

SP 08/94

NT 178/94

Recomendações Funcionais – II **Superelevações, Superlarguras e Tangente mínima**

Engº José Tadeu Braz

1. Introdução

Muitas vezes somos indagados por projetistas de empresas concessionárias e empreiteiras de obras sobre quais são as recomendações da CET (já que esta tem a ascendência no controle sobre as vias do município) quanto às superelevações, sobrelarguras e tangentes mínimas a serem utilizadas nos diversos desvios de tráfego quando estes requerem pistas dentro do universo da cidade. Ocorrem ainda dúvidas em relação a projetos básicos e executivos de viário para situações definitivas. A resposta para essas dúvidas muitas vezes acabam sendo personalizadas pelos técnicos nesta interface. Este personalismo é justificado pela falta de um tratado interno da Companhia, ou melhor, pela falta de um relatório técnico mínimo de características geométricas que balizem os projetos que por aqui passam desde a sua fase funcional.

O resultado deste personalismo faz com que a cidade tenha soluções contrastantes em sua geometria, não havendo, portanto, uma uniformidade nas condições básicas para atender aos requisitos de segurança no trânsito, seja ela uma situação provisória ou definitiva. A Prefeitura não mantém um relatório organizado, para recomendação quanto às características técnicas geométricas a serem obedecidas no desenvolvimento de projetos, sejam, eles provisórios ou definitivos.

2. Finalidade da Superelevação

A força centrífuga que atua no veículo, na curva, é tanto maior quanto maior a velocidade desenvolvida e quanto menor for o seu raio. Dependendo da direção da curva, podem ocorrer modalidades de acidentes. Numa curva para a direita, o veículo deverá se projetar para a corrente de tráfego oposta, ocasionando aí batidas frontais agravadas com a soma das velocidades dos veículos (Figura 1).

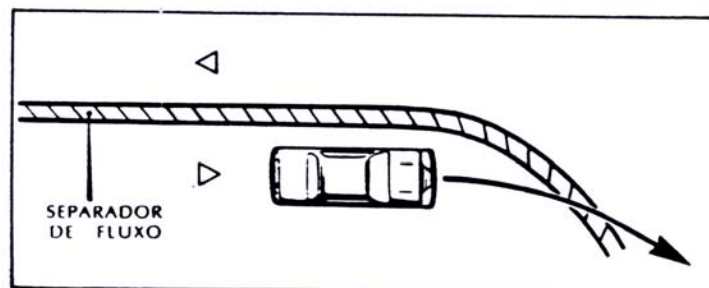


FIGURA 1

Se ela for para a esquerda, estará sendo lançada para fora da pista (Figura 2). Com isso, a absorção da força centrífuga terá que receber uma superelevação para eliminar esta tendência. Em ambos os casos, deverá estar prevista a inserção de barreiras de proteção.

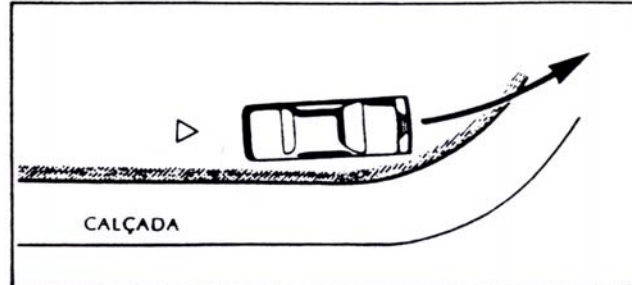


FIGURA 2

3. Finalidade da Superlargura

3.1. Efeito psicológico

A deformação produzida pela perspectiva provoca um efeito psicológico negativo no motorista quando este se aproxima das curvas, piorando ainda mais quando estas curvas são constituídas de raios pequenos.

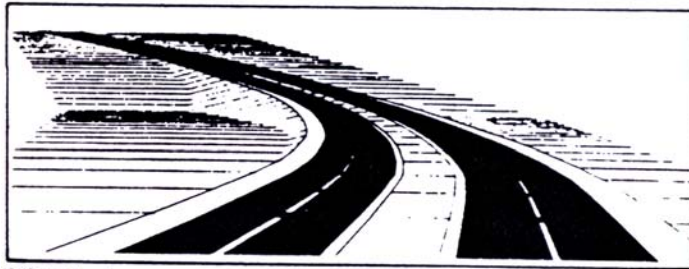


FIGURA 3

3.2. Efeito do posicionamento físico do veículo na curva

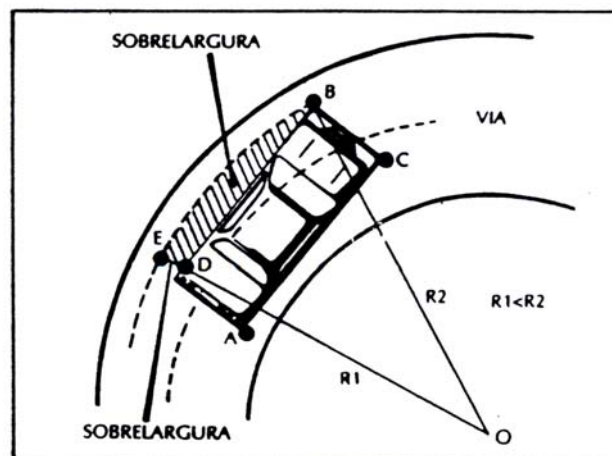


FIGURA 4

O veículo nas curvas, e conseqüentemente com velocidades baixas, faz com que suas rodas dianteiras descrevam uma trajetória de arcos de raio maior que a descrita pela roda traseira, comprovando que as larguras são maiores que as exigidas em trechos tangentes (retas). Somado ainda à projeção do chassi, agravado pelo balanço dianteiro.

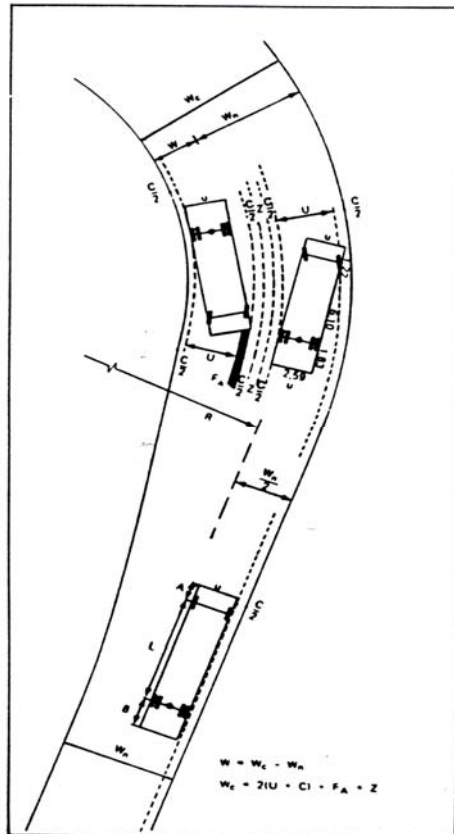


FIGURA 5

4. Finalidade da Tangente mínima

Quando traçados são contemplados com curvas de transição, não é obrigatória a instalação de tangente mínima, pois os veículos neste caso conseguirão se reposicionar normalmente entre uma curva e outra. Nos casos em que houver necessidade, por questões de limitações físicas do local, de se juntar duas curvas de sentidos opostos, aí sim será necessária a instalação de uma tangente mínima de 40,00 metros para o reposicionamento do veículo e distribuição da superelevação das curvas adjacentes.

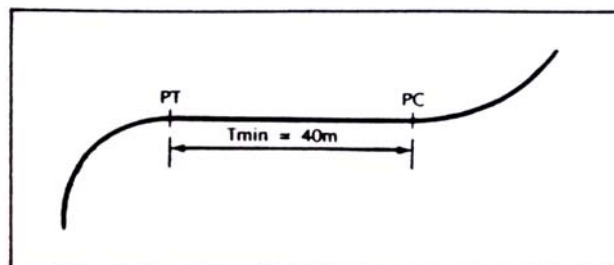


FIGURA 6

Apesar da condenação de se distribuir as superelevações sem curvas de transição (Braz et alli)⁴, somente nos casos de pistas provisórias para desvios de tráfego, esta situação será suportável, desde que haja sinalização informando estas condições.

5. Propostas para Superlargura

5.1. Largura das pistas

As várias pistas de uma intersecção devem ter larguras adequadas ao tipo de tráfego que devem servir, levando em conta raios das curvas empregadas. As larguras das pistas dependerão do tipo de operação do trânsito, de seu volume e da classe de veículos que predominam.

Os tipos de operação consideradas mais comuns são:

- Caso I: Uma faixa única com trânsito em um só sentido sem previsão de passagem à frente.
- Caso II: Uma faixa única com trânsito em um só sentido, com previsão para passagem à frente do veículo parado.
- Caso III: Duas faixas de trânsito para um ou dois sentidos de percurso.

Largura da pista de rolamentos para diversos raios. Além dessas larguras deve ser conservada livre, além dos bordos, uma faixa de largura de 0,60 m no mínimo, sendo aconselhável valor maior de 1,20 m a 3,50 m.

Raio do Bordo Interno da pista em m.	Largura da Pista de Rolamento em m								
	CASO I 1 Faixa de trânsito, tráfego em um só sentido sem previsão de passagem à frente			CASO II Faixa de trânsito, tráfego em um só sentido previsão para passagem de um veículo parado			CASO III 2 Faixas de trânsito para 1 ou 2 sentidos de percurso		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
15	5,00	5,20	6,10	6,40	7,30	8,20	9,10	10,10	11,30
20	4,70	5,00	5,70	6,20	6,90	7,90	8,80	9,70	10,70
25	4,50	4,90	5,40	6,00	6,60	7,50	8,50	9,40	10,30
30	4,30	4,90	5,20	5,80	6,40	7,30	8,20	9,10	10,10
45	4,00	4,60	4,90	5,50	6,10	7,00	7,90	8,80	9,50
60	4,00	4,60	4,90	5,50	6,10	6,70	7,90	8,50	8,80
90	3,70	4,60	4,60	5,20	5,80	6,40	7,60	8,20	8,50
120	3,70	4,30	4,60	5,20	5,80	6,40	7,60	8,20	8,50
150	3,70	4,30	4,60	5,20	5,80	6,40	7,60	8,20	8,20
Tangente	3,70	4,30	4,30	4,90	5,50	6,10	6,70	7,30	7,30

Caso	A	B	C
I	P	SU	WB
II	P-P	P-SU	SU-SU
III	P-SU	SU-SU	WB-WB

5.2. Fórmula a utilizar

Fórmula de Voshell-Palazzo – sobrelargura para curva circular.

(Antes de utilizar esta fórmula deverá ser escolhido o veículo representativo para o projeto)

$$\Delta = n \cdot \frac{(R - \sqrt{R^2 - I^2} + \frac{V}{10 \cdot \sqrt{R^2 - I^2}})}{\text{acrésimo geométrico}} \quad (6)$$

n = número de faixas por pistas

I = distância entre eixos

$\frac{V}{10 \cdot \sqrt{R}}$ = correção para o efeito psicológico (*)

(*) aceita e recomendada pela AASHTO¹ e utilizada pelo DNER²

Modificação da Largura em Função da Margem da Pista:

	Caso I	Caso II	Caso III
Sem Acostamento Estabilizado	-	-	-
Meio-Fio Transponível	-	-	-
Meio-Fio Intransponível De um lado	+ 0,30 m	-	+ 0,30 m
Dos 2 lados	+ 0,60 m	+ 0,30 m	+ 0,60 m
Acostamento Estabilizado de 1 ou 2 lados		Subtraia a Largura do Acostamento – A menor Largura obedecerá ao Caso I	Subtraia 0,60 m onde a Largura do Acostamento for igual ou superior a 1,20 m

5.3. Exemplo para cálculo de superlargura

5.3.1. Veículo representativo para dimensionamento da faixa em curva

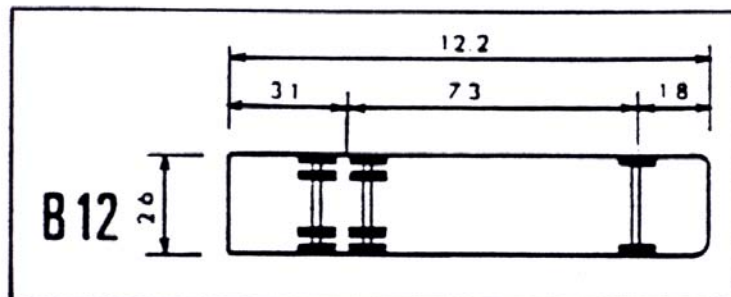


FIGURA 7

Nº de faixas = 1
 Distância entre eixos = 7,3 m
 Raio = 90 m
 Largura normal na tangente = 3,5 m

5.3.2. Determinação da largura extra do veículo de projeto pela Fórmula de Voshell - Palazzo

$$\Delta = n \cdot \left(R - \sqrt{R^2 - l^2} + \frac{V}{10 \cdot \sqrt{R}} \right)$$

TABELA DE RAIOS MÍNIMOS DE CURVAS

Velocidade de Projeto (km/h)	Raios mínimos de curvas para sobrelevação				Coeficiente de Atrito (f) Adotado
	6%	8%	10%	12%	
40	56	51	48	44	0,165
→ 50	→ 90	83	76	71	0,158
60	134	122	113	104	0,152
70	187	171	157	145	0,146
80	252	229	210	194	0,140
90	326	295	270	249	0,135
100	421	380	347	319	0,127
110	528	474	431	395	0,121
120	658	502	527	403	0,115

$$\Delta = 1 \left(90 - \sqrt{90^2 - 7,3^2} + \frac{50}{10 \sqrt{90}} \right)$$

$$\Delta = 0,8235 \cong 0,80 \text{ cm}$$

$$\Delta = 0,80 \text{ cm}$$

A faixa na curva de raio de raio 90m, com sobrelevação de 6% e uma velocidade de projeto de 50 km/h ficará com a seguinte superlargura: 3,50 + 0,80

$$L \text{ faixa} = 4,30\text{m}$$

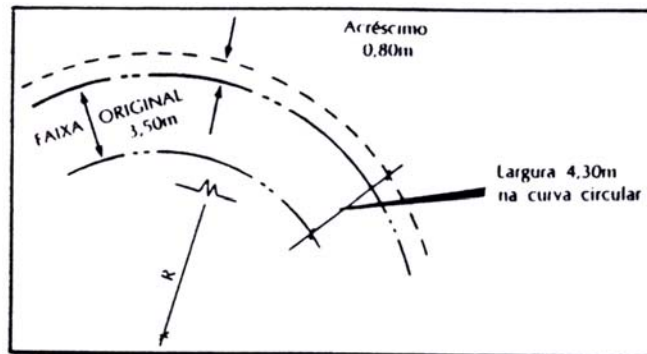


FIGURA 8

6. Proposta para Superelevação

Quando nas interseções se utilizam raios de curvatura maiores que os mínimos, deve-se empregar superelevações distintas das mostradas na tabela. Muitas vezes não é possível alcançar as superelevações desejadas devido às numerosas concordâncias que devem ser feitas, e nestes casos deve-se tratar de alcançar a maior superelevação possível. A tabela abaixo apresenta superelevações que se recomendam em geral para as curvas em interseções, a fim de que se distribuam de forma conveniente.

Raio em Metros	Limite para a Superelevação para as Velocidades Indicadas em km/h					
	24	32	40	48	56	64
15	0,02-0,12					
25	0,02-0,08	0,02-0,12				
45	0,02-0,05	0,02-0,08	0,04-0,12			
70	0,02-0,04	0,02-0,06	0,03-0,08	0,06-0,12		
95	0,02-0,03	0,02-0,04	0,03-0,06	0,05-0,09	0,08-0,12	
130	0,02-0,03	0,02-0,03	0,03-0,05	0,04-0,07	0,06-0,09	0,09-0,12
180	0,02	0,02-0,03	0,02-0,04	0,03-0,05	0,05-0,07	0,07-0,09
305	0,02	0,02-0,03	0,02-0,03	0,03-0,04	0,04-0,05	0,05-0,06
460	0,02	0,02	0,02	0,02-0,03	0,03-0,04	0,04-0,05
610	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02-0,03	0,03-0,04
915	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02-0,03

Na Tabela abaixo, estão indicadas as variações máximas de superelevações aconselháveis, conforme as velocidades.

Velocidade de Segurança da Curva de saída ou entrada do veículo na rodovia principal	Máxima Diferença d%
24 a 40	5% - 8%
40 a 56	5% - 6%
> 56	4% - 5%

6.1. Outras fórmulas utilizadas para verificação da superelevação

$$i = 0,00787 \cdot \frac{V^2}{R} \rightarrow f$$

$$tg\alpha = \frac{V^2}{127 \cdot R} \rightarrow f$$

Exemplo:

$$tg\alpha = \frac{50^2}{127 \times 90} \rightarrow 0,158$$

$$tg\alpha = 0,60 \rightarrow i = 6\%$$

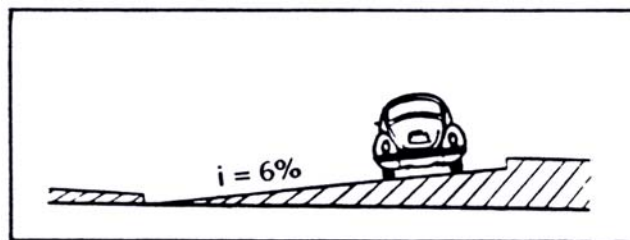


FIGURA 9

Obs: A superelevação não deve exceder, em qualquer padrão da via, aos 12%. A partir de 12% a força centrípeta pode comprometer caminhões com cargas altas, fazendo-as tombarem para o lado interno da curva.

6.2. Outros métodos rápidos

Superelevações genéricas usadas pela CET em projetos viários:

Superelevação					
Estrada 1 V.Expressa	Estr. II, III e IV / Art.	Colet. I e II	Ramos 1 <i>f</i> <i>f</i> = faixa	Ramos 2 <i>f</i>	Local
15/Ri	13,8/Ri	12,4/Ri	3,6/Ri	3,6/Ri	5,6/Ri

Ri = Raio interno da curva

6.3. Exemplo para superelevação em transferências de pistas para obras

Cuidados que devem ser tomados quando da transferência de pistas para efeito de desvio de tráfego, conforme Figura %.

(Deve ser tomado cuidado no trato da drenagem nestes casos)

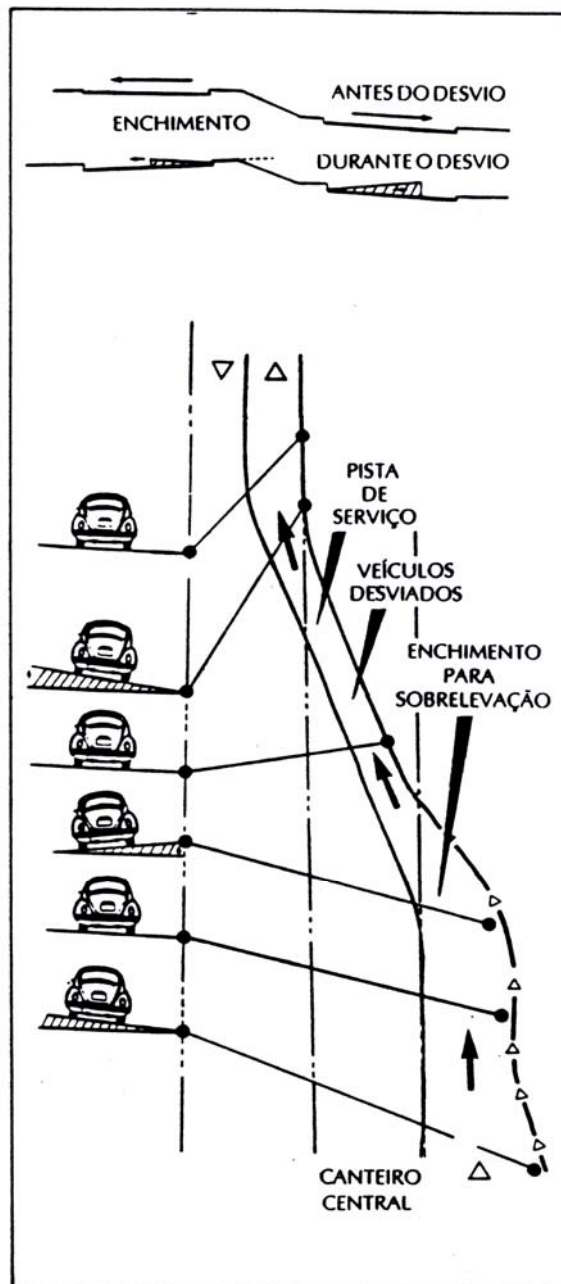


FIGURA 10

Tabelas paramétricas (combinações de sobrelevação / transição também utilizadas no Brasil por projetistas e órgãos rodoviários.

PARÂMETROS ENTRE ESPIRAL MÍNIMA E SUPERELEVÇÃO

design speed, km/h	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	
radius, m	A		A		A		A		A		A	
7000	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
6000	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
4000	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
3000	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
2000	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
1500	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
1200	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
1000	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
800	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
600	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
500	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
400	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
300	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
200	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
150	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
100	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
75	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
50	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
25	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
10	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC

$e_{max} = 0.06$

design speed, km/h	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	
radius, m	A		A		A		A		A		A	
7000	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
6000	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
4000	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
3000	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
2000	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
1500	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
1200	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
1000	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
800	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
600	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
500	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
400	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
350	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
300	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
250	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
220	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
200	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
180	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
160	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
140	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
120	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
100	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
80	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
60	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
40	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
25	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
10	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC

$e_{max} = 0.08$

e = superelevação
 A = Espiral Paramétrica • desejável
 Espiral mínima, $L = A^2 \div \text{Raio}$

design speed = Velocidade de projeto
 lane = faixa
 radius = raio

Referências bibliográficas

1. AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY OFFICIALS
A policy on design of urban highway and arterial streets
 Washington: AASHO, 1973. 740p.
2. BRASIL. Departamento de Trânsito

- Manual de Segurança de Trânsito*
Brasília: DENATRAN, 1984. 2V (Coleção Serviços de Engenharia, 9)
3. BRASIL. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem.
Normas para o projeto de estradas de rodagem.
Rio de Janeiro: DNER, 1965.
 4. CANADA. Roads and Transportation Association.
Uniform traffic control devices for Canada: metric edition 3 ed.
Ottawa: RTAC, 1976.
 5. CARVALHO, M.P.
Curso de estradas: estudos projetos e locações de ferrovias e rodovias
Rio de Janeiro: Científica, 1966
 6. INSTITUTO DE PESQUISAS RODOVIÁRIAS
Manual de projetos de intersecção.
Rio de Janeiro: IPR, 1970. 114p. (Publicação 503)
 7. LEHFELD, Gilberto Monteiro (tradução)
Eficácia do sulcamento do pavimento na redução de acidentes
São Paulo: CET, 1993. 4p (Notas Técnicas 170)
 8. MERCEDES BENZ S.A.
Folheto ABS / ASR: sistemas antibloqueio de rodas e de regulação deslizante
 9. PRYOR, William T.
Circular curve and unit length spiral tables. 1956
 10. SEMINÁRIO SOBRE EFEITOS DE ALDEÍDOS ATMOSFÉRICOS NA SAÚDE E NO MEIO AMBIENTE, 1989
Trabalho apresentado por G. M. Branco e A. Szwarc.
 11. SENCO, Wlastermiller de.
Estradas de Rodagem: projeto DPL.
São Paulo: Escola Politécnica, Grêmio Politécnico (19..)
 12. SEQUEIRA, Márcio Peixoto
Tráfego e meio ambiente: concepção preliminar.
Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 1980. 366 p.

Engº José Tadeu Braz

Colaboração:

Carlos Alberto de Oliveira
Carlos Alberto Saraiva Codesseira
Vanda Menezes Ferreira
Leandro Bruhns de Faro
(GPC / SPR)

