

PTR 2378 – Projeto de infra-estrutura de vias de transportes terrestres



1º semestre/2007

Aula 4

Conceitos Básicos de Engenharia de Tráfego

CARACTERÍSTICA DO TRÁFEGO

1. Volume e composição do tráfego
2. Variações de volume
3. Variação anual dos volumes horários
4. Relação entre volume horário direcional de projeto e o volume médio diário (média anual) na hora de pico
5. Exemplos de volumes de tráfego em algumas rodovias brasileiras
6. Conceitos de capacidade e níveis de serviço
7. Condições ideais da via para efeito de análise de sua capacidade

CARACTERÍSTICA DO TRÁFEGO

8. Valores de capacidade e volumes de serviço para diferentes tipos de rodovia
9. Seleção do nível de serviço no projeto de rodovias rurais
10. O pedestre
11. Capacidade de sistemas de transporte público de passageiros
 - corredores de ônibus
 - VLT / mon trilho / *people mover*
 - trem metropolitano
 - metrô

CARACTERÍSTICA DO TRÁFEGO

12. Conceitos básicos relacionados com o fator "velocidade"

- considerações gerais
- alguns parâmetros básicos de velocidade
- influência das características da via nas velocidades praticadas pelos motoristas
- distribuição típica da velocidade sob condições ideais de fluxo ininterrupto
- velocidade de projeto e velocidade de operação
- conceitos modernos para o projeto viário
- velocidade de projeto em função da classe de projeto da rodovia e do relevo / DNER

VOLUME E COMPOSIÇÃO DO TRÁFEGO

▣ Volume de Tráfego

- número de veículos que passa por uma determinada seção de uma via na unidade de tempo
- os volumes podem se referir a um ou dois sentidos de movimentos e considerar apenas uma parte da seção da via (uma faixa, uma pista etc.)

▣ Composição do Tráfego

- a corrente de tráfego é composta por veículos que diferem entre si quanto ao tamanho, peso e velocidade
- Sua composição é a medida em porcentagem dos diferentes tipos de veículos que a formam

Volumes de tráfego mais usados e suas aplicações

▣ Volume Anual

- determinar índice de acidentes
- estimar a receita para implantação de pedágios
- estudar as tendências de volume
- avaliação de viabilidade econômica de projetos rodoviários

▣ Volume Médio Diário

- avaliar a distribuição do tráfego num sistema de ruas
- medir a demanda atual em uma via
- programação de melhorias básicas

▣ Volume Horário

- estudos de capacidade de vias
- projetos geométricos
- estabelecer controles de tráfego
- estudos de regulamentação de estacionamento

VARIAÇÕES DO VOLUME DO TRÁFEGO

▣ **Variações espaciais**

- distribuição direcional
- distribuição por faixa

▣ **Variações no tempo**

- crescimento anual
- variações sazonais
- variações diárias
- variações horárias
- variações ao longo da hora mais carregada

Flutuação Diária Típica do Volume de Tráfego (dia útil de semana)

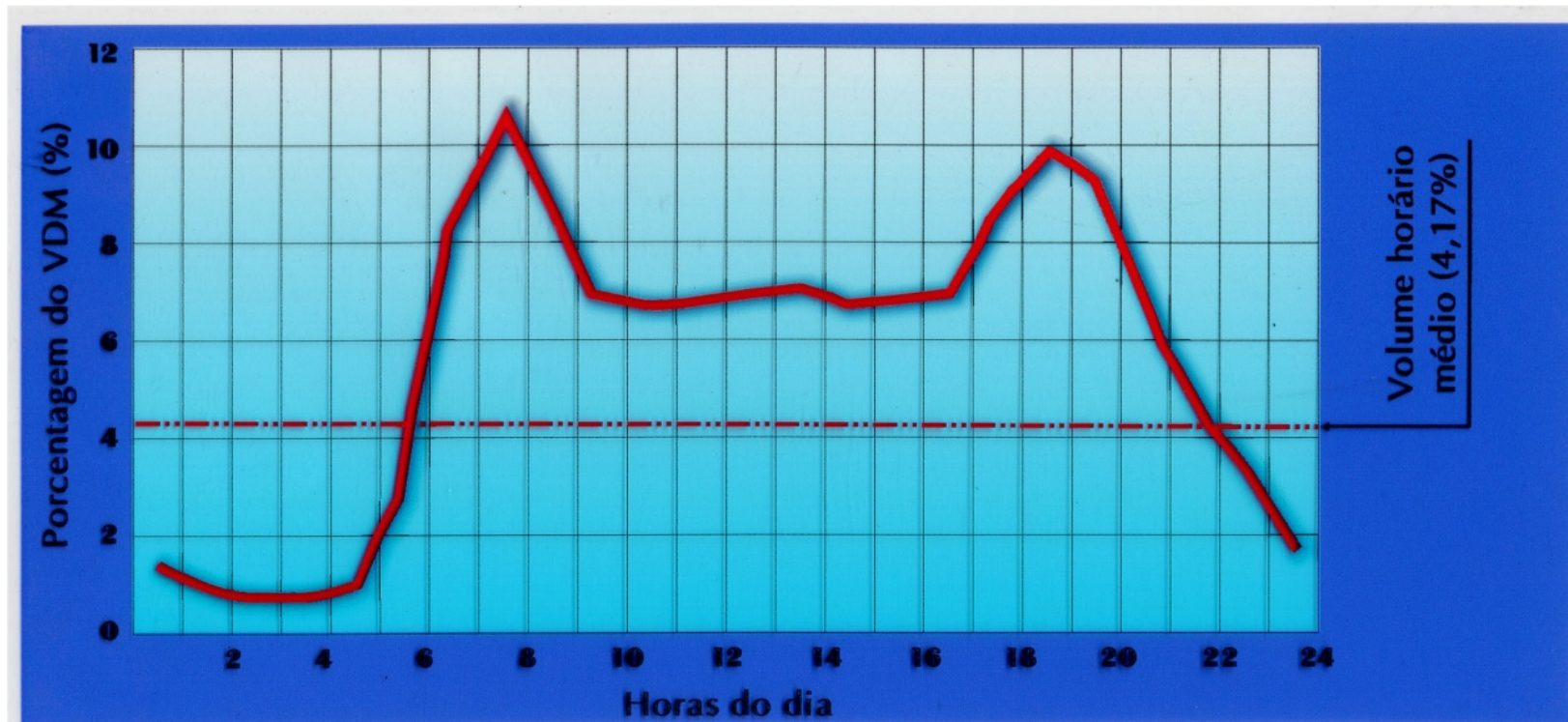
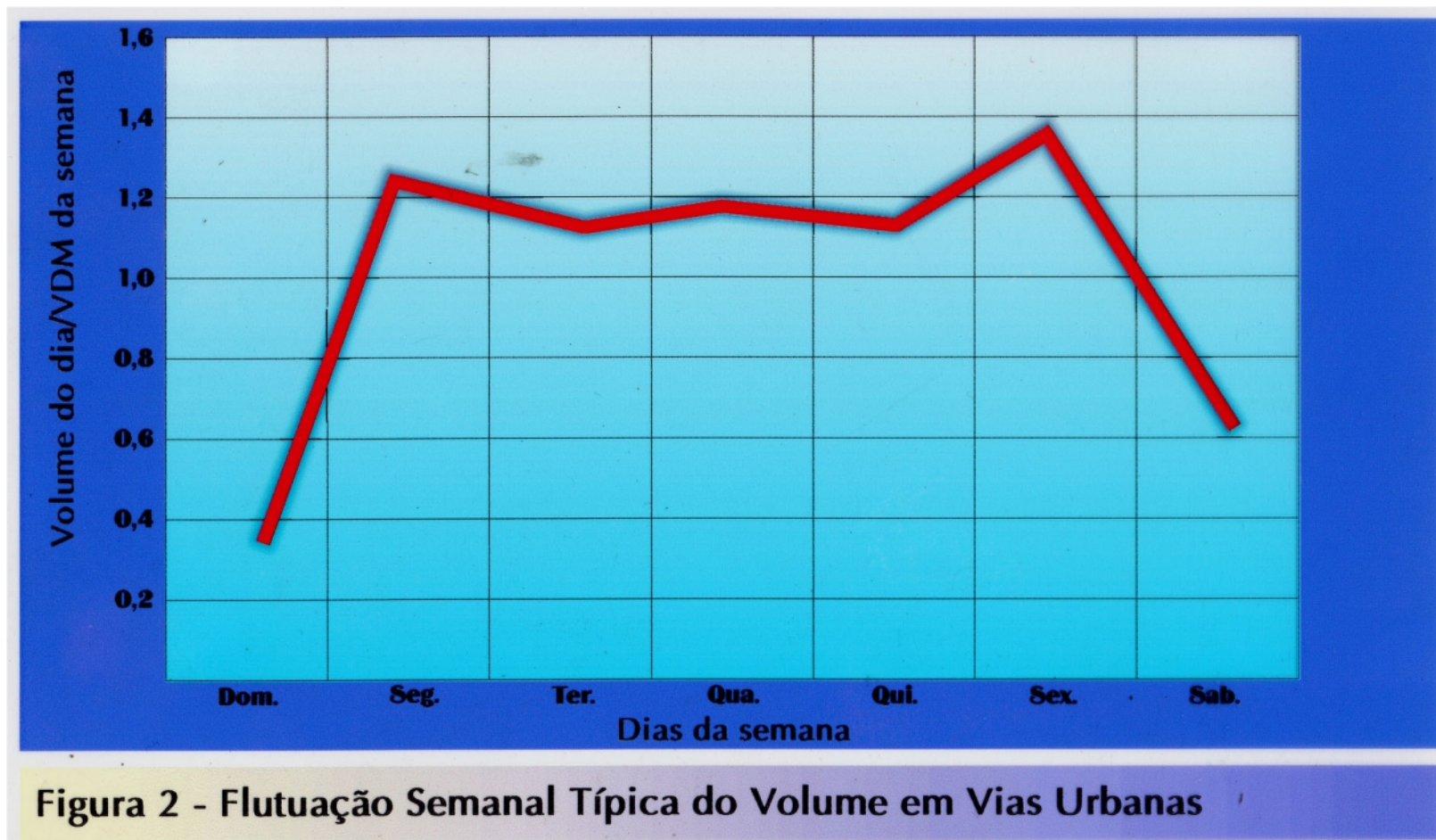


Figura 1 - Flutuação Diária Típica do Volume (dia útil da semana)

Flutuação Semanal Típica em Vias Urbanas



Flutuação Semanal Típica do Volume de Tráfego em Rodovia Turística

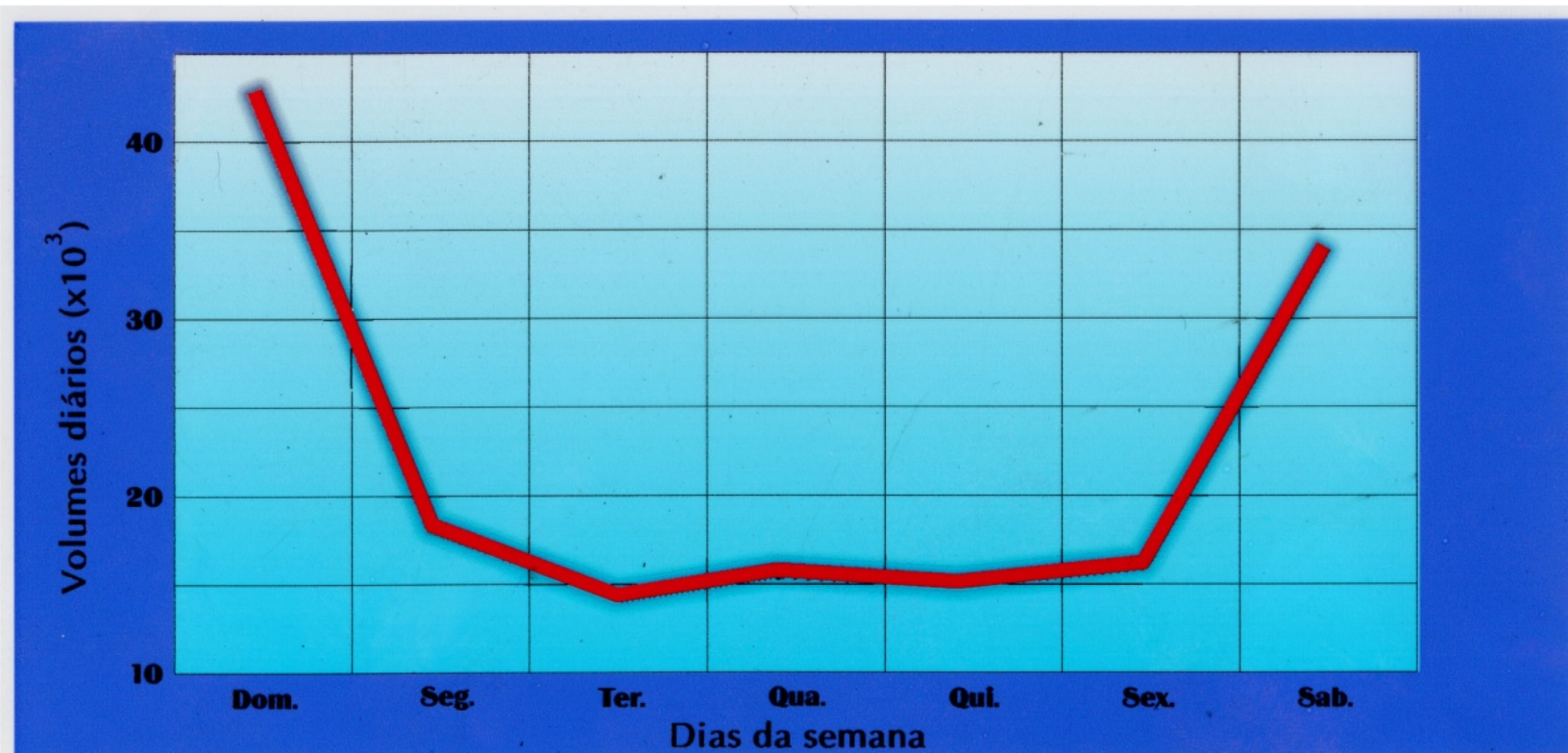
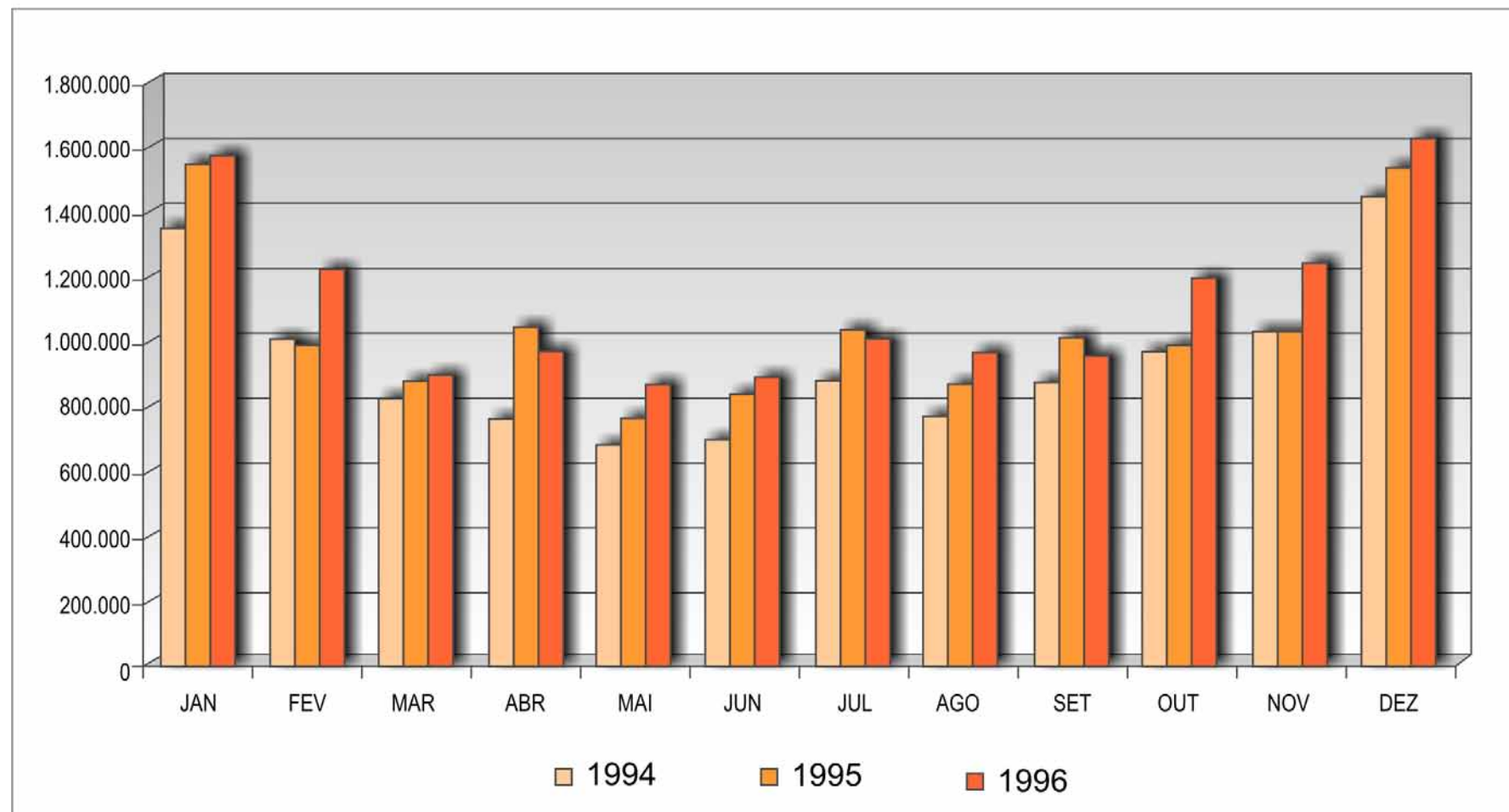


Figura 3 - Flutuação Semanal Típica do Volume em Rodovia Turística

QUADRO COMPARATIVO - EVOLUÇÃO DE VEÍCULOS SISTEMA ANCHIETA - IMIGRANTES



Fonte: Dersa.

Rodovias Administradas pela DERSA

Estudo do VDM - Janeiro a Dezembro de 2004



Rodovia	km		Trecho	Ext.	Mês												2004
	Inicial	Final			Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	
SP 070 Ayrton Senna - Leste	11	19	1	8	43.280	42.038	38.862	42.784	39.393	41.223	45.557	38.234	42.578	43.680	42.085	52.143	42.655
	19	21	2	2	32.970	32.024	29.605	32.593	30.009	31.403	34.705	29.126	32.435	33.275	32.060	39.722	32.494
	21	25,95	3	4,95	31.097	30.204	27.923	30.741	28.304	29.619	32.733	27.472	30.593	31.384	30.238	37.465	30.648
	25,95	35,73	4	9,78	18.263	17.739	16.399	18.054	16.623	17.395	19.224	16.134	17.967	18.432	17.759	22.003	17.999
	35,73	45,35	5	9,62	12.629	12.267	11.340	12.485	11.495	12.029	13.294	11.157	12.425	12.746	12.281	15.216	12.447
	45,35	60	6	14,65	9.077	8.817	8.151	8.973	8.262	8.646	9.555	8.019	8.930	9.161	8.827	10.936	8.946
Total				49	20.392	19.807	18.310	20.158	18.560	19.422	21.465	18.014	20.061	20.580	19.829	24.568	20.097
SP 070 Ayrton Senna - Oeste	11	19	1	8	53.561	43.600	33.237	38.657	35.301	37.329	44.598	34.770	38.657	37.421	40.886	38.812	39.736
	19	21	2	2	56.605	46.078	35.126	40.854	37.308	39.451	47.133	36.747	40.854	39.548	43.210	41.018	41.994
	21	25,95	3	4,95	41.055	33.420	25.477	29.631	27.059	28.614	34.185	26.652	29.631	28.684	31.340	29.750	30.458
	25,95	35,73	4	9,78	28.875	23.505	17.918	20.840	19.031	20.124	24.043	18.745	20.840	20.174	22.042	20.924	21.422
	35,73	45,35	5	9,62	16.384	13.337	10.167	11.825	10.799	11.419	13.643	10.636	11.825	11.447	12.507	11.873	12.155
	45,35	60	6	14,65	11.701	9.525	7.261	8.445	7.712	8.155	9.743	7.596	8.445	8.175	8.932	8.479	8.681
Total				49	27.681	22.533	17.177	19.978	18.244	19.292	23.049	17.970	19.978	19.339	21.130	20.059	20.536
Total Geral SP 070 Ayrton Senna				49	48.072	42.340	35.488	40.136	36.805	38.715	44.513	35.984	40.039	39.920	40.959	44.626	40.633

Rodovias Administradas pela DERSA

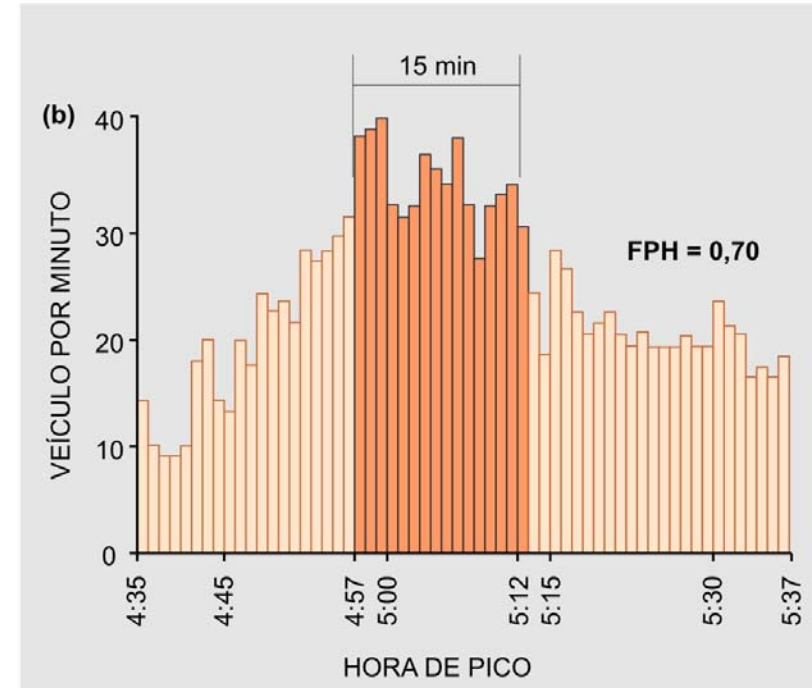
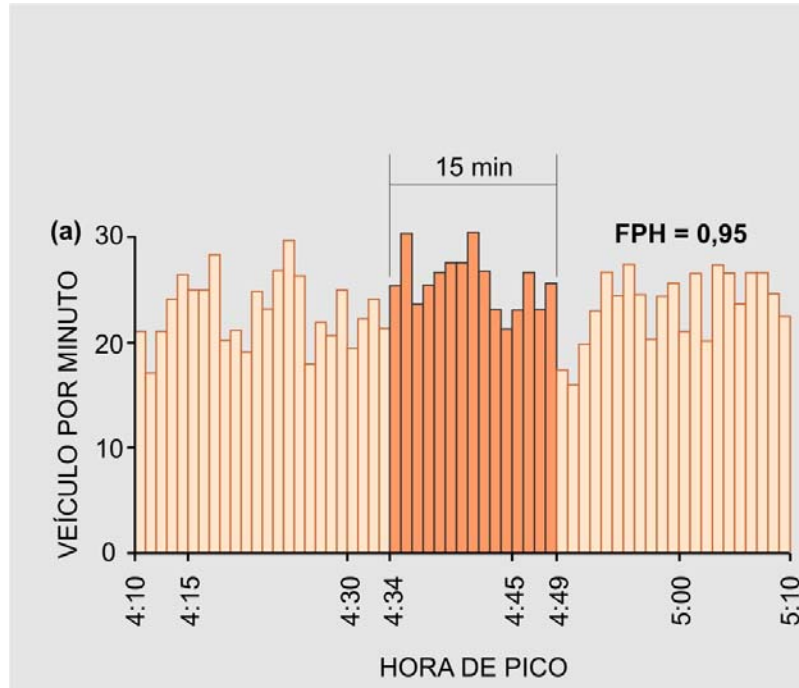
Estudo do VDM - Janeiro a Dezembro de 2005



Rodovia	km		Trecho	Ext.	Mês												2005
	Inicial	Final			Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	
SP 070 Ayrton Senna - Leste	11	19	1	8	44.342	44.948	43.914	44.224	42.415	41.843	47.985	41.798	42.018	42.633	45.178	54.701	44.666
	19	21	2	2	33.779	34.240	33.453	33.689	32.311	31.875	36.554	31.841	32.009	32.477	34.416	41.671	34.026
	21	25,95	3	4,95	31.860	32.295	31.552	31.775	30.475	30.064	34.477	30.032	30.190	30.632	32.460	39.303	32.093
	25,95	35,73	4	9,78	18.711	18.967	18.531	18.661	17.898	17.657	20.249	17.638	17.731	17.990	19.064	23.083	18.848
	35,73	45,35	5	9,62	12.939	13.116	12.814	12.905	12.377	12.210	14.002	12.197	12.261	12.441	13.183	15.962	13.034
	45,35	60	6	14,65	9.300	9.427	9.210	9.275	8.896	8.776	10.064	8.766	8.813	8.941	9.475	11.473	9.368
Total				49	20.892	21.178	20.690	20.836	19.984	19.715	22.609	19.694	19.797	20.087	21.286	25.773	21.045
SP 070 Ayrton Senna - Oeste	11	19	1	8	55.942	43.439	39.323	38.688	39.801	36.058	48.862	36.625	35.770	37.959	41.437	42.262	41.347
	19	21	2	2	59.122	45.908	41.557	40.886	42.063	38.107	51.639	38.707	37.803	40.116	43.792	44.664	43.697
	21	25,95	3	4,95	42.881	33.297	30.141	29.655	30.508	27.639	37.454	28.074	27.419	29.096	31.762	32.394	31.693
	25,95	35,73	4	9,78	30.159	23.418	21.199	20.857	21.457	19.439	26.342	19.745	19.284	20.464	22.339	22.784	22.291
	35,73	45,35	5	9,62	17.113	13.288	12.029	11.835	12.175	11.030	14.947	11.204	10.942	11.612	12.676	12.928	12.648
	45,35	60	6	14,65	12.221	9.490	8.590	8.452	8.695	7.877	10.675	8.001	7.814	8.293	9.052	9.233	9.033
Total				49	28.911	22.450	20.322	19.994	20.570	18.635	25.252	18.928	18.486	19.617	21.415	21.841	21.369
Total Geral SP 070 Ayrton Senna				49	49.804	43.627	41.013	40.831	40.554	38.350	47.861	38.622	38.284	39.704	42.701	47.614	42.414

Variação do Tráfego ao Longo da Hora de Pico

Determinação do Fator de Pico-Horário



DETERMINAÇÃO DOS FATORES DE PICO DE HORÁRIO (FPH)

A) FPH ELEVADO (PEQUENA FLUTUAÇÃO DURANTE A HORA)

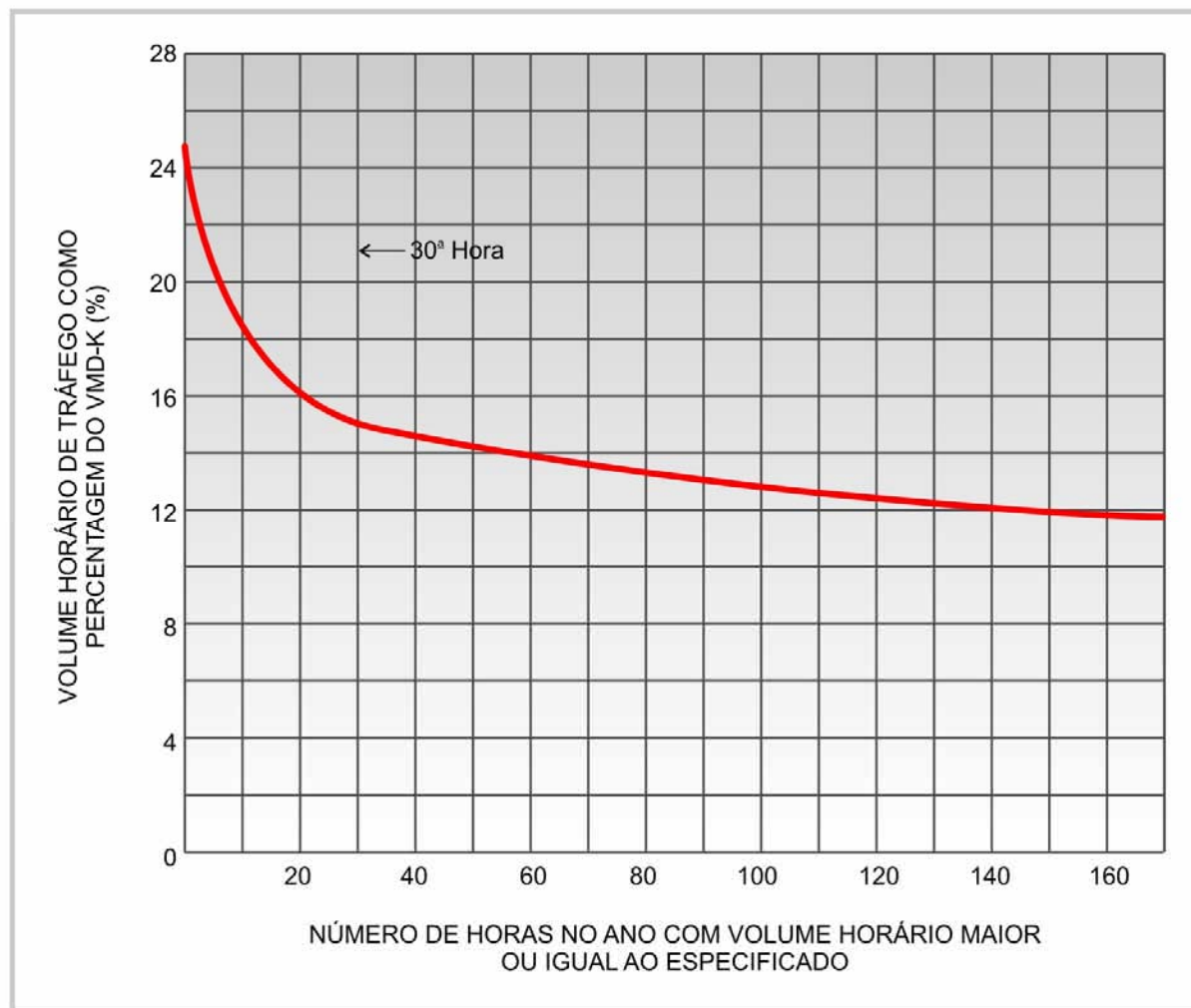
B) FPH BAIXO (GRANDE FLUTUAÇÃO DURANTE A HORA)

$$FPH = \frac{V_{HP}}{4 \times V_{15}}$$

V_{HP} → VOLUME DA HORA PICO

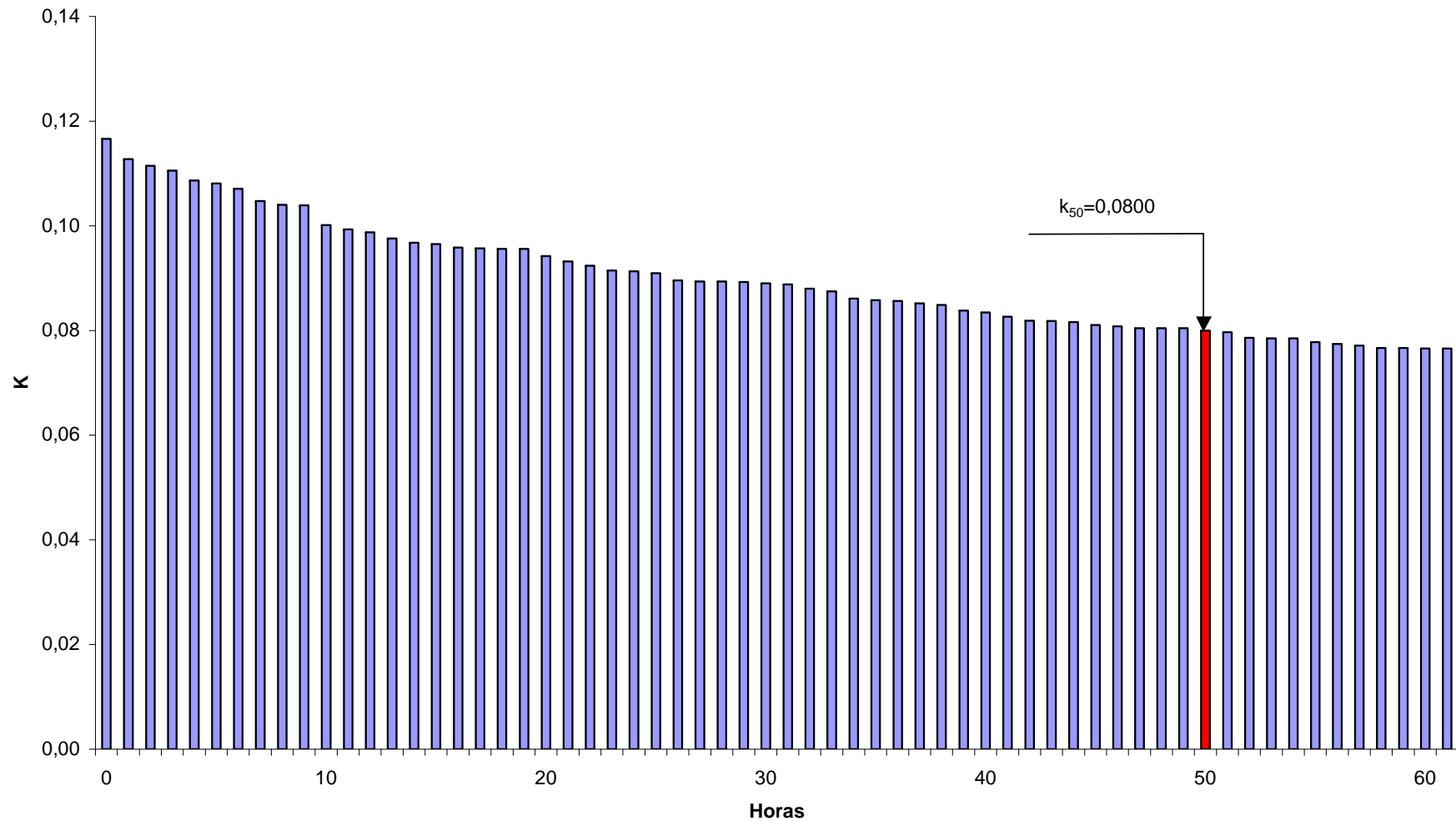
V_{15} → VOLUME DOS 15 MINUTOS CONSECUTIVOS
DE MAIOR TRÁFEGO DENTRO DA HORA PICO

Variação Anual dos Volumes Horários

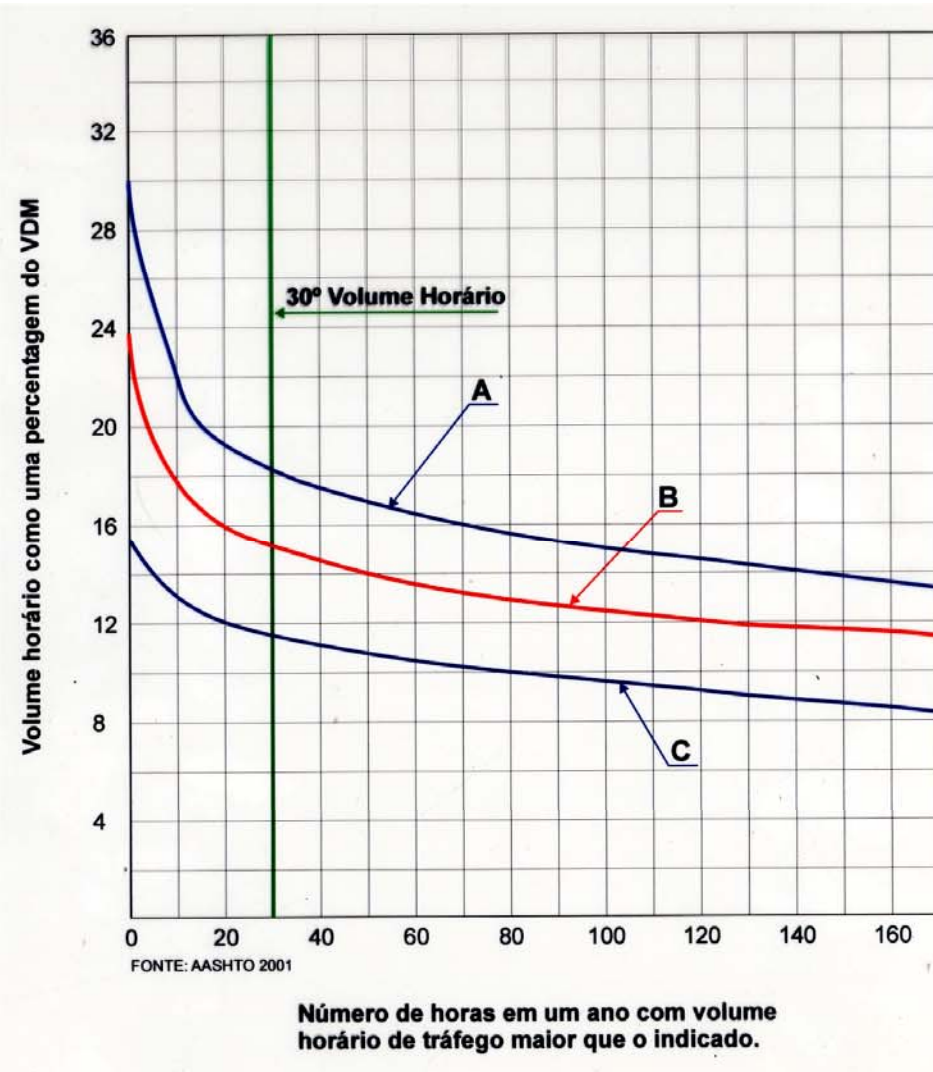


(*) Configuração da curva é diferente para vias com tráfego intenso em todo o ano.

Exemplo da Determinação do Coeficiente de Enésima Hora



Relação entre Volumes da Hora-Pico e VDM em Rodovias Arteriais



Legenda

- A**- Curva com volumes excedidos em 15% dos locais estudados.
- B**- Rodovia típica com flutuação média no fluxo de tráfego (média dos volumes horários considerando todos os locais estudados).
- C**- Curva com volumes excedidos em 85% dos locais estudados.

Relação entre Volume Horário Direcional de Projeto e Volume Médio Diário (Média Anual) na Hora de Pico

$$\mathbf{VHP = Kn \times VDM \times D}$$

VHP: volume horário direcional de projeto (veic/h)

Kn: coeficiente da enésima hora de pico

VDM: volume diário médio (veic/dia)

D: fator de distribuição direcional na hora de pico

Fatores K nas Rodovias Rurais / Brasil

Região	Fator K		N° de postos
	K30	K50	
Norte	8,2 %	8,0 %	3
Nordeste	9,0 %	8,5 %	42
Centro	9,0 %	8,6 %	29
Sudeste	9,3 %	8,8 %	73
Sul	9,6 %	9,1 %	55
Média Ponderada	9,3 %	8,8 %	202

$$K_{30} = \frac{VH_{30}}{VDM}$$

$$K_{50} = \frac{VH_{50}}{VDM}$$

Volumes Diários Médios e Composições de Tráfego - Rodovias do Estado de São Paulo - Anos: 2004 e 2005

Rodovia	km	2004					2005				
		total	leves	comerciais	% leves	% comerciais	total	leves	comerciais	% leves	% comerciais
SP 270	46L	2.983	2.606	377	87%	13%	3.334	2.897	437	87%	13%
	46O	3.136	2.611	524	83%	17%	3.509	2.843	666	81%	19%
SP 280	14L	38.196	29.528	8.668	77%	23%	45.593	34.425	11.168	76%	24%
	14O	45.640	36.651	8.989	80%	20%	49.020	36.010	13.010	73%	27%
	14ML	29.714	25.881	3.832	87%	13%	25.151	23.355	1.796	93%	7%
	14MO	30.740	26.347	4.393	86%	14%	32.639	27.562	5.077	84%	16%
	21L	42.919	34.505	8.414	80%	20%	45.461	33.760	11.701	74%	26%
	21O	39.214	30.845	8.369	79%	21%	42.014	31.287	10.727	74%	26%
	21ML	46.401	41.058	5.343	88%	12%	48.310	42.116	6.193	87%	13%
	21MO	61.922	56.291	5.631	91%	9%	55.562	46.920	8.642	84%	16%
	42L	27.042	18.809	8.234	70%	30%	27.537	17.648	9.889	64%	36%
	42O	25.737	18.229	7.508	71%	29%	26.659	18.901	7.758	71%	29%
SP 330	11N	16.876	14.157	2.720	84%	16%	17.099	13.992	3.107	82%	18%
	11S	17.679	14.875	2.803	84%	16%	18.537	14.994	3.543	81%	19%
	26N	13.574	9.995	3.579	74%	26%	15.652	11.571	4.081	74%	26%
	26S	16.408	12.812	3.595	78%	22%	16.365	12.766	3.599	78%	22%
	48N	10.161	7.530	2.631	74%	26%	11.557	8.561	2.997	74%	26%
	48S	11.384	8.778	2.605	77%	23%	12.336	9.333	3.004	76%	24%

Volumes Diários Médios e Composições de Tráfego - Rodovias do Estado de São Paulo - Anos: 2004 e 2005

Rodovia	km	2004					2005				
		total	leves	comerciais	% leves	% comerciais	total	leves	comerciais	% leves	% comerciais
SP 348	13/29N	40.310	30.021	10.289	74%	26%	44.822	34.191	10.631	76%	24%
	13/29S	41.448	30.854	10.594	74%	26%	43.755	33.507	10.247	77%	23%
	48N	27.162	19.504	7.658	72%	28%	27.034	19.258	7.776	71%	29%
	48S	28.437	20.489	7.948	72%	28%	30.172	22.289	7.884	74%	26%
SP 150	10N	36.946	31.328	5.618	85%	15%	37.272	31.438	5.834	84%	16%
	10S	19.244	16.565	2.679	86%	14%	19.324	16.443	2.881	85%	15%
	10MN	42.411	38.710	3.701	91%	9%	42.771	39.031	3.740	91%	9%
	10MS	63.533	57.269	6.264	90%	10%	74.969	66.168	8.801	88%	12%
	31N	9.254	6.108	3.146	66%	34%	9.799	6.287	3.512	64%	36%
	31S	11.391	7.518	3.873	66%	34%	11.936	7.841	4.095	66%	34%
	44N	8.201	5.001	3.200	61%	39%	9.980	5.668	4.312	57%	43%
	44S	13.588	4.948	8.640	36%	64%	17.878	7.409	10.469	41%	59%
SP 160	11N	57.391	45.252	12.139	79%	21%	59.365	49.622	9.743	84%	16%
	11S	41.194	33.534	7.660	81%	19%	42.274	34.901	7.373	83%	17%
	32N	26.929	20.759	6.170	77%	23%	27.310	20.818	6.492	76%	24%
	32S	23.559	17.925	5.634	76%	24%	24.842	18.927	5.915	76%	24%
	44N	26.546	20.971	5.575	79%	21%	26.217	20.416	5.801	78%	22%
	44S	19.245	18.950	295	98%	2%	18.152	18.152	não informado	100%	

Rodovias Administradas pela DERSA

Estudo do VDM - Anos de 1998 a 2005

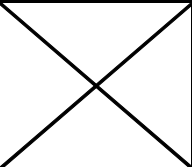


Rodovia	km		Trecho	Extensão	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
	Inicial	Final										
SP 070 Ayrton Senna - Leste	11	19	1	8	58.751	59.840	55.901	51.906	47.794	44.547	42.655	44.666
	19	21	2	2	44.756	45.586	42.585	39.541	36.409	33.935	32.494	34.026
	21	25,95	3	4,95	42.213	42.996	40.165	37.294	34.340	32.007	30.648	32.093
	25,95	35,73	4	9,78	24.754	25.213	23.589	21.903	20.168	18.798	17.999	18.848
	35,73	45,35	5	9,62	17.144	20.667	16.312	15.147	13.947	12.999	12.447	13.034
	45,35	60	6	14,65	12.322	14.854	11.724	10.886	10.024	9.343	8.946	9.368
Total				49,000	27.026	28.873	26.338	24.456	22.519	20.989	20.097	21.045
SP 070 Ayrton Senna - Oeste	11	19	1	8	58.836	58.426	55.305	55.305	55.305	41.348	39.736	41.347
	19	21	2	2	62.180	61.746	58.448	54.965	47.732	43.697	41.994	43.697
	21	25,95	3	4,95	45.099	44.784	42.392	39.866	34.620	31.694	30.458	31.693
	25,95	35,73	4	9,78	31.719	31.498	29.815	28.039	24.349	22.291	21.422	22.291
	35,73	45,35	5	9,62	17.998	18.219	16.918	15.910	13.816	12.648	12.155	12.648
	45,35	60	6	14,65	12.873	13.031	12.082	11.362	9.867	9.033	8.681	9.033
Total				49	29.821	29.758	28.582	27.417	24.997	21.369	20.536	21.369
Total Geral SP 070 Ayrton Senna				49	56.847	58.631	54.921	51.873	47.516	42.357	40.633	42.414

Quadro de Acidentes e Vítimas



Rodovia SP 070 - Ayrton Senna - Trecho: km 38,600 ao 39,600 - Total (Pista Leste + Pista Oeste)

	Acidentes					Vítimas		
	Sem Vítimas	Com Vítimas			Total	Feridas	Fatais	Total
		Feridas	Fatal	Total				
1998	3	0	1	1	4	0	1	1
1999	4	0	1	1	5	0	1	1
2000	6	1	0	1	7	2	0	2
2001	5	1	0	1	6	1	0	1
2002	1	4	1	5	6	6	1	7
2003	4	1	1	2	6	2	3	5
2004	3	1	0	1	4	1	0	1
2005	4	1	1	2	6	1	1	2
Total	19	6	3	9	28	9	3	12

Conceitos Básicos da Capacidade

▣ **CAPACIDADE**

Número máximo de veículos ou pessoas estimadas de poder passar por um ponto (seção) de uma via durante um certo período de tempo sob determinadas condições da via e do tráfego.

▣ **APLICAÇÃO DOS ESTUDOS DE ANÁLISE DE CAPACIDADE**

- estudos de planejamento de transportes
- projeto da via
- análise das condições de operação do tráfego

Conceitos Básicos da Capacidade

- ▣ Período considerado como **base de pesquisa**: 15 min (*)

() admitido como o menor intervalo em que o fluxo de tráfego se mantém com características homogêneas*

- ▣ Cálculo da capacidade → extrapolação da base de 15 min para o período de 1 hora
- ▣ Não se considera a influência das condições climáticas e do pavimento (supostas como adequadas)
- ▣ Análise da capacidade ⇨ condições ideais da via

Condições Ideais da Via para Efeito de Análise de sua Capacidade

- a) Fluxo contínuo, livre de interferências laterais de veículos e pedestres.
- b) Somente veículos de passageiros na corrente de tráfego.
- c) Faixas de tráfego de 3,60m, com acostamento adequado e sem obstruções laterais a menos de 1,80m do limite da pista.
- d) Para rodovias rurais:
 - alinhamentos vertical e horizontal satisfatórios;
 - velocidade média $\geq 112\text{km/h}$;
 - distâncias de visibilidade $\geq 450\text{m}$, nas vias de duas ou três faixas de tráfego;

Capacidade em Diferentes Tipos de Vias

– HCM 2000

Tipo de Via	Capacidade (*)
duas faixas e mão dupla de direção (pista simples)	3200 veículos/hora , nas duas direções combinadas
	1700 veículos/hora , para cada direção
múltiplas faixas (pista dupla)	2200 veículos/hora/faixa em fluxo ininterrupto para $V_{projeto} = 100\text{km/h}$
vias expressas	2400 veículos/hora/faixa em fluxo ininterrupto para $V_{projeto} = 120\text{km/h}$
	2200 veículos/hora/faixa em fluxo ininterrupto para $V_{projeto} = 110\text{km/h}$

(*) Para condições ideais

Conceitos Básicos sobre “Níveis de Serviço”

- **NÍVEL DE SERVIÇO:** avaliação das condições de operação de uma corrente de tráfego (tal como é percebida por motoristas e passageiros)
- São levados em conta:
 - velocidade
 - tempo de viagem
 - liberdade de manobra
 - interrupções do tráfego
 - conforto e segurança
- São definidos 6 níveis de serviço para vias com fluxo contínuo

Níveis de Serviço para Vias com Fluxo Contínuo

Nível de serviço	Características do Fluxo	Condições de Operação
A	Fluxo livre	Baixos volumes e altas velocidades
B	Fluxo razoavelmente livre	Velocidade começando a diminuir devido às condições do tráfego
C	Fluxo estável	Restrições quanto à liberdade dos motoristas de escolher sua própria velocidade
D	Fluxo se aproximando da instabilidade	Motoristas têm pouca liberdade de manobra
E	Fluxo instável	Possíveis paradas breves
F	Fluxo forçado	Congestionamentos

Fonte: HCM, 2000

Níveis de Serviço



ILLUSTRATION 13-5. LOS A.



ILLUSTRATION 13-6. LOS B.



ILLUSTRATION 13-7. LOS C.



ILLUSTRATION 13-8. LOS D.



ILLUSTRATION 13-9. LOS E.



ILLUSTRATION 13-10. LOS F.

Conceitos Básicos sobre “Níveis de Serviço”

- ▣ Seleção do nível de serviço no projeto de rodovias

Classificação Funcional	Combinação de relevo e área de inserção			
	Rural com relevo plano	Rural com relevo ondulado	Rural com relevo montanhoso	Urbana e suburbana
Via Expressa	B	B	C	C
Via arterial	B	B	C	C
Coletora	C	C	D	D
Local	D	D	D	D

Fonte: AASHTO, 2004

Conceitos Básicos sobre “Níveis de Serviço”

- ▣ **VOLUME DE SERVIÇO DO FLUXO:** volume representativo do fluxo de tráfego operando em determinado nível de serviço

Níveis de Serviço para Rodovias de Múltiplas Faixas (HCM)

Velocidade de fluxo livre	Critério	Nível de Serviço				
		A	B	C	D	E
100 km/h	Densidade Máxima (veículos/km/faixa)	7	11	16	22	25
	Velocidade Média (km/h)	100,0	100,0	98,4	91,5	88,0
	Taxa máxima de volume / capacidade (v/c)	0,32	0,50	0,72	0,92	1,00
	Taxa máxima de fluxo de serviço (veículos/h/faixa)	700	1100	1575	2015	2200
90 km/h	Densidade Máxima (veículos/km/faixa)	7	11	16	22	26
	Velocidade Média (km/h)	90,0	90,0	89,8	84,7	80,8
	Taxa máxima de volume / capacidade (v/c)	0,30	0,47	0,68	0,89	1,00
	Taxa máxima de fluxo de serviço (veículos/h/faixa)	630	990	1435	1860	2100

Níveis de Serviço para Rodovias de Múltiplas Faixas (HCM)

Velocidade de fluxo livre	Critério	Nível de Serviço				
		A	B	C	D	E
80 km/h	Densidade Máxima (veículos/km/faixa)	7	11	16	22	27
	Velocidade Média (km/h)	80,0	80,0	80,0	77,6	74,1
	Taxa máxima de volume / capacidade (v/c)	0,28	0,44	0,64	0,85	1,00
	Taxa máxima de fluxo de serviço (veículos/h/faixa)	560	880	1280	1705	2000
70 km/h	Densidade Máxima (veículos/km/faixa)	7	11	16	22	28
	Velocidade Média (km/h)	70,0	70,0	70,0	69,6	67,9
	Taxa máxima de volume / capacidade (v/c)	0,26	0,41	0,59	0,81	1,00
	Taxa máxima de fluxo de serviço (veículos/h/faixa)	490	770	1120	1530	1900

Níveis de Serviço para Pista Expressa(HCM)

Velocidade de fluxo livre	Critério	Nível de Serviço				
		A	B	C	D	E
120 km/h	Densidade Máxima (veículos/km/faixa)	7	11	16	22	28
	Velocidade Média (km/h)	120,0	120,0	114,6	99,6	85,7
	Taxa máxima de volume / capacidade (v/c)	0,35	0,55	0,77	0,92	1,00
	Taxa máxima de fluxo de serviço (veículos/h/faixa)	840	1320	1840	2200	2400
110 km/h	Densidade Máxima (veículos/km/faixa)	7	11	16	22	28
	Velocidade Média (km/h)	110,0	110,0	108,5	97,2	83,9
	Taxa máxima de volume / capacidade (v/c)	0,33	0,51	0,74	0,91	1,00
	Taxa máxima de fluxo de serviço (veículos/h/faixa)	770	1210	1740	2135	2350

Níveis de Serviço para Pista Expressa(HCM)

Velocidade de fluxo livre	Critério	Nível de Serviço				
		A	B	C	D	E
100 km/h	Densidade Máxima (veículos/km/faixa)	7	11	16	22	28
	Velocidade Média (km/h)	100,0	100,0	100,0	93,8	82,1
	Taxa máxima de volume / capacidade (v/c)	0,30	0,48	0,70	0,90	1,00
	Taxa máxima de fluxo de serviço (veículos/h/faixa)	700	1100	1600	2065	2300
90 km/h	Densidade Máxima (veículos/km/faixa)	7	11	16	22	28
	Velocidade Média (km/h)	90,0	90,0	90,0	89,1	80,4
	Taxa máxima de volume / capacidade (v/c)	0,28	0,44	0,64	0,87	1,00
	Taxa máxima de fluxo de serviço (veículos/h/faixa)	630	990	1440	1955	2250

Níveis de Serviço de Rodovias de Duas Faixas com Dois Sentidos de Tráfego

(Volumes Médios Diários de Tráfego Misto - Condições Brasileiras)

			Terreno plano						Terreno ondulado									Terreno montanhoso		
			% sem visibilidade de ultrapassagem						Medianamente			Fortemente						% sem visibilidade de ultrapassagem		
Nível de Serviço	% de demora	Veloc. média [km/h]				% sem visibilidade de ultrapassagem						Veloc. média [km/h]	% sem visibilidade de ultrapassagem							
			0	50	100	0	50	100	0	50	100		0	50	100					
			Volume médio diário			Volume médio diário			Volume médio diário				Volume médio diário			Volume médio diário				
A	<= 30	>= 93,3	1980	1050	520	>= 91,7	1190	470	230	870	340	120	>= 90,1	680	260	50				
B	<= 45	>= 88,5	3370	2480	1980	>= 86,9	1740	1190	860	1200	760	530	>= 86,9	900	520	360				
C	<= 60	>= 83,7	5450	4400	4010	>= 82,1	2850	2250	1870	1920	1390	1030	>= 78,9	1420	920	580				
D	<= 75	>= 80,5	8940	8270	7900	>= 78,9	4350	3460	2960	2610	1990	1620	>= 72,4	1820	1320	1020				
E	<= 75	>= 72,4	14500	14500	14500	>= 64,4	7130	6670	6550	4230	3900	3740	>= 56,3	2930	2660	2490				
F	100	< 72,4	-	-	-	< 64,4	-	-	-	-	-	-	<= 56,3	-	-	-				

Fonte: DNER, 1999 com base nos dados do HCM, 1994

O Pedestre

- ❑ O pedestre é um elemento a ser considerado no desenvolvimento do projeto da via
- ❑ A presença de pedestres deve sempre ser objeto de atenção tanto nas vias urbanas como rurais
- ❑ Em geral há dificuldades para se estimar a demanda de pedestres
- ❑ Dispositivos para pedestres integrantes do projeto da via incluem:
 - calçadas (passeios públicos)
 - travessias (em nível ou desnível)
 - dispositivos de controle de tráfego
 - meios-fios rebaixados associados a rampas nas calçadas destinadas a deficientes físicos e idosos
 - paradas e plataformas de embarques de ônibus
 - escadas, rampas e escadas rolantes para situações específicas.

Algumas Considerações Acerca dos Deslocamentos de Pedestres

▣ **Velocidade**

- Velocidade média dos pedestres varia de 0,8 a 1,8m/s
- MUTCD (Manual on Uniform Traffic Control Devices) adota velocidade média de 1,2 m/s
- Idosos em geral andam a velocidades próximas de 0,8 m/s

▣ **Capacidade e níveis de serviço das calçadas**

- Consideração de reduções na largura da calçada em caso de muro lateral ou de vitrines de lojas
- Níveis de serviços de A a F (HCM)

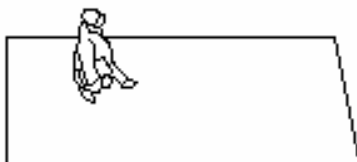
Algumas Considerações Acerca dos Deslocamentos de Pedestres

■ Densidade

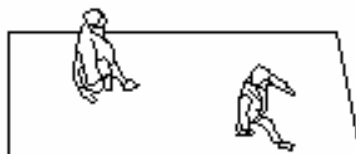
- $< 0,3$ pedestres/m² : tráfego livre
- $0,3$ a $0,4$ pedestres/m² : tráfego médio, ultrapassagens possíveis
- $0,4$ a $0,7$ pedestres/m² : ultrapassagens possíveis; conflitos; tráfego em sentido oposto
- $0,7$ a $1,0$ pedestres/m² : tráfego denso; escoamento prejudicado
- $1,0$ a $2,0$ pedestres/m² : tráfego muito denso; freqüentes conflitos entre pedestres
- $> 2,0$ pedestres/m² : tráfego muito denso; efeito de multidão

Circulação de Pedestres e Nível de Serviço

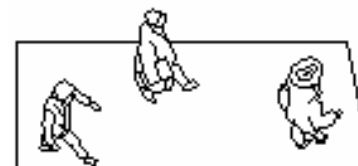
NS A



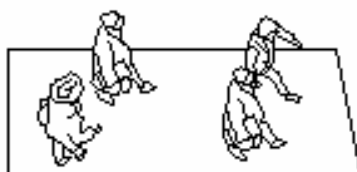
NS B



NS C



NS D



NS E



NS F



TRANSIT CAPACITY AND QUALITY OF SERVICE MANUAL

NS	Espaço para Pedestre (m ² /p)	Densidade (p/m ²)	Velocidade (m/min)	Fluxo por unidade de largura (p/m/min)
A	≥ 3,3	≤ 0,30	79	0 - 23
B	2,3 - 3,3	0,30 - 0,43	76	23 - 33
C	1,4 - 2,3	0,43 - 0,71	73	33 - 49
D	0,9 - 1,4	0,71 - 1,11	69	49 - 66
E	0,5 - 0,9	1,11 - 2,00	46	66 - 82
F	< 0,5	> 2,00	< 46	variável

HIGHWAY CAPACITY MANUAL 2000

NS	Espaço para Pedestre (m ² /p)	Densidade (p/m ²)	Velocidade (m/min)	Fluxo por unidade de largura (p/m/min)
A	> 5,60	< 0,18	-	0 - 16
B	3,70 - 5,60	0,18 - 0,27	-	16 - 23
C	2,20 - 3,70	0,27 - 0,45	-	23 - 33
D	1,40 - 2,20	0,45 - 0,71	-	33 - 49
E	0,75 - 1,40	0,71 - 1,33	-	49 - 75
F	≤ 0,75	≥ 1,33	-	variável

Sistema de Transporte de Passageiros

Características que possibilitam elevada capacidade de transporte

1. Via Segregada
2. Grande distância entre pontos de parada
3. Tempo de parada reduzido
4. Alta capacidade de captação de passageiros por veículo
5. Formação de comboios

$$\text{Capacidade} = \frac{\text{Pax}}{\text{Veículo}} \times \frac{\text{Veículo}}{\text{Km}} \times \frac{\text{km}}{\text{hora}}$$

Alguns Conceitos Básicos Relacionados com o Fator “Velocidade”

- ❑ Fatores mais importantes para os usuários na escolha de percurso em uma viagem:
 - **tempo**
 - conforto e segurança
- ❑ Evolução da tecnologia: veículos mais rápidos e seguros
- ❑ Condições distintas para percurso realizado em área urbana ou rural
- ❑ A velocidade pode se referir:
 - a um determinado veículo
 - a um grupo de veículos
 - a um valor que simboliza as influências do fluxo de veículos e da via

Fatores que Afetam a Velocidade dos Veículos

- ❑ Características geométricas da via (traçado, seção transversal e condições de visibilidade)
- ❑ Tipo e condições do pavimento, sinalização, etc
- ❑ Interferências laterais
- ❑ Tráfego existente (volume, composição)
- ❑ Veículo (tipo de veículo, desempenho, carga, idade, etc)
- ❑ Motorista (extensão da viagem, acompanhante, idade, estado psicológico, etc)
- ❑ Condições do clima (chuva, neblina, granizo, etc)
- ❑ Dispositivos de controle e fiscalização (tipo, existência, frequência, **limites legais de velocidade fixados**, radares, etc)
- ❑ Horário

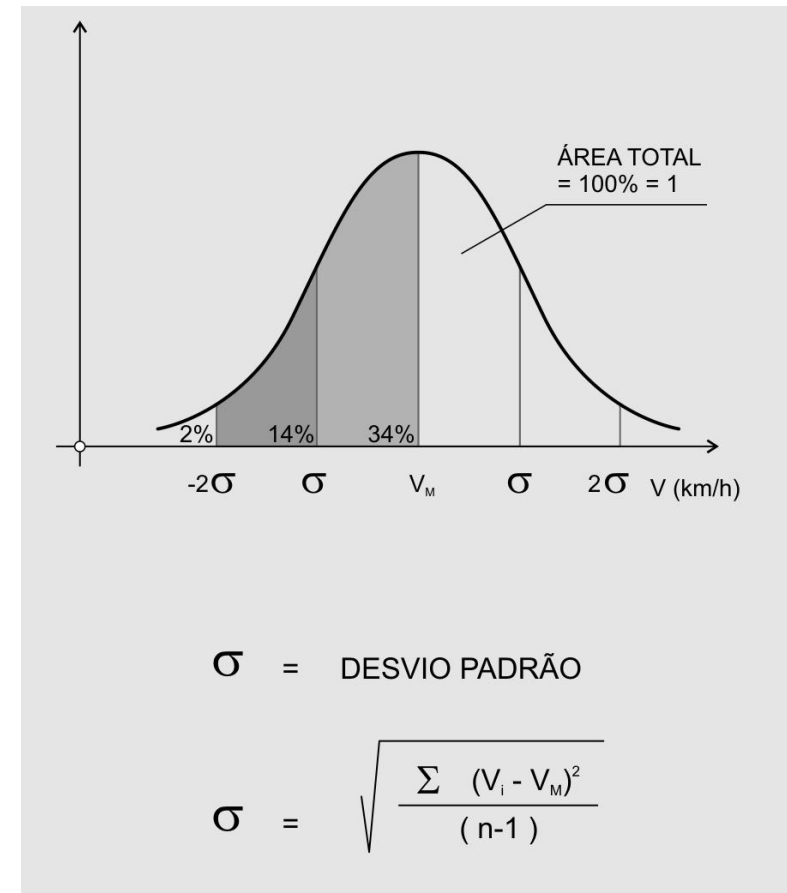
Velocidade Instantânea

▣ Velocidade Instantânea

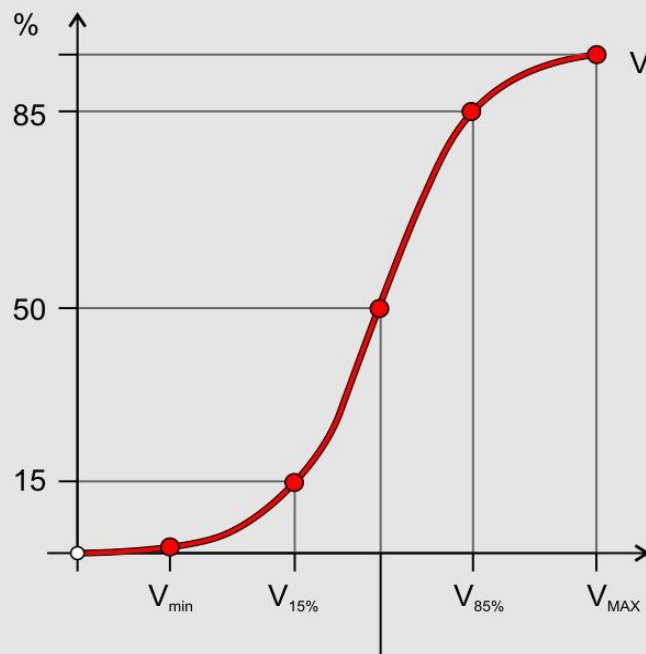
É a velocidade de um veículo no instante de sua passagem por uma determinada seção da via.

▣ Velocidade Média e Distribuição de Velocidades

A curva de frequências das velocidades corresponde a uma distribuição normal de Gauss, ou seja, com a mesma probabilidade de variação para mais ou para menos em relação ao valor médio.



Curva de Distribuição de Velocidades

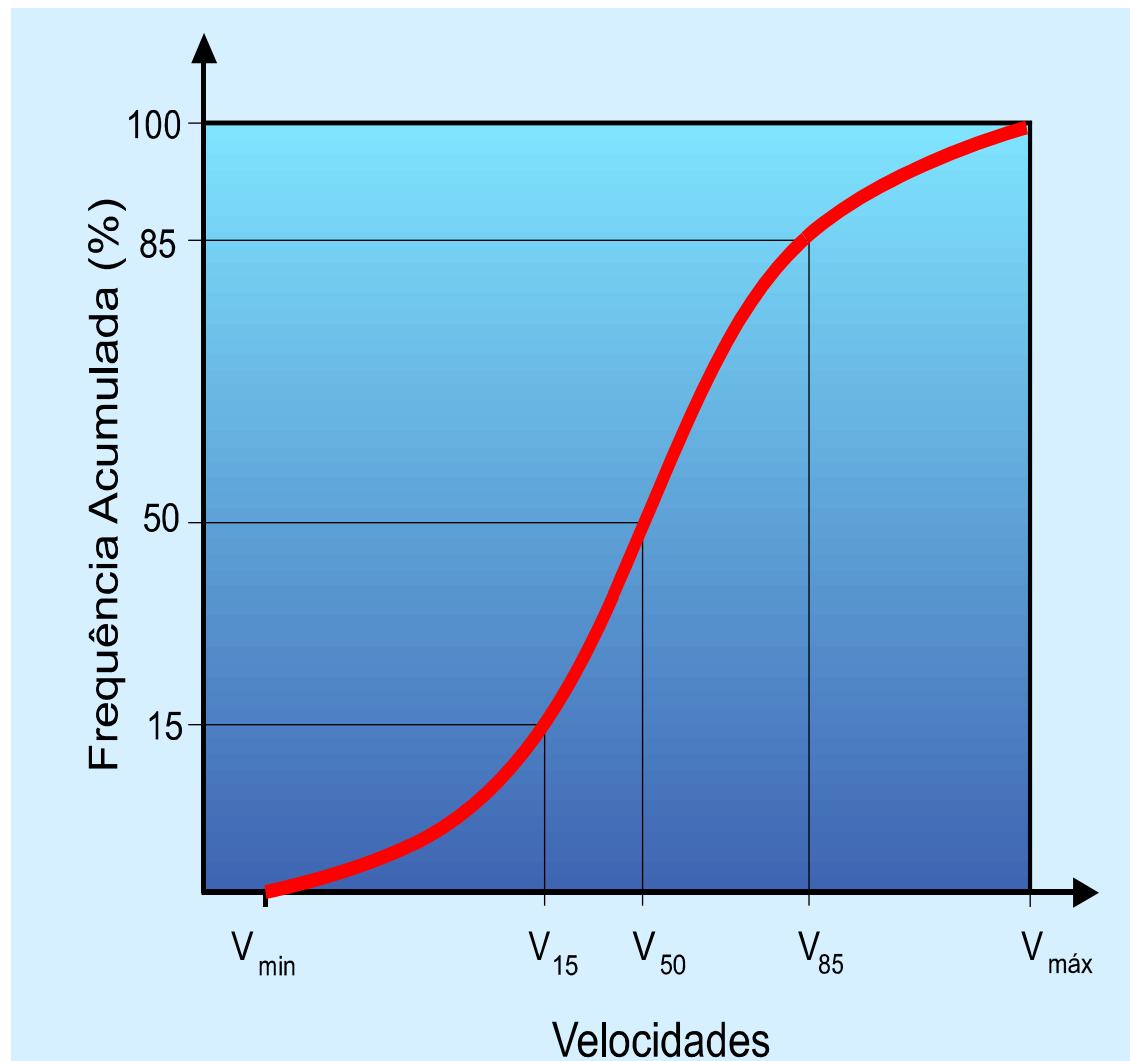


$V_M = V_D$ (quando a distribuição é normal)

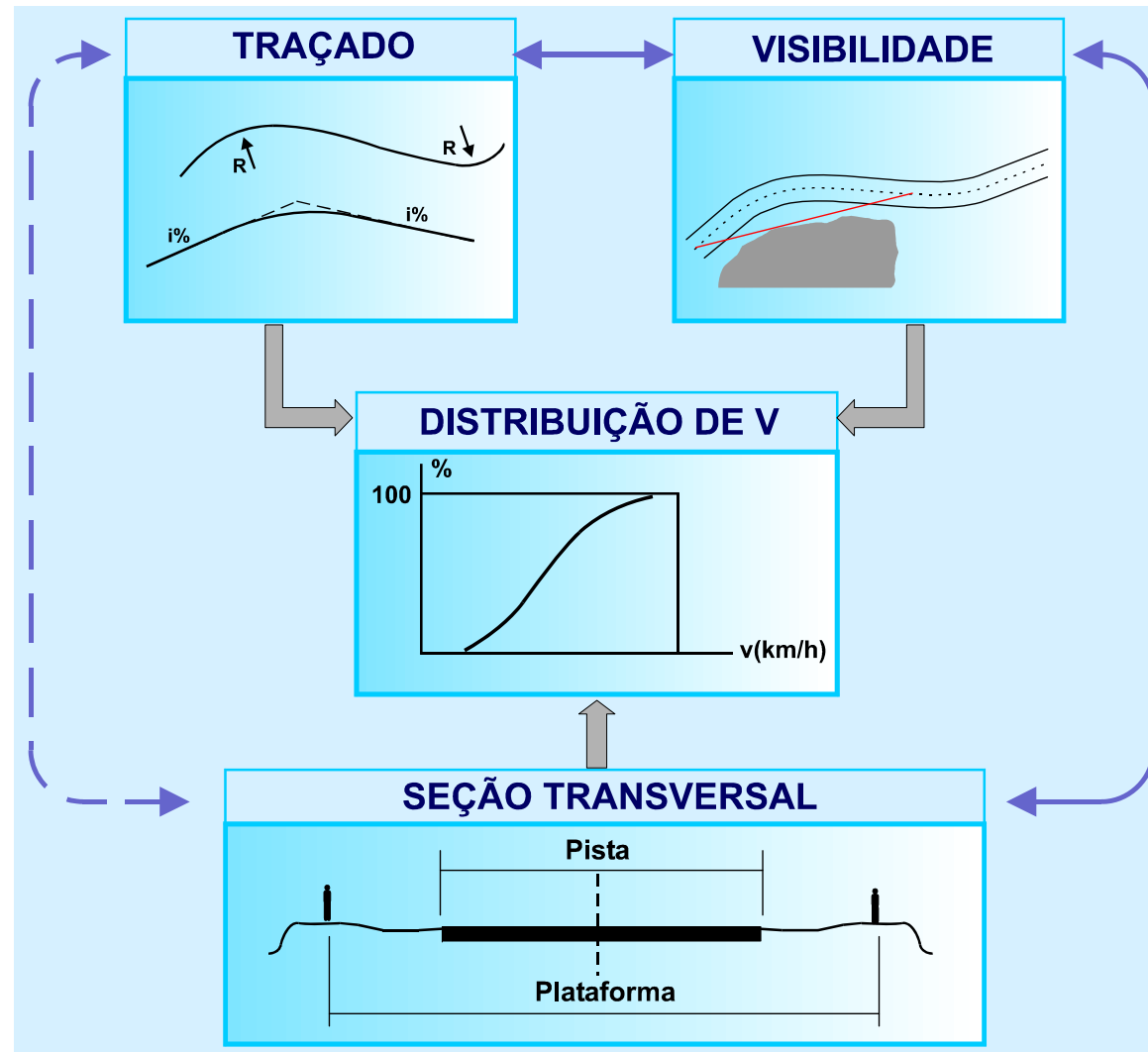
V = velocidade medida
 V_M = velocidade média
 n = número de medidas

- A distribuição de velocidades em um trecho específico da via depende do volume de tráfego.
- Quanto maior se torna o volume de tráfego, tanto menor será o desvio padrão.
- Para filas totais: $\Delta V = \sigma = 0$

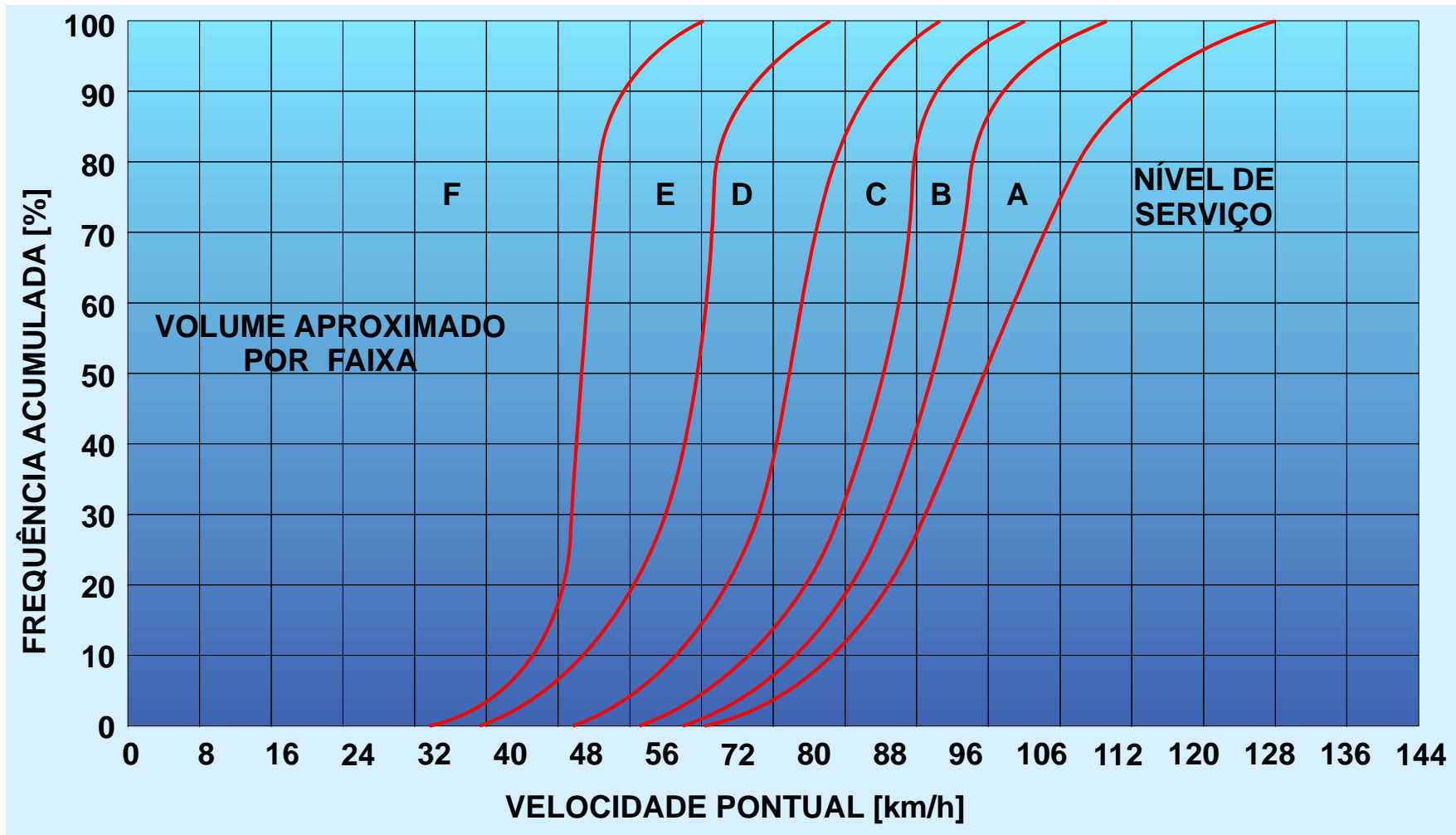
Curva de Distribuição das Velocidades



Influência das Características Geométricas nas Velocidades Praticadas pelos Motoristas



Distribuição Típica de Velocidade Sob Condições Ideais de Fluxo Ininterrupto (HCM)



Velocidade no Trecho

- ▣ Velocidade de percurso:

$$V_p = \frac{\text{distância percorrida}}{\text{tempo de percurso}^{(*)}}$$

(*) tempo de percurso: tempo durante o qual o veículo se encontra em movimento

- ▣ Velocidade de viagem:

$$V_v = \frac{\text{distância percorrida}}{\text{tempo total de viagem}^{(**)}}$$

(**) inclui tempos de parada não voluntários

$\frac{V_v}{V_p}$ = "Grau de eficiência" da rodovia

1,0 = muito bom

0,8 = bom

0,5 = satisfatório

0,2 = com congestionamentos

Velocidade Característica

- A partir da curva de distribuição das velocidades e com base nas medidas de velocidade instantâneas, pode-se determinar:

Parâmetro	Conceito	Determinante para (Exemplos)
V_{\min} V_{15}	<ul style="list-style-type: none">▪ menor velocidade instantânea medida em uma seção transversal▪ velocidade que é alcançada por alguns, mas não excedida por 15% do total de veículos	dispositivos de sinalização, faixas adicionais
$V_{50} = VM$ $V = VD$	<ul style="list-style-type: none">▪ velocidade média que é atingida por alguns, mas não excedida por 50% do total dos veículos▪ velocidade média = média aritmética de todas as velocidades instantâneas medidas	estudos de planejamento envolvendo cálculos de rentabilidade e comparação de alternativas
V_{85} V_{\max}	<ul style="list-style-type: none">▪ velocidade que é atingida por alguns, mas não excedida por 85% do total dos veículos▪ máxima velocidade instantânea medida em uma seção transversal	projeto da via sinalização avaliação da reserva de segurança

Velocidade de Projeto:

- ❑ É a velocidade selecionada visando o estabelecimento de determinados parâmetros e características da via.
- ❑ O valor a adotado deve ser coerente com:
 - relevo predominante do terreno
 - uso e ocupação do solo no entorno da via
 - velocidade operacional estimada de ocorrer ao longo da via
- ❑ Classe funcional da via

Velocidade Operacional

- ▣ Velocidade na qual se observam os motoristas dirigindo seus veículos sob condições de fluxo livre.
- ▣ V_{85} é o valor mais frequentemente usado para a $V_{\text{operacional}}$ associada a uma localização particular ou a um elemento geométrico.

Velocidade Operacional

- ▣ $V_{\text{operação}} \Rightarrow$ bastante estudada como variável comportamental
- ▣ Valores extremos para a velocidade \Rightarrow consequências negativas para a segurança
- ▣ V_{85} é considerada como limite operacional de segurança:
 - Velocidades $> V_{85} \Rightarrow$ perigosas para as condições existentes.
 - $\therefore 85\%$ da corrente de tráfego circulam a velocidades razoáveis e seguras

Velocidades Diretrizes para Novos Traçados em Função da Classe de Projeto e do Relevo

DNER, 1999

Classe de Projeto	Velocidades diretrizes para Projeto (km/h)		
	Relevo		
	Plano	Ondulado	Montanhoso
Classe 0	120	100	80
Classe I	100	80	60
Classe II	100	70	50
Classe III	80	60	40
Classe IV	80 - 60	60 - 40	40 - 30

Conceitos Modernos para o Projeto Viário

- ❑ traçado consistente
- ❑ V_{projeto} deve ser lógica em relação à $V_{\text{operação}}$
- ❑ segurança dinâmica na condução dos veículos
- ❑ $V_{\text{operação}} \Rightarrow$ condições de fluxo livre
 - $V_{85} \Rightarrow V_{\text{operação}}$
 - deve-se conhecer os desejos de velocidade \Rightarrow “background”
- ❑ tangente \Rightarrow elemento dinâmico
- ❑ perfil de velocidades (V_{85} em tangentes e curvas)
- ❑ V_{projeto} e V_{85} (prevista) bem balanceadas
- ❑ variações aceitáveis de V_{85} ao longo do traçado



traçado
consistente