



O ENSINO DE CONCORDÂNCIA HORIZONTAL PARA RODOVIAS RURAIS COM O AUXÍLIO COMPUTACIONAL

João Guilherme Mota de Sousa – joao@ufpa.br

Universidade Federal do Pará, Faculdade de Engenharia Civil.

Campus Universitário do Guamá, Rua Augusto Côrrea, 01.

CEP: 66075-110 – Belém – Pará

Deciôla Fernandes de Sousa – deciola.sousa@ufra.edu.br

Universidade Federal Rural da Amazônia, Instituto Ciberespacial

Av. Presidente Tancredo Neves, 2501.

CEP: 66077-530 – Belém –Pará

***Resumo:** Este artigo tem a finalidade de levar o professor e os alunos do curso de engenharia civil a utilizar ferramentas computacionais na disciplina engenharia de transporte. Observa-se que certas pessoas tornam-se inibidas com relação ao uso computador, pois esta máquina criada para nos auxiliar precisa ser programada e muitas vezes se imagina está fora do nosso alcance. Através de planilhas eletrônicas e dos conceitos básicos da informática é possível desenvolver o conteúdo da disciplina. O artigo apresenta o cálculo dos elementos para concordância horizontal de Vias Rurais, as planilhas das coordenadas topográficas, dos elementos do projeto em planta, das curvas circulares, das curvas horizontais com transição e do estacamento, mantém a semelhança com o cotidiano, permite o desenvolvimento pelo aluno acompanhado do professor e dar a satisfação de criar e interagir com a máquina.*

***Palavras-chave:** Rodovias rurais, Projeto geométrico, Concordância horizontal.*

1. INTRODUÇÃO

Os grandes avanços tecnológicos alcançados impõem um ritmo frenético de mudanças na sociedade. Somos desafiados, a todo instante, a acompanhar esse processo rápido de mudanças quando estamos nas ruas, nos bancos, nas casas comerciais, com os aparelhos eletrodomésticos e eletroeletrônicos.

Essa mudança traz desafios à educação e exige uma revisão do papel do engenheiro professor, ou seja, a tecnologia tem se caracterizado como uma área do conhecimento de grande influência na educação. Tal influência se manifesta na definição de suas temáticas e de seus enfoques teórico-metodológicos e remete à educação e aos educadores o desafio de cumprir seu papel social e redimensionar as suas práticas e teorias, compreendendo, dentre outras necessidades, a ligação da educação com as novas tecnologias, em particular, o computador (ARAUJO, 2008).

As vias de comunicação existem desde a mais remota antiguidade, e o desenvolvimento

Realização:

 **ABENGE**

Organização:



**O ENGENHEIRO
PROFESSOR E O
DESAFIO DE EDUCAR**



delas acompanhou sempre na razão direta a civilização e o progresso.

As estradas que na sua origem não passavam de simples veredas através das matas ou de incertos traços pelos campos desertos, e que apenas tinham por fim satisfazer às rudimentares necessidades sociais dos primeiros agrupamentos humanos, atualmente, as artérias por onde circulam as riquezas da indústria, do comércio e o turismo, fatores responsáveis ao bem estar da humanidade.

A ideia de se construir uma estrada surge assim que os fatores determinantes do progresso atingem uma região, tornando necessário melhorar ou prover os meios de transporte. Sendo uma das funções básicas do poder público o suprimento das necessidades de transporte à população, constitui-se, este atendimento, um desafio à capacidade técnica e administrativa dos dirigentes dos órgãos encarregados do planejamento e da construção de estradas, pois os transportes e as obras públicas têm influência marcante na economia de todos os países (SENÇO, 1980).

O projeto geométrico tem por objetivo a definição das características técnicas de uma rodovia, tais como raios, rampa e largura de plataforma, com precisão tal que permita a elaboração do orçamento da obra (PIMENTA, 2004).

Quando, no estudo preliminar de traçado, são indicadas mais de uma solução, elabora-se o projeto de todas elas a fim de serem analisadas, do ponto de vista técnico e econômico, em igualdade de condições e sob um mesmo nível de precisão. Como se pode observar, um projeto final requer a execução para analisar várias alternativas, a fim de ser tomada uma decisão.

O engenheiro gasta tempo e energia quando o cálculo é realizado através de tabelas e calculadora eletrônica, a informática veio para auxiliar. É do conhecimento a existência de *softwares* que dão informações e até mesmo o projeto completo de uma rodovia com todos os detalhes, porém, o custo de aquisição do pacote computacional por um aluno de graduação ou até mesmo por um profissional é alto, o que impossibilita o acesso a todos, além de que, exigem um elevado desempenho computacional, fazendo-se necessária a aquisição de máquinas robustas, elevando o custo computacional.

O objetivo do artigo é levar o aluno ou o profissional de engenharia a quebrar a barreira com o computador através de uma planilha eletrônica, de conceitos básicos da informática e da disciplina de estradas, o aluno desenvolve os trabalhos e acompanha os resultados simultaneamente. Este trabalho trata especificamente do cálculo dos elementos geométricos para concordância horizontal de Vias Rurais. São apresentadas cada uma das planilhas separadamente a fim de que se possam fazer comentários isolados com a finalidade de aproveitamento máximo pelo aluno, e que o professor possa utilizar o trabalho por parte, na medida em que apresentar o assunto em sala de aula, tornando a disciplina de estradas mais atrativa.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Antes do projeto geométrico definitivo de uma rodovia é necessário fazer o estudo dos traçados, que tem o objetivo principal de delimitar o local conveniente para a passagem da via (LEE, 2005).

Quando, no estudo preliminar de traçado, são indicadas mais de uma solução, elabora-se o anteprojeto de todas elas a fim de serem analisadas, do ponto de vista técnico e econômico, em igualdade de condições e sob um mesmo nível de precisão. Como se pode observar, um projeto final requer a execução para analisar várias alternativas, para ter uma tomada de decisão.



Como o artigo trata especificamente do cálculo dos elementos geométricos para concordância horizontal de vias rurais, será abordado nessa seção os conceitos relacionados as coordenadas topográficas, ao projeto em planta, a curva circular, ao espiral de transição e ao estaqueamento.

2.1. Coordenadas topográficas

O emprego do método para cálculo de coordenadas topográficas não tem a finalidade de compensar os erros de medida, mas, sim, evitar que se cometa grandes erros no desenho do "Alinhamento Principal" da exploração, e facilitar a retificação do traçado caso seja necessário (CARVALHO, 1966).

Para calcular as coordenadas absolutas de cada vértice do "Alinhamento Principal", são calculadas previamente as coordenadas relativas de cada extremidade do lado da poligonal, tomando-se como de praxe a direção Norte-Sul para o eixo das ordenadas (y) e a direção Leste-Oeste para o eixo das abscissas (x) (LEE, 2005).

No cálculo de coordenadas, só se lida com os azimutes calculados, é necessário verificar cuidadosamente o cálculo. Sejam x_r e y_r as coordenadas relativas.

Considerando $\overline{AB} = D$, um dos lados da poligonal, temos:

$$\begin{cases} x_r = D \operatorname{sen} Az. \\ y_r = D \operatorname{cos} Az. \end{cases} \quad (1)$$

As coordenadas absolutas (abscissa e ordenada) obtêm-se somando algebricamente os valores das coordenadas relativas, isto é:

$$\begin{cases} x = \sum x_r \\ y = \sum y_r \end{cases} \quad (2)$$

Na Equação (2) deve ser adotada a convenção para as coordenadas relativas, nas ordenadas, toma-se o sinal (+) se é Norte (**N**) e (-) se é Sul (**S**), e nas abscissas, toma-se o sinal (+) se é Leste (**L**) e (-) se é Oeste (**O**).

Para não haver possibilidade de aparecer coordenadas absolutas negativas, arbitra-se o valor das abscissas e ordenadas iniciais, conforme Equação (3).

$$\begin{cases} x = 100.000,00 + \sum x_r \\ y = 60.000,00 + \sum y_r \end{cases} \quad (3)$$

Na Equação (3) os valores são 100.000,00m e 60.000,00m. Para o artigo é calculada somente as Coordenadas topográficas.



2.2. Curvas de concordância horizontal

Devido às bruscas mudanças de direção da poligonal de projeto, as curvas horizontais de concordância são usadas no projeto de estrada a fim de minimizar os efeitos da mudança de direção sobre os veículos e permitir que eles permaneçam na estrada com velocidade diretriz. Existem três tipos de curvas de concordância, curva circular simples, curva circular com transição e curvas compostas.

As normas estabelecem o limite de utilização para os dois primeiros tipos de curva. O uso de curvas compostas não é aconselhável, sendo indicado apenas em casos extremos de forma a acompanhar, o mais próximo possível, as curvas de nível. Exige-se, neste caso, que o maior raio seja no máximo igual a 1,5 vezes o menor raio (CARVALHO, 1966).

Na Figura 1 são apresentados os elementos básicos da curva circular.

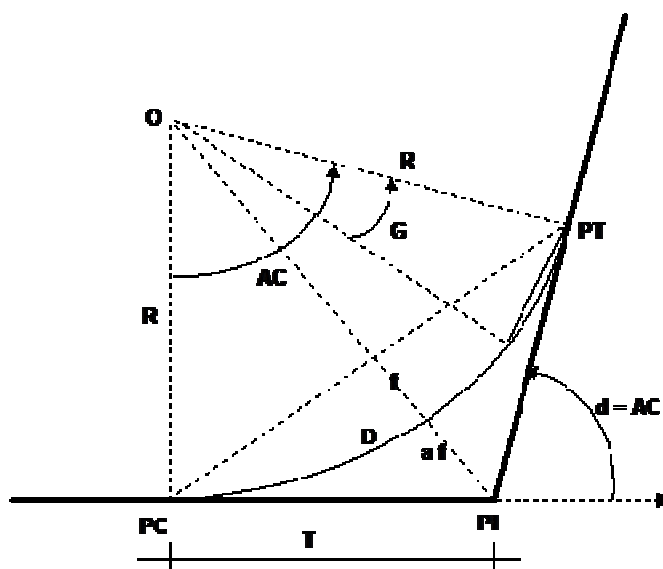


Figura 1 - Elementos Básicos da Curva Circular.

Conforme a Figura 1, o ponto onde termina o trecho em tangente e inicia a curva circular denomina-se ponto de curva (**PC**), que pode ser à direita (**PCD**) ou à esquerda (**PCE**). Ao terminar a curva, no sentido do caminhamento da estrada, se inicia a nova tangente, ter-se-á o ponto de tangência (**PT**). O segmento de reta que une o **PC** ao **PT** é a corda. **PI** é o ponto de interseção de duas tangentes da poligonal, também denominado ponto de inflexão. As tangentes externas (**T**), ou simplesmente tangentes, à curva são os segmentos de reta iguais que unem o **PI** ao **PC** e ao **PT**.

2.3. Espiral de transição

Quando um veículo passa de um alinhamento reto para um trecho curvo, surge bruscamente uma força centrífuga atuando sobre o mesmo, que tende a desvia-lo da trajetória que normalmente deveria percorrer. Este fato representa um perigo e desconforto para o usuário na estrada (CARVALHO, 1966).



O Projeto Geométrico leva em consideração este aspecto, tornando possível ao motorista executar a manobra gradualmente, sem se afastar da sua faixa de tráfego. Com isso evita-se a mudança brusca das condições de equilíbrio do veículo, impedindo que o condutor do veículo saia instintivamente da sua trajetória normal e assegurando o necessário conforto aos passageiros.

Em vários casos se usa a Espiral de Cornu, como curva de transição entre a tangente e a curva circular, na concordância horizontal de traçados rodoviários e ferroviários.

A adoção de espirais proporciona uma série de vantagens ao traçado de estrada, por exemplo, podemos citar o aumento e a diminuição gradativa de força centrífuga que atua sobre os veículos nas curvas; a transição entre a inclinação transversal do trecho em tangente para a superelevação do trecho em curva pode ser efetuada na curva de transição; no caso de superlargura numa seção transversal em curva circular, a espiral facilita a transição da largura do trecho alargado na curva circular; e, finalmente, a visualização da estrada torna-se melhor pela supressão de descontinuidade no início e no fim das curvas circulares.

A Figura 2 apresenta a condição de transição.

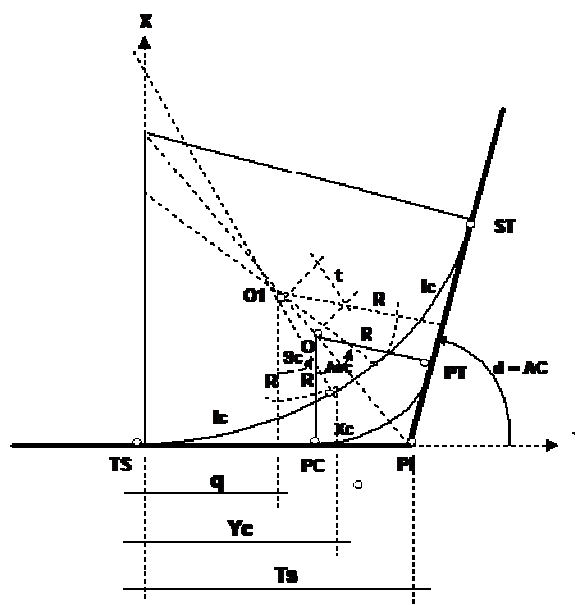


Figura 2 - Condição de Transição.

Conforme a Figura 2, para a inserção de transição em espiral a curva circular original sofre uma transição t , o que desloca seu centro O para a posição $O1$. A transição se faz suprimindo parte das tangentes e parte da curva circular. Este método é denominado de raio conservado, com a transição feita pelo eixo da estrada, porque mantém os elementos da curva circular (**raio**, **G20**, etc.). Assim é que o ponto de tangência no início da curva passa a ser denominado **TS** (tangente-espiral) e é afastado do **PC** original ao longo da tangente. O mesmo acontece com o fim da curva, onde o ponto de tangência passa a ser denominado **ST** (espiral-tangente).

A espiral é tal que seu raio de curvatura varia desde o valor infinito, nos pontos de tangência (**TS** e **ST**), até um valor finito, igual ao valor do raio da curva circular, nos pontos de contato **SC** e **CS**, onde as curvas são osculatrizes.



2.4. Estaqueamento

As estacas são pontos sucessivos ao longo do eixo com o objetivo de caracterizar os elementos que constituirão a rodovia, estes pontos são marcados a cada 20,00 m (vinte metros) de distância a partir do ponto inicial do projeto e numerados sequencialmente (LEE, 2005).

A estaca **0** (zero) é o ponto inicial do projeto, sendo representada por **0=PP** (estaca zero=Ponto de Partida), os demais pontos são estaca **1**(um), estaca **2**(dois) e assim sucessivamente.

3. CÁLCULOS E RESULTADOS

A seguir serão apresentados os comandos na ferramenta e uma análise dos resultados obtidos.

O ponto de interrogação (?) nas planilhas significa entrada de dados, ou seja, que o dado é informado pelo usuário.

3.1. Coordenadas topográficas

A Figura 3 apresenta uma planilha eletrônica para os cálculos das coordenadas topográficas.

Coordenadas Topográficas																	
?	?		?			?											
PI	ESTACAS		LADOS	ANGULOS						COORDENADAS PROVISÓRIAS				PI			
	Intei.	Interm.		m	DEFLEXÕES			AZIMUTE			RELATIVAS		ABSOLUTAS				
					Esquerda	Direita	Calculados	Abcissas	Ordenada	Abcissas	Ordenadas						
			°	'	"	°	'	"	°	'	"	E + / O - N + / S -	NORTE	ESTE			
												m	m	m	m		
00	0		449,35				340	35	04			-149,37	423,80	100.000,00	100.000,00	00	
01	22	09,35	719,50				14	58	59	355	34	03			99.850,63	100.423,80	01
02	58	08,85	795,60				20	19	38	15	53	41			99.795,02	101.141,14	02
03	98	04,45	805,36				18	47	51	34	41	32			100.012,91	101.906,33	03
04	138	09,81	900,76	25	54	05				8	47	27			100.471,30	102.568,51	04
05	183	10,57	1.678,51	17	17	05				351	30	22			100.608,96	103.458,69	05
06	267	09,08	1.269,85				32	35	25	24	05	47			100.361,04	105.118,79	06
07	330	18,93	951,10	31	50	24				352	15	23			100.879,48	106.277,98	07
08	378	10,03													100.751,33	107.220,41	08

Figura 3 - Planilha Coordenadas Topográficas.

Para os cálculos das coordenadas topográficas da Figura 3 é necessário primeiro entrar com os dados, ou seja, com o número de Estação Inicial (PI) sendo **0**, pois geralmente o levantamento de campo na Estação é denominado de Ponto de Interseção **ZERO** (PI – 00), o



programa enumera os demais, já que a próxima Estação será o valor de entrada na célula anterior + 1.

Ao lado da coluna das estações (**PI**) é inserida uma coluna para a entrada dos valores das estacas inteiras e da fração intermediária. Este dado é fornecido pela equipe de campo.

Lados é a distância entre as estações, calculados a partir do estaqueamento fornecido pelo levantamento no campo. A distância entre as estações é em metro.

Na área reservada aos ângulos, há uma subárea onde são fornecidos os valores das deflexões correspondente a cada estação (**PI**), podendo ser a esquerda ou a direita. Nos dois casos (esquerda ou direita) os valores são em Grau(s), Minuto(s) e Segundo(s).

Na coluna referente ao AZIMUTE calculado é necessário fornecer somente o valor do Azimute da Estação de Partida do levantamento. Para cada estação o programa calcula o respectivo Azimute.

Para os valores de **senos** e de **cosenos** programa reconhece os valores de AZIMUTES convertendo para Grau decimal, em seguida multiplica por $\pi(\text{Pi})$ e divide por 180 para ter a conversão em Radianos.

Nas coordenadas provisórias são calculadas as coordenadas relativas e as absolutas. Os valores das abscissas relativas é o valor do seno multiplicado pela distância entre a Estação **PI-00** e **PI-01**. Este valor pode ser positivo (**E+**) ou negativo (**O-**). Para as ordenadas relativas é o valor do coseno multiplicado pela distância entre a Estação **PI-00** e **PI-01**. Este valor pode ser positivo (**N+**) ou negativo (**S-**).

Os valores das abscissa absolutas são 100.000,00 (Cem mil) podendo ser modificado, caso seja necessário.

Para o cálculo dos elementos do projeto em planta, apresentado na Figura 4, não é necessário inserir os dados, pois o programa reconhece automaticamente as informações calculadas na Planilha da Figura 3 e procede todo o cálculo dos elementos de planta.

Elementos do Projeto em Planta															
PI	COORDENADAS DOS P		x	y	tg. R	arc. tg	A z			A C			Distância	PI	
	X	Y				° ' "	grau decimal			grau decimal			° ' "		
00	100.000,00	100.000,00													00
			-149,37	423,80	-0,3524608	19 24 56	340,5844444			340 35 04				449,35	
01	99.850,63	100.423,80													01
			-55,61	717,35	-0,0775164	04 25 57	355,5675000			355 34 03				719,50	
02	99.795,02	101.141,14													02
			217,89	765,18	0,2847579	15 53 41	15,8947222			15 53 41				795,60	
03	100.012,91	101.906,33													03
			458,39	662,18	0,6922320	34 41 32	34,6922222			34 41 32				805,36	
04	100.471,30	102.568,51													04
			137,66	890,18	0,1546444	08 47 27	8,7908333			08 47 27				900,76	
05	100.608,96	103.458,69													05
			-247,92	1.660,10	-0,1493420	08 29 38	351,5061111			351 30 22				1.678,51	
06	100.361,04	105.118,79													06
			518,45	1.159,20	0,4472460	24 5 47	24,0963889			24 05 47				1.269,85	
07	100.879,48	106.277,98													07
			-128,15	942,43	-0,1359805	07 44 37	352,2563889			352 15 23				951,10	
08	100.751,33	107.220,41													08

Figura 4 - Planilha Elementos do Projeto em Planta.



Na primeira coluna da Figura 4 se tem os valores de **PI** (Ponto de Interseção), na segunda e na terceira coluna as coordenadas do **PI**, pela ordem as abscissas (**X**) e as ordenadas (**Y**).

Na quarta e quinta colunas, são indicados os valores das coordenadas relativas (**x, y**) dos **PI**.

Na sexta coluna o valor indicado é o da tangente relativa ao rumo em unidade sexagésimas (grau, minuto, segundo).

Para o arco da tangente, primeiro se converte de radiano para a unidade sexagesimal e trunca para mostrar na próxima célula somente a parte inteira relativa ao grau, depois se aplica o mesmo método, só que para mostrar o valor relativo aos minutos, e na célula seguinte o valor relativo aos segundos. Através deste processo se obtém o grau, o minuto e o segundo.

Para calcular o valor do Azimute utiliza-se a função de decisão **SE** (ou **IF** em Inglês), conforme a Tabela 1.

Tabela 1 - Cálculo do Azimute.

Teste	Cálculo
$x > 0$ e $y > 0$	Arco tangente com o referido par
$x > 0$ e $y < 0$	$\pi(\text{Pi})$ com o valor relativo do arco tangente do referido par.
$x < 0$ e $y > 0$	Surge o valor que é adicionado ao valor relativo do arco tangente do referido par de ordenadas.
$x < 0$ e $y < 0$	o arco tangente com o referido par e adiciona o valor de duas v (Pi)

Quando o resultado do cálculo do azimute na Tabela 1 for positivo para o primeiro teste significa que está no quadrante I, para o segundo significa que está no quadrante II, para o terceiro significa que está no quadrante III e para o quarto teste significa que está no quadrante IV.

Os valores calculados na Tabela 1 antes de serem apresentados na célula são multiplicados por 180 e dividido por $\pi(\text{Pi})$. Isto é, são convertidos para unidade sexagesimal (grau) com complemento em decimal.

O valor do ângulo central é a deflexão que há na estação e será utilizado para a concordância no referido Ponto de Interseção (**PI**), ou seja, o seno do ângulo referente ao rumo, onde o programa reconhece na célula o valor que corresponde a tangente do rumo e calcula o valor do **seno** referente ao rumo.

Para calcular a distância entre as estações o programa reconhece o valor da coordenada relativa **x** e divide pelo valor do **seno**, ou através do triângulo de Pitágoras, ou seja, em todo triângulo retângulo o quadrado da hipotenusa é igual a soma dos quadrados dos catetos.



3.2. Curvas circulares

Na Figura 5 estão os cálculos das curvas circulares para concordância horizontal.

Curvas Circulares																
PI	RAIO	Corda.Bas	Ang.Central			Tang.. Ext.	Grau Curva			Desenvol.	Defex/m			Afastamen.	Flexa Max.	PI
un	m	m	°	'	"	m	°	'	"	m	°	'	"	m	m	
00																00
01	200,00	10,00	14	58	59	26,30	02	51	54	52,30	00	08	36	1,72	1,71	01
02	200,00	10,00	20	19	38	35,85	02	51	54	70,96	00	08	36	3,19	3,14	02
03	450,00	20,00	18	47	51	74,49	02	32	48	147,64	00	03	49	6,12	6,04	03
04	480,00	20,00	25	54	05	110,38	02	23	15	216,99	00	03	35	12,53	12,21	04
05	500,00	20,00	17	17	05	76,00	02	17	31	150,84	00	03	26	5,74	5,68	05
06	600,00	20,00	32	35	25	175,40	01	54	36	341,28	00	02	52	25,11	24,10	06
07	1.200,00	20,00	31	50	24	342,28	00	57	18	666,86	00	01	26	47,86	46,03	07

Figura 5 - Planilha das Curvas Circulares.

Na Figura 5 aparece o valor de **PI** (Ponto de Interseção) que é calculado na Figura 3. O valor do **raio** é uma decisão pessoal, desde que obedeça aos limites indicados pelas normas, varia conforme a região e a classe da via.

Para o cálculo da corda base é usado a função lógica **SE** conforme Tabela 2.

Tabela 2 - Cálculo da corda

Valor do raio	Corda
< 100	5
>=100 e < 300	10
>=300	20

O cálculo do ângulo central de deflexão no **PI** em radiano, apresentado na Figura 5, é em função dos valores da planilha apresentada na Figura 4, ou seja, o valor do ângulo central em grau somado com o valor do ângulo central em minuto dividido por 60 mais o valor do ângulo central em segundo dividido por 360 multiplicado por $\pi(\text{PI})$ dividido por 180.

Para o valor da tangente externa, o valor do raio é multiplicado pela tangente do ângulo central multiplicado por 0,5.

O valor do grau da curva circular do ângulo central é duas vezes o valor do **arco seno** do valor da corda base dividido pelo valor do **raio** multiplicado por dois.

Para cálculo do desenvolvimento a fórmula é $\pi(\text{PI})$ multiplicado pelo ângulo central dividido por 180 e multiplicado pelo raio.



O cálculo da deflexão por metro é o arco **seno** de **1 (um)** dividido por duas vezes o **raio**.

O afastamento é a distância entre o **PI** e a curva é calculado pelo **raio** dividido pelo **coseno** do ângulo central dividido por dois menos o **raio** adotado.

Para a flecha máxima o cálculo é o **raio** adotado multiplicado por um menos o **coseno** de 0,5 multiplicado pelo ângulo central de deflexão no **PI**.

3.3. Curvas horizontais com transição

A Figura 6 apresenta os cálculos das curvas horizontais com transição.

Curva Circular com Espiral de Transição																							
												velocidade (km/h)		60 ?									
												raio mínimo (m)		170 ?									
PI	Raio	A C			l c	S c	S c			X c	Y c	q	p	A.C/S.c	A.C do S.c	D S.c	T s	D t	t	l c nor	PI		
	m	°	'	"	m	rad	°	'	"	m	m	m	m	rad	°	'	"	m	m	m	m	m	
00																						00	
01	200,00	14	58	59	50,00	0,1250000	07	09	43	2,08	49,92	24,99	0,52	0,0115037	0	39	32	2,30	51,36	102,30	0,53	84,85	01
02	200,00	20	19	38	50,00	0,1250000	07	09	43	2,08	49,92	24,99	0,52	0,1047770	06	00	11	20,96	60,93	120,96	0,53	84,85	02
03	450,00	18	47	51	50,00	0,0555556	03	10	59	0,93	49,98	25,00	0,23	0,2169672	12	25	52	97,64	99,52	197,64	0,23	127,28	03
04	480,00	25	54	05	50,00	0,0520833	02	59	02	0,87	49,99	25,00	0,22	0,3478979	19	55	59	166,99	135,43	266,99	0,22	131,45	04
05	500,00	17	17	05	50,00	0,0500000	02	51	53	0,83	49,99	25,00	0,21	0,2016753	11	33	18	100,84	101,03	200,84	0,21	134,16	05
06	600,00	32	35	25	50,00	0,0416667	02	23	14	0,69	49,99	25,00	0,17	0,4854743	27	48	56	291,28	200,45	391,28	0,18	146,97	06
07	1200,00	31	50	24	50,00	0,0000000	00	00	00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0000000	00	00	00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	07

Figura 6 - Planilha das Curvas Horizontais com Transição.

O número de Estação Inicial (**PI**) é o da Figura 3. O valor do **Raio** varia conforme a região e classe da via. É um valor de decisão pessoal deste que obedeça aos limites indicados pelas normas. O ângulo central (**AC**) é o valor calculado na Figura 5 para cada estação.

A velocidade e o raio mínimo variam conforme a região e classe da via.

O Comprimento mínimo do Ramo de Transição (**lc**) é calculado em função do par de variáveis **raio** e **velocidade** diretriz, de acordo com a Fórmula de **Barnett**, o valor obtido para **lc** é arredondado para o múltiplo de 10 metros imediatamente superior.

O ângulo central do trecho em espiral (**Sc**) pode ser calculado em radiano dividindo **lc** por duas vezes o raio. **Xc** e **Yc** são as coordenadas cartesianas dos pontos osculares, **Xc** e **Yc** são as coordenadas retangulares de recuo.

Em seguida são calculados o ângulo central do trecho circular e o desenvolvimento do setor circular, após a intercalação da espiral, as tangentes da curva circular com transição em espiral (**Ts**), o recuo máximo da curva original (**t**). O desenvolvimento total da curva de concordância (**Dt**) é a somatória do desenvolvimento do setor circular com os dois comprimentos do ramo da espiral de transição.



3.4. Estaqueamento do projeto

Na Figura 7 são apresentados os cálculos para o estaqueamento do projeto.

Estaqueamento											
											Obs.
											PI(0)/T.S. Distância acumulada entre PI (0) e T.S.
											PI(0)/S.T. Distância acumulada entre PI (0) e S.T.
PI	Tang. exter.	Soma Tang.	Dist. (m)	Desenv. (m)	Tang. Int. /20	Desenv./20	PI(0)/T.S.	Est. P.C. ou T.S.	PI(0)/S.T.	Est. P.T. ou S.T.	PI
	m	exter.	entre P I		Est. + m	Est. + m	m	Est. + m	m	Est. + m	un
00	0,00			0,00		0 0,00					00
		51,36	449,35		19 17,99						
01	51,36			102,30		5 2,30	397,99	19 17,99	500,29	25 0,29	01
		112,29	719,50		30 7,21						
02	60,93			120,96		6 0,96	1107,50	55 7,50	1228,46	61 8,46	02
		160,46	795,60		31 15,14						
03	99,52			197,64		9 17,64	1863,60	93 3,60	2061,24	103 1,24	03
		234,95	805,36		28 10,41						
04	135,43			266,99		13 6,99	2631,65	131 11,65	2898,64	144 18,64	04
		236,46	900,76		33 4,30						
05	101,03			200,84		10 0,84	3562,94	178 2,94	3763,78	188 3,78	05
		301,47	1678,51		68 17,04						
06	200,45			391,28		19 11,28	5140,82	257 0,82	5532,10	276 12,10	06
		542,73	1269,85		36 7,12						
07	342,28			666,86		33 6,86	6259,22	312 19,22	6926,08	346 6,08	07
		342,28	951,10		30 8,82						
08	0,00			0,00		0 0,00	7534,90	376 14,90	7534,90	376 14,90	08
		0,00	0,00		0 0,00						

Figura 7 - Planilha do Estaqueamento.

O número da Estação Inicial **PI** é o da Figura 3. A cada estação há um valor da tangente externa, da curva simples ou com transição, onde a distância entre as estações é o respectivo valor em unidade métrica.

A cada estação é encontrado o valor do desenvolvimento da curva simples ou o desenvolvimento total da curva com ramo de transição.

Para os demais elementos da Figura 7 o cálculo é pelo emprego direto da fórmula. Com os dados obtidos pode-se dar início ao projeto da concordância horizontal de rodovias rurais.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir das ferramentas apresentadas no artigo, pode-se concluir que o cálculo da concordância horizontal de rodovias rurais está acessível aos alunos e aos profissionais da engenharia, mostrando-se uma ferramenta eficaz e de baixo custo computacional, pois basta acesso a um computador de baixa configuração com um *software* aplicativo instalado, neste caso uma planilha eletrônica, para que todos possam calcular o projeto.

Na aplicação em sala de aula o professor e os alunos terão resultados a partir de um trabalho que trará novas aplicações no seu dia a dia, desenvolvido por ele mesmo, tendo a satisfação de usufruir os benefícios da informática.

O desenvolvimento da disciplina de estradas através de planilha eletrônica motiva a criação e a imaginação do aluno, além de sair da sala de aula e utilizar o laboratório de informática do Instituto de Engenharia da Universidade Federal do Pará para quebrar a rotina.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, A. L. D. Informática educativa na educação infantil: Riscos e Benefícios. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará-UFC, 2008.

CARVALHO, M. P. Curso de estradas 3. ed. Rio de Janeiro: Editora Científica, 1966.

LEE, Shu Han, introdução ao projeto geométrico de rodovias, Ed da UFSC, 2005.

PIMENTA, C. R. T.; OLIVEIRA, M. P. Projeto Geométrico de Rodovias, Editora Rima, São Carlos, S.P., 2004.

SENÇO, Wlastemiler de – Estradas de Rodagem – Projeto - São Paulo – Ed. Grêmio Politécnico – DLP: SP, 1980.

INSTRUCTIONS FOR THE PREPARATION AND SUBMISSION OF PAPERS TO BE PUBLISHED IN THE PROCEEDINGS OF THE XL BRAZILIAN CONGRESS ON ENGINEERING EDUCATION

Abstract: *The present work brings to professors and students of Civil Engineering to use the software tools in the transport engineering course. It is noticed that certain people are inhibited with relation to the computer, because this machine designed to help us needs to be programmed and in many times is imagined to be out of the reach. Through an electronic sheet and with basic concepts of the computer science it is possible to develop the course. The article presents the calculation of the elements for horizontal alinement of Rural Highways, sheets topographical coordinates, the elements of the project plan, circular curves, horizontal curves with transition and cutting, it maintains the likeness with the daily, it allows the development for the student followed by the professor and to give the result of creating and to interact with the machine.*

Key-words: *Rural Highways, Geometric desing, Horizontal alinement*