

# PROJETO GEOMÉTRICO DE RODOVIAS PELAS NORMAS DO DNIT

João Ionas Gomes Oliveira<sup>1</sup>

Elpídio Gabriel Silva Aragão<sup>2</sup>

Matemática



ISSN IMPRESSO 1980-1777

ISSN ELETRÔNICO 2316-3135

## RESUMO

Desenvolver um projeto geométrico de uma rodovia requer um grande planejamento anterior de campo visando as necessidades e os possíveis problemas encontrados ao longo da obra de construção dessa estrada. Visando condições já estudadas, este trabalho tem como objetivo fornecer um roteiro de cálculo baseado nas Normas exigidas pelo Departamento Nacional de Infraestrutura e Transporte (DNIT) tomando como referência uma curva qualquer de uma rodovia fictícia, compreendendo apenas o dimensionamento longitudinal e seu devido estaqueamento. Esse cálculo deve fornecer conforto e fluidez no trânsito de determinada rodovia de acordo com suas necessidades anteriormente definidas nos estudos preliminares.

## PALAVRAS-CHAVE

Projeto Geométrico; estrada; rodovia; dimensionamento.

## ABSTRACT

Developing a geometric road design requires a major prior field planning aiming at the needs and potential problems encountered throughout the road construction work. Aiming at conditions already studied, this paper aims to provide a calculation roadmap based on the Norms required by the National Department of Infrastructure and Transport (DNIT), taking as reference any curve of a fictitious highway, comprising only the longitudinal dimensioning and its due staking. This calculation should provide comfort and fluidity in the traffic of a certain highway according to its previously defined needs in the preliminary studies.

## Keywords

Geometric Design. Road. Highway. Sizing.

## 1 REFERENCIAL TEÓRICO

### 1.1 ELEMENTOS PRELIMINARES AO PROJETO

O projeto geométrico de uma rodovia só é possível com uma série de estudos preliminares que são de suma importância para determinação de dados necessários ao dimensionamento do projeto. A Rodovia precisa ser classificada de acordo com localização geográfica e quanto à sua funcionalidade, porém os dados serão extraídos de acordo com sua classificação técnica, que será o enfoque deste artigo.

#### 1.1.1 Classificação Técnica

Cada rodovia tem uma demanda própria de acordo com sua região e sua função. De acordo com Lee (2000, p, 276),

[...] Classificação Técnica, que permite a definição das dimensões e da configuração espacial com que a rodovia deverá ser projetada para poder atender satisfatoriamente à demanda que a solicitará e, conseqüentemente, às funções a que se destina.

A classificação técnica de uma rodovia (ou do projeto de uma rodovia) é feita, segundo os critérios estabelecidos pelo Departamento Nacional de Estradas e Ro-

dagem (DNER), com base em dois parâmetros principais: o volume de tráfego a ser atendido pela rodovia e o relevo da região atravessada.

Para fins de classificação técnica de projetos rodoviários, considera-se o conjunto dos diferentes tipos de veículos, tratando-se, portanto, de volumes de tráfego misto; os intervalos de tempo mais utilizados para fins de projeto geométrico são o dia e a hora, resultando em volumes de tráfego expressos em veículos/dia (v/d ou vpd) ou em veículos/hora (v/h ou vph).

Então, calculada a demanda em determinada rodovia, compara-se com o relevo da região, que tem classificação sugerida pela *American Association of State Highway and Transportation Officials* (AASHTO) e encontramos a velocidade diretriz mínima, também outras características técnicas necessárias especificamente fixadas pelas Normas do DNER para as diferentes classes de projeto. Como demonstrado na imagem de referência a seguir:

| 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:<br>- Mínimo Desejável<br>- 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 <sup>(1)</sup>  | 560 <sup>(1)</sup> | 420 <sup>(1)</sup> | 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 <sup>(1)</sup>  | 8         | 8    | 8    | 8          | 8    | 8    | 8           | 8    | 8    | 8           | 8    | 8    |
| Rampa Máxima:<br>- Máximo Desejável<br>- 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:<br>- Mínimo Desejável<br>- 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:<br>- Mínimo Desejável<br>- 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:<br>- Mínimo Desejável<br>- 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:<br>- Mínimo Desejável<br>- 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:<br>- Pistas de 2 faixas<br>- Pistas de 3 faixas<br>- Pistas de 4 faixas | m       | 0,60-1,20 | 0,60-1,00 | 0,50-0,60 | Somente para a Classe II;<br>Aplicam-se os mesmos valores<br>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)<br>- Mínimo Desejável<br>- 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:<br>- Obstáculos Contínuos<br>- 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:<br>- Largura Desejável<br>- Valor Normal<br>- Mínimo Absoluto              | m       | 10-18     | 10-18     | 10-18     | 10-12   | 10-12              | 10-12              | -         | -    | -    | -          | -    | -    | -           | -    | -    | -           | -    | -    |
|   | m       | 6-7       | 6-7       | 6-7       | 2,6   | 2,6                | 2,6                | -         | -    | -    | -          | -    | -    | -           | -    | -    | -           | -    | -    |
|   | m       | 3-7       | 3-7       | 3-7       | 3-7   | 3-7                | 3-7                | -         | -    | -    | -          | -    | -    | -           | -    | -    | -           | -    | -    |

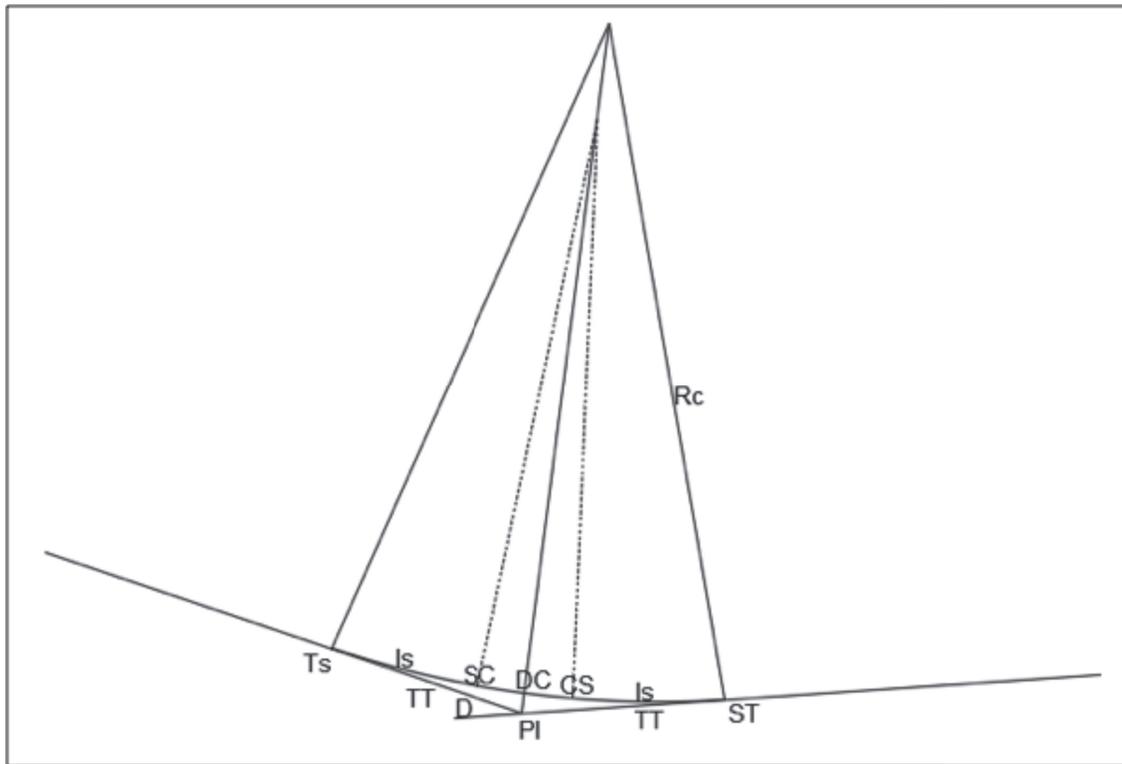
<sup>(1)</sup> Somente para a Classe II; para a classe I, considerar 8%.

## 1.2 PROJETO GEOMÉTRICO LONGITUDINAL DE CURVA CIRCULAR SIMPLES

Após a fase exploratória da região e definição do traçado de acordo com a necessidade da rodovia, é feito um estaqueamento onde é determinado o Ponto de Inflexão (PI). A partir de PI que é iniciado o dimensionamento da curva.

Para seguir o cálculo adota-se o exemplo genérico mostrado na Figura abaixo:

Figura 1 – Esquema de concordância de uma curva circular simples e transição



Fonte: Autor (2018);

Dada a curva exemplo, para dimensionar a curva, seguimos o esquema demonstrado abaixo:

a) Ângulo Central ( $\hat{A}C$ ):

$$(1) \quad \hat{A}C = D$$

b) Raio de curvatura ( $Rc$ ):

$$(2) \quad Rc \geq \frac{V^2}{127(\mu + e)}$$

Onde,  $\mu$  é dado pela tabela definida pelo DNER:

Tabela 2 – Valores máximos admissíveis de coeficiente de atrito transversal

| V(km/h) | 30   | 40   | 50   | 60   | 70   | 80   | 90   | 100  | 110  | 120  |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| $\mu$   | 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)

a) Máxima variação da aceleração centrífuga ( $C_{max}$ ):

$$(3) \quad C_{max} = 1,5 - 0,009V$$

b) Comprimento do trecho em transição ( $l_s$ )

$$(4) \quad l_s \geq \frac{0,0214V^3}{Rc \cdot C_{max}}$$

c) Parâmetro de posição ( $\theta_s$ )

$$(5) \quad \theta_s = \frac{l_s}{2Rc}$$

d) Desenvolvimento da curva ( $D_c$ )

$$(6) \quad D_c = Rc(\hat{A}C - 2\theta_s)$$

Obs: , caso isso ocorra, temos que aumentar o  $l_s$  e recalculá-lo a partir do parâmetro de posição  $\theta_s$ .

e) Parâmetros de posição

$$(7) \quad X_s = l_s \left(1 - \frac{\theta_s^2}{10}\right) \quad (8) \quad Y_s = l_s \cdot \frac{\theta_s}{3}$$

f) Parâmetros de auxiliares

$$(9) \quad k = X_s - Rc \cdot \text{sen}(\theta_s) \quad (10) \quad P = Y_s - Rc(1 - \cos(\theta_s))$$

g) Tangente externa da curva (TT)

$$(11) \quad TT = (Rc + P) \cdot \text{tg}\left(\frac{\hat{A}C}{2}\right) + k$$

h) Estaqueamento

$$(12) \quad E(Ts) = E(PI) - TT$$

$$(13) \quad E(SC) = E(Ts) + l_s$$

$$(14) \quad E(CS) = E(SC) + D_c$$

$$(15) \quad E(ST) = E(CS) + l_s$$

i) Locação das estacas

A locação das estacas deve ser dividida entre as curvas de transição e a curva circular simples. Dentro das curvas o estaqueamento é feito de 10,0 m em 10,0 m.

Na locação da curva circular simples, pelo método das deflexões acumuladas sobre a tangente, determinamos o Grau da Curva a partir do Raio de curvatura:

$$G5 = \frac{5}{Rc} , \text{ para } Rc < 100m$$

$$G10 = \frac{10}{Rc} , \text{ para } 100m \geq Rc \geq 600m$$

$$G20 = \frac{20}{Rc} , \text{ para } Rc > 600m$$

Posteriormente, temos que encontrar a Deflexão sobre a tangente que é dada a partir da seguinte fórmula geral:

$$dn = n \cdot \alpha_{unit} , \text{ onde temos } n = \text{comprimento} \text{ e } \alpha_{unit} = \frac{Gx}{2x}$$

Já na locação das curvas de transição, obedecendo o passo a passo a seguir encontramos as coordenadas ordenadas e abscissas, bem como a deflexão:

$$(16) \quad \theta = \frac{l^2}{2Rc \cdot ls}$$

$$(17) \quad x = l \left( 1 - \frac{\theta^2}{10} \right)$$

$$(18) \quad y = l \cdot \frac{\theta}{3}$$

$$(19) \quad \alpha = \arctg \left( \frac{y}{x} \right)$$

Obs: Ao final, a última estaca das curvas, seja ela circular simples ou de transição, o comprimento acumulado deve ser igual ao Comprimento do trecho em transição (ls).

## REFERÊNCIAS

AASHTO (American Association of State Highway And Transportation Officials). **A policy on geometric design of highways and streets**. Washington, D.C. : AASHTO, 1994. (não disponível na BU).

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DE SANTA CATARINA. **Diretrizes para a concepção de estradas**: condução do traçado – DCE-C. Florianópolis: DER/SC, 1999.

DNER – DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **Classificação funcional do sistema rodoviário do Brasil**. Rio de Janeiro. DNER, 1974.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **Manual de projeto geométrico de rodovias rurais**. Rio de Janeiro: DNER, 1999a.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **Manual de Sinalização Rodoviária**. Rio de Janeiro: DNER, 1999b.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Histórico do rodoviarismo**. Disponível em: <http://www1.dnit.gov.br/historico/>. Acesso em: 15 nov. 2018.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Manual de Projeto Geométrico de Travessias Urbanas**. Rio de Janeiro: DNIT, 2009.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Manual de Sinalização Rodoviária**. 3.ed. Rio de Janeiro: DNIT, 2010.

LEE, Shu Han. **Introdução ao projeto geométrico de rodovias**. Florianópolis: UFSC, 2000.

---

**Data do recebimento:** 21 de julho de 2016

**Data da avaliação:** 9 de novembro de 2016

**Data de aceite:** 12 de dezembro de 2017

---

---

1 Graduando em Licenciatura em Matemática. E-mail: joao.ionas@souunit.com.br

2 Graduando em Licenciatura em Matemática. E-mail: elpidio.gabriel@souunit.com.br

