

Projeto Geométrico Horizontal

Exercício Numérico



Recife, 2020

Projeto Geométrico Horizontal

Tabela 1 - Resumo Classificação das Estradas de Rodagem – Página 241

DESCRIÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	Unidade	CLASSE 0			CLASSE I			CLASSE II		
		Plano	Ondul.	Mont.	Plano	Ondul.	Mont.	Plano	Ondul.	Mont.
Velocidade diretriz mínima	km/h	120	100	80	100	80	60	100	70	50
Distância de visibilid. de parada: – mínimo desejável	m	310	210	140	210	140	85	210	110	65
	m	205	155	110	155	110	75	155	90	60
Distância mínima de visibilidade de ultrapassagem	m	–	–	–	680 ^(1B)	560 ^(1B)	420 ^(1B)	680	490	350
Raio mínimo de curva horizontal (p/superelev. máx.)	m	540	345	210	345	210	115 ⁽¹⁾	375	170	80
Taxa de superelevação máxima	%	10	10	10	10	10	10 ⁽²⁾	8	8	8
Rampa máxima	%	3	4	5	3	4½	6	3	5	7
Valor K para curvas convexas: – mínimo desejável	m/%	233	107	48	107	48	18	107	29	10
	m/%	102	58	29	58	29	14	58	20	9
Valor K para curvas côncavas: – mínimo desejável	m/%	80	52	32	52	32	17	52	24	12
	m/%	50	36	24	36	24	15	36	19	11
Largura da faixa de trânsito	m	3,60	3,60	3,60	3,60	3,60	3,60	3,60	3,50	3,30
Largura do acostamento externo: – mínimo desejável	m	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	m	3,50	3,00 ⁽³⁾	3,00 ⁽³⁾	3,00 ⁽³⁾	2,50	2,50	2,50	2,50	2,00
Largura do acostamento interno: – pistas de 2 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	m	–	–	–	–	–	–	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
Afast. mín. borda do acost.: – obstáculos contínuos	m	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
	m	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
Largura do canteiro central: – largura desejável	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	–	–	–

Observações: ⁽¹⁾ Somente para a classe IA; para a classe IB, considerar 125 m. ⁽²⁾ Somente para a classe IA; para a classe IB, considerar 8%.

⁽³⁾ Preferivelmente 3,50 m quando for previsto volume horário unidirecional de caminhões superior a 250 vph (DNER, 1999, p. 144).

Fonte dos dados primários: Manual de projeto geométrico de rodovias rurais (DNER, 1999, p. 161-168).

V

R_{min}

e_{máx}

e_{máx}

4%

6%

8%

10%

12%

Projeto Geométrico Horizontal

Tabela 1 - Resumo Classificação das Estradas de Rodagem – Página 241

DESCRIÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	Unidade	CLASSE III			CLASSE IV A			CLASSE IV B		
		Plano	Ondul.	Mont.	Plano	Ondul.	Mont.	Plano	Ondul.	Mont.
Velocidade diretriz mínima	km/h	80	60	40	60	40	30	60	40	30
Distância de visibilidade de parada: – mínimo desejável	m	140	85	45	85	45	30	85	45	30
– mínimo absoluto	m	110	75	45	75	45	30	75	45	30
Distância mínima de visibilidade de ultrapassagem	m	560	420	270	420	270	180	420	270	180
Raio mínimo de curva horizontal (p/superelev. máx.)	m	230	125	50	125	50	25	125	50	25
Taxa de superelevação máxima	%	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Rampa máxima	%	4	6	8	4	6	8	6	8	10 ⁽¹⁾
Valor K para curvas convexas: – mínimo desejável	m/%	48	18	5	18	5	2	18	5	2
– mínimo absoluto	m/%	29	14	5	14	5	2	14	5	2
Valor K para curvas côncavas: – mínimo desejável	m/%	32	17	7	17	7	4	17	7	4
– mínimo absoluto	m/%	24	15	7	15	7	4	15	7	4
Largura da faixa de trânsito	m	3,50	3,30	3,30	3,00	3,00	3,00	2,50	2,50	2,50
Largura do acostamento externo	m	2,50	2,00	1,50	1,30	1,30	0,80	1,00	1,00	0,50
Gabarito vertical (altura livre): – mínimo desejável	m	5,50	5,50	5,50	5,50	5,50	5,50	5,50	5,50	5,50
– mínimo absoluto	m	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50
Afastam. mín. borda do acost.: – obstáculos contínuos	m	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
– obstáculos isolados	m	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50

Observação: ⁽¹⁾ Em extensão limitada a 300 m contínuos.

Fonte dos dados primários: Manual de projeto geométrico de rodovias rurais (DNER, 1999, p. 161-168).

V

R_{min}

e_{máx}

e_{máx}

4%

6%

8%

10%

12%

Tabela 2 - VMD em função da Classificação das Estradas de Rodagem – Página 242

CLASSE		CARACTERÍSTICAS	CRITÉRIO DE CLASSIFICAÇÃO TÉCNICA
O		Via expressa Controle total de acessos	Decisão Administrativa
I	A	Pista Dupla Controle Parcial de acessos	Os volumes de tráfego previstos ocasionarem níveis de serviço em rodovia de pista simples inferiores aos níveis C ou D.
	B	Pista Simples Controle parcial de acesso	Volume horário de projeto (VMH) > 200. Volume Médio Diário (VMD) > 1400.
II		Pista Simples	VMD – 700 a 1400 veículos
III		Pista Simples	VMD – 300 a 700 veículos
IV	A	Pista Simples	VMD – 50 a 300 veículos
	B	Pista Simples	VMD < 50 veículos

Tabela 3 - Classificação quanto a Topografia – Página 242

Classificação quanto a Topografia:

PLANA	Declividade de até 8%
ONDULADA	Declividade entre 8% e 20%
MONTANHOSA	Declividades maiores que 20%

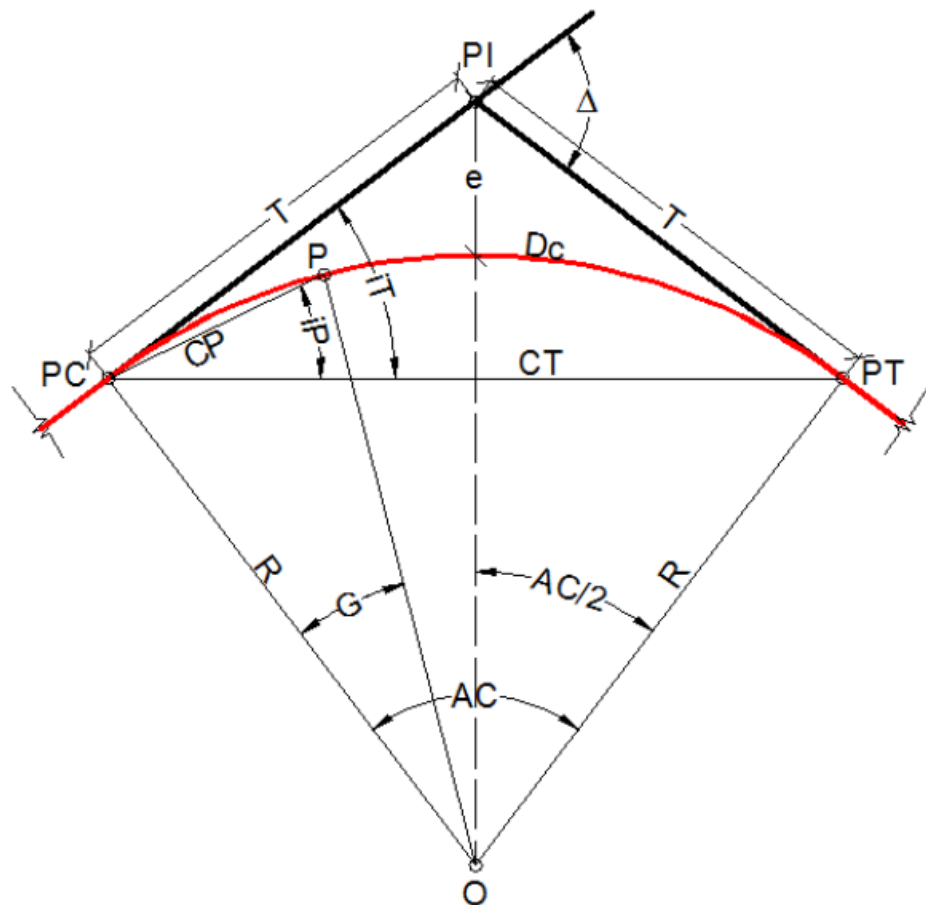
Tabela 8 – Coeficiente de Atrito Transversal – Página 244

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

Tabela 12 – Limite para adoção de Curva de Transição – Página 244

Limites para a adoção de curvas de transição										
V	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
R	170	300	500	700	950	1200	1550	1900	2300	2800

Curvas de Concordância Horizontal Simples



PI → Ponto de interseção das tangentes;

PC → Ponto de Concordância horizontal;

PT → Ponto de Tangência;

T → Tangente Externa;

R → Raio da curva circular;

AC → Ângulo central da curva;

O → Centro da curva;

Δ → Ângulo de deflexão das tangentes;

Dc → Desenvolvimento da curva;

e → Afastamento ou flecha;

iT → Ângulo de deflexão total;

iP → Ângulo de deflexão parcial;

CP → Corda Parcial;

P → Ponto qualquer na curva;

G → Grau da curva para corda parcial.

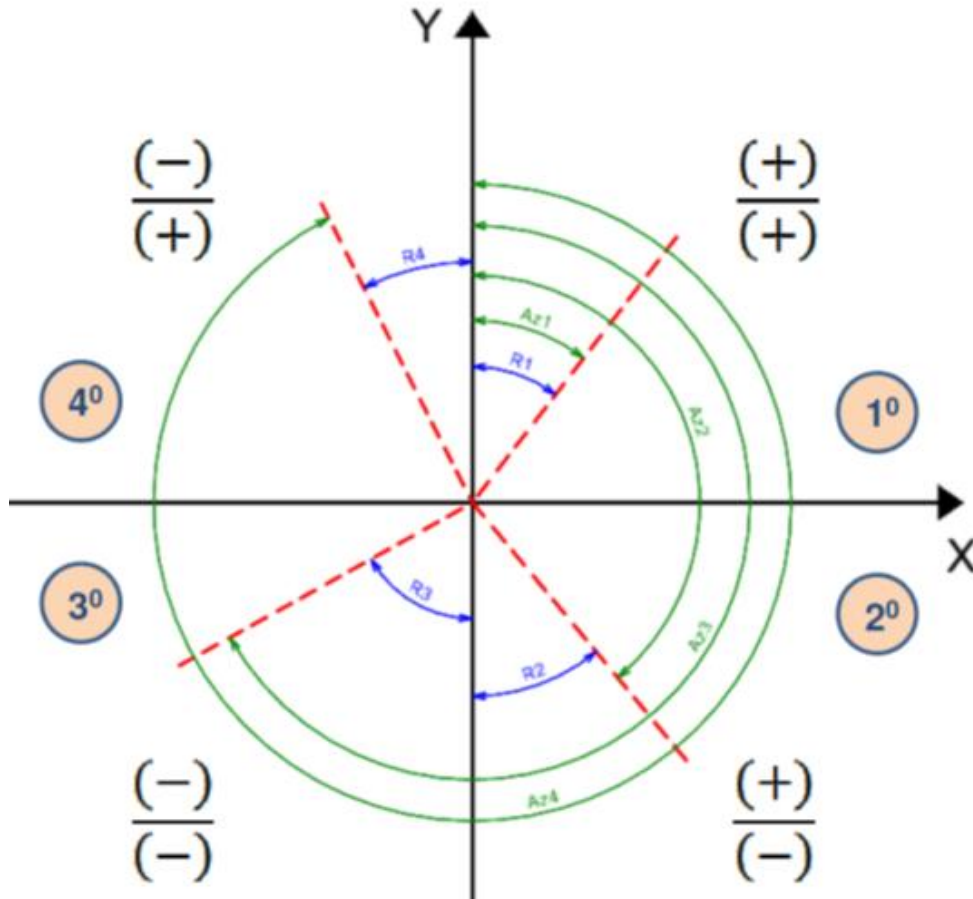
Projeto Geométrico Horizontal

$$D = \frac{\pi \cdot R \cdot \Delta}{180^\circ} \left\{ \begin{array}{l} R = \text{Raio da Curva Circular (m)} \\ \Delta = \text{Deflexão da tangente (graus)} \\ D = \text{Desenvolvimento da curva (m)} \end{array} \right.$$

$$T = R \cdot \tan\left(\frac{\Delta}{2}\right) \left\{ \begin{array}{l} R = \text{Raio da Curva Circular (m)} \\ \Delta = \text{Deflexão da tangente (graus)} \\ T = \text{Tangente Externa (m)} \end{array} \right.$$

$$R_{\min} = \frac{V^2}{127x(\mu_{\max} + e_{\max})} \left\{ \begin{array}{l} V = \text{Velocidade Diretriz (km/h)} \\ \mu_{\max} = \text{Coeficiente de atrito máximo} \\ e_{\max} = \text{Superelevação máxima (Tabela 1 apostila)} \\ R_{\min} = \text{Raio mínimo (m)} \end{array} \right.$$

Tabela 6 - Tabela de Rumos e Azimutes– Página 243



$$1^{\circ} R_1 = Az_1$$

$$2^{\circ} R_2 = 180^{\circ} - Az_2$$

$$3^{\circ} R_3 = Az_3 - 180^{\circ}$$

$$4^{\circ} R_4 = 360^{\circ} - Az_4$$

$$R_{1,2} = \arctg \left| \frac{E_2 - E_1}{N_2 - N_1} \right|$$

$$Az_n = Az_{n-1} + d$$

$$Az_n = Az_{n-1} - d$$

+d = Deflexão para direita

-d = Deflexão para esquerda

Aplicação Numérica

Curvas Horizontal Circular

1ª QUESTÃO

Supondo que você é o Engenheiro Civil responsável pelos cálculos e verificação do projeto de uma Rodovia Classe 2 em região ondulada do trecho interligando duas cidades no Estado de Pernambuco, sabendo que durante os estudos de traçado em campo, o engenheiro projetista da geometria especificou os raios de duas curvas horizontais simples, com 845,023m e 1.435,453m para esse traçado horizontal em análise, como também as coordenadas de *Início*, PI_1 , PI_2 e do *Final* da poligonal. Sabendo que a estaca inicial do traçado horizontal é de E.1087+00,00 e que a deflexão topográfica da poligonal do PI_1 é $d_1 = 60^\circ 28' 49''$, determine o que se pede abaixo:

Ponto	Este (m)	Norte (m)
Início	477.809,000	9.109.658,000
PI_1	480.420,000	9.111.635,000
PI_2	482.410,000	9.110.776,000
Final	482.989,000	9.108.914,000

Aplicação Numérica

Curvas Horizontal Circular

- a) Faça um desenho do traçado proposto, indicando os Pontos Notáveis (PC e PT), o início e final do traçado, os Raios, Desenvolvimentos e Ângulos Central.
- b) Verifique o enquadramento a norma quanto ao Raio Mínimo e Raio Máximo;
- c) Verifique a necessidade ou não de inserir uma clotóide no início e final da curva circular simples, transformando a curva circular simples em uma curva de transição;
- d) Determinar o valor das estacas dos Pontos Notáveis (PC e PT) das Curvas 1 e 2;
- e) Calcule a extensão total desse segmento;
- f) Determine o número de pranchas no formato A3 (297mm x 420mm - adotar margens de 2,5cm a esquerda e 1,0cm para as margens superior, inferior e direita), necessárias para desenhar esse projeto geométrico em plantas na escala 1:2000, escala esta usualmente adotada em projetos geométricos rodoviários.

Aplicação Numérica

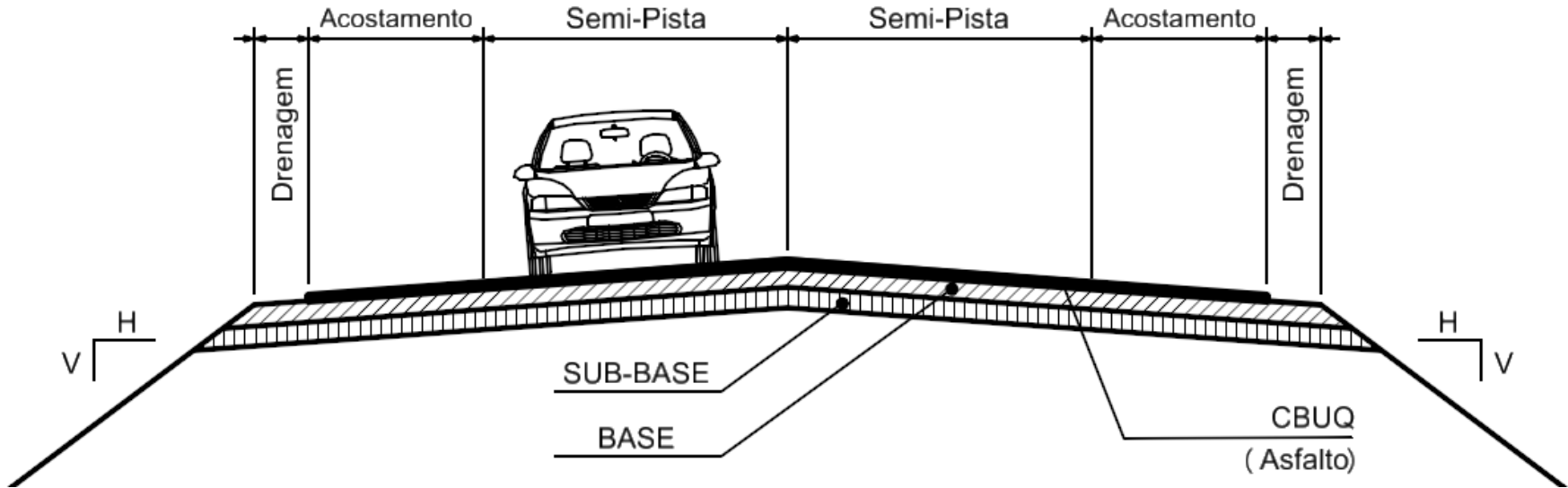
Curvas Horizontal Circular

- g) Complete a Tabela abaixo, sendo necessário calcular os volumes de revestimento asfáltico (CBUQ) e das camadas de Base e Sub-Base, sabendo que a pista de rolamento do referido projeto possui largura de Semi-Pista de 3,50m, Acostamento de 2,50m, a largura para implantação da Drenagem de 40cm e a declividade do Talude é $H=1,5$ e $V=1$. Também é necessário calcular a quantidade de Sarjetas e Banquetas (meio-fio) a serem utilizadas na drenagem do referido projeto, dos quais o projetista indicou que serão utilizadas no Lado direito da pista 28,7% da extensão total em Banquetas e no Lado Esquerdo da pista 40,8% da extensão total em Banquetas e o restante serão implantadas Sarjetas, nos bordos da pista esquerda e direita

Camada	Estaca Início do Trecho	Estaca Final do Trecho	Extensão do trecho (m)	Espessura (m)	Volume (m ³)	Quant. Banquetas (m)	Quant. Sarjetas (m)
CBUQ (Asfalto)				8cm			
Base				20cm			
Sub-Base				15cm			

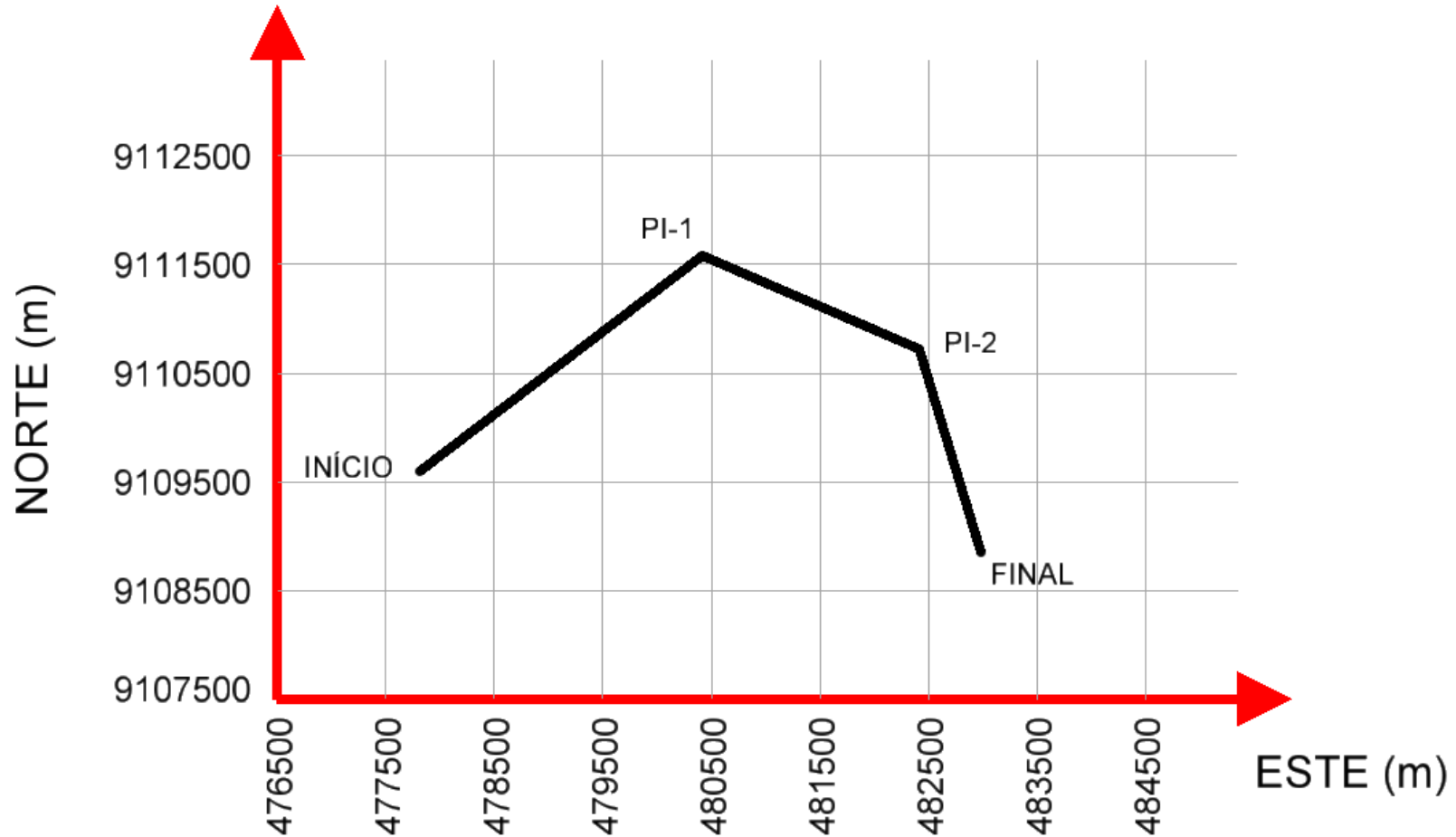
Aplicação Numérica

Curvas Horizontal Circular



Aplicação Numérica

Curvas Horizontal Circular



Aplicação Numérica

Curvas Horizontal Circular

- 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 tangente. 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, poderão ter suas extremidades coincidentes ou separadas por extensões curtas 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.

Aplicação Numérica

Curvas Horizontal Circular

