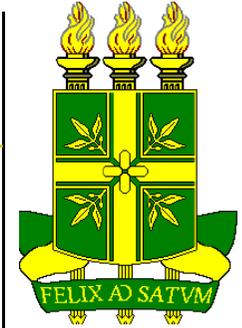


Universidade Regional do Cariri – URCA

Pró – Reitoria de Ensino de Graduação
Coordenação da Construção Civil
Disciplina: Estradas II



Superelevação e Superlargura

Renato de Oliveira Fernandes

*Professor Assistente
Dep. de Construção Civil/URCA
renatodeof@gmail.com*





- Velocidade diretriz
- Conforto e segurança



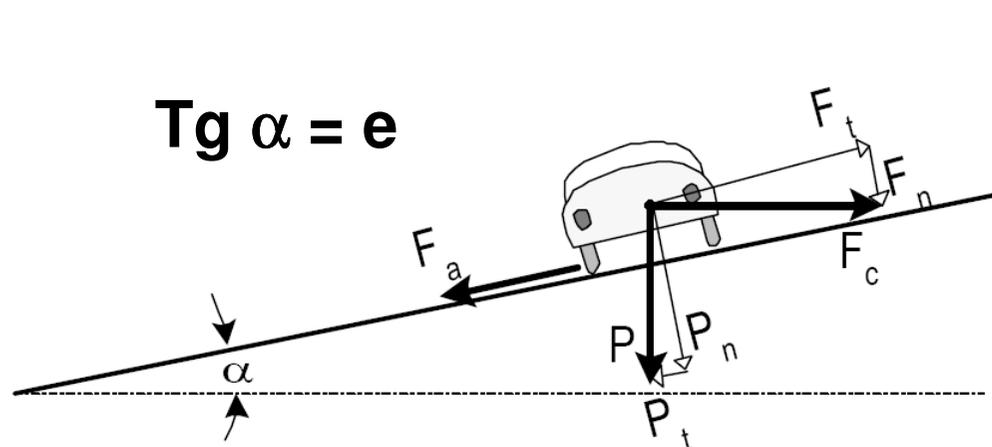


- Ao percorrer um trecho em curva, as condições operacionais se alteram, devido principalmente ao surgimento de esforços laterais, que passam a atuar sobre o veículo, e devido à sensação de maior confinamento que um trecho em curva impõe ao usuário que a percorre.





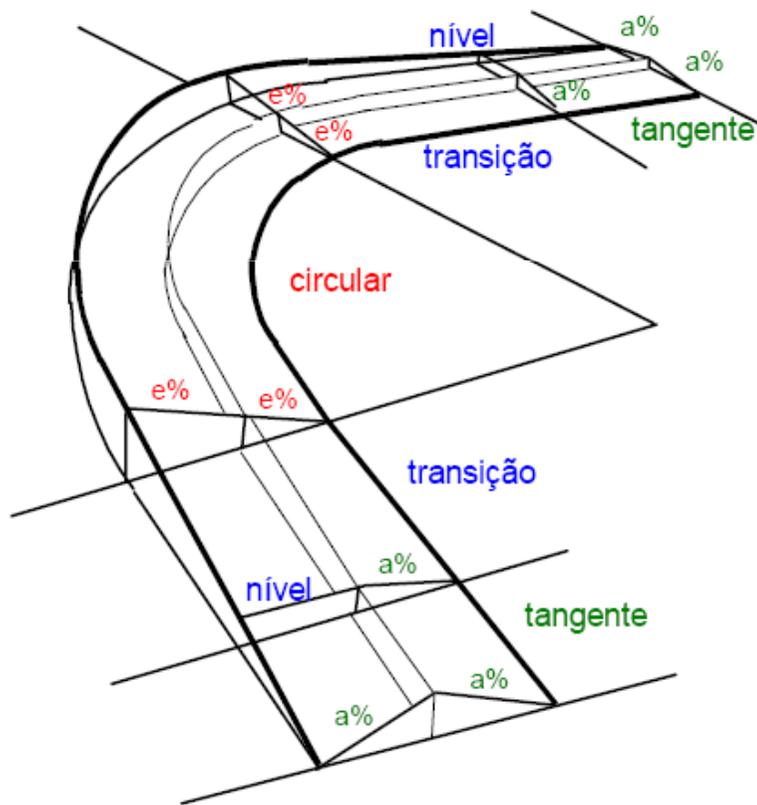
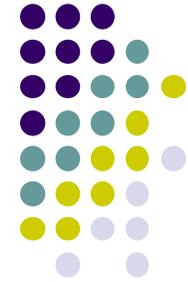
- **Atrito e força centrífuga**
- Visando minimizar o impacto negativo dos fatores inerentes aos trechos curvos, são introduzidos os conceitos de superelevação e de superlargura.



$$F_c = \frac{m \cdot v^2}{R}$$

- F_c = força centrífuga (N);
 m = massa do veículo (kg);
 v = velocidade tangencial do veículo (m/s);
 R = raio da curva circular (m).

Variação da seção transversal

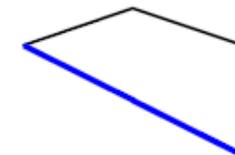


PROCESSOS DE VARIAÇÃO:

. giro em torno do eixo da pista
(mais usado)

. giro em torno do bordo interno

. giro em torno do bordo externo





Cálculo da superelevação

- A superelevação é medida pela inclinação transversal da pista em relação ao plano horizontal, sendo expressa em proporção (m/m) ou em percentagem (%).

$$e = \frac{V^2}{127 \cdot R} - f$$

e = superelevação (m/m);

V = velocidade do veículo (km/h);

R = raio da curva circular (m);

f = coeficiente de atrito transversal, entre pneu e pavimento (m/m).

Valores máximos de 'f'

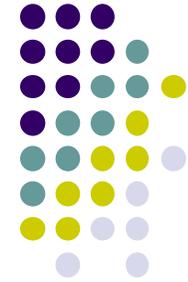


TABELA 5.1 – VALORES MÁXIMOS ADMISSÍVEIS DO COEFICIENTE f

| V (km/h) | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | 110 | 120 |
|------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| $f_{\text{máx}}$ | 0,20 | 0,18 | 0,16 | 0,15 | 0,15 | 0,14 | 0,14 | 0,13 | 0,12 | 0,11 |

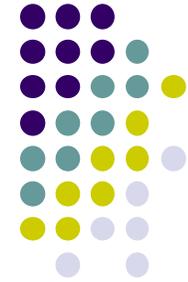
Fonte: Manual de projeto geométrico de rodovias rurais (DNER, 1999, p. 71)

TABELA 5.2 – VALORES DE R QUE DISPENSAM SUPERELEVAÇÃO

| V (km/h) | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | ≥ 100 |
|----------|-----|-----|-------|-------|-------|-------|-------|------------|
| R (m) | 450 | 800 | 1.250 | 1.800 | 2.450 | 3.200 | 4.050 | 5.000 |

Fonte: Manual de projeto geométrico de rodovias rurais (DNER, 1999, p. 97).

Superelevação mínima



- Curvas com raios abaixo dos valores pontados na tabela 5.2 exigem a consideração de superelevação adequada.
- A superelevação mínima admissível, deverá ter valor igual ao do abaulamento, para fins de assegurar a devida drenagem superficial.
 - Revestimentos betuminosos com granulometria aberta: 2,500% a 3,000%;
 - Revestimentos betuminosos de alta qualidade (CAUQ): 2,000%;
 - Pavimento de concreto de cimento: 1,500%





Superelevação máxima

- A maior taxa de superelevação admitida para fins de projeto de rodovias no Brasil é de 12% - empregado para melhoramento de rodovias;
- $e_{\text{máx}} = 10\%$ - as Normas do DNIT permitem a consideração desse valor de superelevação máxima para os projetos na Classes 0 e na Classe I e $e_{\text{máx}} = 8\%$ - indicado para as demais rodovias



Raio mínimo para $e_{\text{máx}}$

$$R = \frac{V^2}{127 \cdot (e + f)}$$

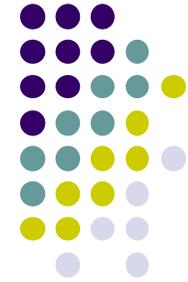
$$R_{\text{min}} = \frac{V^2}{127 \cdot (e_{\text{máx}} + f_{\text{máx}})}$$

TABELA 5.3 – RAIOS MÍNIMOS DE CURVA PARA PROJETOS (metros)

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

Fonte: Manual de projeto geométrico de rodovias rurais (DNER, 1999, p. 71)

Cálculo da superelevação a ser adotada (e_R)



$$e_R = e_{\text{máx}} \cdot \left(\frac{2 \cdot R_{\text{mín}}}{R} - \frac{R_{\text{mín}}^2}{R^2} \right)$$

e_R = superelevação a adotar para a concordância com raio de curva R (%);

$e_{\text{máx}}$ = superelevação máxima admitida para a classe do projeto (%);

$R_{\text{mín}}$ = raio mínimo de curva para a velocidade diretriz considerada (m);

R = raio da curva circular utilizada na concordância (m).





TABELA 2.2 – CLASSES DE PROJETO PARA NOVOS TRAÇADOS DE RODOVIAS EM ÁREAS RURAIS - DNER

| CLASSES DE PROJETO | CARACTERÍSTICAS | CRITÉRIO DE CLASSIFICAÇÃO TÉCNICA ⁽¹⁾ | VELOCIDADE DE PROJETO (km/h) | | |
|--------------------|---|---|------------------------------|----------|------------|
| | | | Plano | Ondulado | Montanhoso |
| 0 | Via Expressa (Controle Total de Acessos) | Decisão Administrativa. | 120 | 100 | 80 |
| I | A Pista Dupla (Controle Parcial de Acessos) | O projeto em pista simples resultaria em Níveis de Serviço inferiores ao aceitável ⁽²⁾ . | 100 | 80 | 60 |
| | B Pista Simples | Volume de Tráfego projetado: > 200 vph ou > 1.400 vpd. | | | |
| II | Pista Simples | Volume de Tráfego projetado: 700 vpd a 1.400 vpd. | 100 | 70 | 50 |
| III | Pista Simples | Volume de Tráfego projetado: 300 vpd a 700 vpd. | 80 | 60 | 40 |
| IV | A Pista Simples | Tráfego na data de abertura: 50 vpd a 200 vpd. | 60 | 40 | 30 |
| | B Pista Simples | Tráfego na data de abertura: < 50 vpd. | | | |

OBSERVAÇÕES: (1) Os Volumes de Tráfego indicados são bidirecionais e referem-se a veículos mistos; os volumes projetados são os previstos para o fim dos dez primeiros anos de operação da via.

(2) Conceito e critérios para o Nível de Serviço: vide o "Highway capacity manual" (TRB, 1994).



TABELA 2.3 – CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS PARA O PROJETO DE RODOVIAS NOVAS

| DESCRIÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS | Unidade | CLASSE 0 | | | CLASSE I | | | CLASSE II | | | CLASSE III | | | CLASSE IV A | | | CLASSE IV B | | |
|---|---------|-----------|-----------|-----------|---|--------------------|--------------------|-----------|------|------|------------|------|------|-------------|------|------|-------------|------|------|
| | | Plano | Ond. | Mont | Plano | Ond. | Mont | Plano | Ond. | Mont | Plano | Ond. | Mont | Plano | Ond. | Mont | Plano | Ond. | Mont |
| Velocidade Diretriz Mínima | km/h | 120 | 100 | 80 | 100 | 80 | 60 | 100 | 70 | 50 | 80 | 60 | 40 | 80 | 60 | 40 | 60 | 40 | 30 |
| Distância de Visibilidade de Parada: - Mínimo Desejável - Mínimo Absoluto | m | 310 | 210 | 140 | 210 | 140 | 85 | 210 | 110 | 65 | 140 | 85 | 45 | 140 | 85 | 45 | 85 | 45 | 30 |
| | m | 205 | 155 | 110 | 155 | 110 | 75 | 155 | 90 | 60 | 110 | 75 | 45 | 110 | 75 | 45 | 75 | 45 | 30 |
| Distância Mínima de Visibilidade de Ultrapassagem | m | - | - | - | 680 ^(B) | 560 ^(B) | 420 ^(B) | 680 | 490 | 350 | 560 | 420 | 270 | 560 | 420 | 270 | 420 | 270 | 180 |
| Raio Mínimo de Curva Horizontal (p/Superelev. Máx.) | m | 540 | 345 | 210 | 345 | 210 | 115 | 375 | 170 | 80 | 230 | 125 | 50 | 230 | 125 | 50 | 125 | 50 | 25 |
| Taxa de Superelevação Máxima | % | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 ⁽¹⁾ | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 |
| Rampa Máxima: - Máximo Desejável - Máximo Absoluto | % | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | % | 3 | 4 | 5 | 3 | 4,5 | 6 | 3 | 5 | 7 | 4 | 6 | 8 | 4 | 6 | 8 | 6 | 8 | 10 |
| Valor de K para Curvas Verticais Convexas: - Mínimo Desejável - Mínimo Absoluto | m/% | 233 | 107 | 48 | 107 | 48 | 18 | 107 | 29 | 10 | 48 | 18 | 5 | 48 | 18 | 5 | 18 | 5 | 2 |
| | m/% | 102 | 58 | 29 | 58 | 29 | 14 | 58 | 20 | 9 | 29 | 14 | 5 | 29 | 14 | 5 | 14 | 5 | 2 |
| Valor de K para Curvas Verticais Côncavas: - Mínimo Desejável - Mínimo Absoluto | m/% | 80 | 52 | 32 | 52 | 32 | 17 | 52 | 24 | 12 | 32 | 17 | 7 | 32 | 17 | 7 | 17 | 7 | 4 |
| | m/% | 50 | 36 | 24 | 36 | 24 | 15 | 36 | 19 | 11 | 24 | 15 | 7 | 24 | 15 | 7 | 15 | 7 | 4 |
| Largura da Faixa de Trânsito: - Mínimo Desejável - Mínimo Absoluto | m | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | m | 3,60 | 3,60 | 3,60 | 3,60 | 3,60 | 3,60 | 3,60 | 3,50 | 3,30 | 3,50 | 3,30 | 3,30 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 2,50 | 2,50 | 2,50 |
| Largura do Acostamento Externo: - Mínimo Desejável - Mínimo Absoluto | m | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | m | 3,50 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 2,50 | 2,50 | 2,50 | 2,50 | 2,00 | 2,50 | 2,00 | 1,50 | 1,30 | 1,30 | 0,80 | 1,00 | 1,00 | 0,50 |
| Largura do Acostamento Interno: - Pistas de 2 faixas - Pistas de 3 faixas - Pistas de 4 faixas | m | 0,60-1,20 | 0,60-1,00 | 0,50-0,60 | Somente para a Classe IA; Aplicam-se os mesmos valores Indicados para a Classe 0. | | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | m | 2,50-3,00 | 2,00-2,50 | 2,00-2,50 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | m | 3,00 | 2,50-3,00 | 2,50-3,00 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Gabarito Vertical (altura livre) - Mínimo Desejável - Mínimo Absoluto | m | - | - | - | - | - | - | 5,50 | 5,50 | 5,50 | 5,50 | 5,50 | 5,50 | 5,50 | 5,50 | 5,50 | 5,50 | 5,50 | 5,50 |
| | m | 5,50 | 5,50 | 5,50 | 5,50 | 5,50 | 5,50 | 4,50 | 4,50 | 4,50 | 4,50 | 4,50 | 4,50 | 4,50 | 4,50 | 4,50 | 4,50 | 4,50 | 4,50 |
| Afastamento Mínimo do Bordo do Acostamento: - Obstáculos Contínuos - Obstáculos Isolados | m | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,30 | 0,30 | 0,30 | 0,30 | 0,30 | 0,30 | 0,30 | 0,30 | 0,30 |
| | m | 1,50 | 1,50 | 1,50 | 1,50 | 1,50 | 1,50 | 1,50 | 1,50 | 1,50 | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,50 |
| Largura do Canteiro Central: - Largura Desejável - Valor Normal - Mínimo Absoluto | m | 10-18 | 10-18 | 10-18 | 10-12 | 10-12 | 10-12 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | m | 6-7 | 6-7 | 6-7 | ≥6 | ≥6 | ≥6 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | m | 3-7 | 3-7 | 3-7 | 3-7 | 3-7 | 3-7 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |

(1) Somente para a Classe IA; para a classe IB considerar 8%



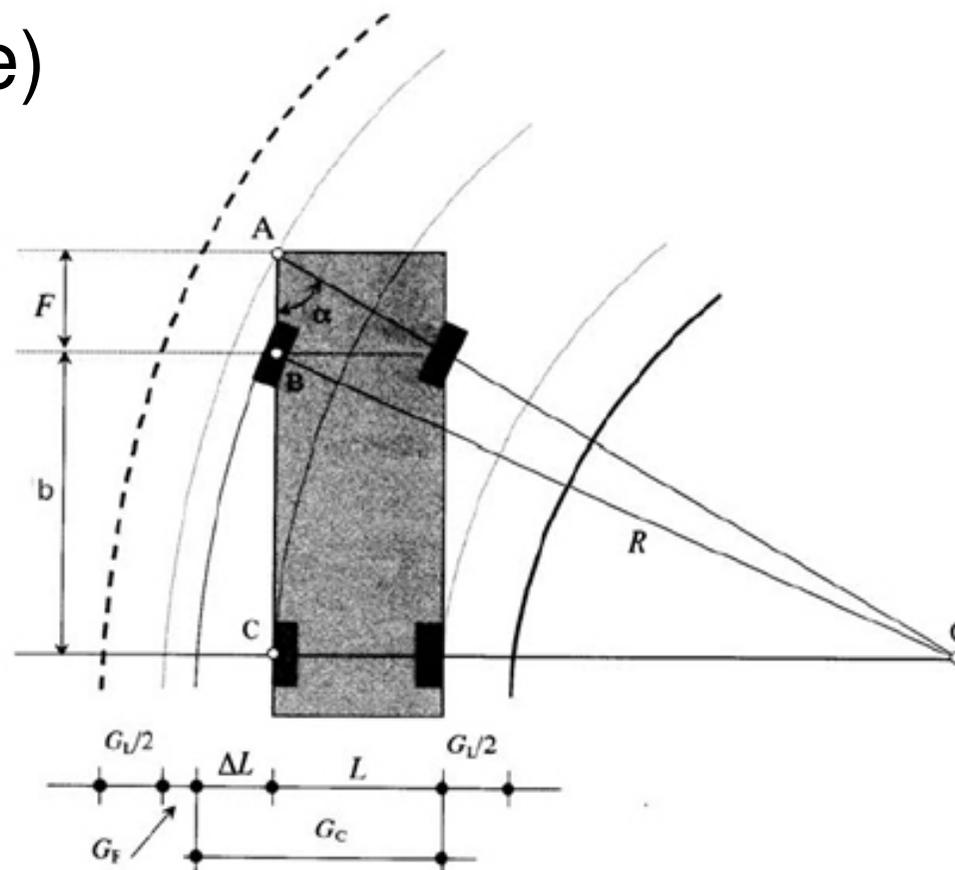
- Determinar a superelevação a ser adotada numa concordância horizontal com raio de curva circular $R=214,88\text{m}$, no projeto de uma rodovia nova, em região de relevo ondulado, na Classe II do DNER.





Superlargura

- Largura da faixa e conforto da pista (trecho em tangente)
- Largura da faixa e conforto da pista (trecho em curva)





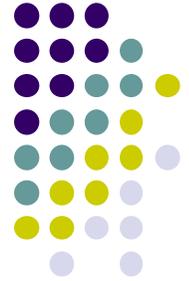
Superlargura

- Necessidade de desenvolvimento da superlargura:
 - Nas curvas os veículos ocupam dimensões maiores que em trechos retos;
 - Devido a efeitos de deformação visual, devido as dificuldades naturais de operação de um veículo pesado em trajetória curva e sensação de confinamento.



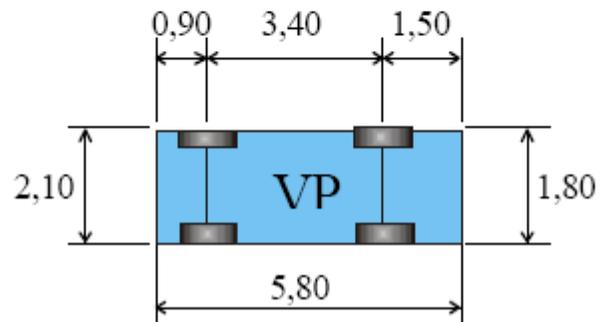
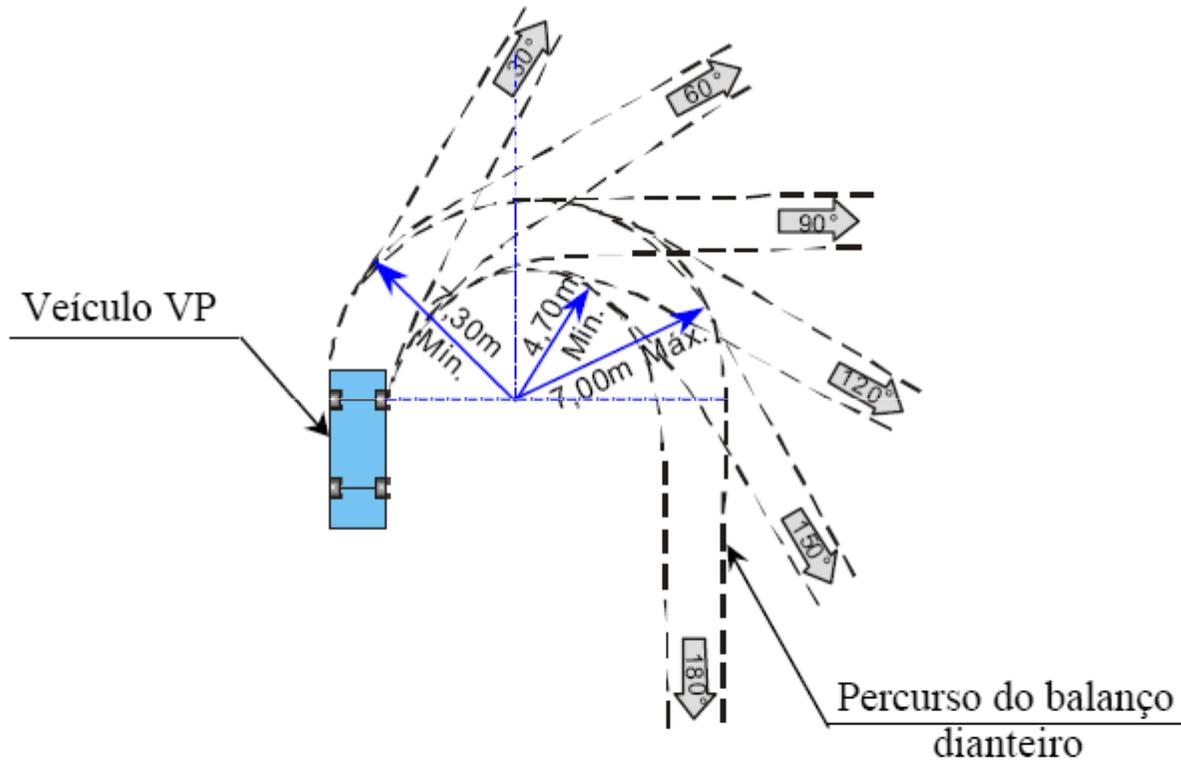
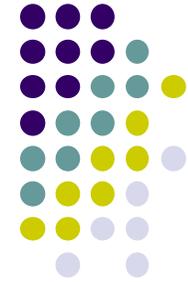
Superlargura

- Dimensionamento da superlargura
- Veículo de projeto



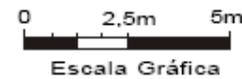
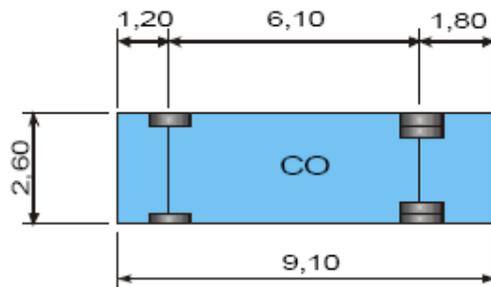
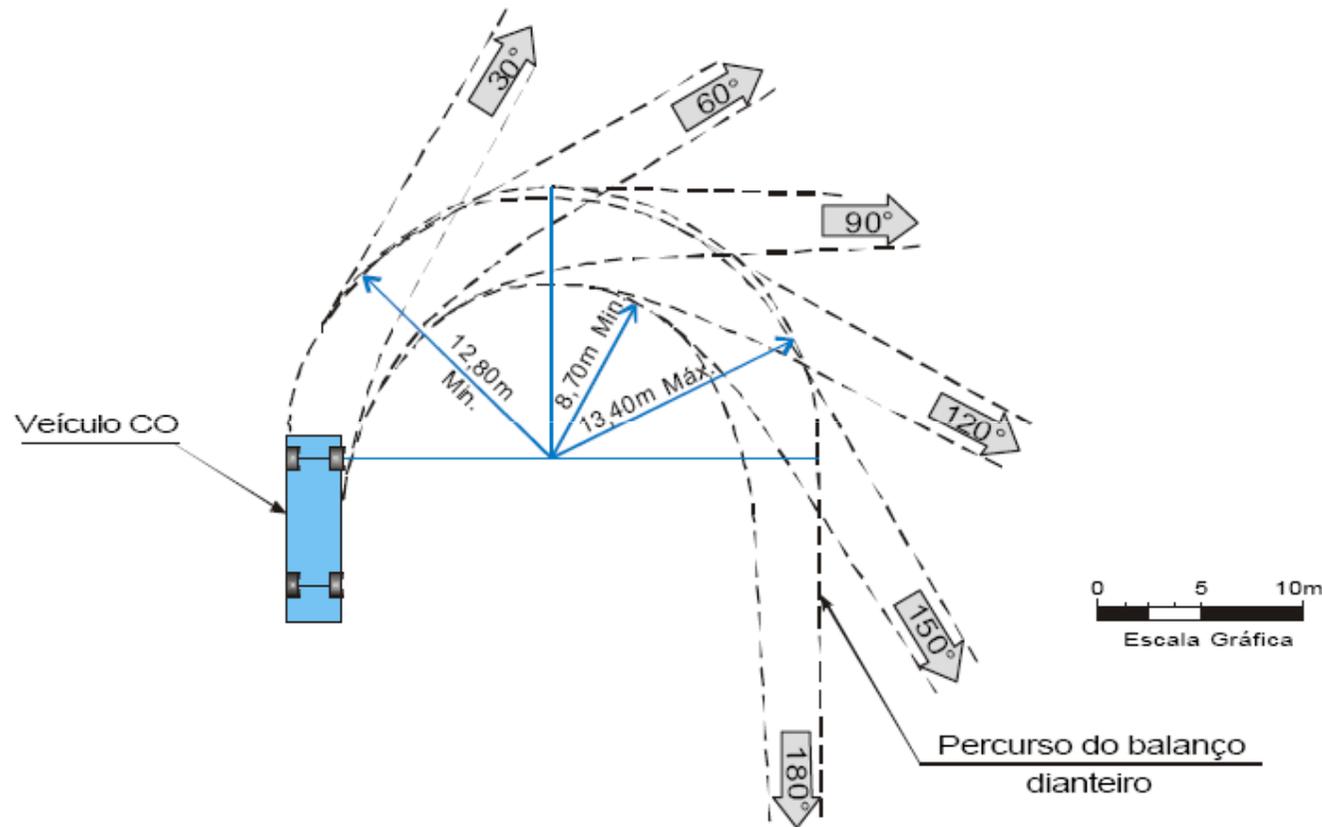
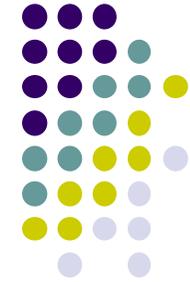
Veículo Tipo VP

Veículo de Passageiros



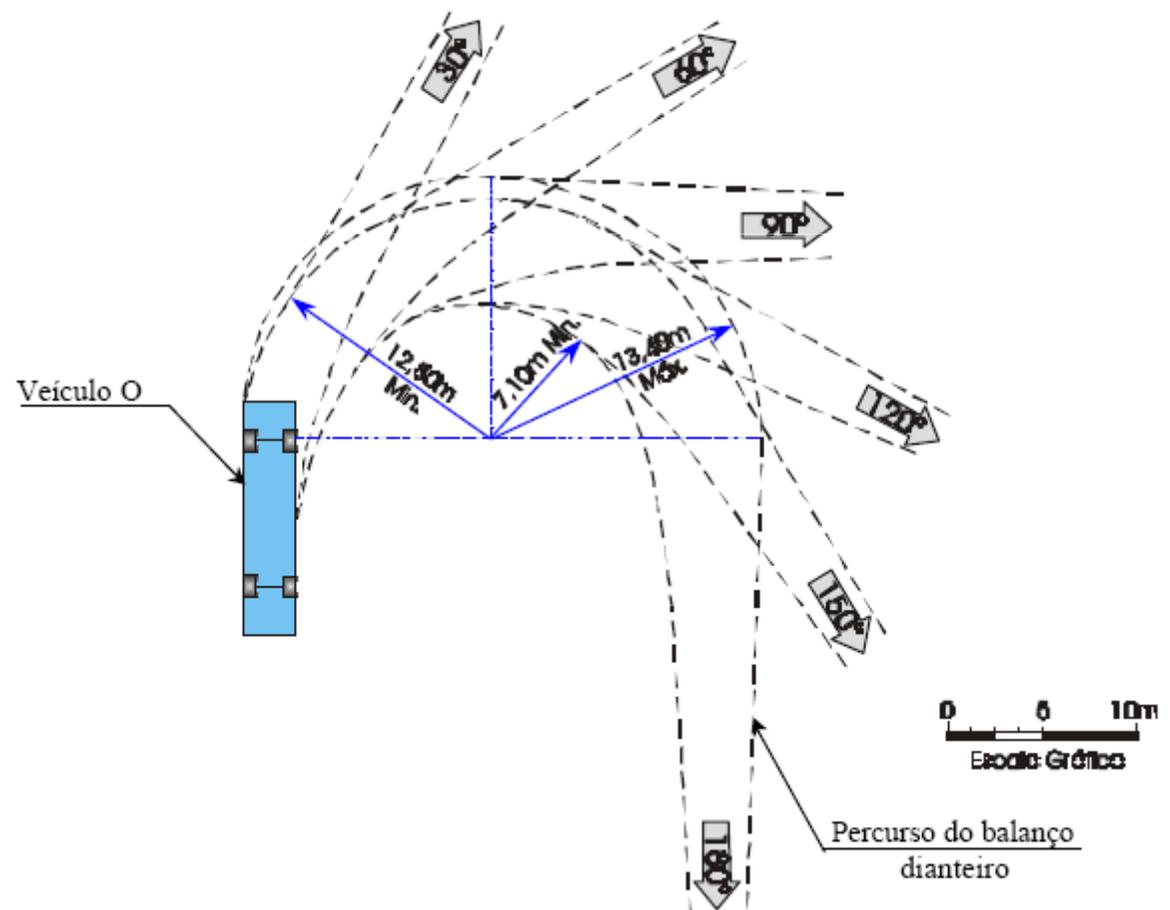
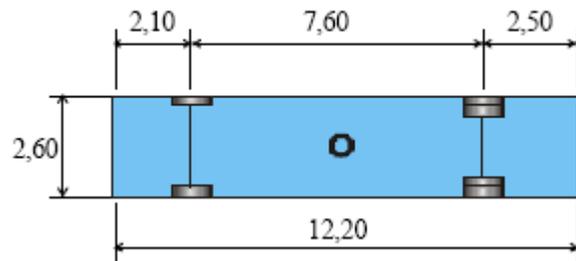
Veículo Tipo CO

Veículo Comercial Rígido



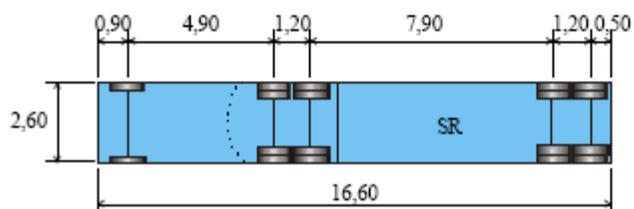
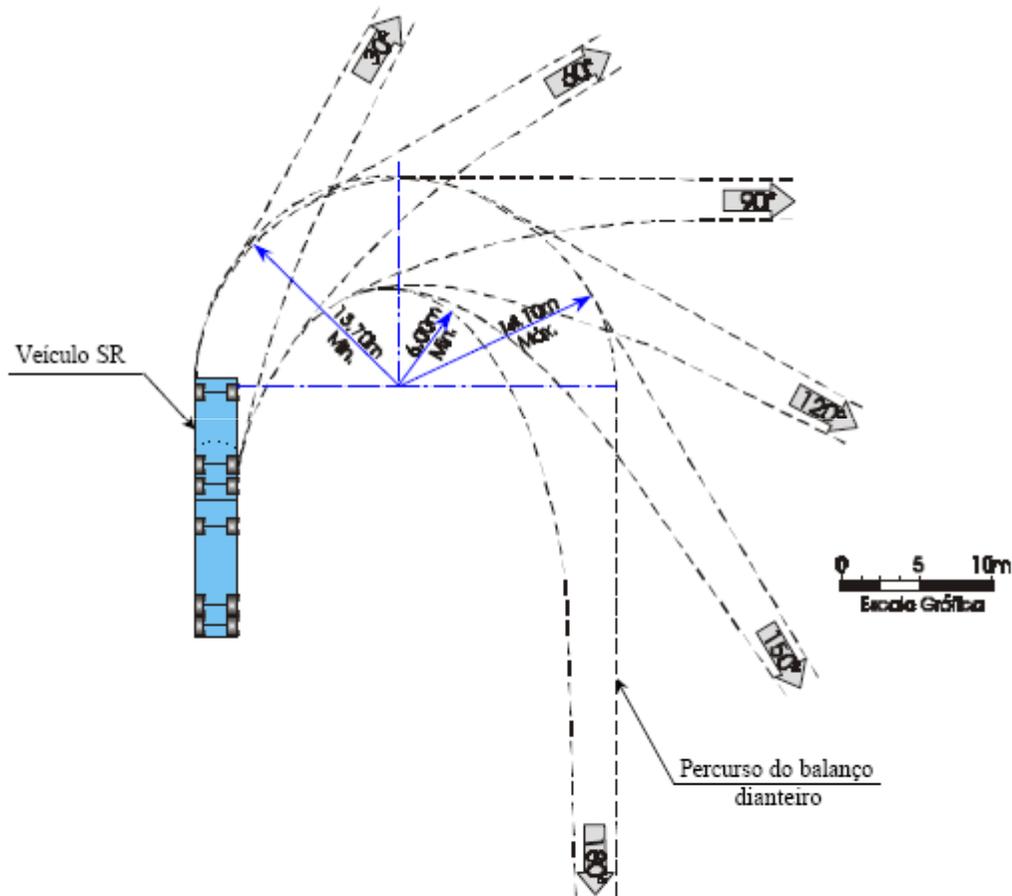
Veículo Tipo O

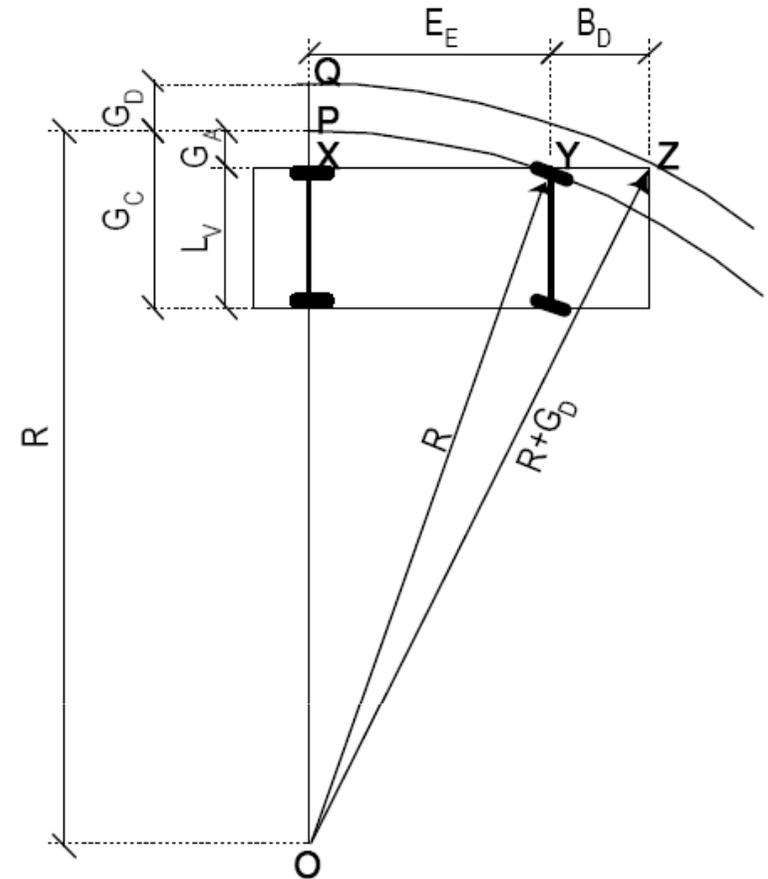
Ônibus de Longo Percurso



Veículo Tipo SR

Semi-Reboque





$$G_D = \sqrt{R^2 + B_D \cdot (2 \cdot E_E + B_D)} - R$$

onde:

- G_D : gabarito devido ao balanço dianteiro (m);
- B_D : balanço dianteiro (m);
- E_E : distância entre-eixos (m);
- R : raio da curva circular (m);



TABELA 5.7 – VALORES DE GABARITO LATERAL

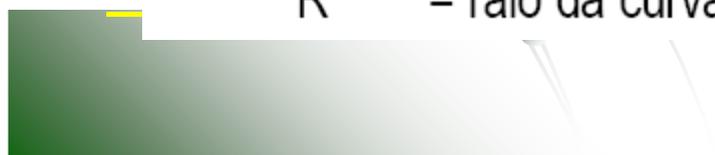
| Largura de faixa L_F (m) | 3,00 – 3,20 | 3,30 – 3,40 | 3,50 – 3,60 |
|----------------------------|-------------|-------------|-------------|
| Gabarito Lateral G_L (m) | 0,60 | 0,75 | 0,90 |

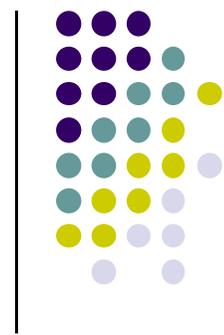
Fonte: Manual de projeto geométrico de rodovias rurais (DNER, 1999, p. 76).

$$F_D = \frac{V}{10 \cdot \sqrt{R}}$$

onde:

- F_D = folga dinâmica (m);
- V = velocidade diretriz (km/h);
- R = raio da curva circular (m).





$$L_T = N \cdot (G_C + G_L) + (N-1) \cdot G_D + F_D$$

onde:

$$L_N = N \cdot L_F$$

L_N : largura total da pista em tangente (m);

N : número de faixas de trânsito na pista;

L_F : largura de projeto da faixa de trânsito (m);

$$S_R = L_T - L_N$$

S_R : superlargura para uma pista em curva horizontal (m);

L_T : largura total de uma pista em curva (m);

L_N : largura normal de uma pista em tangente (m).

- L_T – largura total da pista

- S_R – deve ser múltiplos de 0,20 m

- $S_R > 0,40$ m



- Determinar a superlargura a ser adotada numa concordância horizontal com raio de curva circular $R=214,88\text{m}$, no projeto de uma rodovia nova, em região de relevo ondulado, na Classe II do DNER.

