

**UNIP**  
**CURSO: ENGENHARIA CIVIL**  
**DISCIPLINA: ESTRADAS E**  
**AEROPORTOS**  
**AULA: 02**

**Professora: Cléia Montalvão**

# INTRODUÇÃO

- Rodovia **SEGURA,**  
**CONFORTÁVEL**  
**e EFICIENTE, com o**  
**MENOR CUSTO**  
**POSSÍVEL**



# VELOCIDADES

- O **TEMPO DE VIAGEM** é um fator muito importante na escolha de um determinado meio de transporte por um usuário. É fundamental que a estrada dê condições para que os usuários possam desenvolver, de forma segura, **VELOCIDADES COMPATÍVEIS** com suas expectativas.



# VELOCIDADES

1. Velocidade: a velocidade que um veículo apresenta em um determinado trecho depende do motorista, do veículo e da estrada.



# VELOCIDADES

- **Motorista:**

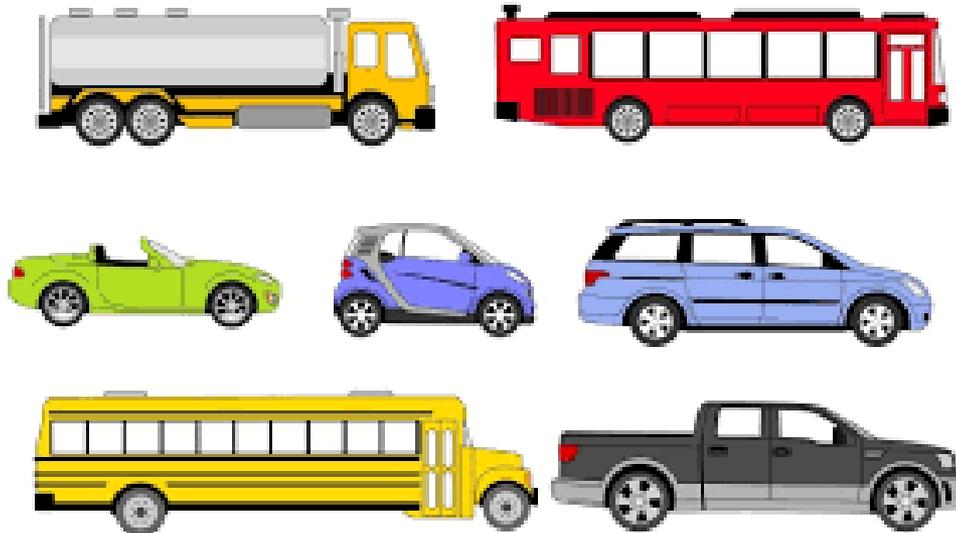
- ✓ Capacidade ou habilidade.
- ✓ Vontade
- ✓ Estado psicológico.



# VELOCIDADES

## ○ Veículo:

- ✓ Tipo.
- ✓ Peso
- ✓ Potência do motor
- ✓ Estado de conservação.



# VELOCIDADES

## ○ Estrada:

- ✓ Características geométricas ( raio das curvas, rampas, visibilidade, superelevação, etc.)
- ✓ Estado da superfície do pavimento,
- ✓ Condições climáticas,
- ✓ Velocidade máxima legal



# VELOCIDADES

- Em uma estrada há veículos trafegando em velocidades diferentes. Assim, destacam-se três conceitos de velocidade:
- **Velocidade Máxima Permitida ( $V_{Máx, Perm}$ )**
- **Velocidade de Projeto ( $V_p$ )**
- **Velocidade Média de Percurso ( $V_m$ )**

# VELOCIDADE MÁXIMA PERMITIDA

- A velocidade máxima permitida para a via será indicada por meio de sinalização, obedecidas suas características técnicas e as condições de trânsito.



# VELOCIDADE DE PROJETO

- Velocidade de Projeto é maior velocidade que um veículo-padrão pode desenvolver, em um trecho de rodovia, em condições normais, com segurança.
- Constitui no principal parâmetro para dimensionamento dos elementos do projeto geométrico.

# VELOCIDADE DIRETRIZ OU VELOCIDADE DE PROJETO



CLASSE DE PROJETO	VELOCIDADE DE PROJETO (km/h)		
	TOPOGRAFIA		
	PLANA	ONDULADA	MONTANHOSA
0	120	100	80
I	100	80	60
II	100	70	50
III	80	60	40
IV	80 - 60	60 - 40	40 - 30

Fonte: Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais (DNER, 1999).

## VELOCIDADE DE OPERAÇÃO OU VELOCIDADE MÉDIA DE PERCURSO.

- É a média das velocidades de todo o trafego ou parte dele.
- É a mais alta velocidade de um percurso que um veiculo pode realizar, sem exceder a velocidade diretriz.
- Determina a capacidade e níveis de serviço da via.

## VELOCIDADE DE OPERAÇÃO OU VELOCIDADE MÉDIA DE PERCURSO.

- Melhores características geométricas e maior segurança encorajam os motorista a adotar velocidades maiores.



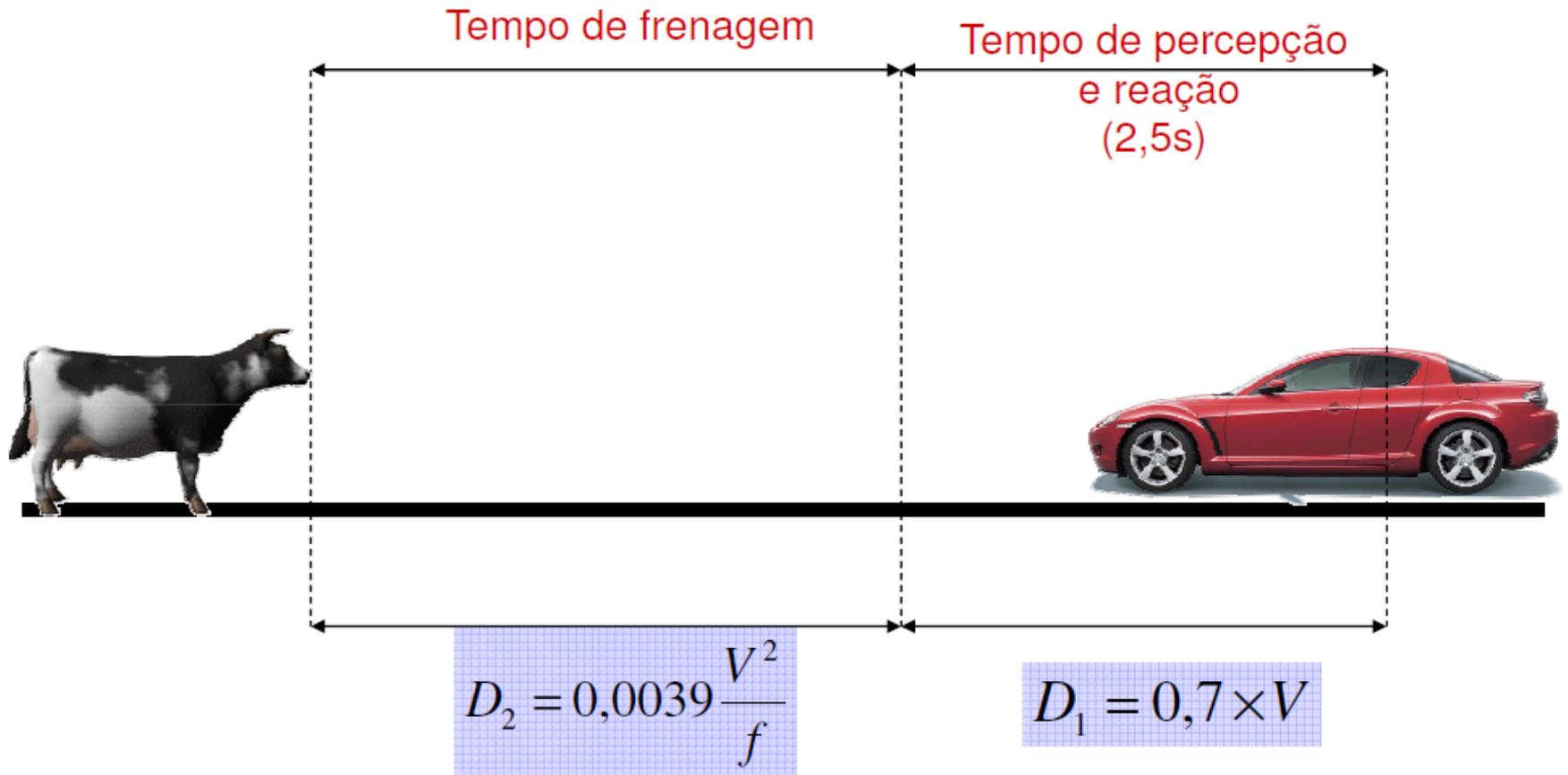
# DISTÂNCIA DE VISIBILIDADE

- É a extensão da estrada que pode ser vista á frente pelo motorista.
- Está em função direta com a velocidade.
- Distância de visibilidade = segurança.
- Valores mínimos a serem respeitados são:
  - ✓ Distância de frenagem.
  - ✓ Distância de ultrapassagem.

# DISTÂNCIA DE VISIBILIDADE DE FRENAGEM (DF):

- É a distância de visibilidade mínima necessária para que um veículo que percorre a estrada, na velocidade de projeto, possa parar antes de atingir um obstáculo.





# DISTÂNCIA DE VISIBILIDADE DE FRENAGEM (DF):

- Tempo de percepção: é o intervalo de tempo entre o instante em que o motorista avista o obstáculo e o início instantâneo em que o motorista decide frear.
- Tempo de reação: é o intervalo de tempo entre o instante em que o motorista decide frear até o instante que inicia a frenagem.

$$D_f = 0,7 \times V + 0,0039 \frac{V^2}{f}$$

**Df, desejável = f(Vp)**

**Df, mínima = f (VMP)**

- $D_f$  = distância de frenagem (m)
- $V$  = velocidade do veículo (km/h).
- $t_r$  = tempo de reação (s).
- $f$  = coeficiente de atrito longitudinal

## COEFICIENTE DE ATRITO.

- Não é constante para todas as velocidades.
- Coeficiente de atrito inversamente proporcional a velocidade.
- Material, sulcos e pressão dos pneus, condição do pavimento, e presença da água.
- O coeficiente de atrito é maior para pavimento seco que para pavimento molhado.
- A distância de frenagem está associado ao pavimento molhado por questão de segurança.

# DISTÂNCIA DE VISIBILIDADE DE FRENAGEM (DF):

Vp (km/h)	Vm (km/h)	Tempo de Reação	Coeficiente de Atrito (f)	Distância de frenagem (m)	
				Desejável	Mínima
40	40	2,5	0,38	29,8	29,8
60	55	2,5	0,33	84,5	74,3
80	70	2,5	0,30	139,2	112,7
100	85	2,5	0,29	204,5	156,7
120	98	2,5	0,28	284,6	202,4

3x

10x

Fonte: AASHTO: a Policy on Geometric Design of Highways and Streets. 1994.

# EFEITO DAS RAMPAS

- 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.
- $i$  = inclinação da rampa. Subida +  
Descida -

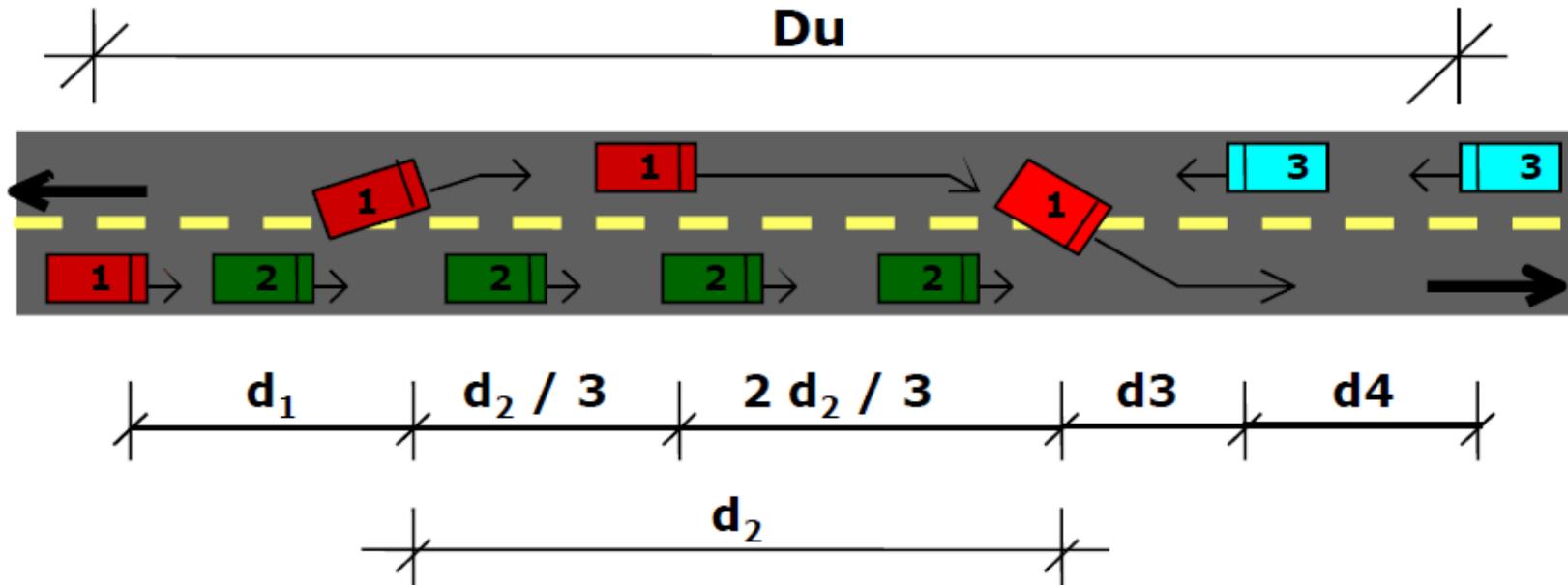
$$D_f = 0,7 \times V + 0,0039 \left( \frac{V^2}{f + i} \right)$$

# DISTÂNCIA DE VISIBILIDADE PARA A ULTRAPASSAGEM (DU)

- É a distância necessária para que um veículo possa executar a manobra de ultrapassagem de um outro veículo com segurança.
- Trechos maiores que 2 Km, sem visibilidade, afetam a segurança do tráfego.
- Nas estradas de pistas única, com duplo sentido de tráfego, é necessário que existam trechos com visibilidade suficiente para que os veículos mais rápidos possam ultrapassar os mais lentos.

$d_1$  = distância de percepção e reação, acrescida do tempo para manobra inicial.

$d_2$  = durante o tempo de ocupação da faixa oposta



$d_3$  = distância de segurança entre os veículos (1) e (3)

$d_4$  = distância percorrida pelo veículo (4) durante o período que o veículo (1) ocupa a faixa da esquerda

# DISTÂNCIA DE ULTRAPASSAGEM

$t_1$  = tempo da manobra inicial

$t_2$  = tempo de ocupação da faixa oposta

$a$  = aceleração média (km/h/s)

$d_1$  = durante o tempo de reação e aceleração inicial

$d_2$  = durante o tempo de ocupação da faixa oposta

$d_3$  = distância de segurança entre os veículos (1) e (3)

$d_4$  = distância percorrida pelo veículo (3) durante o período que o veículo (1) ocupa a faixa da esquerda.



# DISTÂNCIA DE ULTRAPASSAGEM

- $V_2 = \text{constante}$
- $V_1 = V_2 + (m = 15 \text{ km/h})$

## Expressões:

- $d_1 = 0,278 \cdot t_1 (V_1 - m + (a \cdot t_1 / 2))$
- $d_2 = 0,278 \cdot V_1 \cdot t_2$
- $d_3 = \text{tabelado}$
- $d_4 = (2 \cdot d_2) / 3$

$$[D_u = d_1 + d_2 + d_3 + d_4]$$

# DISTÂNCIA DE ULTRAPASSAGEM

Valores Adotados para o Projeto: $D_u$ (m)				
Velocidade Média de Ultrapassagem (km/h)	56	70	84	99
Manobra Inicial:				
a (km/h.s)	0,88	0,89	0,92	0,94
$t_1$ (s)	3,6	4,0	4,3	4,5
$d_1$ (m)	42	62	84	107
Ocupação da Faixa Oposta:				
$t_2$ (s)	9,3	10,0	10,7	11,3
$d_2$ (m)	145	195	250	311
$d_3$ (m)	30	55	75	90
$d_4$ (m)	97	130	167	208
$D_u = d_1 + d_2 + d_3 + d_4$	314	412	576	725

# DISTÂNCIA DE ULTRAPASSAGEM

**Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais do DNER estabelece valores mínimos de projeto recomendados para a DU segundo o mesmo critério geométrico definido pela AASHTO.**

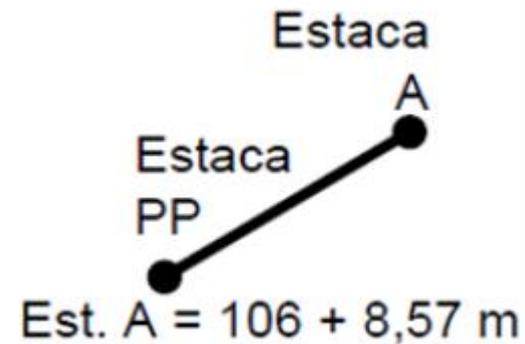
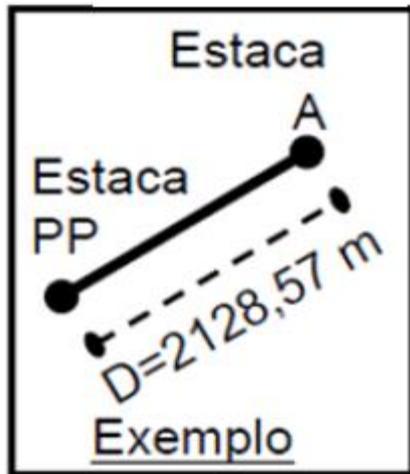
## Valores de DU fixados no Manual do DNER

Velocidade Diretriz (km/h)	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Dist. Visibilidade de Ultrapassagem (em metros)	180	270	350	420	490	560	620	680	730	800

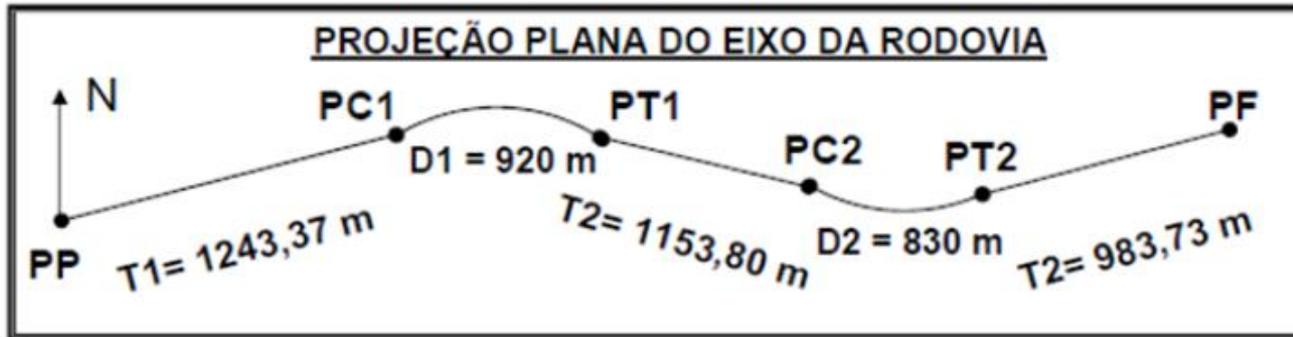
# MÉTODO DE ESTAQUEAMENTO NAS RODOVIAS.

- O estaqueamento consiste em determinar o posicionamento geométrico de trechos da rodovia por meio de pontos intermediários (estacas em campo), visando locar o projeto geométrico em campo, com eficiência.
- A numeração das estacas é feita a cada 20 m com números inteiros sucessivos, e devidamente acrescidos da fração não inteira inferior a 20 m.

# MÉTODO DE ESTAQUEAMENTO NAS RODOVIAS.



# CÁLCULO DE ESTAQUEAMENTO



## → Método: Notação convencional

Est. PP = 0 + 00

Est. PC1 = PP + 1243,37 = (0+00) + (62+3,37)

PC1 = 62 + 3,37 m

Est. PT1 = PC1 + 920 = (62+3,37)+(46+0,00)

PT1 = 108 + 3,37 m

Est. PC2 = PT1+1153,80 = (108+3,37)+(57+13,80)

PC2 = 165 + 17,17 m

Est. PT2 = PC2+830 = (165+17,17)+(41+10,00)

PT2 = 207 + 7,17 m

Est. PF = PT2+983,73 = (207+7,17)+(49+3,73)

PT2 = 256 + 10,9 m