



Departamento de Eng. Produção

Engenharia de Tráfego

Prof. Dr. Rodrigo de Alvarenga Rosa
rodrigoalvarengarosa@gmail.com
(27) 9941-3300



Cálculo da Capacidade

Capacidade

- É o máximo de veículos que podem atravessar uma seção de uma via, durante um período de tempo, sob condições prevalecentes de tráfego e da via.

- A Capacidade nunca poderá ser excedida sem que se modifiquem as condições da via considerada.

Capacidade

Condições Ideais ou de Fluxo Livre

- Condições Geométricas ou Físicas
 - Alinhamento geométrico vertical e horizontal para velocidades médias de operação de 96km/h, sem restrições à ultrapassagem em vias com no mínimo duas ou três faixas de tráfego no mesmo sentido.
 - Largura de faixas de tráfego com um mínimo de 3,50m, com acostamentos adequados (2,5m), e desobstruídos lateralmente no mínimo de 1,80m.
 - Gabaritos verticais adequados (mínimos 5,50m)
 - Pavimento em bom estado.

Capacidade

Condições Ideais ou de Fluxo Livre

- Condições de Operação
 - Fluxo livre sem interferências laterais com veículos ou pedestres.
 - Somente carros de passeio na corrente tráfego.
- Condições Ambientais
 - Condições de tempo (dia claro, sem chuva, sem vento etc.).
 - Condições de Visibilidade ambiental (sem neblina, fumaça etc.).
 - Localização urbana (centro, subúrbio etc.).

Capacidade

Condições Prevalentes

- São as condições existentes na via que diferem das Condições de Fluxo Livre ou Condições Ideais.
- A alteração de qualquer das condições ideais causa restrições à capacidade básica resultando na capacidade prática individual da via.
- O HCM define a capacidade de uma facilidade (serviço:via, calçada) de transporte como a *“taxa horária máxima de pessoas ou veículos que pode ser razoavelmente esperado atravessar um ponto ou segmento uniforme de uma faixa ou via durante um determinado período de tempo sob condições prevalentes referentes ao tráfego, à via e ao controle”*.

Capacidade

Condições Ideais

- Da Via

Largura da faixa $\geq 3,6\text{m}$

Largura do acostamento $\geq 1,8\text{m}$

Visibilidade $> 450\text{m}$

Greide $\leq 2\%$

- Do Tráfego

Presença só de carros de passeio

Velocidade $\geq 96\text{km/h}$

Usuários Regulares (motoristas habituados)

- De Controle

Limite de Velocidade (não deve haver)

Semáforo (não deve haver)

Placa de Pare (não deve haver)

Controle no uso de faixa (não deve haver)

Capacidade

Fórmula da Capacidade

$$C = C_j \times f_1 \times f_2 \times f_3 \times \dots \times f_n \text{ (veic/h)}$$

Onde:

C_j - Capacidade básica para as condições ideais (veic/h);

$f_1, f_2, f_3 \dots f_n$ – fatores de ajustamento para condições existentes da via, tráfego etc.

Capacidade

Capacidade Básica para Condições Ideais

Tipo de Facilidade	Capacidade Básica
<u>Rodovias com múltiplas faixas</u>	
(60 mi/h) – velocidade de fluxo livre	2.200 ucp/h/faixa
(55 mi/h) – velocidade de fluxo livre	2.100 ucp/h/faixa
(50 mi/h) – velocidade de fluxo livre	2.000 ucp/h/faixa
(45 mi/h) – velocidade de fluxo livre	1.900 ucp/h/faixa
<u>Rodovias com duas faixas (mão dupla)</u>	2.800 ucp/h/faixa
<u>Fluxo Interrompido (Semáforo)</u>	1.900 ucp/h/faixa

Fonte: Mc Shane, 1998

Capacidade

-É muito importante o conhecimento do valor da Capacidade, pois ela dá o valor limite do número de veículos que poderá passar por uma dada seção.

- Além desse valor, deve-se levar em conta as condições de operação da via. Para medir as diversas condições de operação, desenvolveu-se o conceito de Níveis de Serviço (LOS).

Capacidade

Nível de Serviço (LOS)

- É uma medida qualitativa do desempenho do tráfego e é resultante de um número de fatores que incluem velocidade e tempo de viagem tais como:

- Interrupções do tráfego;
- Liberdade de manobra;
- Conforto e conveniência do motorista;
- Segurança
- Custos operacionais.

- Reflete as condições (desempenho) operacionais do tráfego → Medida de efetividade/performance:

- Velocidade e tempo de viagem
- Densidade
- Atrasos

Capacidade

Nível de Serviço (LOS)

- É uma medida qualitativa do efeito de uma série de fatores, tangíveis e intangíveis, que para efeito prático é estabelecido apenas em função da:

- velocidade desenvolvida na via e
- da relação entre o volume de tráfego e a capacidade da via (V/C).

- Qualquer seção de uma via pode operar em diferentes níveis de serviço, dependendo do instante considerado.

- De acordo com o “Highway Capacity Manual”, foram classificados 6 níveis de serviço, desde o A (condições ideais de escoamento livre) até o F (congestionamento completo)

Capacidade

Nível de Serviço (LOS)

- São estabelecidos seis níveis de serviço, caracterizados para as condições operacionais de uma via de fluxo ininterrupto

Capacidade

Nível de Serviço (LOS)

-Nível A: Condição de escoamento livre, acompanhada por baixos volumes e altas velocidades. A densidade do tráfego é baixa, com velocidade controlada pelo motorista dentro dos limites de velocidade e condições físicas da via. Não há restrições devido a presença de outros veículos.



Capacidade

Nível de Serviço (LOS)

- Nível B: Fluxo estável, com velocidades de operação a serem restringidas pelas condições de tráfego. Os motoristas possuem razoável liberdade de escolha da velocidade e ainda têm condições de ultrapassagem.



Capacidade

Nível de Serviço (LOS)

-Nível C: Fluxo ainda estável, porém as velocidades e as ultrapassagens já são controladas pelo alto volume de tráfego. Portanto, muitos dos motoristas não têm liberdade de escolher faixa e velocidade



Capacidade

Nível de Serviço (LOS)

-Nível D: Próximo à zona de fluxo instável, com velocidades de operação toleráveis, mas consideravelmente afetadas pelas condições de operação, cujas flutuações no volume e as restrições temporárias podem causar quedas substanciais na velocidade de operação.



Curso de Engenharia Civil - Engenharia de Tráfego – Departamento de Produção - Prof. Dr. Rodrigo de Alvarenga Rosa

17

Capacidade

Nível de Serviço (LOS)

-Nível E: É denominado também de Nível de Capacidade. A via trabalha a plena carga e o fluxo é instável, sem condições de ultrapassagem.



Curso de Engenharia Civil - Engenharia de Tráfego – Departamento de Produção - Prof. Dr. Rodrigo de Alvarenga Rosa

18

Capacidade

Nível de Serviço (LOS)

-Nível F: Descreve o escoamento forçado, com velocidades baixas e com volumes abaixo da capacidade da via. Formam-se extensas filas que impossibilitam a manobra. Em situações extremas, velocidade e fluxo podem reduzir-se a zero.



Curso de Engenharia Civil - Engenharia de Tráfego – Departamento de Produção - Prof. Dr. Rodrigo de Alvarenga Rosa

19

Capacidade

Indicadores de desempenho - são as variáveis usadas para valorar quantitativamente a capacidade segundo a facilidade considerada

TIPO DE FACILIDADE	INDICADOR DE DESEMPENHO	UNIDADE
“Freeways” Segmentos básicos Áreas de entrelaçamento Junções de rampa	Densidade Velocidade média no espaço Taxas de fluxo	ucp/km.faixa km/h ucp/h
Rodovias Multi-faixas	Densidade Velocidade de fluxo livre	ucp/km.faixa km/h
Rodovias de duas faixas	Atraso percentual	%
Interseções Semaforizadas	Atraso médio de parada	s/veic
Interseções com regra de prioridade	Atraso médio total	s/veic
Artérias	Velocidade média no espaço	Km/h
Transporte Coletivo	Fator de carga	Passageiro/km
Áreas de pedestres	Espaço	m ² /pedestre

Curso de Engenharia Civil - Engenharia de Tráfego – Departamento de Produção - Prof. Dr. Rodrigo de Alvarenga Rosa

20

Capacidade

Volume e Taxa de Fluxo de Serviço

$$VS_i = FS_i \times FHP \text{ (veic/h)}$$

Onde:

VS_i = Volume de Serviço para o Nível de Serviço i (veic/h);

FS_i = Taxa de Fluxo de Serviço para o Nível de Serviço i (veic/h);

FHP = Fator Hora de Pico

Nível de Serviço	Densidade Máxima para vias c/ Múltiplas Faixas (ucp/mi)	Espaçamento médio entre veículos (comprimento do carro)
A	12	23-26
B	20	18-20
C	28	9-11
D	34	7-9
E	35-45	4-6
F	>45	<4

Curso de Engenharia Civil - Engenharia de Tráfego – Departamento de Produção - Prof. Dr. Rodrigo de Alvarenga Rosa

21

- Capacidade

- Expressões Utilizadas

- $F \text{ (veículos/h)} = D \text{ (veículos/km)} \times V \text{ (km/h)}$
- $D \text{ (veículos/km)} = 1.000 \text{ (m/km)} / E \text{ (m/veículos)}$
- $H \text{ (segundos)} = 1 / F \text{ (veículos/segundos)}$
- $H \text{ (segundos)} = E \text{ (m/veículos)} / V \text{ (m/segundos)}$
- Densidades Máximas para Fluxo Contínuo – Nível de Serviço

Curso de Engenharia Civil - Engenharia de Tráfego – Departamento de Produção - Prof. Dr. Rodrigo de Alvarenga Rosa

22

Capacidade

Carro de Passeio (UCP) - Fator de Equivalência

Automóveis	1.00
Ônibus	2.25
Caminhão	1.75
Moto	0.33
Bicicleta	0.20

Exemplo 1 - Uma via com Múltiplas Faixas apresenta um headway médio entre veículos de 2,5 segundos a uma velocidade de 90 km/h.

- 1.1 - Calcular a densidade e o fluxo de tráfego (volume);
- 1.2 – Determinar o Nível de serviço que esta via está operando.

1.1 - Calcular a densidade e o fluxo de tráfego (volume);

$$V = 90 \text{ km/h} \rightarrow 90/3,6 = 25 \text{ m/s}$$

$$E = H \times V = 2,5 \times 25 = 62,5 \text{ m/veículos}$$

$$D = 1000/E = 1.000/62,5 = 16 \text{ veículos/km}$$

$$F = V \times D = 90 \times 16 = 1.440 \text{ veículos/h}$$

$$H = 1/F \rightarrow F = 1/2,5 = 0,4 \text{ veículos/segundo} \quad ; \quad 1 \text{ hora} = 3600 \text{ seg}$$
$$0,4 \times 3600 = 1.440 \text{ veículos/h}$$

Exemplo 1 -Uma via com Múltiplas Faixas apresenta um headway médio entre veículos de 2,5 segundos a uma velocidade de 90 km/h.

- 1.1 - Calcular a densidade e o fluxo de tráfego (volume);
- 1.2 – Determinar o Nível de serviço que esta via está operando.

1.2 - Determinar o Nível de serviço que esta via está operando.

$D = 16 \text{ veículos/km}$; $1 \text{ km} = 1,6 \text{ milhas}$

$D = 16 \times 1,6 = 25,6 \text{ veículos/milhas/h}$

Que equivale a um Nível de Serviço C

Exemplo 2 - Em um dado local, a velocidade média verificada foi de 64 km/h e um volume horário de 1500 autos: 50 caminhões; 30 ônibus e 13 motos.

- 2.1 - Qual a densidade média da via?
- 2.2 – Qual o Nível de Serviço da via?

Composição do Tráfego:

1.500autos	-	1.500×1	=	1.500 ucp
50 caminhões	-	$50 \times 1,75$	=	87,5ucp
30 ônibus	-	$30 \times 2,25$	=	67,5 ucp
13 motos	-	$13 \times 0,33$	=	4,29 ucp
Total			=	1659,29 ucp -1660 ucp

Exemplo 2 - Em um dado local, a velocidade média verificada foi de 64 km/h e um volume horário de 1500 autos: 50 caminhões; 30 ônibus e 13 motos.

2.1 - Qual a densidade média da via?

2.2 – Qual o Nível de Serviço da via?

2.1 - Qual a densidade média da via?

$$F = V \times D$$

$$D = F / V = 1660 / 64$$

$$D = 25,94 \text{ veículos/km}$$

2.2 – Qual o Nível de Serviço da via?

$$D = 25,94 \text{ veículos/km} ; 1 \text{ km} = 1,6 \text{ milhas}$$

$$D = 25,94 \times 1,6 = 41,50 \text{ veículos/milhas/h}$$

que equivale a um Nível de Serviço E

Exemplo 3 - Em uma determinada via, a velocidade média verificada foi de 96 km/h e um volume horário de 1600 autos; 50 caminhões; 30 ônibus e 15 motos.

3.1 Calcular a densidade, o espaçamento, headway e o Nível de Serviço que esta via está operando neste momento.

3.2 Alterando-se o valor do fluxo de tráfego horário para 1200 autos, 150 caminhões, 35 ônibus, 25 motos e 30 bicicletas, recalculer as variáveis do item 3.1.

3.3 Explicar de forma resumida qual o fenômeno ocorrido nestes dois momentos.

Capacidade

Trechos urbanos

- Trechos urbanos possuem ininterruptão
- Considera-se trechos entre as interrupções
 - Segmento de via
- Sinais de trânsito representam o maior motivo de interrupção
 - O tempo de verde é um dado importante
 - Ciclo de verde
 - Um dos maiores fatores de redução da capacidade da via
- Usualmente a capacidade da via é igual a capacidade da interseção semaforizada

Capacidade

Trechos urbanos

- Outros fatores interferem fortemente no cálculo da capacidade das vias urbanas
 - Circulação de ônibus
 - Largura das faixas
 - Interseções
 - Estacionamento na via
 - outros