinjam 40 km/h.
 - 2 - Este quadro deve ser usada somente nos casos em que a distância de visibilidade for suficiente para permitir a ultrapassagem com segurança.
 - 3 - O taper recomendado para o final da terceira faixa é de 60 m
 - 4 - Os valores do quadro derivam das curvas de desempenho do caminhão representativo.

5.3 Seção Transversal

A largura da faixa não deve ter menos de 3,00m (de preferência 3,50 metros).

A faixa adicional deve merecer sinalização adequada e não necessita de superelevação pronunciada, pois o movimento sobre ela é lento.

O acostamento não precisa, ser tão amplo quanto o acostamento geral da estrada. Recomenda-se a largura de 1,20m.

6. Estradas Divididas

Nas estradas divididas as faixas adicionais para veículos lentos na pista ascendente não são usadas com frequência. E que normalmente nas rodovias rurais divididas as demandas não são suficientemente altas para justificá-las, acrescentando notar que não existe o mesmo impedimento psicológico e físico de ultrapassagem existente nas estradas de 2 faixas.

Tendo em vista que normalmente as estradas são projetadas para demandas futuras, de 10 anos, será pequena a probabilidade de justificar-se a implantação imediata de faixa adicional de subida, mesmo dentro de vários anos, após sua construção, mesmo quando a faixa adicional for justificada para as horas de pico do ano de projeto. Neste caso há vantagem econômica em projetar-se para mais tarde a construção da faixa, reservando-se o espaço necessário, que será pequeno, pois somente um acostamento estreito é necessário ao lado da faixa de subida.

6.1 Comprimento da Rampa

As faixas de subida não são justificadas em qualquer estrada a não ser que o comprimento da rampa exceda o comprimento crítico indicado no Quadro 1.

6.2 Capacidade da Rampa

Nas estradas divididas os fatores de equivalência em carros de passageiros, dos caminhões, não são tão conhecidos como os referentes a estradas de duas faixas, mas é geralmente admitido que os caminhões em estradas divididas tem menor efeito, prejudicam menos a circulação dos veículos do que nas estradas de duas faixas.

Admitindo-se que o efeito dos caminhões sobre estradas divididas é aproximadamente 80% daquele sobre as de duas faixas, elaborou-se o Quadro 7.

Quadro 7 – Equivalência, em carros de passageiros, do caminhão na rampa de estradas divididas (*)

VELOCIDADE DO CAMINHÃO Km/h	NÚMERO DE CARROS DE PASSAGEIROS EQUIVALENTE A UM CAMINHÃO
64	2,0
56	2,5
48	4,0
40	7,0
32	11,0
24	18,0
16	30,0

(*) Velocidade de operação média dos carros de passageiros de 72 á 80 km/h

Os valores de capacidade por faixa, indicados no Quadro 8, são utilizados no cálculo das capacidades das estradas divididas para fins de justificação da necessidade de faixa adicional de subida.

Quadro 8 – Capacidade de projeto por faixa nas estradas divididas

TIPO DE ESTRADA	VEÍCULOS DE PASSAGEIROS POR HORA
Vias expressas suburbanas	1.200
Vias expressas ou auto-estradas rurais	1.000
Rodovias principais	800

A capacidade é determinada para as faixas no sentido da subida com base na porcentagem de caminhões no referido sentido e durante as horas de pico.

O ajuste da capacidade para o caso da rampa e da frequência de caminhões é feito pela fórmula:

$$C = \frac{100 \times \text{cap. do Quadro 8} \times \text{n}^\circ. \text{ faixa sent. da subida}}{100 + T (j-1)}$$

onde:

C = capacidade de projeto
 T = porcentagem de caminhões
 j = fator de equivalência de carros de passageiros para os caminhões, em rampa.

Assim, os carros de passageiros serão capazes de manter, na rampa em questão, a velocidade de operação indicada pelo Quadro, desde que o volume de trânsito não exceda a essa capacidade na rampa.

Um valor maior para essa capacidade deve ser adotado, visto que os usuários toleram um maior grau de congestionamento em rampas particulares do que ao longo da estrada. No caso das estradas de duas faixas o fator de 120% foi adotado para refletir essa tolerância. Nas estradas divididas essa porcentagem (20%) pode ser maior em virtude de diversos fatores entre os quais a relativa liberdade de movimento para a faixa esquerda. E adotado o valor de 130%, do que resultará capacidade inferior i possível.

6.3 Procedimento para a Cálculo justificativo da 3° faixa em rodovias divididas.

6.3.1 Primeira condição.

Procede-se do mesmo modo referido no item 4.1.

6.3.2 Segunda condição

O Quadro 2 indica a velocidade media do caminhão para o greide e a extensão da rampa em questão.

O Quadro 7 fornece o fator de equivalência do caminhão em carros de passageiros (f).

Para as estradas divididas $j = f$, pois só interessa a movimento no sentido ascendente da rampa.

O Quadro 8 indica a capacidade de projeto (P) em veículos de passageiros por hora.

A capacidade (P) é ajustada para a rampa e a porcentagem de caminhões (T) pela fórmula:

$$C = \frac{100 * N * P}{100 + T(j - 1)}$$

onde:

C = capacidade de projeto para as N faixas na direção de subida da rampa (em veículos/hora).

Majora-se este valor da seguinte forma:

$$C' = 1,30 * C$$

A 2ª condição é a de que o volume horário exceda o valor C'.

CONCLUSÃO: Satisfeitas as duas condições: comprimento da rampa maior que o comprimento crítico e demanda horária de projeto maior que a capacidade da rampa (C'), justifica-se a 3ª faixa.

1º Exemplo

Uma via rural expressa de duas pistas, cada pista com duas faixas, tem as seguintes características de fluxo:

Volume horário de pico = 300 veículos/hora em uma direção.

Porcentagem de caminhões nessa hora = 50%.

Distribuição direcional nessa mesma hora = 65%.

Uma rampa, precedida de trecho em nível, de 6% tem a extensão de 1.300 metros.

Verificar se é justificado prover-se rampa adicional para caminhões.

RESOLUÇÃO

Verificação da 1ª Condição

Verificação da rampa de 1.300 metros é maior que o comprimento crítico da rampa = 210 metros (Quadro 1).

Está satisfeita a 1ª condição.

Verificação da 2ª Condição

Do Quadro 2 tem-se:
Velocidade do caminhão = 18,4 km/h

Do Quadro 7 tira-se o valor $f = 26$
Para estradas divididas tem-se:
 $j = f = 26$

Do Quadro 8 tem-se:
 $P = 1.000$ veículos/hora/faixa
Aplicando-se a fórmula:

$$C = \frac{100 * N * P}{100 + T(j - 1)}$$

tem-se:

$$C = \frac{100 * 2 * 1.000}{100 + 50(26 - 1)}$$

$$C = 148 \text{ veículos/hora}$$

Aplicando-se a fórmula:
 $C' = 1,30 \times C$

tem-se :

$$C' = 1,30 \times 148$$

$$C' = 192 \text{ veículos/hora.}$$

Sendo o volume horário na direção única de subida de 360 veículos/hora está excedido o valor C' razão pela qual a 2ª condição está também satisfeita. Há, conseqüentemente, necessidade da faixa adicional para subida, dos caminhões lentos.

6.4 Considerações Gerais Sobre a 3ª Faixa nas Rodovias divididas

6.4.1 Início da 3ª faixa

Procede-se do mesmo modo referido no item 5.1.

6.4.2 Fim da faixa adicional

Procede-se do mesmo modo referido no item 5.2.

6.4.3 Seção transversal

A largura da faixa não deve ser menor que 3,00m e de preferência 3,50m.

A faixa adicional deve merecer sinalização adequada e não necessita de superelevação pronunciada, pois o movimento sobre ela é lento.

O acostamento não precisa ser tão amplo quanto o acostamento geral da estrada; recomenda-se a largura de 1,20m.

A faixa de subida nas estradas divididas é usualmente implantada no lado externo, a direita da estrada. Contudo quando há um canteiro central largo o pavimento pode ser alargado á esquerda, sobre o canteiro central, para uso dos veículos rápidos, sendo a faixa de trânsito direto, adjacente ao acostamento, convertida em faixa para veículos lentos. Desta forma, em lugar de se implantar uma faixa adicional para veículos lentos, implanta-se uma faixa adicional de ultrapassagem. Esta solução apresenta a vantagem de que a mudança de faixa será feita mais rapidamente por veículos mais manobráveis que os caminhões, e o inconveniente de exigir sinalização cuidadosa, envolvendo operações de veículos com maior velocidade.

ANEXO 4

VEÍCULOS DE PROJETO

1. Introdução

As características dos veículos de projeto condicionam diversos aspectos do dimensionamento geométrico e estrutural de uma via. Assim, por exemplo:

- a largura do veículo adotado influencia a largura da pista de rolamento, dos acostamentos e dos ramos das interseções;
- a distância entre eixos influi no cálculo da superlargura das pistas principais e na determinação da largura e dos raios mínimos internos e externos das pistas dos ramos das interseções;
- o comprimento total do veículo influencia a largura dos canteiros, a extensão de faixas de espera, a capacidade da rodovia e as dimensões de estacionamentos;
- a relação peso bruto total/potência relaciona-se com o valor da rampa máxima admissível, participa na determinação da necessidade de faixa adicional de subida (terceira faixa) e, para efeitos de capacidade, na equivalência em unidades de carros de passeio;
- o peso bruto admissível dos veículos, conjugado com a configuração dos eixos e a posição do centro de gravidade, influi no dimensionamento do pavimento, nos separadores rígidos e defensas;
- a altura admissível para os veículos condiciona o gabarito vertical sob redes aéreas e viadutos e o greide destes. Idem, quanto a túneis e sinalização vertical e semáforos.

As demais, outras características que afetam a dirigibilidade do veículo, tais como, desempenho quanto a aceleração e desaceleração, resposta (sensibilidade) das rodas dianteiras ao giro do volante, sistema de suspensão, frequência de vibração do conjunto suspensão-massa do veículo, altura dos faróis, etc., que pertencem ao campo específico da Engenharia Mecânica, também influenciam e são influenciadas pelo projeto da rodovia, embora de forma menos conhecida e de determinação mais difícil.

2. Veículos de Projeto

Projetar uma rodovia para um determinado veículo de projeto significa em termos gerais, proporcionar a todos os veículos (com características ou dimensões iguais ou mais favoráveis que as do veículo de projeto adotado) condições operacionais iguais ou mais favoráveis do que aquelas a que estaria sujeito o veículo de projeto. Isso não significa que determinados veículos (e que, por definição, representam uma parcela muito pequena do tráfego), com características ou dimensões mais desfavoráveis que as do veículo do projeto adotado, fiquem impossibilitados de percorrer a rodovia (pistas principais, marginais, interseções, acessos, etc.); significa principalmente que estarão sujeitos em algumas situações a condições operacionais menos favoráveis do que as mínimas estabelecidas. Essas condições representam um padrão mínimo de dirigibilidade e conforto de viagem julgado adequado (p ex., velocidades em rampas; afastamento dos bordos ou meios-fios de ramos de interseções ou mesmo a possibilidade de ultrapassagem de um veículo imobilizado; velocidade e dirigibilidade em ramos ou curvas de concordância com raios pequenos, etc.), sem demoras e inconveniências que possam ser consideradas excessivas.

O veículo de projeto a ser escolhido deverá abranger e cobrir os veículos representativos da frota que irá utilizar a rodovia, de modo que a participação dos veículos remanescentes com características mais desfavoráveis que as do veículo de projeto seja reduzida ao mínimo e os efeitos adversos consequentes possam ser desprezados.

Essa escolha deve levar em consideração a composição do tráfego que utiliza ou utilizará a via, obtida de contagens de tráfego ou de projeções que considerem o futuro desenvolvimento da área tributaria da via e a utilização que terá cada trecho do projeto viário.

Ao mesmo tempo, a escolha do veículo de projeto para uma determinada via não deve ser baseada apenas nos tipos de veículos a utilizar a via, mas também na natureza do elemento de projeto considerado. Por exemplo, o gabarito vertical mínimo é estabelecida em função dos veículos de maior altura; os raios dos ramos de interseções podem ser projetados para a operação normal por caminhões convencionais, quando o numero de semi-reboques que deverá utilizar o ramo for relativamente pequena; as distâncias de visibilidade são estabelecida a partir da altura dos olhos do motoristas de automóveis pequenos etc.

O documento legal em vigor no Brasil pertinente às dimensões dos veículos em transito livre é o Regulamento do Código Nacional de Transito (Decreto n.º 62.127, de 16/01/68, art. 81, com a redação dada pelo Decreto n.º 82.925, de 21/12/78, que autoriza as seguintes dimensões: larguras máxima: 2,60m; altura máxima: 4,40m; comprimento total: veículos simples - 13,20m; veículos articulados - 18,15m; veículos com reboque 19,80m. Nos veículos simples, o comprimento do balanço traseiro deverá ser inferior k metade da distância entre os eixos extremos. Legalmente, não são admitidas tolerância para esses valores.

Tendo em vista a ausência de estudos mais completos sobre as características dos veículos efetivamente representativos da frota de veículos, recomenda-se o uso dos veículos de projeto adotados pela AASHTO, atual AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials), julgados suficientemente adequados as condições nacionais.

São aqui recomendados quatro tipos básicos de veículos de projeto, a serem adotados em cada caso conforme as características predominantes do tráfego:

VP – Representa os veículos leves, físicos e operacionalmente assimiláveis ao automóvel, incluindo utilitários, pick-ups e similares.

CO – Representa os veículos comerciais rígidos (não articulados) compostos de unidade tratora simples. Estes abrangem os caminhões e ônibus convencionais normalmente de dois eixos e seis rodas.

O – Representa os veículos comerciais rígidos de maiores dimensões. Entre estes incluem-se ônibus de longo percurso e de turismo, bem como caminhões longos, freqüentemente com três eixos (tração), de maiores dimensões que o veículo CO básico. As demais, seu comprimento aproxima-se do limite máximo legal de comprimento admissível para veículos rígidos, superior ao comprimento de veículo CO.

SR – Representa os veículos comerciais articulados, compostos de uma unidade tratora simples e um semi-reboque. Seu comprimento aproxima-se do limite máximo legal para veículos dessa categoria.

O Quadro 1 resume as principais dimensões básicas dos veículos de projeto recomendados para utilização nos projetos de rodovia, e instalações correlatadas.

Quadro 1 – Principais Dimensões Básicas dos Veículos de Projeto (em metros)

CARACTERÍSTICAS DO VEÍCULO	VEÍCULOS LEVES	CAMINHÕES E ÔNIBUS CONVENCIONAIS	CAMINHÕES E ÔNIBUS LONGOS	SEMI- REBOQUE
Largura total	2,10	2,60	2,60	2,60
Comprimento total	5,80	9,10	12,2	16,80
Raio mín. da roda externa dianteira	7,30	12,8	12,8	13,70
Raio mín. da roda interna traseira	4,70	8,7	7,10	6,0

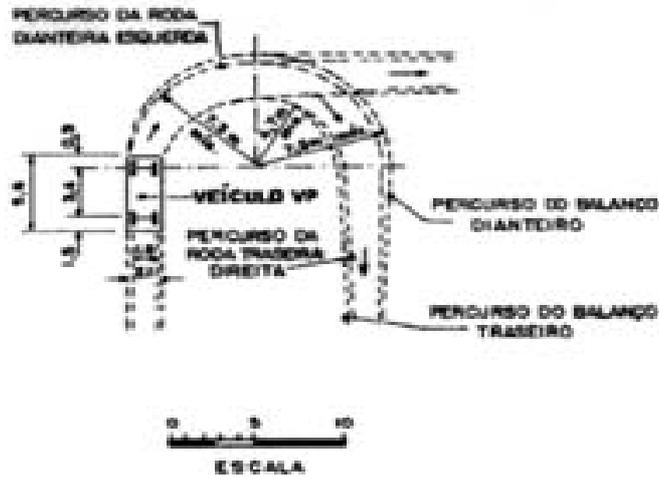
As dimensões desses veículos em seus menores valores de giro estão graficamente representados nas Figuras 1 a 4, ao final deste item, permitindo, mediante o emprego de cópias transparentes, as verificações de condições limite.

No Brasil, normalmente há uma considerável participação de veículos comerciais (ônibus e/ou caminhões convencionais) de forma a condicionar as características de projeto da via. Portanto, basicamente" o veículo do projeto normal deverá ser o veículo CO.

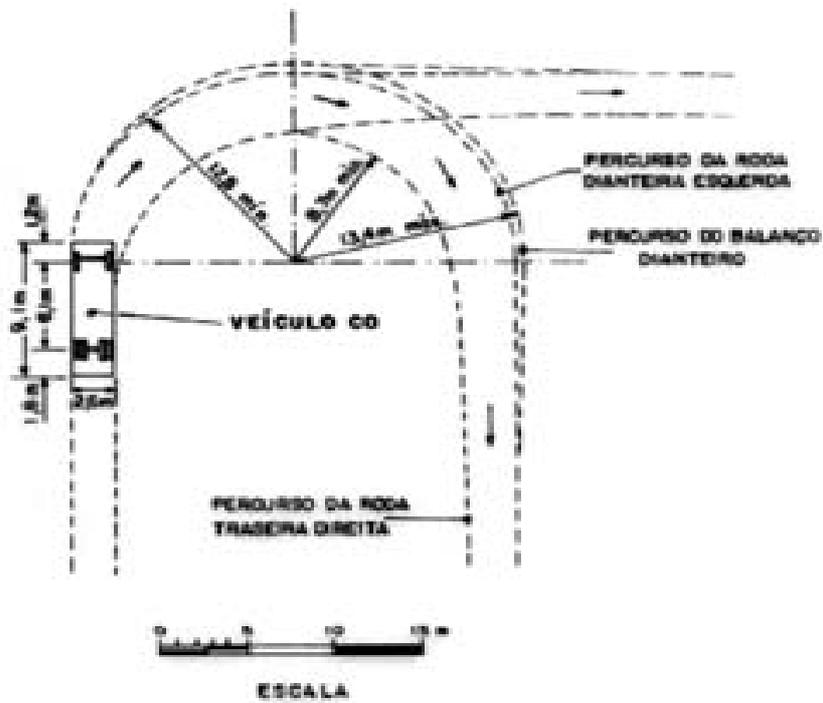
Analogamente, nos casos de utilização primordialmente por veículos de passeio, por exemplo: rodovias turísticas, o veículo de projeto adequado será o veículo VP.

Por sua vez, caberá empregar o veículo SR onde a participação de semi-reboques, existente ou prevista, for perceptível ou se situar acima da média, bem como nos casos de vias cujo objetivo for o de servir terminais de cargas, centros de abastecimento, depósitos de materiais de construção, veículos de transporte de automóveis e outros

DIMENSÕES DOS VEÍCULOS DE PROJETO (I)

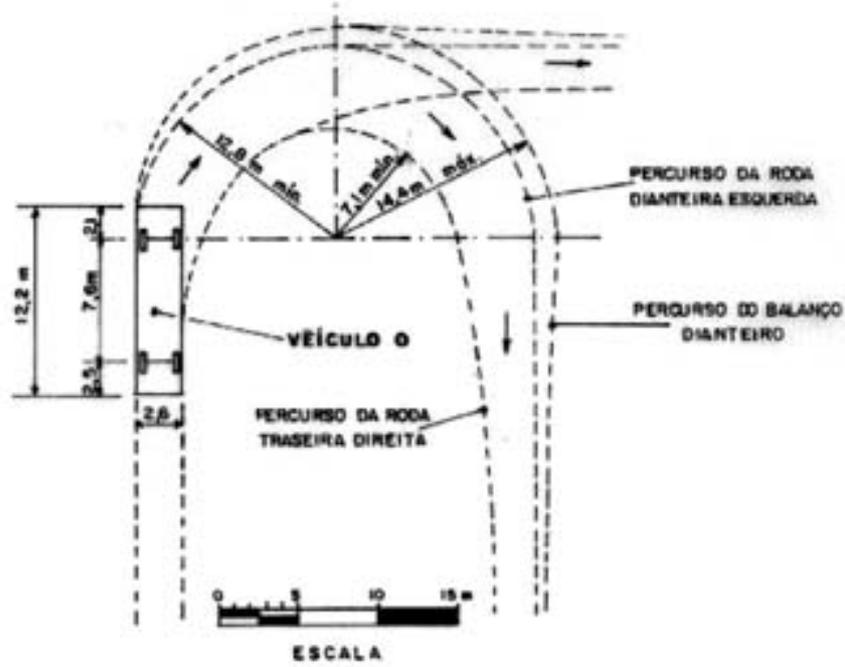


VEÍCULO VP
Figura 1



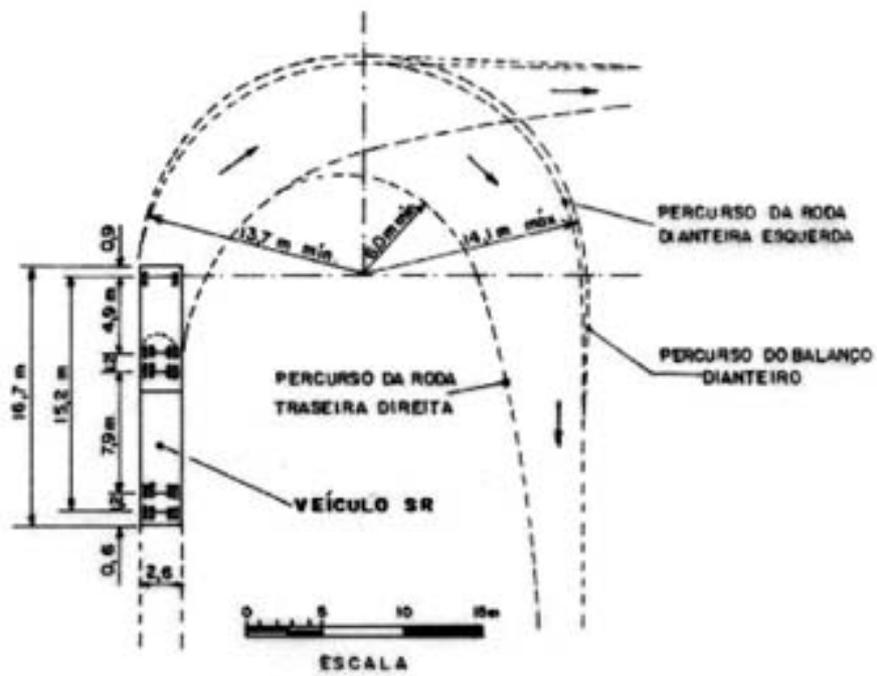
VEÍCULO CO
Figura 2

(II)



VEÍCULO O

Figura 3



VEÍCULO SR

Figura 4

ANEXO 5

CONSIDERAÇÕES GERAIS DE TRAÇADOS

ANEXO 5

CONSIDERAÇÕES GERAIS DE TRAÇADO

1. Alinhamento horizontal

Os principais elementos referentes ao alinhamento horizontal a serem levados em conta no projeto encontram-se abordados nos parágrafos que se seguem, com a consideração dos principais aspectos básicos de projeto, objetivando sua fluência e aparência geral, tendo sempre em vista os custos envolvidos.

- a) O alinhamento horizontal deverá ser' tão direcional quanto seja possível, mas deverá também ser coerente com a topografia da região. Um alinhamento fluente, bem ajustado a topografia, é desejável do ponto de vista estético, construtivo e de manutenção (ver Figura 1).

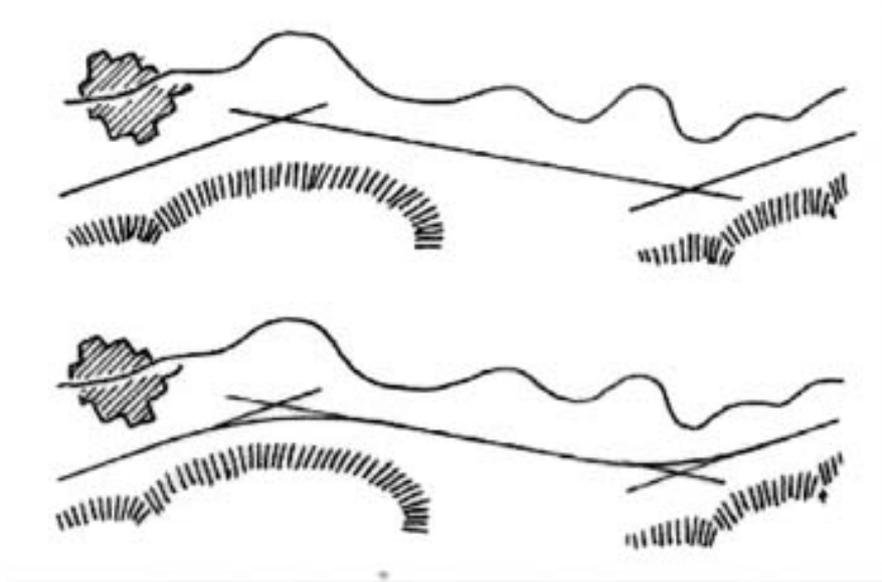
Para rodovias de elevado gabarito, o traçado deverá ser antes uma seqüência de poucas curvas de raios amplos do que de longas tangentes "quebradas" por curvas de pequeno desenvolvimento circular. Trechos em tangente excessivamente longos, convenientes para ferrovias, são assim indesejáveis em rodovias. Um critério que pode ser usado, propõe limitar a extensão das tangentes T a um percurso de 1,5 min percorrido á velocidade diretriz V, ou seja,

$$T < 25 V$$

(T em metros; V em km/h)

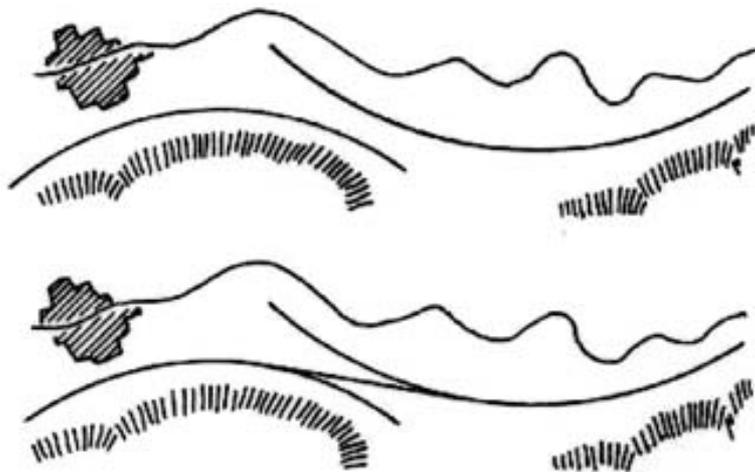
Essa configuração de traçado, além de reduzir a sensação de monotonia para o motorista e problemas de ofuscamento noturno, ajusta-se mais favoravelmente conformação básica das linhas da natureza, podendo reduzir os rasgos causados pela terraplanagem na paisagem.

Este aspecto do projeto geométrico é de difícil normalização e não se sujeita ao estabelecimento de critérios rígidos, sejam estes empíricos e/ou teóricos. É um conceito qualitativo que deverá ser aplicado com a devida atenção, objetivando, no caso de pista simples, a preservação de suficientes trechos dotados da distância de visibilidade de ultrapassagem, evitando ainda imprimir a rodovia um caráter artificialmente curvilíneo em relação a paisagem em regiões planas, ou ferir a ordem geométrica predominante em travessias urbanas.



Trçado Convencional - Inicialmente são estabelecidas as tangentes, concordadas por curvas curtas de raio apenas um pouco superior ao mínimo.

Figura 1a



Trçado Fluente. Inicialmente são estabelecidas longas curvas com raios grandes, concordadas por curva de transição, minimizando as tangentes.

Figura 1b

Figura 1.1 - Critérios desejáveis de traçado

- b) No caso de ângulos centrais AC pequenos, iguais ou inferiores a 5, para evitar a aparência de quebrado alinhamento, os raios deverão ser suficientemente grande para proporcionar os desenvolvimentos circulares mínimos D obtidos pela fórmula a seguir:

$$D \geq 30 (10 - AC)$$

$$AC \leq 5^\circ$$

(D e R em metros, AC em graus)

o que corresponde à

$$R \geq - \frac{17.188}{AC} - 1718$$

Não é necessária curva horizontal para $AC < 0^\circ 15'$; entretanto, deverão ser evitados tanto quanto possível traçados que incluem curvas com ângulos centrais tão pequenos.

- c) Ao final de longas tangentes ou trechos com curvaturas suaves ou, ainda, onde se seguir imediatamente um trecho com velocidade diretriz inferior, as curvas horizontais a serem introduzidas deverão ser coerentes com a maior velocidade precedente, de preferência bem acima do mínimo necessário, e proporcionando uma sucessão de curvas com raios gradualmente decrescentes para orientar o motorista. Uma sinalização adequada de advertência poderá aliviar as deficiências decorrentes desse fato e deverá ser sempre considerada nesses casos.
- d) Considerações de aparência da rodovia e de dirigibilidade recomendam que, tanto quanto possível, as curvas circulares sejam dotadas de curvas de transição, mesmo naqueles casos onde, pelos critérios usuais, estas seriam dispensáveis
- e) É indesejável, sob aspectos operacionais e de aparência, a existência de duas curvas sucessivas no mesmo sentido quando entre elas existir um curto trecho em tangentes. De preferência, serão substituídas por uma única curva longa bem estudada ou, pelo menos, a tangente intermediária deverá ser substituída por um arco circular, constituindo-se então uma curva composta, evitando-se uma grande diferença de curvatura entre os raios. As curvas deverão ser concordadas quando necessário por segmentos de espirais adequados.

Não sendo possível adotar essas medidas, a extensão T da tangente intermediária que reduz esse problema deverá ser superior ao percurso de aproximadamente 15 segundos percorrido à velocidade diretriz V, ou seja,

$$T > 4 v$$

(T em metros; V em km/h)

- f) Curvas sucessivas em sentidos opostos, dotadas de curvas de transição deverão ter suas extremidades coincidentes ou separadas por extensões curvas em tangente. Entretanto, no caso de curvas reversas sem espiral, o comprimento mínimo da tangente intermediária deverá permitir a transição da superelevação em qualquer hipótese.
- g) Curvas sucessivas, por considerações operacionais e de aparência, deverão desejavelmente manter um interrelacionamento, de modo a evitar variações abruptas de curvaturas, situação anti-natural que surpreende e confunde o motorista. Um critério desejável, a ser seguido quando possível, e que pode ser usado para orientar a escolha dos raios de curvas sucessivas encontra-se resumido no gráfico a seguir (Figura 2).

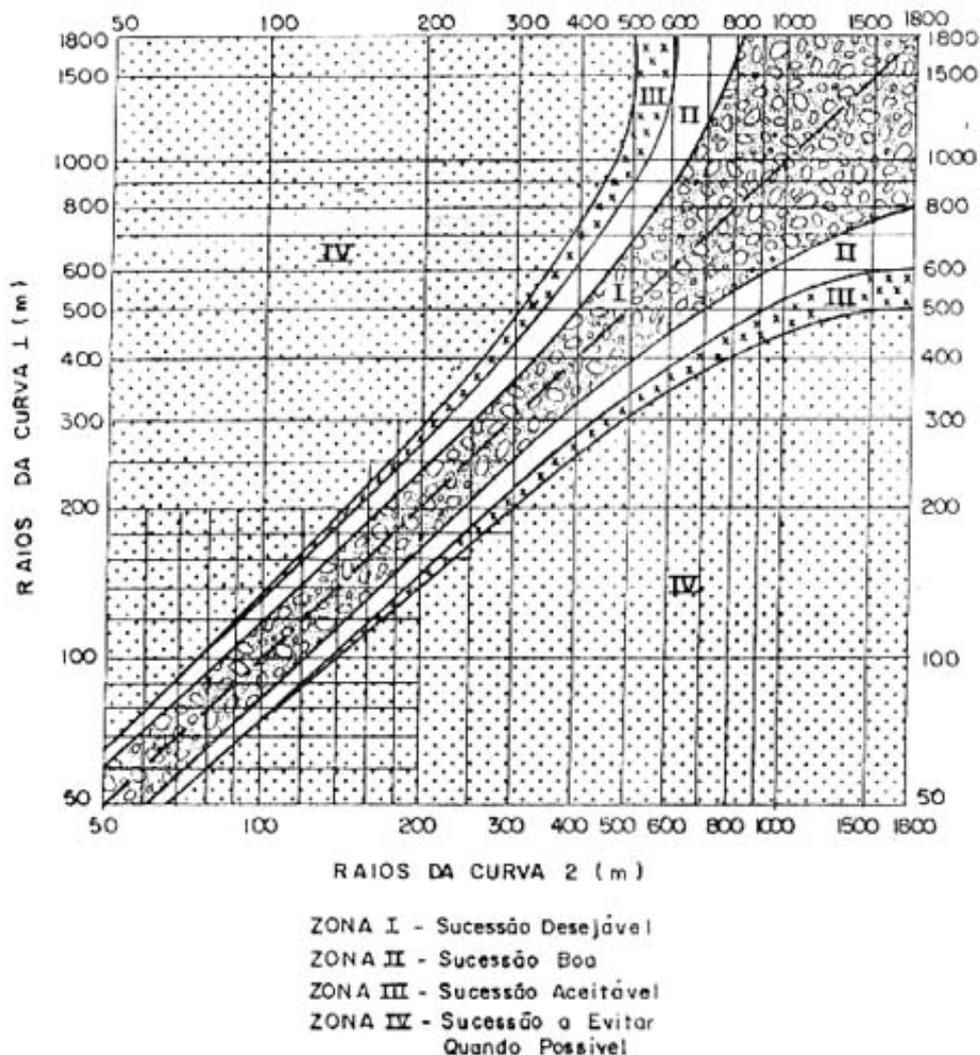


Fig. 2 - Critérios Desejáveis para Orientar a Escolha dos Raios de Curvas Sucessivas.

- h) Curvas dotadas de raios muito grandes (por exemplo, $R > 5.000\text{m}$) apresentam dificuldades para serem percorridas e seu uso deverá ser evitado. Isso ocorre devido a pequena deflexão unitária que se verifica, por vezes inferior ao grau de sensibilidade das rodas dianteiras a atuação do motorista sobre o volante.
- i) Nos projetos de melhoramento os eixos locados deverão ser preferencialmente posicionados de modo a propiciar o alargamento das rodovia existente num único lado.

2. Alinhamento Vertical

Os principais elementos referentes ao alinhamento vertical a serem levados em conta no projeto encontram-se abordados nos parágrafos que se seguem, com a consideração dos principais aspectos básicos de projeto, objetivando sua fluência e aparência, tendo sempre em vista os custos envolvidos e os benefícios almejados.

Os aspectos abordados (ilustrados esquematicamente na Fig. 3) são ainda condicionados pela coordenação desejável entre os alinhamentos horizontal e vertical.

- a) O projeto de greide deve evitar freqüentes alterações de menor vulto nos valores das rampas. Estas deverão ser tão contínuas quanto possível, Fig. 3b. deverão ser evitadas sempre que possível curvas verticais no mesmo sentido separadas por pequenas extensões de rampa, principalmente em rodovias de pista dupla, Fig. 3c.
- b) Em trechos longos em rampa, é conveniente dispor as rampas mais íngremes na parte inferior e as rampas mais suaves na topo, para tirar proveito do impulso acumulado no segmento plano ou descentes anterior a subida, Fig. 3b. Poderá também ser considerada a conveniência de intercalar, no caso de rampas íngremes, trechos com rampas mais suaves, em vez de dispor uma única rampa contínua, em alguns casos de valor apenas um pouco inferior às referidas rampas íngremes, Fig. 3.a.
- c) Greides excessivamente colados, muitas vezes associados a traçados sensivelmente retos, são indesejáveis por motivos estéticos e por proporcionarem situações perigosas em terrenos levemente ondulados: a sucessão de pequenas lombadas e depressões oculta veículos nos pontos baixos, dando uma falsa impressão de oportunidade de ultrapassagem, Fig. 3.d.

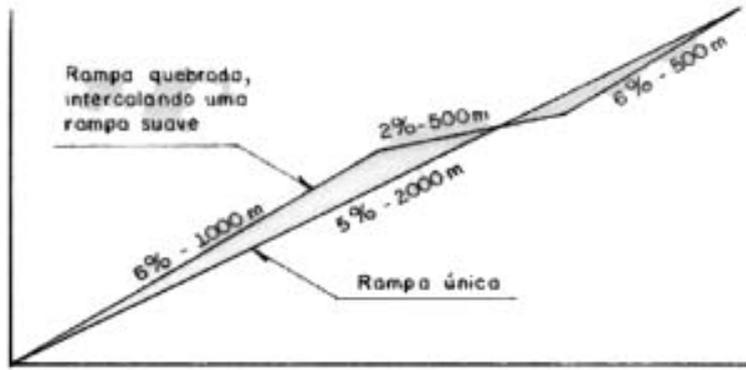


Figura 3 a

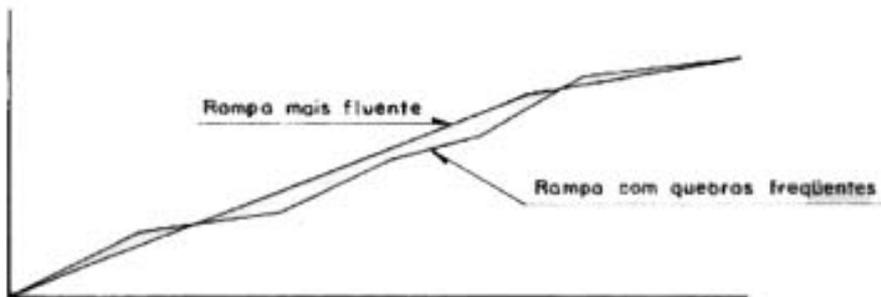


Figura 3 b

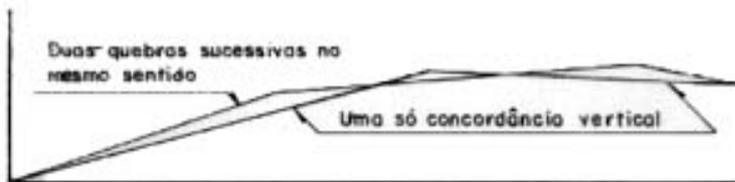


Figura 3 c

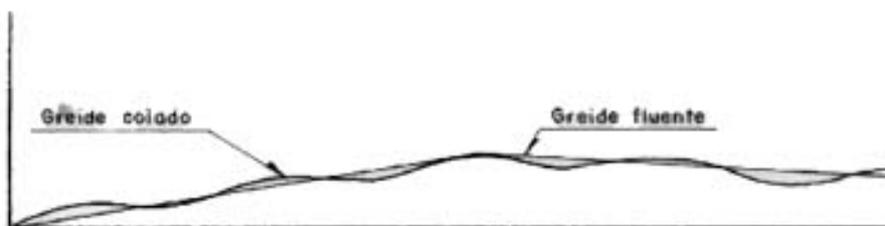


Figura 3 d

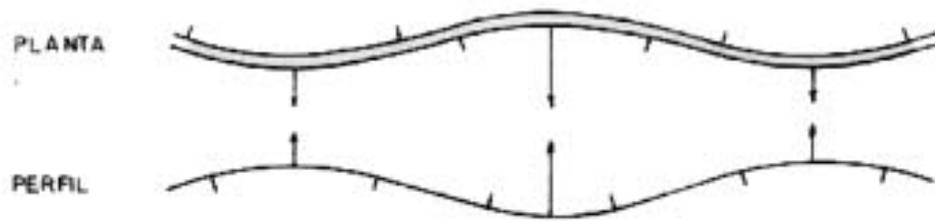
Figura 3 - Critérios Gerais Básicos para Projeto Altimétrico

3. Coordenação dos alinhamentos horizontal e vertical

A coordenação dos alinhamentos horizontal e vertical confere a rodovia características superiores de segurança, conforto de dirigir e de aparência. A falta dessa coordenação pode agravar eventuais deficiências do traçado ou do perfil, ou mesmo anular aspectos favoráveis de um ou outro, considerados isoladamente. Essa coordenação normalmente só será alcançada se for levada em consideração e almejada desde os estágios iniciais de projeto geométrico. Assim, por exemplo, representar longas extensões do perfil em escala menor que a habitual, esquematizando no rodapé o traçado em planta (tangentes e sentido das curvas), facilita o estudo gráfico da conjugação desses dois elementos fundamentais do traçado.

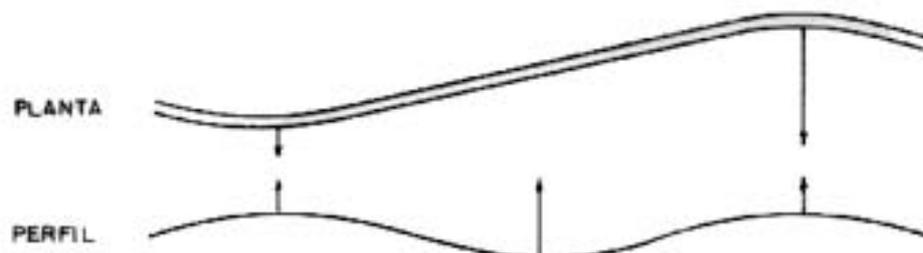
Alguns aspectos básicos a considerar objetivando estabelecer essa conjugação encontram-se resumidos a seguir e ilustrados pelas Figuras 4 a-f ao final deste item:

- a) As tortuosidades dos alinhamentos horizontal e vertical devem ser compatíveis. Trechos em tangente horizontal não são coerentes com freqüentes quebras no greide e vice-versa.
- b) Curvas verticais e horizontais deve se superpor, as horizontais iniciando desejavelmente um pouco antes das verticais, para não somar em um só local duas descontinuidades do traçado e ainda para "anunciar" a curva vertical, orientando opticamente o motorista. Os vértices das tangentes das curvas verticais a horizontais devem aproximadamente coincidir, Fig. 4a e 4b.
- c) Lombadas não devem ser vencidas de topo, por longas tangentes, porém atravessadas por curvas horizontais; essas não devem iniciar ou findar no cume das lombadas, para não surpreender o motorista, Fig. 4d.
- d) Analogamente, curvas horizontais não devem ter seu início coincidente com pontos baixos do greide, ao final de longas descidas, posto que essa característica pode resultar tanto em uma aparência distorcida do traçado, por impedir a percepção da continuidade da curva, como em situações perigosas decorrentes do natural aumento da velocidade.
- e) Em rodovias de pista dupla, é vantajoso tirar partido da possibilidade de projetar traçados em planta e perfil independentes para as duas pistas
- f) As principais inter-relações entre o projeto geométrico e o projeto de pontes e viadutos são mencionados a seguir:



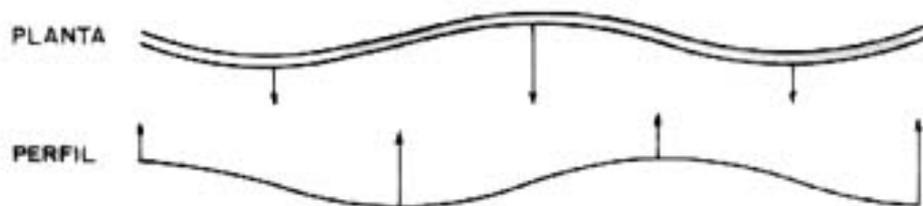
OS VÉRTICES DAS CURVAS HORIZONTAIS E VERTICAIS COINCIDEM APROXIMADAMENTE. AS HORIZONTAIS SÃO UM POUCO MAIS LONGAS E "ANUNCIAM" AS VERTICAIS.

Figura 4 a



UMA DAS DEFLEXÕES DO ALINHAMENTO HORIZONTAL FOI SUPRIMIDA, MAS OS DEMAIS VÉRTICES AINDA COINCIDEM.

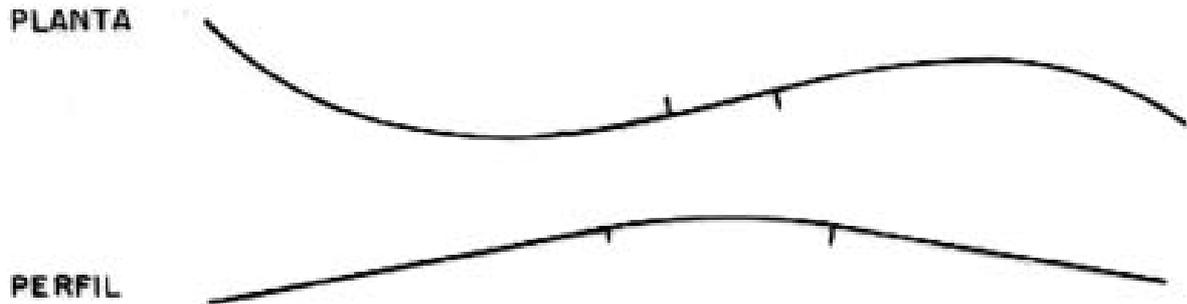
Figura 4 b



FALTA DE COORDENAÇÃO. OS VÉRTICES DE UM ALINHAMENTO COINCIDEM COM OS PONTOS DE INFLEXÃO DO OUTRO.

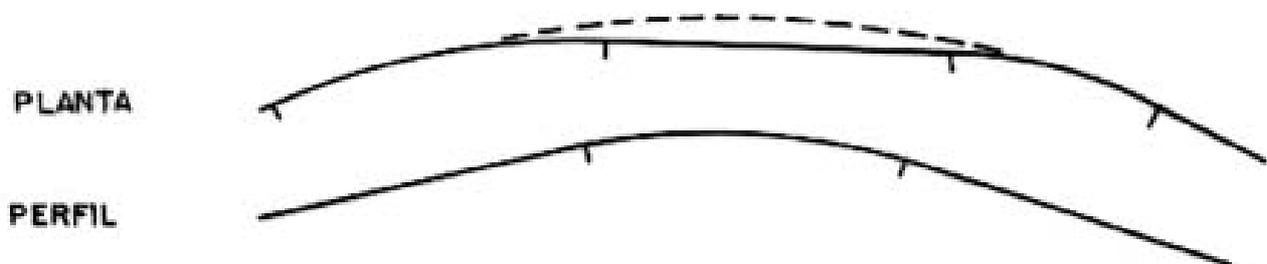
Figura 4 c

Figura 4 - Exemplos de Possível Coordenação dos Alinhamentos Horizontal e Vertical (I)



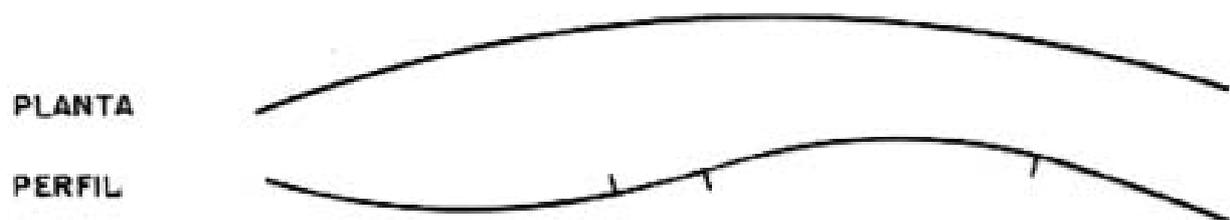
COMBINAÇÃO ANTIESTÉTICA E PERIGOSA. A REVERSÃO DE TRAÇADO OCORRE NO VÉRTICE DA CURVA VERTICAL.

Figura 4 d



DUAS CURVAS SUCESSIVAS NO MESMO SENTIDO DEVEM SER LISADAS POR AMPLA CURVA COMPOSTA. O PERFIL CONVEXO ATENUA A DEFORMAÇÃO QUE OCORRE QUANDO AS CURVAS SÃO LISADAS POR UMA TANGENTE CURTA.

Figura 4 e



CURVAS HORIZONTAIS MUITO LONGAS PODEM ASSOCIAR-SE A SUAVES ONDULAÇÕES EM PERFIL.

Figura 4 f

Figura 4 - Exemplos de Coordenação dos Alinhamentos Horizontal e Vertical (II)

Para simplificar o projeto estrutural e a construção das obras de arte, muitas vezes a situação mais favorável é aquela em que se evita dispor as estruturas em uma curva vertical, principalmente se associada com uma curva horizontal. Igualmente, não é desejável situá-las no fundo de uma curva vertical côncava conectando rampas em sentidos opostos. É muito desejável também não dispor a obra de arte em um trecho em curva de transição ou com transição da superelevação.

Esses casos, principalmente quando combinados, resultam em diversos efeitos indesejáveis, tais como: solicitações de torção na estrutura, maior complexidade ligada à rotação do tabuleiro para obtenção da superelevação; aparência visual desagradável (dando a falsa impressão de deformação da estrutura ou de se encontrar prestes a entrar em colapso); dificuldades de executar a superlargura (caso necessário) e outros.

Sempre que possível a transposição de um curso d'água ou uma travessia por viaduto, deve ser perpendicularmente, obtendo-se, desta forma, uma menor extensão da obra de arte.

ANEXO 6

SUPERLARGURA E SUPERELEVAÇÃO

ANEXO 6

**METODOLOGIA PARA CÁLCULO E
DISTRIBUIÇÃO SUPERELEVAÇÃO E SUPERLARGURA**

1. Introdução

Este anexo apresenta o método adotado para o cálculo da determinação e distribuição da superelevação e superlargura nas curvas horizontais.

1.1 Nomenclatura

i : Inclinação transversal em tangente (abaulamento), em porcentagem.

SE_p: Superelevação de projeto, em porcentagem, também conhecida como "e_{máx}";

SE_c : Superelevação da curva, em porcentagem, também conhecida como "e";

SE: Superelevação da estaca, em porcentagem

CC: Correção da cota da eixo, dada em metros, com três casas decimais.

SL₂ : Superlargura da curva, dada em metros, com duas casas decimais;

SL : Superlargura da estaca, dada em metros, com duas casas decimais.

2. Superelevação – SE**2.1 Parâmetros a serem considerados**

a) da rodovia: de acordo com as especificações do projeto.

V_d : velocidade diretriz [km/h]

l : largura da pista [m]

SE_p :superelevação de projeto [%]

i : inclinação transversal em tangente [%]

b) da curva

PC: início da curva circular simples
PT: fim da curva circular simples
TR: início da curva com transição
EC: início do trecho circular na curva com transição
CR : fim do trecho circular na curva com transição
ET: fim da curva com transição
R : raio da curva (m)
Lc: comprimento de um ramo da transição (m)
Df: deflexão da curva ("E" esquerda ou "D" direita)

2.2 Limites para SEp

A superelevação de projeto SEp ser a determinada em função das especificações de projeto, podendo variar entre 6% a 10% segundo o que recomenda a norma:

- SEp = 10%: adotada para rodovias estaduais de classe 0 e I;
- SEp = 8%: adotada para rodovias estaduais de classe II e III e vicinais A e 8;
- SEp = 6% adotada para rodovias estaduais classe IV e vicinais C e D;
- SEp = 4% e 12% : são adotados para condições específicas e devem ser devidamente justificadas.

2.3 Cálculos por Curva

a) Superelevação da Curva - SE_c

A superelevação da curva será obtida dos ábacos das Figuras 5 a 11 da Parte I.

b) Comprimento ideal (L) para a distribuição da superelevação

b.1) Curva Circular Simples

Da Figura 1, Caso 1, verifica-se que:

$$L=C+l'$$

Sendo:

C = extensão necessária para efetuar o giro da pista desde a situação onde a pista (primeira faixa a ser girada) tem declividade transversal nula até a situação com a superelevação total necessária no trecho circular.

O valor de "C" é obtido na tabela abaixo.

VD [km/h]	30	40	50	60	70	80	90	100	120
C [m]	20	20	30	30	40	40	50	60	70

l' = extensão necessária para efetuar o giro da pista (primeira faixa a ser girada) desde a situação básica em tangente até a situação onde a pista (primeira faixa a ser girada) tem declividade transversal nula.

O valor de l é obtido pela fórmula:

$$l = \frac{i * C}{se_c}$$

O comprimento (L) é distribuído 60% fora da curva e 40% dentro.

Exemplo:

– condições existentes:

Rodovia Classe III

Região ondulada

$V_d = 60$ km / h

Raio circular mínimo = 125m (Quadro 3 – Parte I)

$SE_p = 8\%$ (Quadro 3 – Parte I)

$i = 2\%$ (Quadro 3 – Parte I)

– distribuir a superelevação para uma curva circular de raio = 750m, precedida por um trecho em tangente.

Do item 2.3a obtém-se $SE_c = 2,8\%$

Da tabela acima obtém-se para $V_d = 60$ km/h, que $C = 30$ m.

Da fórmula $l' = \frac{i * C}{se_c}$, temos $l = 21,4$ m = 21 m

Então, $L = l' + C = 30 + 21 = 51$ m.

A distribuição será feita 60% fora da curva e 40% dentro da curva, ou seja:

$$\begin{aligned} 0,6 \times L &= 0,6 \times 51 = 31\text{m} \\ 0,4 \times L &= 0,4 \times 51 = 20\text{m} \end{aligned}$$

b.2) Curva de Transição

Da Figura 2, Caso I, verifica-se que

$$L = L_c + l'c$$

Sendo:

L_c = comprimento da curva em espiral

l'_c = extensão necessária para efetuar o giro da pista (primeira faixa a ser girada) desde a situação básica em tangente até a situação onde a pista (primeira faixa a ser girada) tem declividade transversal nula.

O valor de l'_c é obtido pela fórmula:

$$l'_c = \frac{i * L_c}{SE_c}$$

2.4 Distribuição

A distribuição da superelevação da curva SE_c dará em três casos diferentes conforme o apresentado a seguir:

Seja uma curva A seguida de outra B, a intertangente que neste caso denominaremos de Distância Existente (DE) é dada por:

$$DE = PC_b \text{ (ou } TE_b) \text{ PT}_a \text{ (ou } ET_a)$$

A Distância Necessária (DN) para distribuição da superelevação é dada por:

$$DN = \begin{cases} 0,6 \times (L_a + L_b) & \text{curvas circulares} \\ 0,6 \times L_a + l'_c_b & \text{curva circular - curva de transição} \\ l'_c_a + 0,6 \times L_b & \text{curva de transição - curva circular} \\ l'_c_a + l'_c_b & \text{curva de transição} \end{cases}$$

A comparação destes dois valores (DE e DN), juntamente com os sentidos das deflexões das curvas (Df_a e Df_b) nos dará os seguintes casos:

CASO I

A distância existente e suficiente para abrigar os comprimentos de distribuição externo as curvas.

$$DE \geq DN$$

a) Distribuição para curvas circulares

A SE varia na faixa externa de $-|i|$ em $PC - 0,6xL$ até $+SE_c$ em $PC + 0,4xL$ (na entrada da curva); e, de $+SE_c$ em $PT - 0,4xL$ até $-|i|$, em $PT + 0,6xL$ (na saída da curva).

A SE da faixa interna permanecerá inalterada enquanto a SE externa permanecer inferior a $+|i|$, e igual em módulo a SE da faixa externa no restante da distribuição.

b) Distribuição para curvas com transição:

A SE varia na faixa externa de $-|i|$ em $TE - l'_c$ até $+SE_c$ em EC (na entrada da curva); e, de $+SE_c$ em CE até $-|i|$ em $ET + l'_c$ (na saída da curva).

A SE da faixa interna permanecerá inalterada enquanto a SE externa permanecer inferior a $+|i|$ e igual em modulo a SE da faixa externa no restante da distribuição.

CASO II

A intertangente existente não é suficiente e as curvas são reversas.

$$\begin{aligned} DE &< DN \\ Df_a &\neq Df_b \end{aligned}$$

- Distribuição

Calcula-se a distância ponderada de distribuição na intertangente entre as curvas pela fórmula:

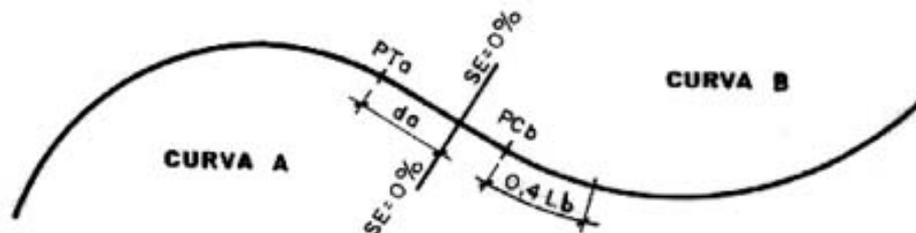
$$d_a = \frac{DE \times SE_{ca}}{(SE_{ca} + SE_{cb})}$$

Sendo:

d_a = distância a partir do Pt_a ou Et_a

a) Distribuição para curvas circulares:

A SE se distribuirá a partir de 0% no $Pt_a + d_a$ até $+SE_{cb}$ em $PC_b + 0,4 \times L_b$ na faixa interna. (ver Figura abaixo).



b) Distribuição para curvas circulares:

A SE varia na faixa externa de 0 % em $Et_a + d_a$ até SE_{cb} em EC_b e $-SE_{cb}$ na faixa interna.

CASO III

A intertangente existente não é suficiente e as curvas são concordantes (não reversas).

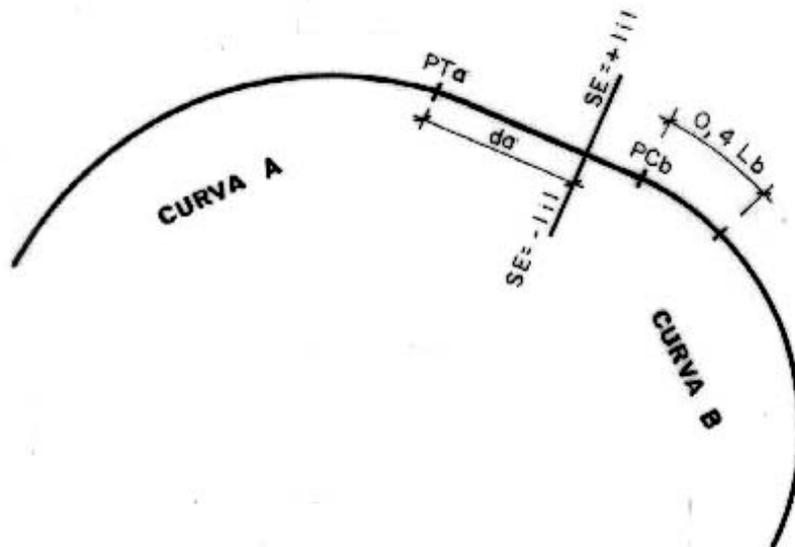
$$\begin{aligned} DE &< DN \\ Df_a &= Df_b \end{aligned}$$

- Distribuição

Calcula-se "da" idêntico ao caso anterior

a) Distribuição para curvas circulares:

A SE varia na faixa externa de $+|i|$ no $Pt_a + d_a$ até $+SE_{cb}$ em $PC_b + 0,4L_b$ enquanto a SE da faixa interna varia de $-|i|$ até $-SE_{cb}$ no referido segmento (ver Figura abaixo).

**b) distribuição para curvas com transição:**

A SE varia na faixa externa de $+|i|$, no $Et_a + d_a$ até SE_{cb} em EC, enquanto a SE da faixa interna varia de $-|i|$ até $-SE_{cb}$ no referido segmento.

2.5 Correção da cota do eixo - CC

Considerando o giro no bordo, a correção da cota do eixo será necessária toda vez que a SE de uma dada estaca ultrapassar o valor de $|i|$ e será igual a:

$$CC = 1 \times (SE_c - |i|) / 200 \text{ [m]}$$

3. Cálculo da superlargura – SL

3.1 Parâmetros a serem considerados

a) da rodovia

Vd: velocidade diretriz km/h
b : distância entre eixos [m]
n : número de faixas de tráfego

b) da curva

PC : início da curva circular simples
PT : fim da curva circular simples
TL : início da curva com transição
EC : início do trecho circular na curva com transição
CE : fim do trecho circular na curva com transição
RT : fim da curva com transição
R : raio da curva (m)
Lc : comprimento de um ramo da transição (m)
Df : deflexão da curva ("E" esquerda ou "D" direita)

3.2 Cálculo por Curva

a) Superlargura da Curva – SI

$$SLc = n \times [R - (R^2 - b^2)^{1/2}] + Vd / (10 \times (R)^{1/2})$$

3.3 Casos de Distribuição

A superlargura, com valor mínimo de 0,40m, será distribuída da seguinte maneira:

a) curva circular simples

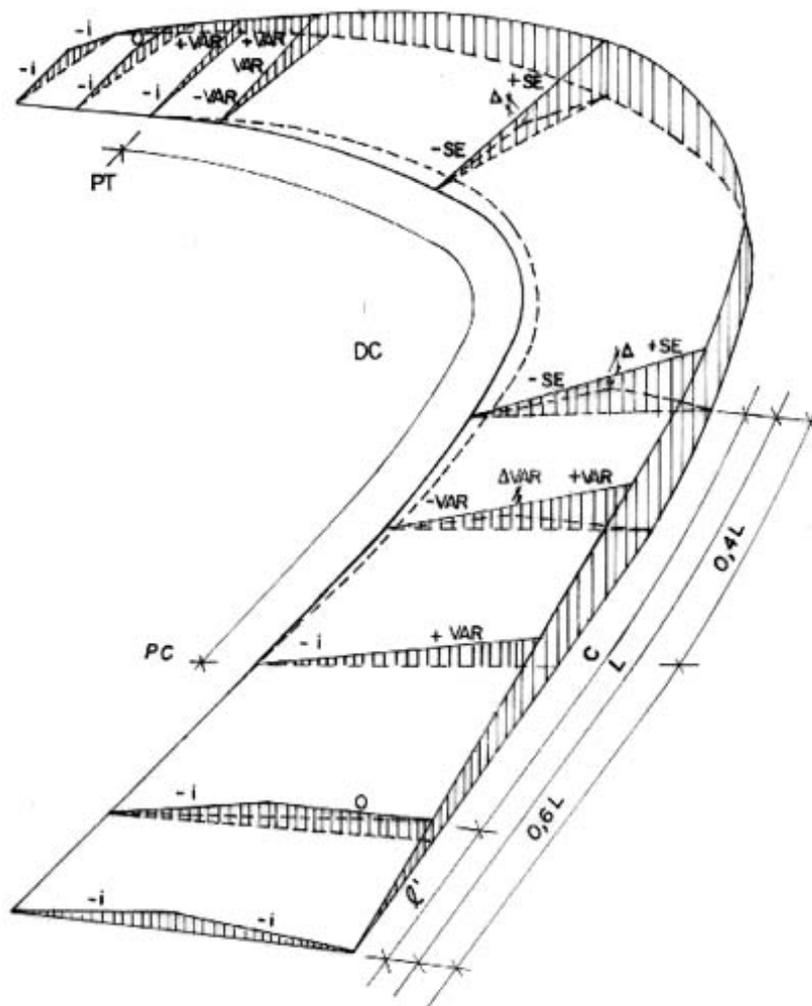
Nas curvas circulares a SL será distribuída no mesmo intervalo de distribuição da SE, variando de 0 a SLc , sendo a metade para cada faixa.

b) curva de transição

Nas curvas de transição a distribuição da SL se dará no mesmo intervalo de variação da SE, variando de 0 a SLc, sendo a metade para cada faixa.

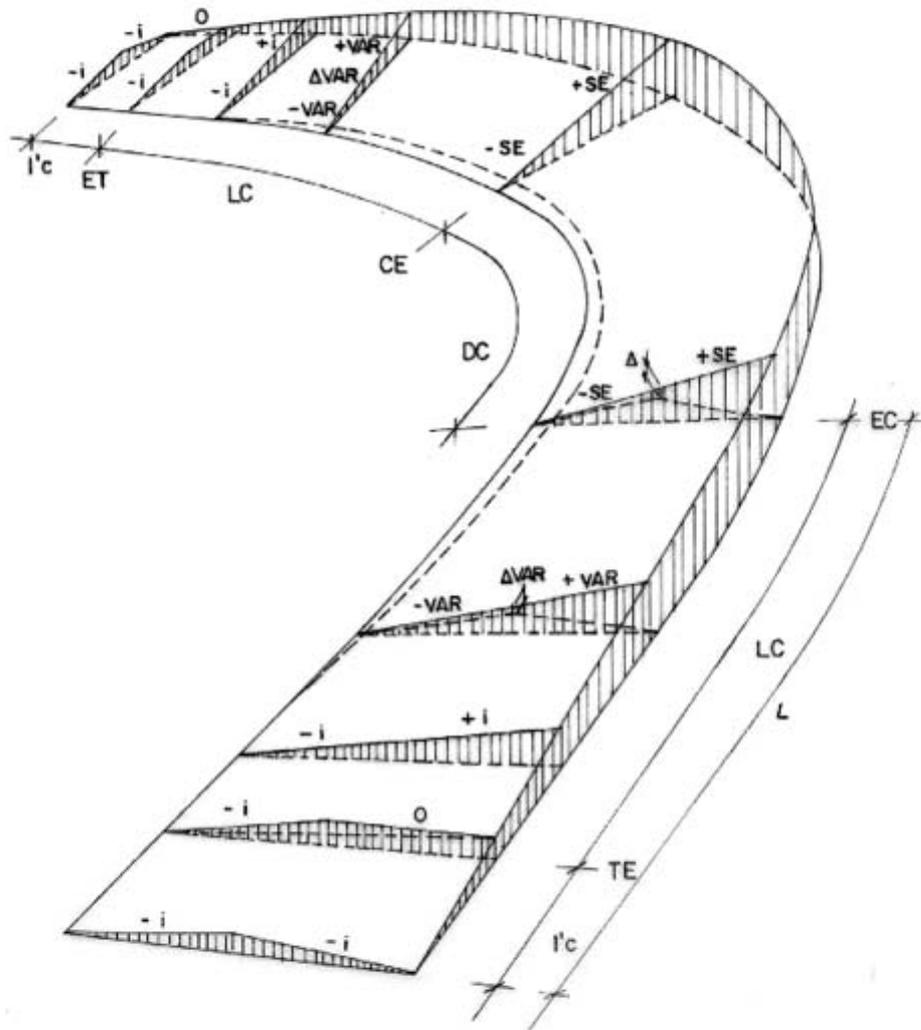
CROQUI DA DISTRIBUIÇÃO DA SE (curva circular a esquerda)

CASO I — FIG. 1



**CROQUI DA
DISTRIBUIÇÃO DA SE**
(curva de transição a esquerda)

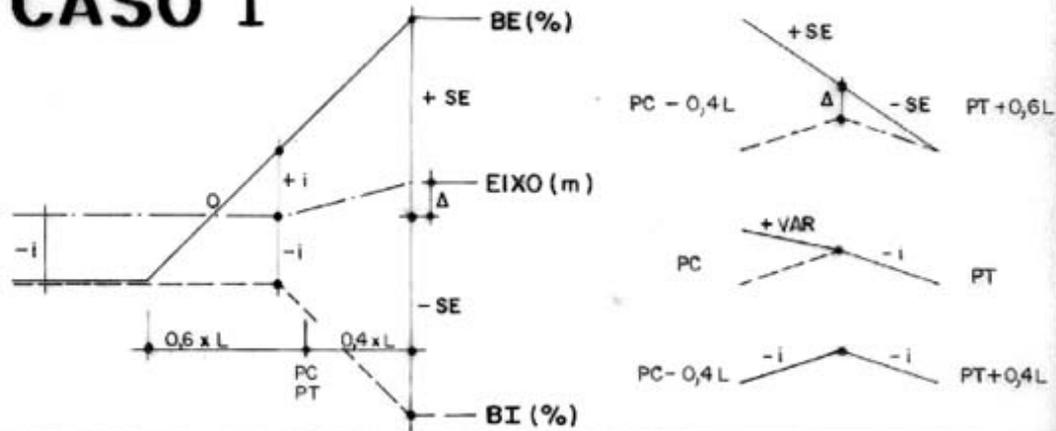
CASO I — FIG. 2



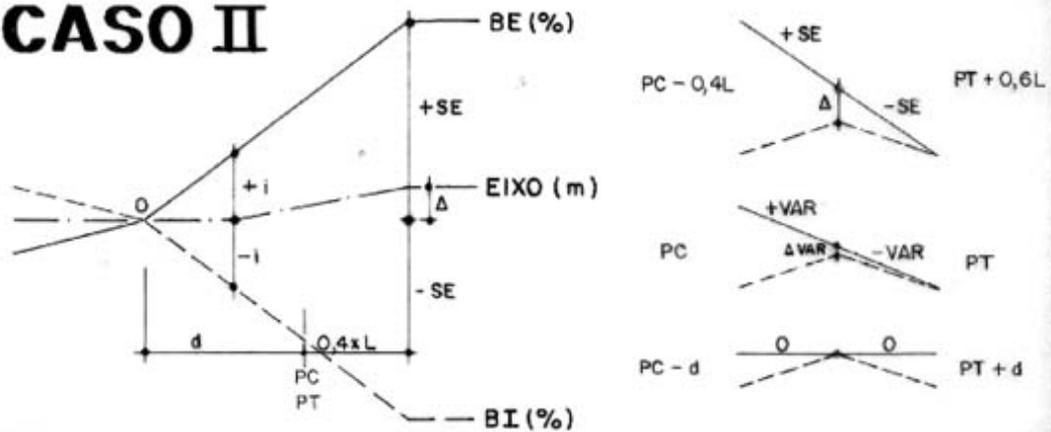
DISTRIBUIÇÃO DA SE

ex: curva circular a esquerda

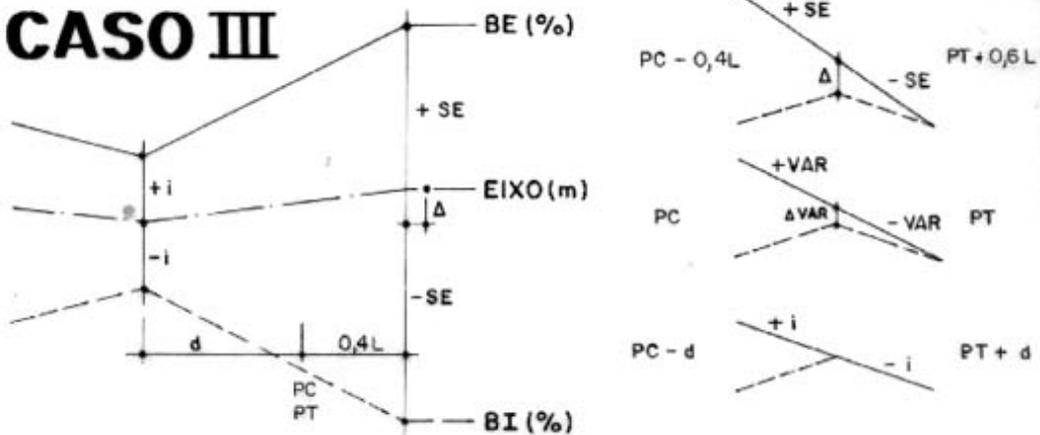
CASO I



CASO II



CASO III



EQUIPE TÉCNICA

EQUIPE TÉCNICA

Estas normas foram organizadas pelos técnicos:

Eng ^a Lígia T.P. Felipe, Dirigente de Equipe	DAER
Eng ^o Miguel Molina, Dirigente de Grupo	DAER
Eng ^a Marta Schüller, Dirigente de Grupo	DAER/STE
Eng ^a Rosi Guedes Bernardes, Dirigente de Grupo	DAER/ENECON
Eng ^a Janete de O. Zanatta, Dirigente de Grupo	DAER/MAGNA

Colaboraram em Itens isolados os Seguintes técnicos

Eng ^o José Gosta e Silva	DAER
Eng ^o João Albano Fortini	DAER
Eng ^o Carlos Mees	ECOPLAN
Eng ^o Antônio Ricardo Froner	ECOPLAN
Eng ^a Marta Denise P.de Almeida, Dir. de Grupo	DAER/MAGNA

A edição desta minuta foi elaborada pelo estagiário Marcelo André Wandscheer.

Os desenhos são de Alexandre Piantá (desenhista autônomo).

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA

- NORMAS PARA PROJETO GEOMÉTRICO DE ESTRADAS DE RODAGEM - DNER (1978) .
- INSTRUÇÃO PARA O PROJETO GEOMÉTRICO DE RODOVIAS RURAIS - DNER (1979) .
- Manual de Rodovias vicinais - BIRD - DNER-BNDES (1983) .
- "A Policy on Geometric Design of Rural Highways (1965)" .
- "HCM - Highways Capacity Manual - 1985" .
- Capacidade e nível de serviço de rodovias de pista simples, segundo os conceitos e procedimentos expressos no "HCM-85" do Eng. Jayme Dicker / DER
- MG/1986 .
- Normas suecas para o projeto geométrico de rodovias IPR - 1976 .
- ARTIGO TÉCNICO nº01/90 - ET/SEP/DAER "Metodologia para cálculo e distribuição da Superelevação e superlargura". Eng. Rosi Guedes Bernardes e Eng. Daniel Sérgio P.Garcia (1990) .
- INSTRUÇÕES PARA A IMPLANTAÇÃO DE TERCEIRAS FAIXAS - DNER (1979) - Consultora PACs Ltda .
- FAIXA ADICIONAL DE VEÍCULOS LENTOS NAS RAMPAS ASCENDENTES - Cid Barbosa Lima - Eng. - DER/SP .
- PROJETO DE ESTRADAS de Raphael do Amaral Campos - (1979) - Universidade de São Paulo - Escola Politécnica .
- PLANEJAMENTO CICLOVIÁRIO - Uma política para as bicicletas GEIPOT (1980)
- Uso de bicicleta em Campo Bom/RS (1985) da Prefeitura de Campo Bom .
- Sistema cicloviário de Campo Bom/RS (1985) da Prefeitura de Campo Bom .

DECISÃO



SECRETARIA DOS TRANSPORTES

Departamento Autônomo de Estradas de Rodagem
Conselho Executivo

* D E C I S Ã O Nº 20.669 *
Sessão Ordinária nº 2.707, dia 04 de março de 1991

O CONSELHO EXECUTIVO DO DAER, regularmente reunido em Sessão desta data e no uso de suas atribuições legais, tendo presente o processo CE-19.492(02.698/91) no qual a Diretoria-Geral encaminha ao Conselho, para fins de apreciação, as NORMAS DE PROJETOS RODOVIÁRIOS, Volume 1, que trata das normas de projeto geométrico revisadas, elaboradas pela Superintendência de Estudos e Projetos, CONSIDERANDO os elementos constantes do processo; CONSIDERANDO que esta revisão foi realizada visando a atender as necessidades atuais dos projetos geométricos; CONSIDERANDO o relato expendido em Plenário pelo Conselheiro Relator José da Costa e Silva, assessorado pela Eng^a Lígia Felipe, cujos fundamentos acolhe, por unanimidade,

D E C I D E:

-aprovar as NORMAS DE PROJETOS RODOVIÁRIOS, Volume 1, que trata das normas de projeto geométrico revisadas, elaboradas pela Superintendência de Estudos e Projetos, anexo ao processo nº 02.698/91.-

CONSELHO EXECUTIVO DO DAER, em 06 de março de 1991.-

ENGº EUDES ANTIDIS MISSIO
PRESIDENTE

RESOLUÇÃO



ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL
DEPARTAMENTO AUTÔNOMO DE ESTRADAS DE RODAGEM
CONSELHO RODOVIÁRIO

RESOLUÇÃO Nº 2.999

Sessão nº 1.824, dia 18 de abril de 1991

O CONSELHO RODOVIÁRIO DO DAER, regularmente reunido em sessão desta data, no uso das atribuições que lhe são conferidas pela alínea "t" do artigo 6º, do Decreto-Lei nº 1.371, de 11 de fevereiro de 1947, tendo presente o processo CR-3601/91 - DAER 02.698/91 - que versa sobre as NORMAS DE PROJETOS RODOVIÁRIOS, Volume 1, elaboradas pela Superintendência de Estudos e Projetos, CONSIDERANDO os elementos constantes do processo; CONSIDERANDO os termos da Decisão nº 20.669/91, do Colendo Conselho Executivo; CONSIDERANDO a exposição e o parecer proferidos pelo Conselheiro Flavio Koff Coulon, Relator, cujos fundamentos acolhe, por unanimidade,

R E S O L V E:

-aprovar as NORMAS DE PROJETOS RODOVIÁRIOS, Volume 1, que trata das normas de projeto geométrico revisadas, elaboradas pela Superintendência de Estudos e Projetos, anexo ao processo nº 02.698/91. §

CONSELHO RODOVIÁRIO DO DAER, em 18 de abril de 1991.-

ENGº ENNIO JACOB NICOLA
Presidente

ADEQUAÇÃO NÚMERO 1
NORMAS DE PROJETO RODOVIÁRIOS

Adequação da Norma de Projeto Rodoviário - Volume 1
- aprovada conforme processo 92/02886 de 19/02/92

1. Item 2.1 - e pág.18

A classe IV será sub-dividida em duas classes: Classe IVA e IVB. Essas duas classes apresentam as mesmas características planialtimétricas, mas apresentam largura de pista diferentes. A Classe IVA apresenta largura de pista de 7m, e a classe IVB, apresenta largura de pista de 6m.

a) A rodovia é considerada Classe IVA quando apresenta VDM10 < 300, e faz parte da malha rodoviária.

b) A rodovia é considerada como Classe IVB quando apresenta VDM10 < 300, e se caracteriza como um acesso isolado.

Item 2.2 pág.18

Os acostamentos das rodovias vicinais B, C e D sejam todos iguais de 0,50m, em vez de 1,00m, 0,50m, e zero respectivamente.

Item 7 pág. 25

A superelevação, para cálculo das notas de serviço será a correspondente a classe da rodovia realmente existente (já implantada) se for de classe superior a prevista no projeto.

EXEMPLO 1

A ESTRADA EM PROJETO FOI CLASSIFICADA NA Classe IV pelo tráfego, no entanto a estrada existente ou a ser projetada apresenta características planialtimétricas de Classe II. Neste caso a superelevação adotada deverá ser a correspondente a Classe II.

EXEMPLO 2

A estrada em projeto foi classificada na Classe IV pelo tráfego, no entanto a estrada existente ou a ser projetada apresenta características planialtimétricas de Classe II. Neste caso a superelevação adotada deverá ser a correspondente a Classe III.

4. Item 13.6 pág. 59

As observações feitas no item 3 referentes a superelevação são válidas para o cálculo da superlargura.

Observação:

O projeto de sinalização será elaborado considerando a classe da rodovia realmente implantada.