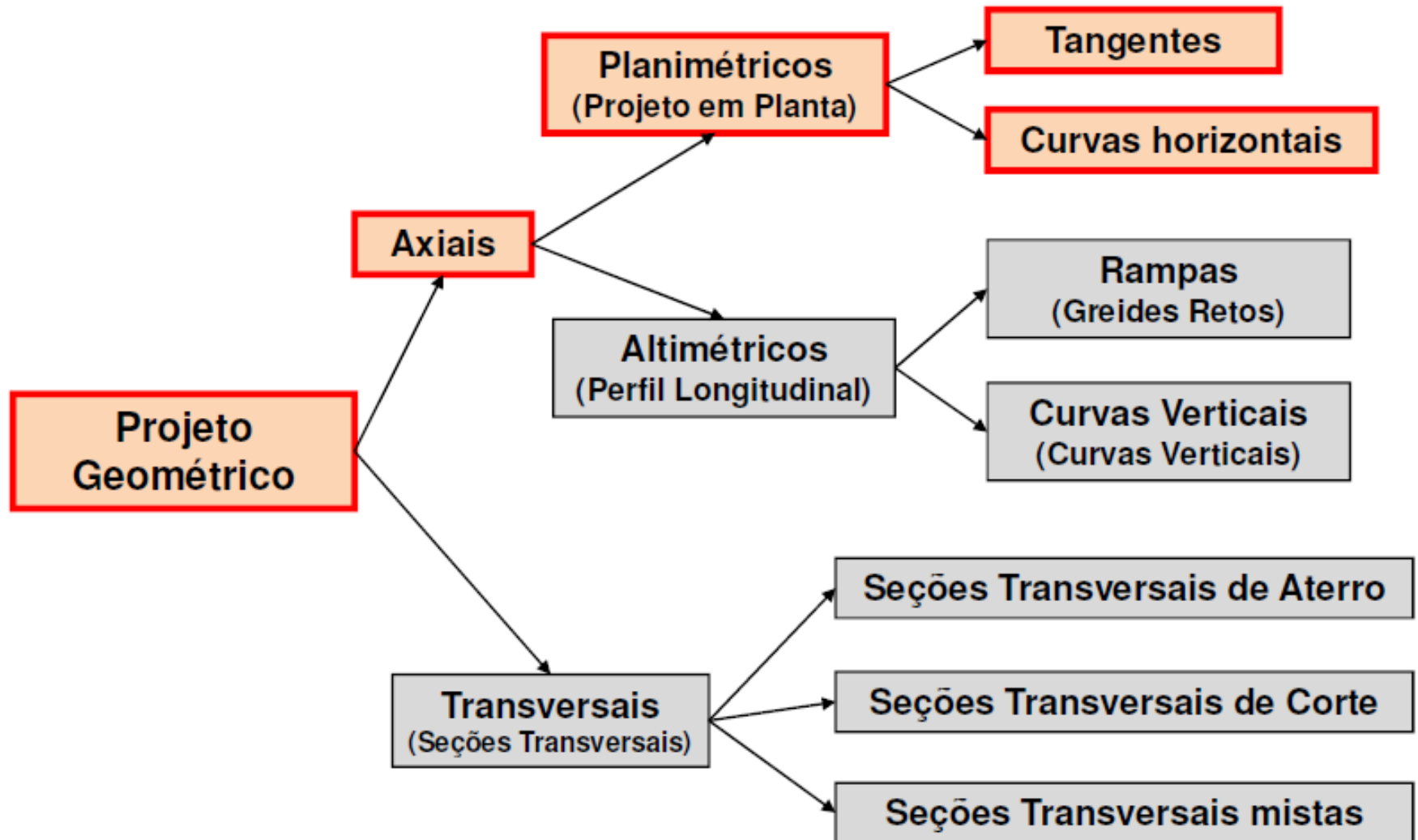


AULA 05

Características Técnicas Alinhamento Horizontal

ALINHAMENTO HORIZONTAL

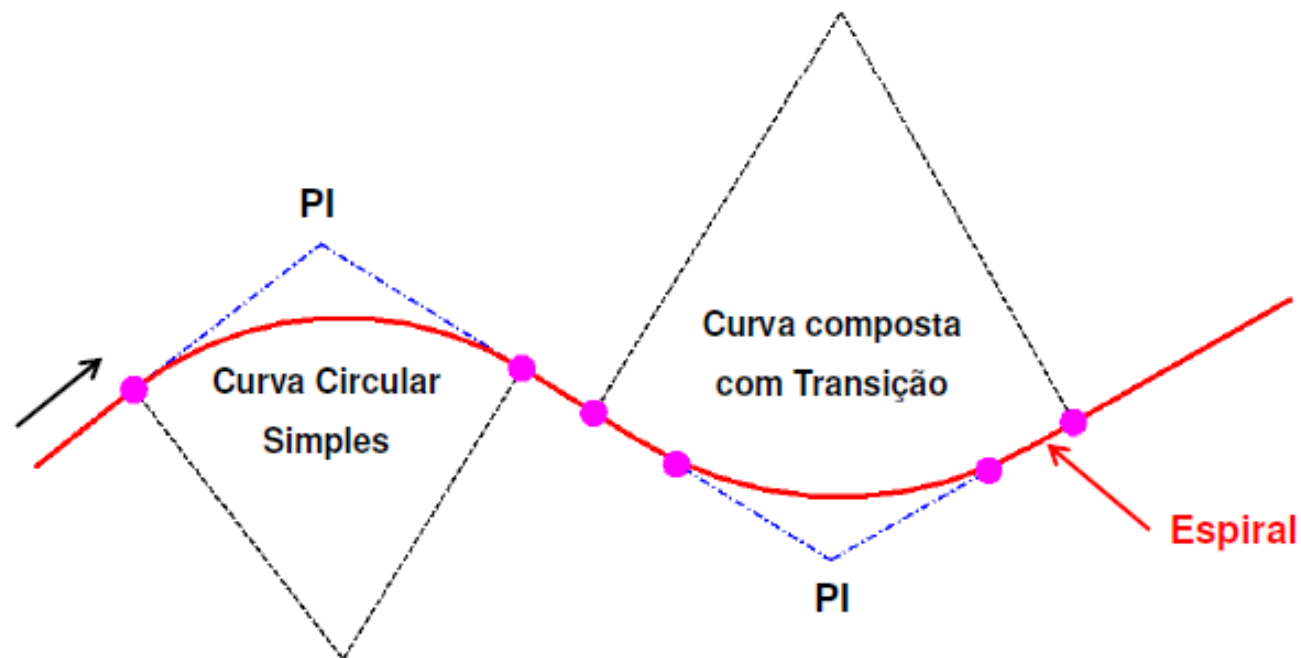


ALINHAMENTO HORIZONTAL

Curvas de Concordância Horizontal

Curvas Circular Simples: quando só são empregadas curvas circulares.

Curvas Compostas com Transição: Quando são empregadas *Clotóides* na concordância dos alinhamentos retos.



ALINHAMENTO HORIZONTAL

Valores de Raios Acima dos Quais É Dispensável o Uso das Curvas de Transição

1. Critério que considera taxa mínima de aceleração radial

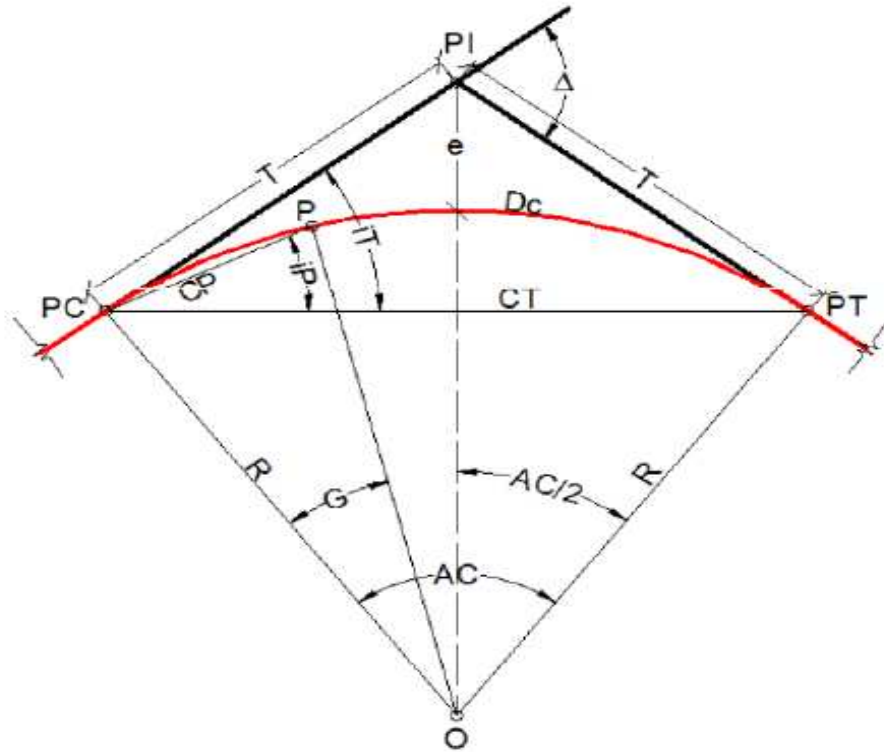
AASHTO: $a \geq 1,3 \text{ m/s}^2$

DNER: $a \geq 0,4 \text{ m/s}^2$

V (km/h)	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
R (m) DNER	24	170	300	500	700	950	1200	1550	1900	2300	2800	3250
R (m) AASHTO	24	54	95	148	213	290	379	480	592	716	852	1000

ALINHAMENTO HORIZONTAL – curva circular simples

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.

ALINHAMENTO HORIZONTAL – curva circular simples

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

$$E = R \cdot \left[\sec \left(\frac{\Delta}{2} \right) - 1 \right] \left\{ \begin{array}{l} R = \text{Raio da Curva Circular (m)} \\ \Delta = \text{Deflexão da tangente (graus)} \\ E = \text{Distância do PI a Circular da Curva ou Afastamento (m)} \end{array} \right.$$

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

$$G = \frac{180^\circ \cdot c}{\pi \cdot R} \left\{ \begin{array}{l} R = \text{Raio da Curva Circular (m)} \\ c = \text{Corda} \\ G = \text{Grau da Curva (m)} \end{array} \right.$$

PROJETO GEOMÉTRICO

ALINHAMENTO HORIZONTAL – curva circular simples

Grau da curva para corda de 20m

Quando se faz a substituição do comprimento do arco de uma curva pela sua respectiva corda se comete um erro, cuja grandeza passa a ser mais significativa à medida que se aumenta o comprimento da corda.

Se adotarmos valores para a corda teremos erros inferiores a $0,01m$, considerado desprezível.

Comprimento da Corda	Intervalo do Raio
20m	$R \geq 180m$
10m	$65m \leq R < 180m$
5m	$25m \leq R < 65m$
2m	$R < 25m$

$$G_{20} = \frac{1.145,92}{R} \left\{ \begin{array}{l} R = \text{Raio da Curva Circular (m)} \\ G_{20} = \text{Grau da Curva para corda de 20m (graus)} \end{array} \right.$$

$$d = \frac{G}{2} \left\{ \begin{array}{l} d = \text{Deflexão sobre a tangente (graus)} \\ G = \text{Grau da Curva (graus)} \end{array} \right.$$

$$d_m = \frac{G}{2 \cdot c} \left\{ \begin{array}{l} d_m = \text{Deflexão por metro (graus)} \\ G = \text{Grau da Curva (graus)} \\ c = \text{Corda} \end{array} \right.$$

ALINHAMENTO HORIZONTAL – curva circular simples

1 - Numa Curva de uma rodovia, temos os seguintes elementos:

Dados:

$$\begin{aligned} R \text{ (m)} &= 270 \\ \text{Ângulo Central (graus)} &= 25 \\ E \text{ (PI)} &= 534 + 17.30 \end{aligned}$$

Determine o que se pede abaixo:

PC = Ponto de Concordância Horizontal

PT = Ponto de Tangência

R = Raio da Curva Circular (m)

$\Delta = AC = \text{Ângulo Central (m)}$

T = Tangente Externa (m)

D = Desenvolvimento da Curva (m)

e = Afastamento ou flecha (m)

G = Grau da Curva (graus)

$d_m = \text{Deflexão por metro (graus)}$

E (PC) = tangente – circular

E (PT) = circular –tangente

E (PI) = Ponto de Inflexão

Solução

D = Desenvolvimento da Curva (m)	=	117.81
e = Afastamento ou flecha (m)	=	6.56
T = Tangente Externa (m)	=	59.86
G_{20} = Grau da Curva (graus)	=	4.244
d_m = Deflexão por metro (minutos)	=	6.4

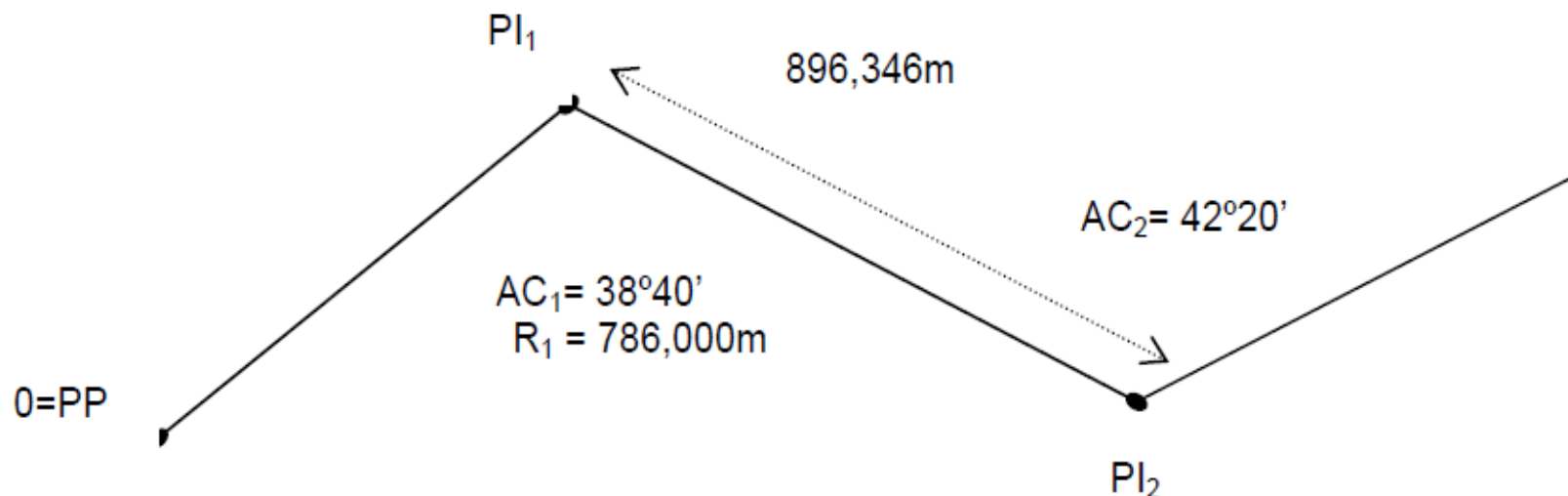
$$E \text{ (PC)} = E \text{ (PI)} - T = 531 + 17.44$$

$$E \text{ (PT)} = E \text{ (PC)} + D = 531 + 13.2$$

ALINHAMENTO HORIZONTAL - Exercício

2.8.3 - Com base na curva 1 estabelecida, calcular o **raio da curva circular 2 (R_2)** de forma que a tangente resultante entre PT_1 e PC_2 seja igual a $200,000m$. Considerar corda base e estaqueamento de $20,000m$ e os seguintes elementos:

- 1) CURVA 1: $AC_1 = 38^\circ 40'$ $R_1 = 786,000m$
- 2) DISTÂNCIA PI_1 ao $PI_2 = 896,346m$
- 3) CURVA 2: $AC_2 = 42^\circ 20'$

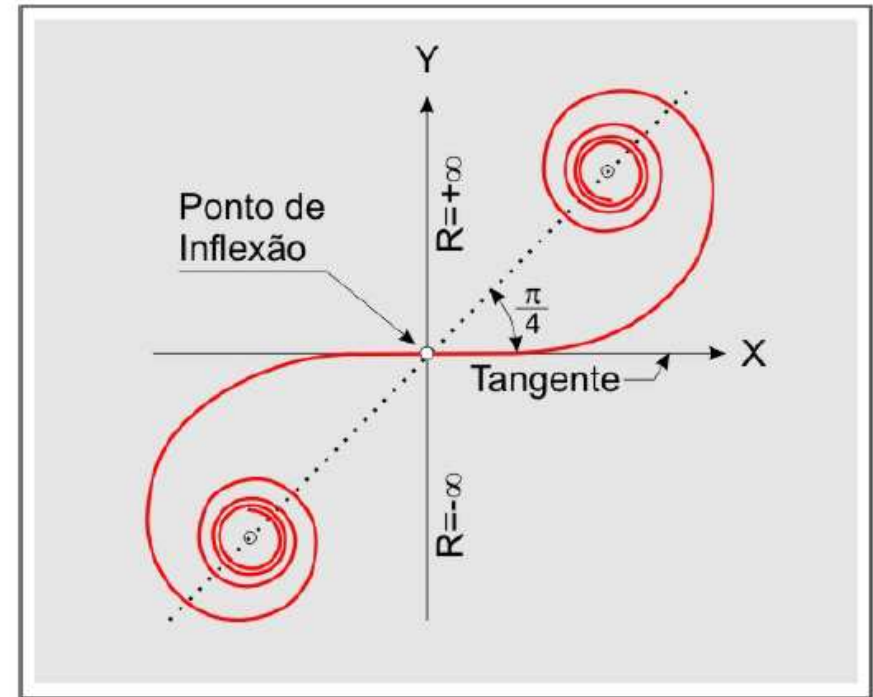


ALINHAMENTO HORIZONTAL – Curva circular com espiral de transição

Curvas de Transição - Vantagens do Emprego

- Proporciona uma trajetória mais natural de ser seguida
 - Aceleração radial aumenta ou diminui gradualmente
 - Diminui a tendência dos veículos de invadirem as faixas adjacentes
- Proporciona um trecho para a transição da superelevação da pista
- Proporciona trecho para a transição da largura normal para a superlargura
- Dá um aspecto mais agradável ao traçado
 - Evita “quebras” no início e no fim das curvas
 - Aspecto ótico satisfatório para o motorista

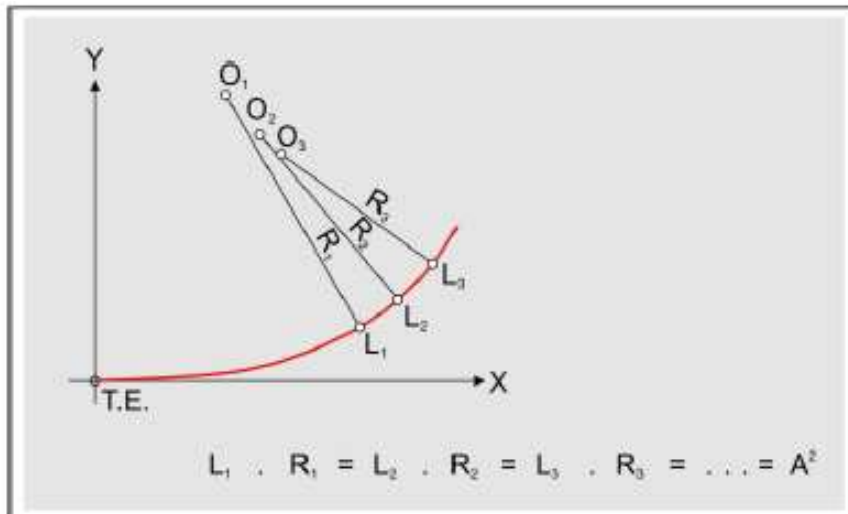
ALINHAMENTO HORIZONTAL – Curva circular com espiral de transição



A expressão que caracteriza a clotóide é:

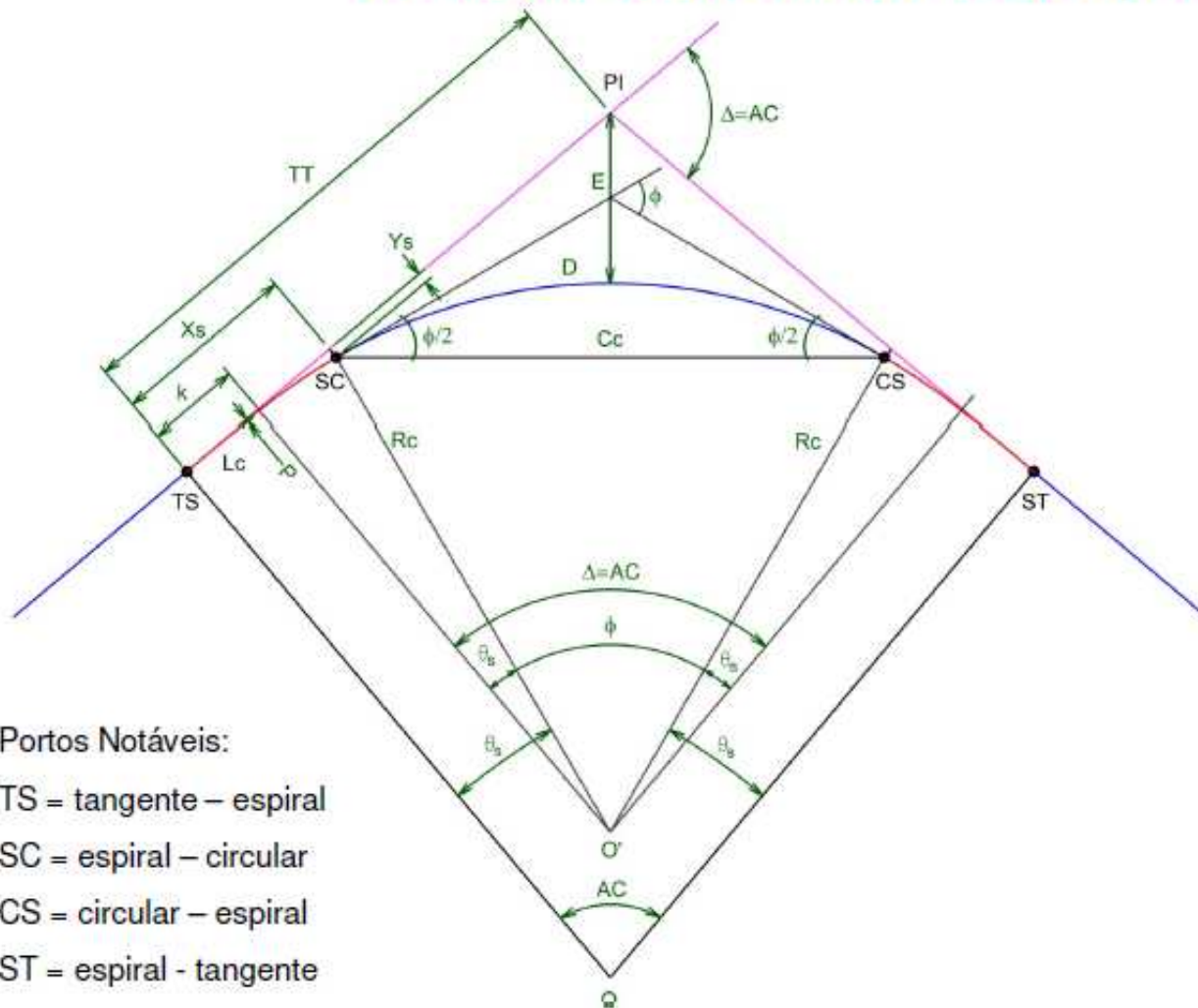
$$A^2 = R \times L$$

Onde: A = parâmetro da clotóide (m)
R = raio da curva circular (m)
L = raio da curva circular (m)



ALINHAMENTO HORIZONTAL – Curva circular com espiral de transição

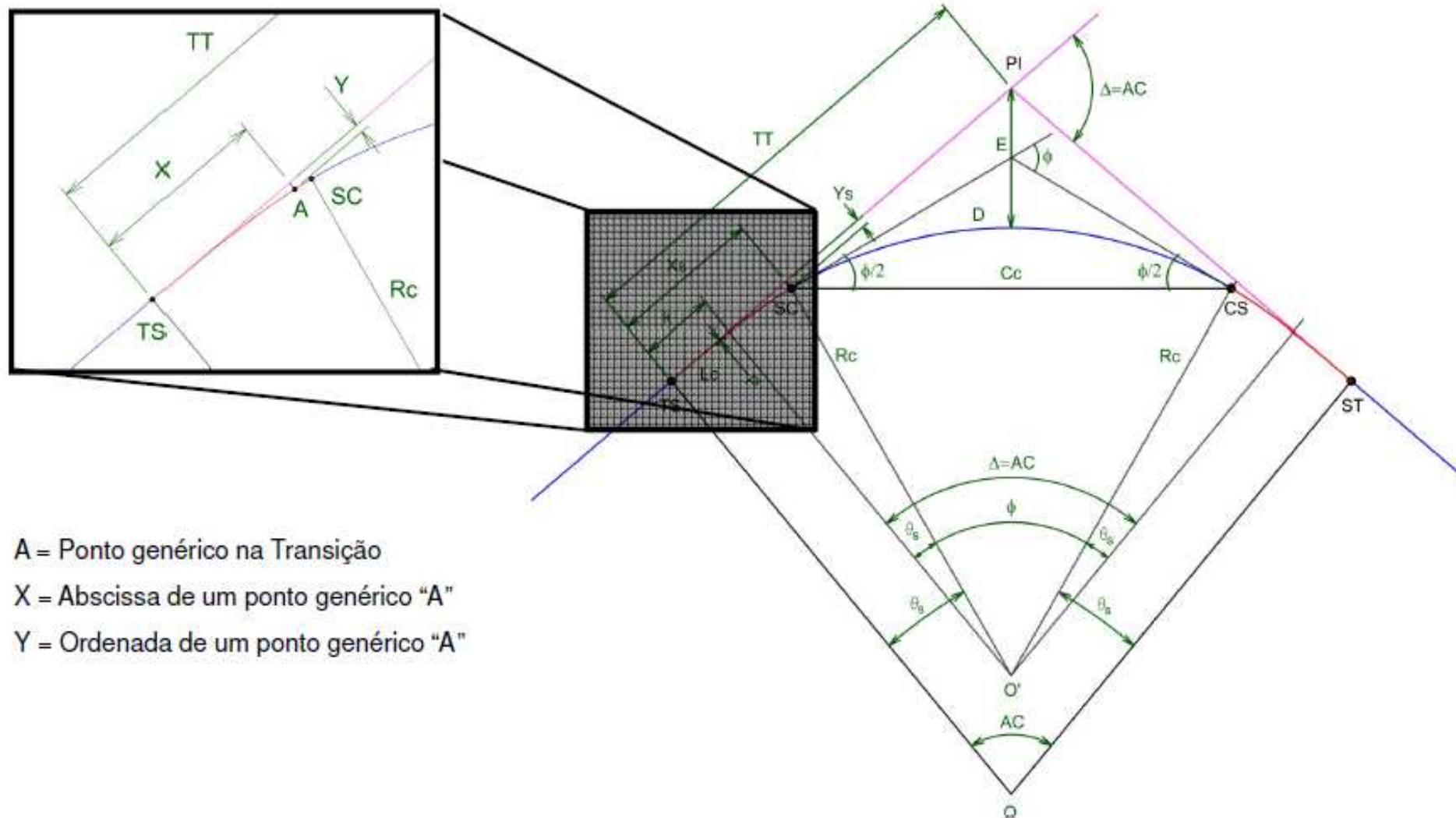
Curvas de Concordância Horizontal de Transição



Portos Notáveis:
 TS = tangente – espiral
 SC = espiral – circular
 CS = circular – espiral
 ST = espiral - tangente

O' = Centro do trecho circular afastado
 PI = Ponto de Interseção das tangentes
 X_s = Abscissa dos pontos SC e CS
 Y_s = Ordenada dos pontos SC e CS
 TT = Tangente Total
 K = Abscissa do centro O'
 P = Afastamento da curva circular
 θ_s = Ângulo de transição
 ϕ = Ângulo central do trecho circular
 AC = Ângulo Central
 Δ = Deflexão da tangente
 D = Desenvolvimento do Trecho Circular
 R_c = Raio da curva circular
 L_c = Comprimento do trecho da transição
 E = Distância do PI a Circular da Curva

ALINHAMENTO HORIZONTAL – Curva circular com espiral de transição



- A = Ponto genérico na Transição
- X = Abscissa de um ponto genérico "A"
- Y = Ordenada de um ponto genérico "A"

ALINHAMENTO HORIZONTAL – Curva circular com espiral de transição

Comprimento máximo e mínimo da espiral - DNIT

$$L_{C_{min}} = 0,036 \cdot \frac{V^3}{R_c}$$

$L_{C_{min}}$ = Comprimento mínimo de Transição (m)
 V = Velocidade Diretriz (km/h)
 R_c = Raio da Curva Circular (m)

$$L_{C_{máx}} = \frac{R_c \cdot \Delta^0 \cdot \pi}{180^0}$$

Δ = Deflexão da tangente em graus
 R_c = Raio da Curva Circular (m)

ALINHAMENTO HORIZONTAL – Curva circular com espiral de transição

Comprimento máximo e mínimo da espiral - SATCC

$$L = 0,0702 \ V^3 / (R.C)$$

Onde L = comprimento do clotóide

V = Velocidade (km/h)

R = Raio no fim do clotóide

C = Taxa de aumento da aceleração centrípeta (m/s^3)

C pode variar de $1.0 \ m/s^3$ a $3.0 \ m/s^3$, o valor menor representando o comprimento máximo da curva de transição e seu valor maior o comprimento mínimo.

ALINHAMENTO HORIZONTAL – Curva circular com espiral de transição

Comprimento máximo e mínimo da espiral - SATCC

