

INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
SUL-RIO-GRANDENSE
Campus Passo Fundo

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES

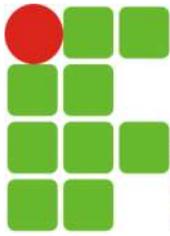
INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES

Aula III
Elementos
básicos para
o projeto



Rodovia PR-151

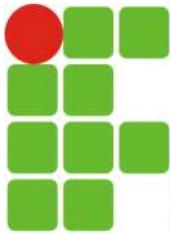




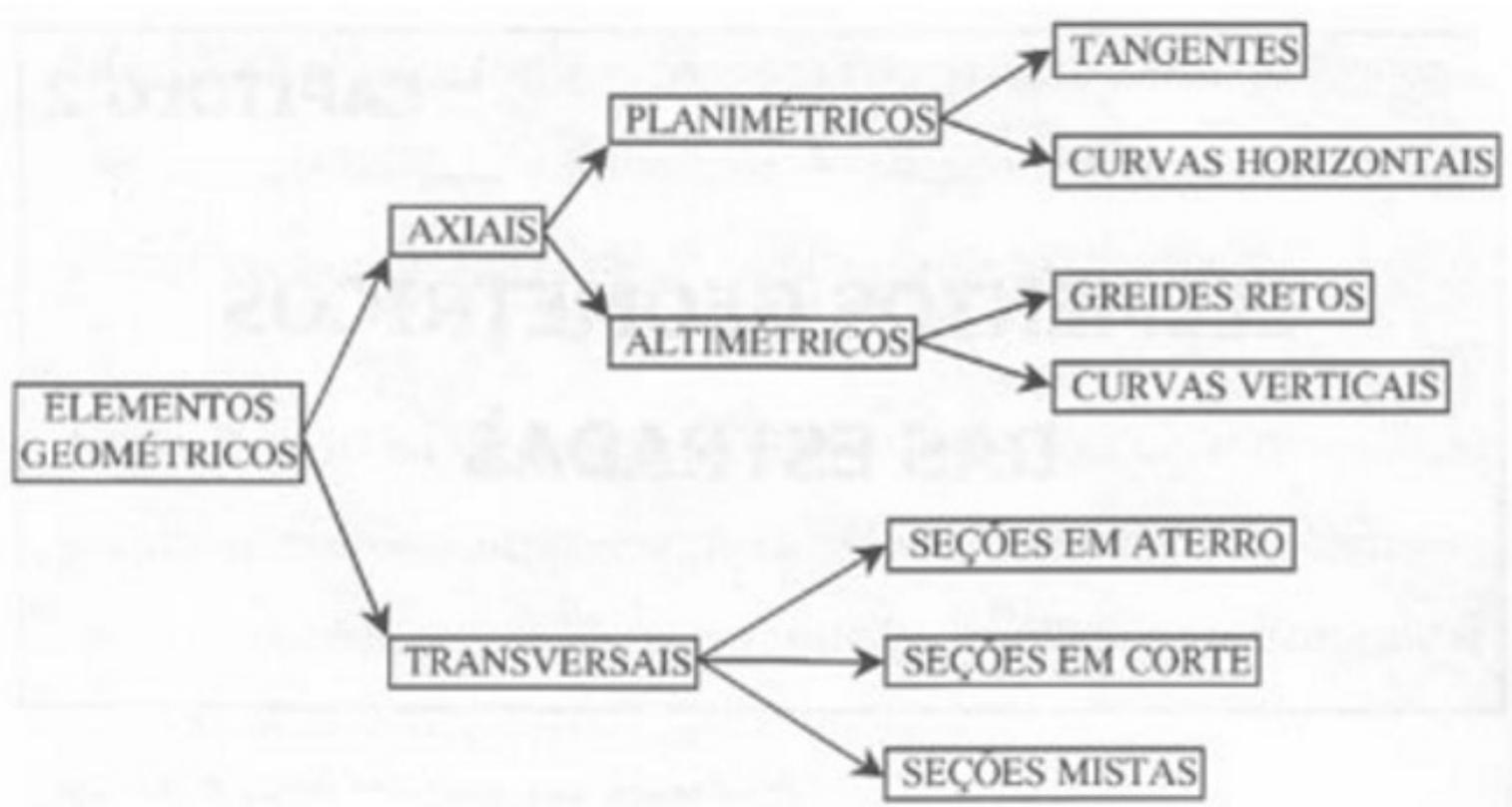
➤ **Considerações iniciais:**

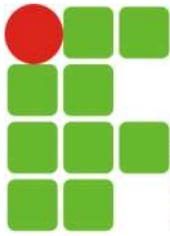
- O projeto geométrico envolve diversas características geométricas em função de:
 - Leis do movimento;
 - Comportamento dos motoristas;
 - Características de operação dos veículos e do tráfego;
 - Finalidade de garantir uma estrada segura, confortável e eficiente com o menor custo possível;





CURSO DE ENGENHARIA CIVIL INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES



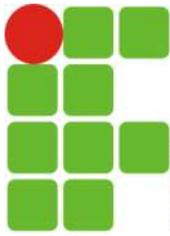


➤ **Considerações iniciais:**

- Características geométricas inadequadas causam:
 - Acidentes de tráfego;
 - Baixa eficiência e obsolescência precoce da estrada;

Boas escolhas de suas características geométricas, nem sempre acarretam grandes acréscimos no custo da construção. Por outro lado, alterações na estrada depois de construída, como alargamento da plataforma ou redução de rampas, implicam a perda de vários outros serviços, gerando custos altos que devem ser evitados.

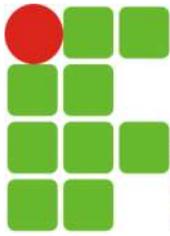




➤ **Considerações iniciais:**

- Para classificarmos tecnicamente um projeto rodoviário, seguimos critérios estabelecidos pelo DNIT (Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes).
- Leva-se em consideração, principalmente:
 - **O Volume de tráfego a ser atendido;**
 - **O relevo da região.**





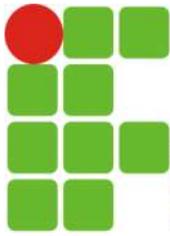
➤ **Considerações iniciais:**

➤ **Volume de tráfego:**

- Quantidade de veículos que passa por um trecho da rodovia em um dado intervalo de tempo.
- São expressos em:
 - VMD - Volume Médio Diário;
 - - V/D – Veículos por dia;
 - - VMH – Volume médio por hora;
 - - V/H – Veículos por hora.

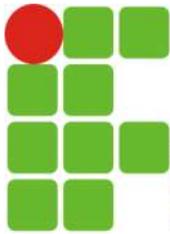
**CONTAGEM
DE TRÁFEGO**





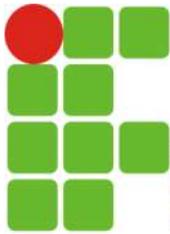
- **Considerações iniciais:**
- **Relevo da Região:**
 - Diretamente relacionado ao grau de dificuldade de implantação e consequentemente aos custos finais do projeto;
 - Impacto na aceitação do usuário em transitar por vias com geometrias difíceis;
 - Velocidades mais baixas, em determinadas situações.





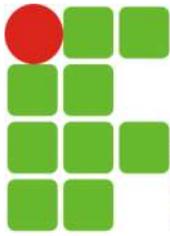
- **Considerações iniciais:**
- **Relevo da Região:**
 - **Terreno Plano (HCM – Highway Capacity Manual)**
 - Combinação de alinhamentos horizontais e verticais que permita aos veículos pesados manter aproximadamente a mesma velocidade que os carros de passeio.
 - Normalmente inclui rampas curtas de até 2% de greide.





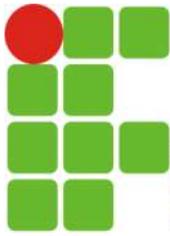
- **Considerações iniciais:**
- **Relevo da Região:**
 - **Terreno Ondulado (HCM – Highway Capacity Manual)**
 - Combinação de alinhamentos horizontais e verticais que provoquem redução substancial das velocidades dos veículos pesados, mas sem obrigá-los a manter velocidades de arrasto por temo significativo.





- **Considerações iniciais:**
- **Relevo da Região:**
 - **Terreno Montanhoso (HCM – Highway Capacity Manual)**
 - Combinação de alinhamentos horizontais e verticais que obrigue os veículos pesados a operar com velocidades de arrasto por distâncias significativas e a intervalos frequentes.





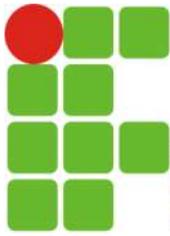
- **Considerações iniciais:**
- **Relevo da Região (AASHTO):**

Região plana: é aquela que permite a implantação de rodovias com grandes distâncias de visibilidade, sem dificuldades de construção e sem custos elevados.

Região ondulada: é aquela onde as inclinações naturais do terreno exigem freqüentes cortes e aterros de dimensões reduzidas para acomodação dos greides das rodovias, e que eventualmente oferecem alguma restrição à implantação dos alinhamentos horizontal e vertical.

Região montanhosa: é aquela onde são abruptas as variações longitudinais e transversais da elevação do terreno em relação à rodovia, e onde são freqüentemente necessários aterros e cortes laterais das encostas para se conseguir implantar alinhamentos horizontais e verticais aceitáveis.

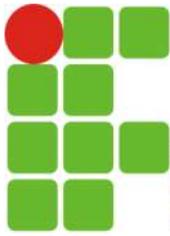




➤ **Declividades consideradas para cada tipo de terreno:**

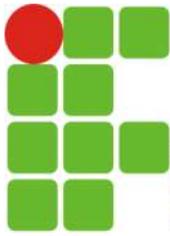
REGIÃO	Critério Adotado (medida ao longo da diretriz ou linha de ensaio)
Plana	declividades até 8 %
Ondulada	declividades entre 8 e 20%
Montanhosa	declividades maiores do que 20%
Escarpada	declividades bem superiores a 20%





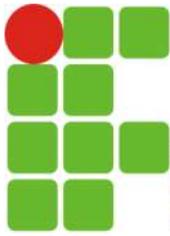
- **Plano Nacional de Viação (PNV):**
 - Disciplina as providências para o estabelecimento de ligações, dentro de uma macrovisão política das necessidades de interligação de regiões;
 - Compreende os Sistemas Nacionais Rodoviário, Ferroviário, Aeroviário, Portuário e Hidroviário.
 - Os estados e municípios elaboram planos complementares que se integram à malha nacional.





- **Plano Nacional de Viação (PNV):**
 - O PNV define nos sistemas Rodoviário e Ferroviário, vários eixos que atravessam o Brasil em diversas direções e cuja posição relativa serve de base para sua nomenclatura.
 - Rodovias tem a sigla BR enquanto as ferrovias tem a sigla EF, seguidas de 3 algarismos, sendo o primeiro relativo a posição do eixo relativamente à sua posição geográfica, tomando-se como referência Brasília.

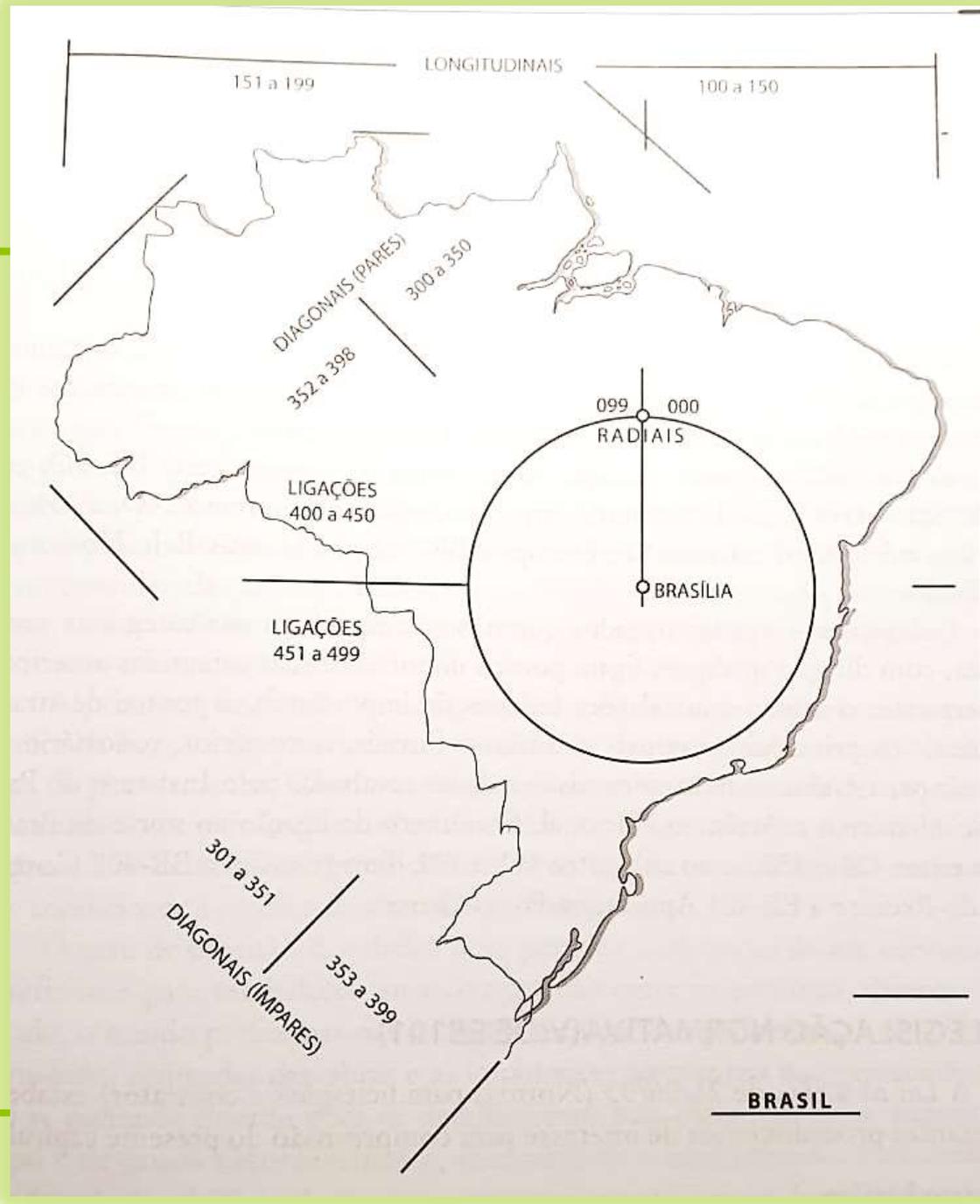


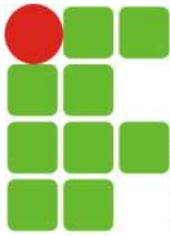


INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
SUL-RIO-GRANDENSE
Campus Passo Fundo

INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES

- *Radiais;*
- *Longitudinais;*
- *Transversais;*
- *Diagonais Pares;*
- *Diagonais impares;*
- *Ligações;*

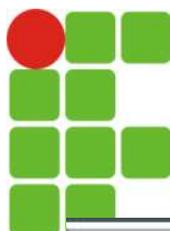




- **Classificação Funcional:**
- Hierarquia das vias, conforme o tipo de serviço que oferecem e a função que exercem.

Áreas Urbanas	Áreas Rurais
Arterial Sistema Arterial Principal Sistema Arterial Secundário	Arterial Sistema Arterial Principal Sistema Arterial Primário Sistema Arterial Secundário
Coletor Sistema Coletor	Coletor Sistema Coletor Primário Sistema Coletor Secundário
Local Sistema Local	Local Sistema Local

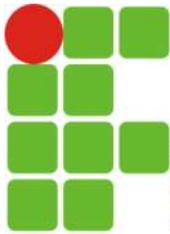
Fonte: Classificação Funcional do Sistema Rodoviário do Brasil. M.T. DNER – 1974



CURSO DE ENGENHARIA CIVIL INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES

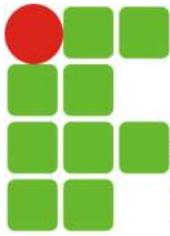
CARACTERÍSTICAS DE PROJETO E CONTROLE	SISTEMA ARTERIAL PRINCIPAL			SISTEMA ARTERIAL SECUNDÁRIO	SISTEMA COLETOR	SISTEMA LOCAL
	Via Expressa Primária	Via Expressa Secundária	Via Arterial Primária			
Controle de Acesso	Total	Total ou Parcial	Parcial	Livre	Livre	Livre
Via Expressa Primária	Desnível	Desnível	Desnível	Desnível ou Travessia sem conexão	Travessia s/ conexão ou bloqueio	Bloqueio
Via Expressa Secundária	Desnível	Desnível	Desnível ou Nível	Nível	Nível ou Bloqueio	Bloqueio
Via Arterial Primária	Desnível	Desnível ou Nível	Desnível ou Nível	Nível	Nível	Nível
Sistema Arterial Secundário	Desnível ou Travessia sem conexão	Nível	Nível	Nível	Nível	Nível
Sistema Coletor	Travessia s/ conexão ou bloqueio	Nível ou Bloqueio	Nível	Nível	Nível	Nível
Sistema Local	Bloqueio	Bloqueio	Nível	Nível	Nível	Nível
Controle de Tráfego nas Interseções	Total (Desnível)	Parcial: Semáforos, Placas de parada nas vias secundárias	Parcial: Semáforos, Placas de parada nas vias secundárias	Parcial: Semáforos, Placas de parada nas vias secundárias	Parcial: Semáforos, Placas de parada nas vias secundárias	Placas de Parada
Acesso às Propriedades Adjacentes	Nenhum	Nenhum ou Restrito	Restrito	Restrito ou Livre	Livre	Livre
Travessia de Pedestres	Passarela	Passarela	Passarela ou Faixa zebra	Passarela ou Faixa zebra	Faixa zebra	Livre
Vias Marginais	Onde necessário	Onde necessário	Geralmente não	Não	Não	Não
Canteiro Central	Sempre	Sempre	Onde possível	Geralmente não	Não	Não
Estacionamento	Proibido	Proibido	Controlado	Controlado	Controlado ou Livre	Livre
Acostamento	Sempre com largura total	Com largura total ou parcial	Nenhum ou Faixa de estacionamento	Nenhum	Nenhum	Nenhum





- **Níveis de serviço:**
- Avaliação qualitativa das condições de operação de uma corrente de tráfego, percepção dos motoristas e passageiros;
- Considera velocidade, tempo de percurso, restrições ou interrupções de trânsito, liberdade de manobra, conforto, economia....

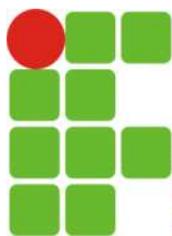




- **Níveis de serviço:**
- O Manual de capacidade Rodoviária – HCM, estabelece os níveis que seguem:

Nível de Serviço	Condições Gerais de Operação
A	Fluxo livre
B	Fluxo razoavelmente livre
C	Fluxo estável
D	Fluxo próximo à instabilidade
E	Fluxo instável (limitado pela capacidade)
F	Fluxo forçado ou com interrupções

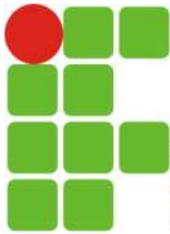




➤ **Níveis de serviço:**

- Volumes de serviço em Rodovas Rurais de pista simples (Classi I – HCM):

VFL (km/h)	Tipo de Terreno	Volume de Serviço (veic/h) por Nivel de Serviço				
		A	B	C	D	E
110	Plano	260	490	900	1.570	2.680
	Ondulado	130	260	710	1.490	2.500
	Montanhoso	40	160	310	610	1.410
100	Plano	260	490	900	1.570	2.680
	Ondulado	130	260	710	1.490	2.500
	Montanhoso	40	160	310	510	1.410
90	Plano	N/A	490	900	1.570	2.680
	Ondulado	N/A	260	710	1.490	2.500
	Montanhoso	N/A	160	310	510	1.410
80	Plano	N/A	N/A	490	1.420	2.680
	Ondulado	N/A	N/A	280	1.100	2.500
	Montanhoso	N/A	N/A	180	870	1.410
70	Plano	N/A	N/A	N/A	490	2.680
	Ondulado	N/A	N/A	N/A	280	2.500
	Montanhoso	N/A	N/A	N/A	180	1.410

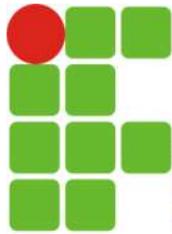


➤ **Níveis de serviço:**

➤ Volumes de serviço em rodovias de múltiplas faixas:

VFL (km/h)	Número de Faixas da Rodovia	Tipo de Terreno	Volume de Serviço (veic/h) por Nível de Serviço				
			A	B	C	D	E
100	4	Plano	1.200	1.880	2.700	3.450	4.060
		Ondulado	1.140	1.800	2.570	3.290	3.870
		Montanhoso	1.040	1.640	2.350	3.010	3.540
	6	Plano	1.800	2.830	4.050	5.180	6.100
		Ondulado	1.710	2.700	3.860	4.940	5.810
		Montanhoso	1.570	2.470	3.530	4.520	5.320
80	4	Plano	960	1.510	2.190	2.920	3.520
		Ondulado	910	1.440	2.090	2.790	3.360
		Montanhoso	830	1.310	1.910	2.550	3.070
	6	Plano	1.440	2.260	3.290	4.390	5.290
		Ondulado	1.370	2.160	3.140	4.180	5.040
		Montanhoso	1.250	1.970	2.870	3.830	4.610

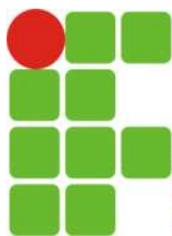




- **Níveis de serviço:**
- Volumes de serviço em rodovias expressas:

Área	Número de Faixas da Rodovia	VFL (km/h)	Volumes (veic/h) por Nivel de Serviço				
			A	B	C	D	E
Urbana	4	98	1.320	1.940	2.820	3.680	4.110
	6	101	1.900	2.980	4.340	5.570	6.200
	8	103	2.590	4.070	5.920	7.500	8.310
	10	106	3.320	5.210	7.550	9.450	10.450
Rural	4	120	1.440	2.260	3.150	3.770	4.120
	6	120	2.160	3.400	4.720	5.660	6.180
	8	120	2.880	4.530	6.300	7.540	8.240
	10	120	3.600	5.660	7.870	9.430	10.300



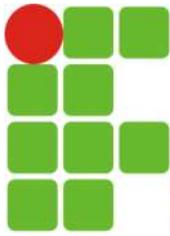


➤ Classes de projeto:

- Segundo o DNIT, são 5 classes técnicas para projeto de rodovias rurais

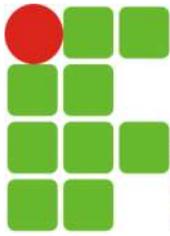
Classes de Projeto	Características	CRITÉRIOS DE CLASSIFICAÇÃO TÉCNICA	VELOCIDADE DE PROJETO (km/h)		
			Relevo Plano	Relevo Ondulado	Relevo Montanhoso
0	Via Expressa - Controle Total de Acessos	Decisão Administrativa	120	100	80
I	A Pista Dupla - Controle Parcial de Acessos	Projeto em pista simples resultando em níveis de serviço inferiores ao aceitável	100	80	60
	B Pista Simples	Volume de tráfego projetado: > 200 vph ou > 1400 vpd			
II	Pista Simples	Volume de tráfego projetado: 700 vpd a 1400 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			





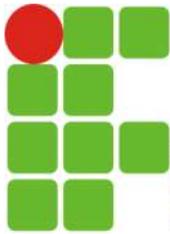
- **Velocidade de projeto:**
- Velocidade de projeto ou velocidade diretriz;
- Máxima velocidade que um veículo pode manter em determinado trecho, em condições normais, com segurança;
- Deve-se adotar uma única velocidade de projeto em uma determinada estrada, usando-se velocidades diferentes em casos especiais.





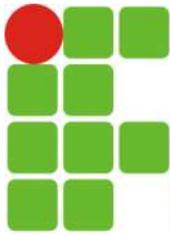
- **Velocidade de projeto:**
- Ajuda a definir os raios de curvatura, superelevação e distâncias de visibilidade, das quais depende a operação segura e confortável;
- Deve ser coerente com a topografia da região e com a classe da rodovia.





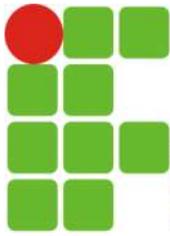
- **Velocidade de operação:**
- Média de velocidades para todo o tráfego, ou parte dela, obtida pela soma das distâncias percorridas dividida pelo tempo de percurso. É utilizada nos estudos de capacidade e níveis de serviço da via.
- Devido a fatores externos, os veículos não conseguem percorrer toda a rodovia na velocidade de projeto.





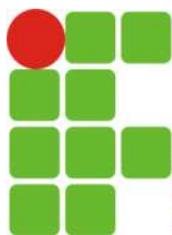
- **Veículos de projeto:**
- Características físicas dos veículos e a proporção entre os veículos de vários tipos constituem-se em parâmetros que condicionam diversos aspectos do dimensionamento geométrico e estrutural de uma via.
- Largura do veículo influencia a largura da pista de rolamento, do acostamento e dos ramos;.





- **Veículos de projeto:**
- A distância entre eixos influencia o cálculo da superlargura das pistas principais e na determinação da largura e dos raios mínimos internos das pistas dos ramos;
- O comprimento do veículo influencia a largura dos canteiros, a extensão de faixas de armazenagem, a capacidade da rodovia e as dimensões de estacionamentos;

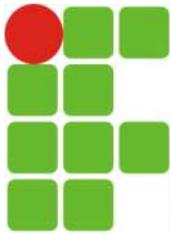




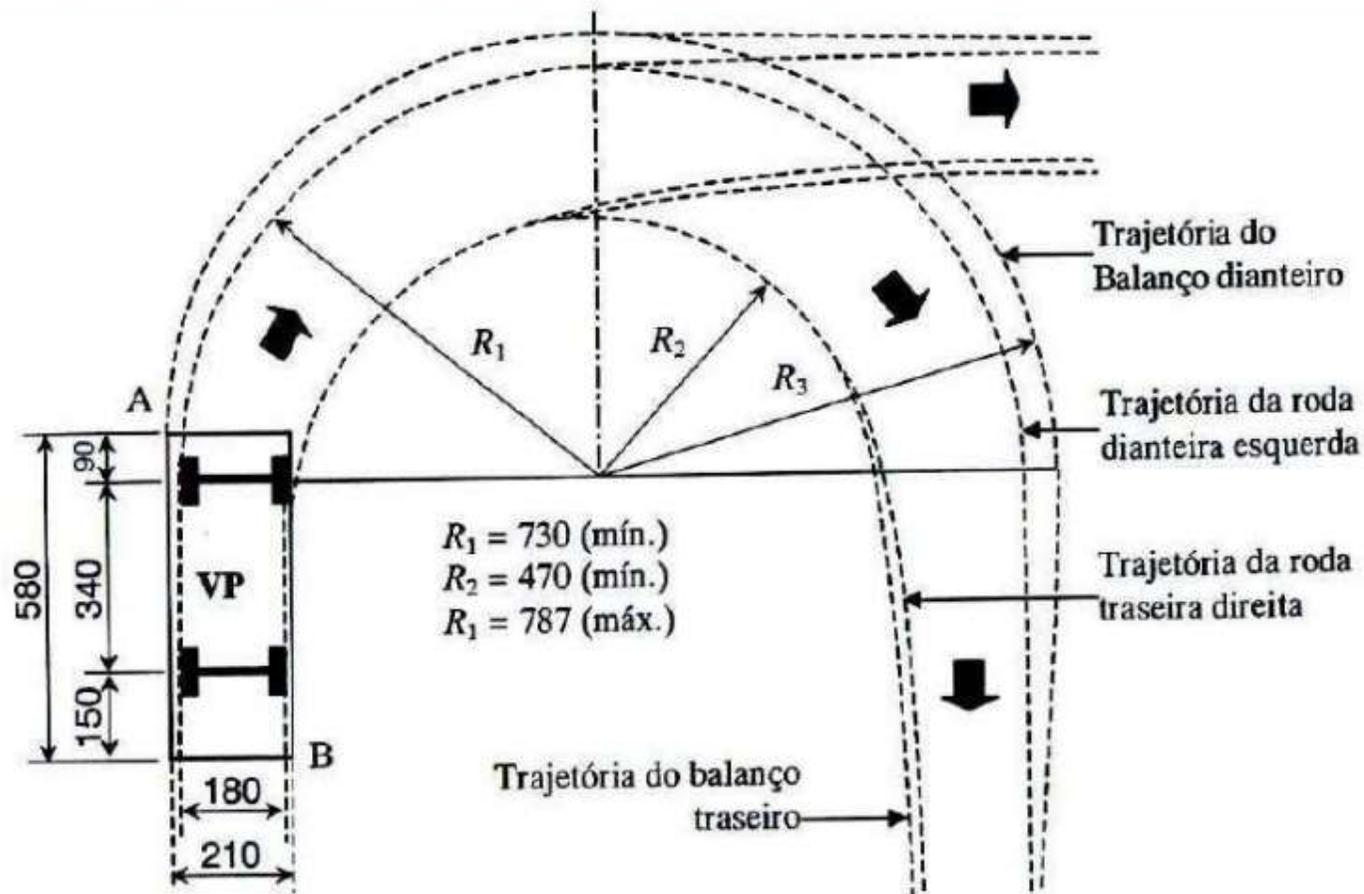
➤ **Veículos de projeto:**

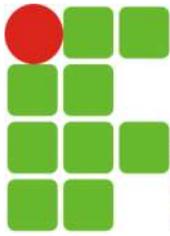
Características	Designação do Veículo								
	Veículo leve (VP)	Cam./Ônibus conv. (CO)	Ônibus urbano longo (O)	Ônibus rodoviário (OR)	Carreta (CA)	Bitrem de 7 eixos (BT7)	Cegonheiro (CG)	Bitrem de 9 eixos (BT9)	Bitrem/Rodov. longo (BTL)
Largura total	2,1	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6
Comprimento total	5,8	9,1	12,2	14,0	18,6	19,8	22,4	25,0	30,0
Raio mín. da roda externa dianteira	7,3	12,8	12,8	13,8	13,7	13,7	13,7	13,7	13,7
Raio de giro do eixo dianteiro (RED)	6,4	11,5	11,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	15,4
Raio mín. da roda interna traseira	4,7	8,7	7,1	7,7	6,4	6,8	2,0	4,5	3,9





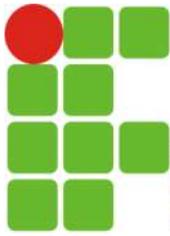
➤ Veículos de projeto:





- **Distâncias de visibilidade:**
 - Definem os padrões de visibilidade a serem proporcionados ao motorista, de modo que ele possa sempre tomar a tempo às decisões necessárias à sua segurança;
 - Distância de visibilidade de parada;
 - Distância de tomada de decisão;
 - Distâncias de ultrapassagem;...

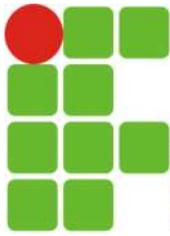




➤ **Distância de visibilidade:**

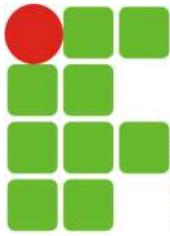
- Extensão da estrada que pode ser vista à frente pelo motorista;
- Segurança está diretamente relacionada com a visibilidade que ela oferece;
- O projetista deve encontrar soluções que geram espaços de boa visibilidade;
- Atenção com os acessos à estrada, todos com boa visibilidade;





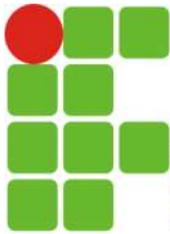
- **Distância de visibilidade de Frenagem (D_f):**
- Distância mínima necessária para que um veículo que percorre a estrada, na velocidade de projeto, possa parar, com segurança, antes de atingir um obstáculo que possa surgir em sua trajetória.
 - Distâncias devem ser respeitadas em todas as estradas, todo o seu percurso;





- **Distância de visibilidade de Frenagem (D_f):**
- **Tempo de reação (t_r):**
 - Intervalo de tempo entre o instante em que o motorista avista um obstáculo em sua faixa de tráfego e o início da frenagem. (inclui tempo de percepção);
 - A distância de frenagem é calculada como a soma de duas parcelas. A primeira parcela (d_1) é a distância percorrida pelo veículo durante o tempo de reação; a segunda parcela (d_2) é a distância percorrida pelo veículo durante a frenagem;
 - ASSHTO recomenda 2,5 segundos para d_1 .





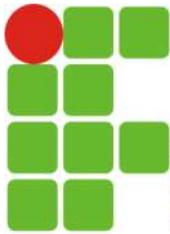
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES

Velocidade de projeto (km/h)	Vel. média de percurso (km/h)	Tempo de reação (s)	Coef. de atrito (f)	Distância de frenagem (m)	
				Desejável*	Mínima**
30	30	2,5	0,40	29,8	29,8
40	40	2,5	0,38	44,4	44,4
50	47	2,5	0,35	62,9	57,5
60	55	2,5	0,33	84,5	74,3
70	63	2,5	0,31	110,6	94,0
80	70	2,5	0,30	139,2	112,7
90	77	2,5	0,30	168,3	131,0
100	85	2,5	0,29	204,5	156,7
110	91	2,5	0,28	245,5	179,0
120	98	2,5	0,28	284,6	202,4

* Valores calculados para $V = V_p$.

** Valores calculados para $V = V_m$, baixo volume de tráfego.





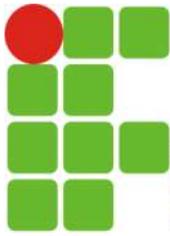
➤ **Distância de visibilidade de Frenagem**

(Df):

➤ **Efeito das rampas sobre a distância de frenagem:**

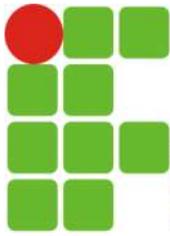
- Nos trechos em rampa, a componente do peso dos veículos na direção da rampa ajuda o veículo a parar nas subidas e dificulta nas descidas;



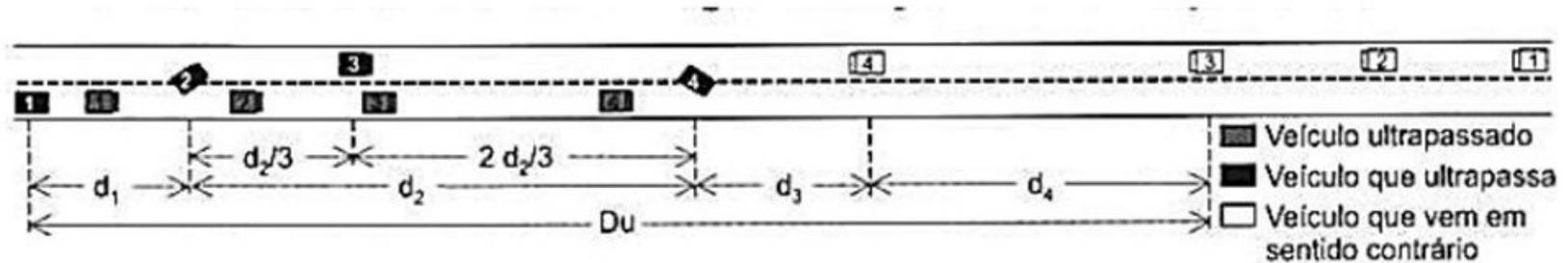


- **Distância de visibilidade de Ultrapassagem (Du):**
- Nas estradas de pista única, com dois sentidos de tráfego, é necessário que existam trechos com visibilidade suficiente para que os veículos mais rápidos possam ultrapassar os mais lentos;
 - À medida que as restrições geométricas ou o volume de tráfego aumentam, as oportunidades de ultrapassagem decrescem, causando a formação de pelotões de veículos na corrente de tráfego;
 - Para que a ultrapassagem possa ser feita com segurança, o motorista precisa ver, na faixa de sentido oposto, um vazio na corrente de tráfego suficiente para início da manobra.





➤ Distância de visibilidade de Ultrapassagem (D_u):



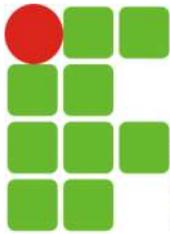
d_1 – distância percorrida durante o tempo de percepção e aceleração inicial (m);

d_2 – distância percorrida durante a ocupação da faixa de tráfego oposta (m);

d_3 – distância de segurança;

d_4 – distância percorrida pelo veículo que trafega na faixa de tráfego oposta (m).



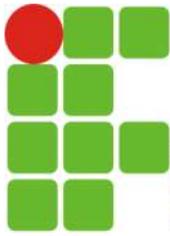


ultrapassagem.

Grupo de velocidades (km/h)	50-65	66-80	81-95	96-110
Vel. média de ultrapassagem (km/h)	56,2	70,0	84,5	99,8
Manobra inicial				
a = aceleração média (km/h /s)	2,25	2,30	2,37	2,41
t_1 = tempo (s)	3,6	4,0	4,3	4,5
d_1 = distância percorrida (m)	45	65	90	110
Ocupação da faixa da esquerda				
t_2 = tempo (s)	9,3	10,0	10,7	11,3
d_2 = distância percorrida (m)	145	195	250	315
Espaço de segurança				
d_3 = espaço (m)	30	55	75	90
Veículo que trafega no sentido oposto				
d_4 = distância percorrida (m)	95	130	165	210
$Du = d_1 + d_2 + d_3 + d_4$ (m)	315	445	580	725

Observação: valores adotados pela AASHTO (1).





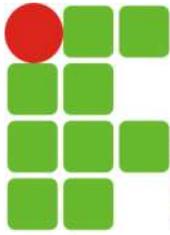
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES

Tabela 2.4 Distância de visibilidade de ultrapassagem.

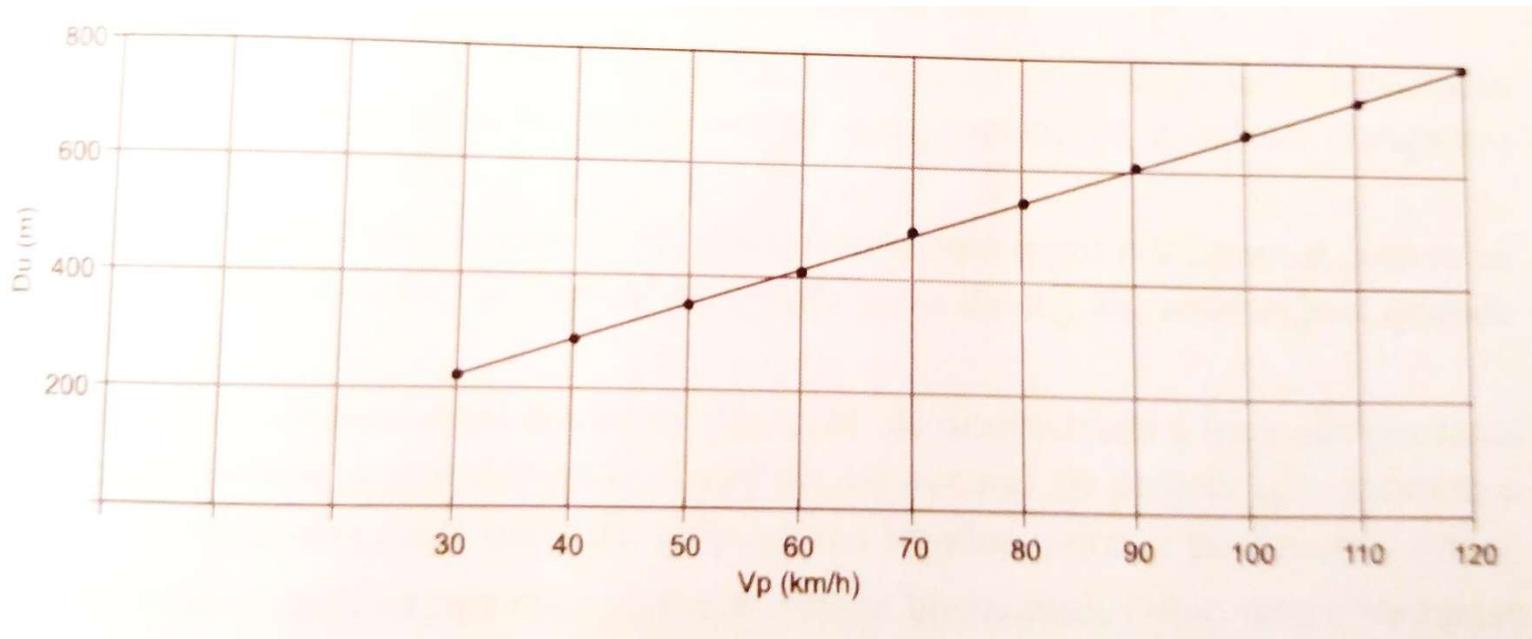
Velocidade de projeto (km/h)	Velocidades adotadas		Distância de ultrapassagem (m)
	Veículo ultrapassado (km/h)	Veículo que ultrapassa (km/h)	
30	29	44	217
40	36	51	285
50	44	59	345
60	51	66	407
70	59	74	482
80	65	80	541
90	73	88	605
100	79	94	670
110	85	100	728
120	91	106	792

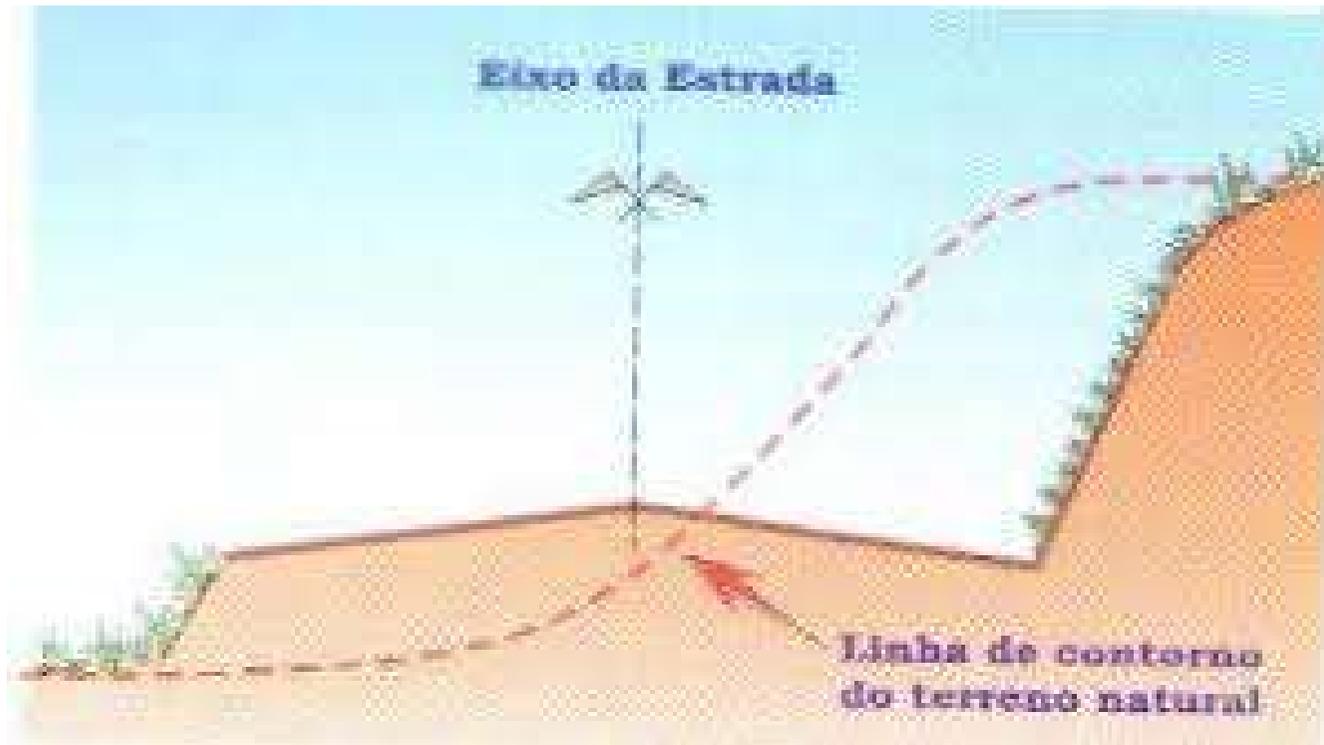
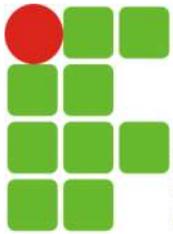
Observação: Valores tabelados pela AASHTO (1).

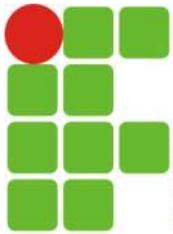




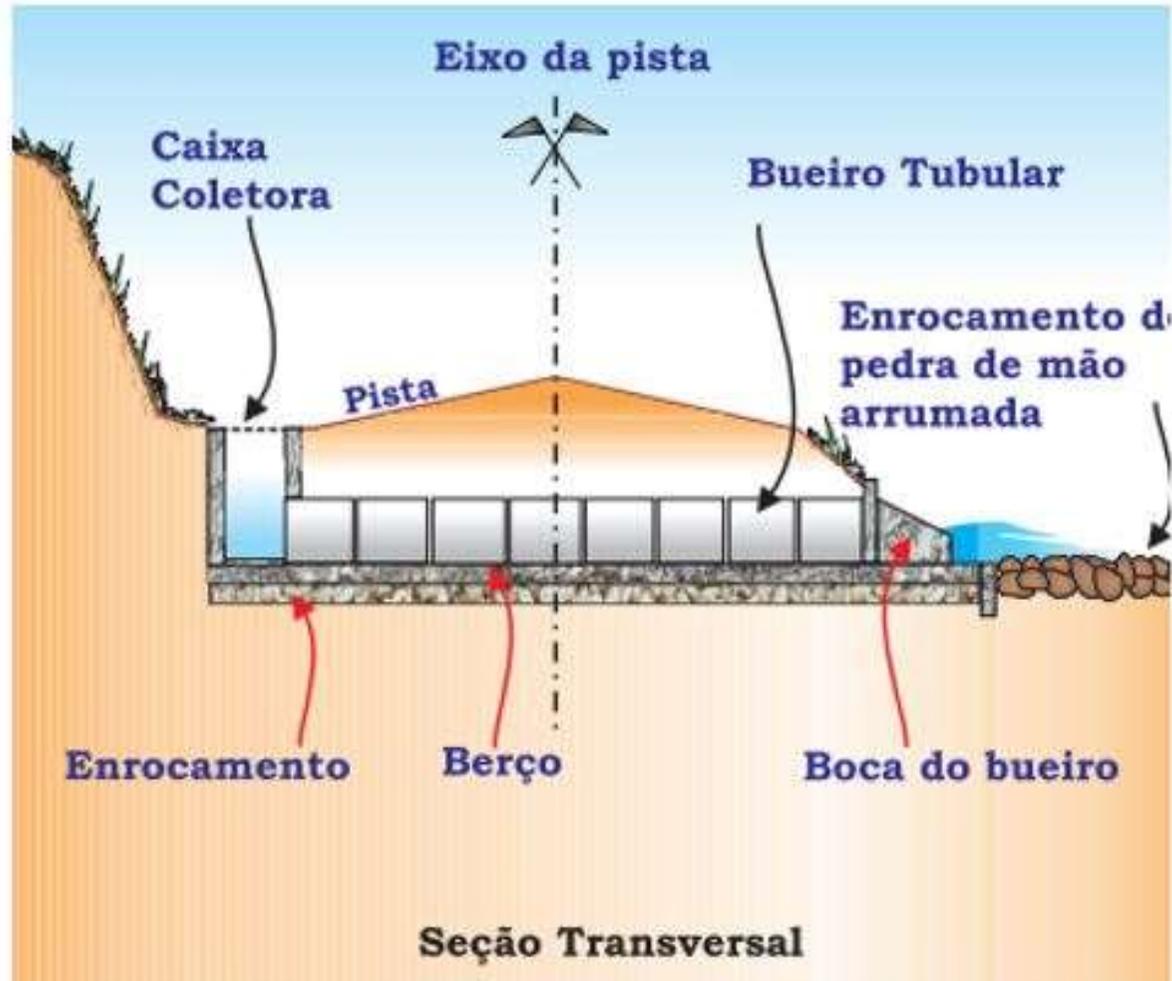
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES

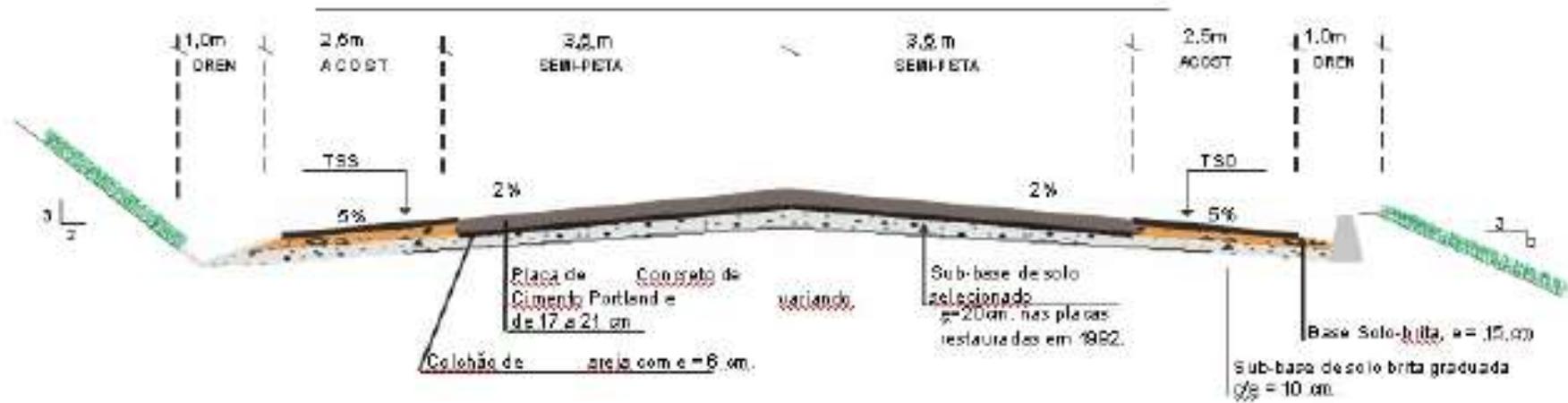
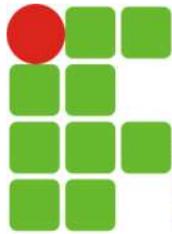


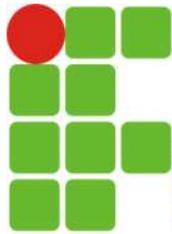




BUEIRO



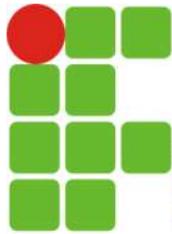




➤ **Largura mínima da pista de rolamento:**

CLASSES	LARGURA
Especial	7,50
I	7,00
II e III	6,00 a 7,00

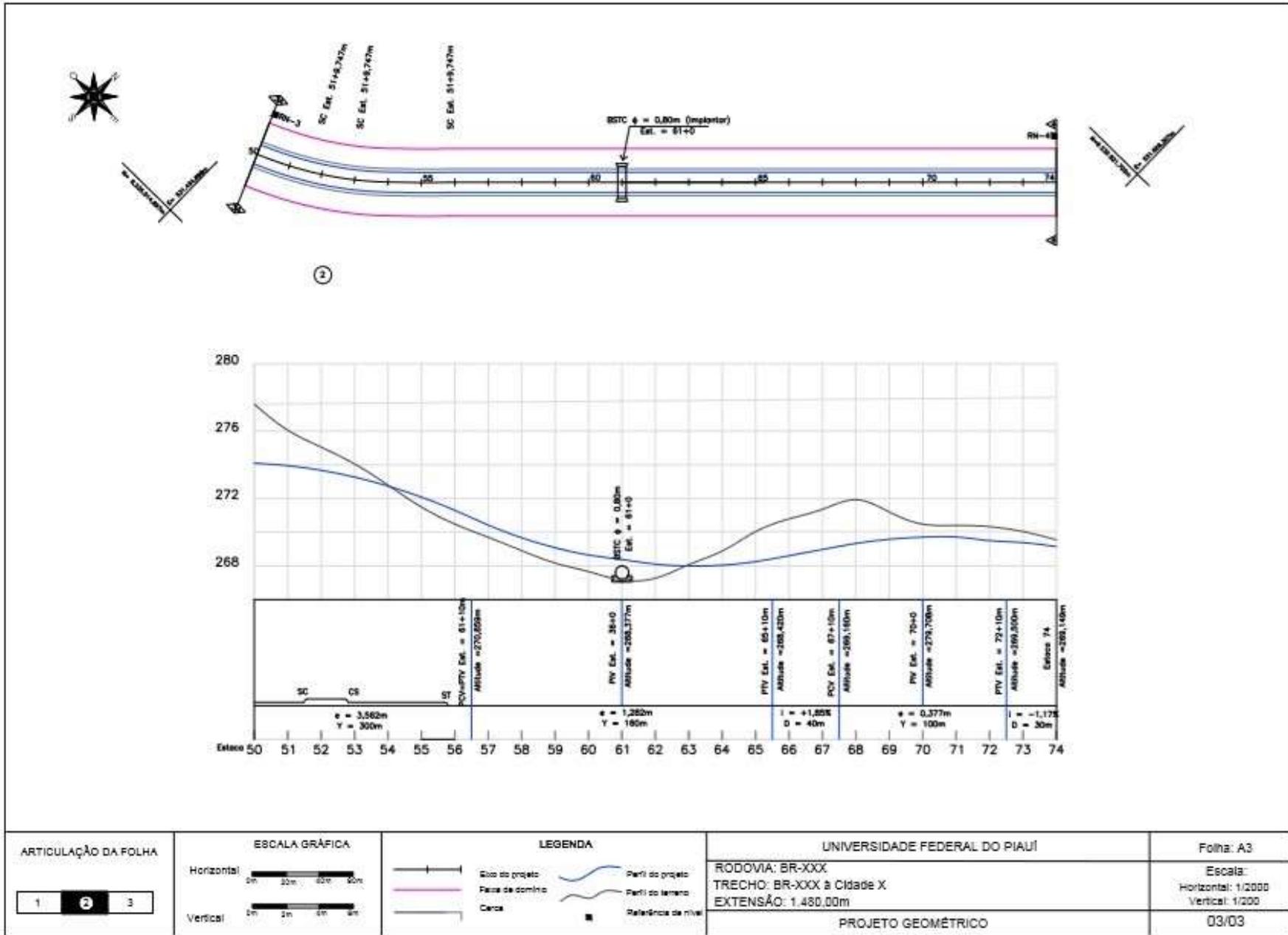


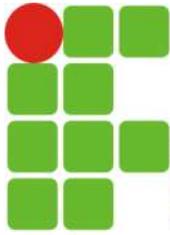


➤ Largura mínima de acostamentos:

CLASSES	REGIÕES			
	Planas m	Onduladas m	Montanhosas m	Escarpadas m
Especial	3,00	2,50	2,00	1,50
I	2,50	2,00	1,50	1,20
II	2,00	1,50	1,20	1,00
III	1,00	1,00	1,00	0,80







INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
SUL-RIO-GRANDENSE
Campus Passo Fundo

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES

INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES

Obrigado!!



Rodovia PR-151

