



Código	REV.
IP-00.000.000-0-A23 / 001	0

Emissão	folha
11/11/04	01 de 48

Emitente :
ARTESP
 DIRETORIA DE INVESTIMENTOS - DIN

Resp. Técnico / Projetista

Res. Técnico / Concessionária

Lote :
GERAL

Rodovia :

D E - DER

Trecho :

Verificado - ARTESP

Objeto : PROCEDIMENTOS PRÁTICOS PARA CÁLCULO DA CAPACIDADE VIÁRIA E DETERMINAÇÃO DO NÍVEL DE SERVIÇO

Aprovado - ARTESP

Documentos de Referência:

Documentos Resultantes:

Observação :

0	11/11/04					
Rev.	Data	Resp.Téc/Proj	Resp. Téc/Conces	DE - DER	Ver - ARTESP	Aprovado - ARTESP

ÍNDICE

OBJETIVOS	4
1. INTRODUÇÃO	5
2. MANUAL DE CAPACIDADE - HCM	6
2.1 As Versões do Manual de Capacidade.....	6
2.2 Aplicabilidade das Novas Versões do Manual.....	8
3. CONCEITOS BÁSICOS	10
3.1 Capacidade Viária, Taxa de Fluxo e Níveis de Serviço.....	10
3.2. Parâmetros para Medida de Eficácia nos Estudos de Capacidade e Níveis de Serviço.....	12
3.3. Caracterização dos Níveis de Serviço para Rodovias Expressas e de Múltiplas Faixas.....	13
3.4 Caracterização dos Níveis de Serviço para Rodovias de Duas Faixas.....	17
4. ROTEIRO DE CÁLCULO	20
4.1 Coleta de Dados.....	20
4.2 Cálculo do Nível de Serviço.....	21
4.2.1 Procedimentos para a análise operacional de segmentos homogêneos de Vias Expressas e Rodovias de Múltiplas Faixas.....	23
4.2.2 Procedimentos para a análise operacional de segmentos homogêneos de Vias de Duas Faixas.....	33
5. GESTÃO DA QUALIDADE DO MONITORAMENTO DO TRÁFEGO	43
5.1 Verificação Avaliação da Adequação dos Segmentos Homogêneos.....	44
5.2 Fiscalização dos Serviços de Monitoramento e Controle de Tráfego.....	44
5.3 Verificação da qualidade e suficiência dos dados obtidos através do sistema de monitoramento.....	45
5.4 Verificação da observância aos procedimentos definidos no presente documento.....	46
5.5 Verificação do atendimento dos padrões de desempenho exigidos contratualmente.....	46

5.6 **Elaboração de Relatório de Análise da Revisão Anual de Desempenho dos Níveis de Serviço do Tráfego.47**

6. CONCLUSÃO48

PROCEDIMENTOS PRÁTICOS PARA CÁLCULO DA CAPACIDADE VIÁRIA E DETERMINAÇÃO DO NÍVEL DE SERVIÇO DE OPERAÇÃO

Esta instrução tem por objetivo apresentar os procedimentos práticos a serem adotados pelas concessionárias para o cálculo da capacidade viária e determinação do nível de serviço de operação das rodovias concedidas.

Neste contexto, esta instrução visa definir a sistemática adotada pela **ARTESP**, para a consolidação dos Relatórios de Operação a serem elaborados pelas Concessionárias, definindo a metodologia e os procedimentos a serem adotados, objetivando a avaliação, fiscalização e padronização dos serviços realizados pelas Concessionárias.

Esta instrução, denominada de “**Procedimentos Práticos para Cálculo de Capacidade Viária e Determinação do Nível de Serviço de Operação**” foi elaborada com base na metodologia preconizada pelo Highway Capacity Manual – HCM editado pelo TRB – Transportation Research Board – Special Report 209.

Este documento visa estabelecer uma padronização no entendimento dos conceitos com o maior número de informações possível, assim como possibilitar, da forma mais prática, uma uniformização e apresentação dos cálculos necessários para a determinação dos níveis de serviço de operação.

Esta padronização, além de útil para as Concessionárias, facilitará o acompanhamento e a fiscalização por parte do poder concedente, através da atuação das Supervisoras, Gerenciadora e **ARTESP**. São fornecidos exemplos práticos de preenchimento das tabelas exigidas para os devidos cálculos, mantendo uma interpretação única para a aplicação da metodologia escolhida.

Considerando que, de acordo com o Regulamento da Concessão, a monitoração das condições de tráfego nas rodovias é parte dos serviços delegados, específica da Concessionária, e que é obrigação da Concessionária obter e disponibilizar as informações de volume e velocidade nos diversos segmentos homogêneos da rede, o ideal é que a coleta dos dados seja feita através de equipamentos automáticos fixos, com os quais podem-se obter dados contínuos, para todas as horas do dia, para todos os dias do ano. Desta forma os postos de monitoramento de tráfego implantados nos segmentos homogêneos das rodovias concedidas, devem dispor de equipamentos fixos de medição e registro de fluxos de tráfego e velocidades dos veículos por faixa.

A utilização do Highway Capacity Manual (HCM) é obrigatória para definição e verificação do atendimento a padrões de desempenho operacional, e assim, torna-se necessária a sua leitura para o entendimento mais abrangente do assunto.

2. MANUAL DE CAPACIDADE - HCM

O Highway Capacity Manual – HCM, publicado pelo TRB – Transportation Research Board, é o manual de referência adotado pela ARTESP. Este capítulo procura resumir um histórico das versões existentes, , até a última edição disponível. Fatalmente, até o final da Concessão, novas edições do HCM deverão ser publicadas. Aquilo que a **ARTESP** considerar satisfatório, do ponto de vista legal, operacional e econômico para o sistema, no momento propício fará e divulgará as alterações necessárias, revisando algum procedimento explícito neste documento.

Assim, são apresentadas as principais diferenças havidas no HCM nas edições dos anos de 1994, 1998 e 2000.

2.1 As Versões do Manual de Capacidade

O HCM 1994

Os procedimentos, critérios e parâmetros contidos nesta versão podem, de uma maneira geral, ser considerados adequados e podem ser utilizados como referência básica, pelas partes contratantes, em todas as atividades técnicas, análises operacionais, estudos e projetos incluídos nos contratos de concessão.

Há, no entanto, uma limitação, no HCM de 1994, que pode ser considerada importante para sua aplicação nas rodovias concedidas do Estado de São Paulo.

Trata-se dos valores *Fatores de Equivalência de Veículos Comerciais*, dados através de tabelas, em função de faixas de inclinação e extensão de rampas, e que considera como limite superior, as rampas maiores que 6% de inclinação longitudinal, nas rodovias de mais de 4 faixas, e maiores que 7% nas rodovias de pista simples. Isso se explica porque, nos Estados Unidos, país de origem do HCM, as rampas de maior inclinação que estas são muito pouco comuns.

Em função desta limitação, para efeito da determinação de fatores de equivalência de veículos pesados, rampas de 7% ou de 13%, de mesma extensão, tem os mesmos fatores de equivalência.

No programa de concessões paulista, que inclui uma grande quantidade de duplicações paralelas a pistas existentes, as rampas íngremes ocorrem em frequência significativa e não estão contempladas nos quadros do Manual.

Para que os cálculos de capacidade e análise de nível de serviço de operação, ou para projetos, resultem adequados às reais condições de operação em rampas íngremes, é necessário utilizar valores extrapolados a partir dos quadros de fatores de equivalência apresentados no Manual HCM de 1994.

O HCM 1998

Uma nova revisão do Manual foi concluída em 1997 e publicada, sendo que esta se constituiu na última impressão da terceira edição do HCM.

A revisão concluída em 1997 foi a mais importante da terceira edição porque incluiu uma extensiva alteração nos Capítulos 3 – Segmentos Básicos de Vias Expressas (Basic Freeway Sections), 4 – Áreas de Entrelaçamento (Weaving Áreas), 5 – Ramos de acesso e saída (Ramps and Ramp Junctions), 6 – Sistemas de Via Expressa (Freeway Systems) e 7 – Rodovias de Múltiplas Faixas (Multilane Rural and Suburban Highways).

Por sua vez, a metodologia para Rodovias de Duas Faixas foi mantida inalterada desde a impressão de 1985.

No capítulo referente às Vias Expressas, foi alterado o procedimento de cálculo de capacidade baseado na Densidade de Tráfego, além de ser introduzido o conceito de que a capacidade sob condições ideais é função da velocidade de fluxo livre.

Foram introduzidas alterações nos procedimentos de análise de capacidade para interseções semaforizadas e vias arteriais. O capítulo sobre interseções não sinalizadas foi completamente reformulado.

As alterações publicadas em 1998, executadas sobre a mesma edição (terceira), foram resultado de uma enorme quantidade de pesquisas e estudos levados a efeito dentro e fora dos Estados Unidos da América e representaram um avanço na metodologia para cálculo de capacidade e análise de níveis de serviço.

O HCM 2000

Em 2000, foi publicada a quarta edição do HCM, introduzindo muitas alterações, não só na forma de apresentação, mas também em alguns parâmetros e procedimentos importantes.

A alteração mais positiva para utilização do HCM 2000 no Brasil foi a publicação de uma versão com unidades no sistema métrico.

A nova edição foi formatada em cinco partes: Resumo, Conceitos, Metodologias, Análise de Corredores e Áreas, e Modelos de Simulação, com um total de 31 capítulos.

A parte II, Conceitos, contém os conceitos de tipos de via ou dispositivo e inclui textos analíticos sobre os parâmetros típicos de capacidade. Na terceira edição, este material era apresentado juntamente com a metodologia para cada tipo de via.

A parte III contém as metodologias analíticas que correspondem aos 12 capítulos da terceira Edição, referidos aos diversos tipos de vias ou dispositivos. Ou seja, corresponde ao que era apresentado nos capítulos 3 a 14 da revisão de 1997 do Manual.

As alterações mais importantes quanto ao conteúdo, tendo em vista sua aplicação nos contratos de concessão rodoviária no Estado de São Paulo, são as seguintes:

- ✍ Interseções semaforizadas: Introduzidos novos fatores de ajustamento para pedestres e ciclistas no cálculo da Taxa de Fluxo de Saturação e metodologia para avaliação de comprimentos de fila. Foram introduzidas novas planilhas de cálculo.
- ✍ Interseções em nível não semaforizadas: Introduzidos novos procedimentos de avaliação de extensão de filas e novas planilhas de cálculo.
- ✍ Rodovias de Duas Faixas (pista simples): Foi introduzida uma nova metodologia para avaliação de capacidade e análise de níveis de serviço para rodovias de pista simples, considerando fluxos unidirecionais e bidirecionais. Passa a incluir metodologias para análise de segmentos com faixas adicionais.
- ✍ Rodovias de Múltiplas Faixas: Foram introduzidos novos fatores de equivalência para caminhões. Os novos fatores introduzidos são muito inferiores aos definidos na terceira edição do manual, sendo que em alguns casos foram reduzidos em mais de 50%. Os novos fatores foram definidos em função do perfil atual da frota de caminhões na América do Norte e não representam o comportamento dos veículos da frota brasileira.
- ✍ Foi alterada a densidade limite para o nível de serviço D, de 21 para 22 cp/h/faixa.
- ✍ Rodovias Expressas: Foram introduzidos novos fatores de equivalência para caminhões que, a exemplo dos definidos para as rodovias de múltiplas faixas, não representam o comportamento dos veículos da frota brasileira.
- ✍ Foi alterada a densidade limite para o nível de serviço D, de 20 para 22 cp/h/faixa.

2.2 Aplicabilidade das Novas Versões do Manual

No Manual de 1998, nem as metodologias definidas, nem os parâmetros de fatores de equivalência de veículos pesados e de restrição da capacidade sofreram alterações significativas e podem ser considerados adequados para as condições das rodovias paulistas, e utilizados em substituição aos definidos no HCM 1994.

A exemplo do que foi definido para o HCM tanto o de 1994, quanto o de 1998, para que os cálculos de capacidade e análise de nível de serviço de operação (ou para projetos), resultem adequados às reais condições de operação, em rampas íngremes, será necessário utilizar valores extrapolados a partir dos quadros de fatores de equivalência apresentados no Manual.

Considera-se, ainda, que não deve haver maiores restrições, com exceção das formuladas a seguir, para a utilização dos conceitos, parâmetros e procedimentos metodológicos da quarta edição (HCM 2000), para efeito de estudos e projetos relativos aos contratos de Concessão, mesmo que a última versão do manual seja mais complacente com os limites máximos de densidade para o Nível de Serviço **D**.

A primeira restrição a ser colocada para a adoção do HCM 2000 é relativa à utilização dos fatores de equivalência para veículos comerciais apresentados no Manual de 2000.

Mesmo que utilizados os procedimentos metodológicos previstos no HCM 2000, os fatores de equivalência devem ser os definidos na versão de 1994 que são mais compatíveis com o desempenho dos veículos da frota nacional. Poderá prevalecer o que está citado no parágrafo anterior, para o caso específico das rodovias de pista simples com duas faixas operando em dois sentidos, em que a metodologia do HCM 2000, para análise de níveis de serviço, é totalmente diversa da metodologia da terceira edição.

De fato, muito provavelmente ocorrerão novas publicações do HCM ao longo do período de concessão, podendo haver a utilização das edições mais recentes, desde que sejam feitas análises técnicas da evolução comparativa das eventuais alterações e que estas, caso existam, não firam os princípios existentes nos contratos de Concessão e sejam respeitados as normas técnicas e os conceitos básicos preconizados pelo referido Manual.

3. CONCEITOS BÁSICOS

Como já citado, o **Highway Capacity Manual (HCM) do Transportation Research Board**, constitui documento de referência de conceitos, critérios e procedimentos metodológicos a serem adotados para os estudos de capacidade e de níveis de serviço previstos para a verificação do atendimento dos padrões de desempenho operacional contratualmente previstos.

Os conceitos básicos, a seguir apresentados, constam do HCM, do qual recomenda-se a leitura, para complemento das informações prestadas neste relatório.

3.1 Capacidade Viária, Taxa de Fluxo e Níveis de Serviço

A **Capacidade** de uma via é a Máxima Taxa de Fluxo Horária de veículos que, dentro de uma expectativa razoável, se pode fazer passar através de um determinado ponto ou seção de controle desta via, durante determinado período de tempo, dentro de condições prevaletentes da via e do tráfego e dos controles de tráfego.

Cada segmento de uma via com características homogêneas tem uma capacidade que é intrínseca a este trecho, determinada por uma grande diversidade de fatores. Alguns destes fatores são preponderantes para a limitação desta capacidade. Os fatores principais estão associados às condições físicas e às condições operacionais que prevalecem no segmento.

É importante notar que a Capacidade é definida para as condições prevaletentes da via e do tráfego, que devem ser tanto quanto possível, uniformes ao longo do segmento de referência. Mudanças nas condições operacionais ou nas características físicas da via podem resultar em alteração da capacidade.

As capacidades definidas pressupõem boas condições meteorológicas e boas condições funcionais do pavimento das pistas, além da ausência de incidentes episódicos que possam afetar o fluxo normal de veículos.

É também importante o conceito de que a **Capacidade não se refere ao máximo volume que pode ser atendido durante uma hora**, sendo que a definição de capacidade pressupõe a ocorrência de flutuações sensíveis no fluxo da hora e, por isso, **o conceito de capacidade se refere às condições ocorrentes em um intervalo dentro da hora maior fluxo**.

Desta forma, a Capacidade é referida à **Taxa de Fluxo** ou, como denominada no HCM-94 à **Maior Taxa de Fluxo**, correspondente a um determinado período de operação, menor do que a hora, que são, de acordo com a conceituação do HCM, os 15 minutos mais carregados de um período horário.

A **Taxa de Fluxo – v** – (ou **Maior Taxa de Fluxo**, como é denominada no HCM-94) é definida como uma medida do fluxo horário de veículos, calculada com base no volume correspondente ao período de 15 minutos de maior carregamento dentro daquela hora. É calculada como quatro vezes o fluxo registrado no período de 15 minutos mais carregados, conforme fórmula abaixo:

$$v = 4 \times V_{15 \text{ min}}$$

Após o cálculo da taxa de fluxo, obtêm-se o **Fator da Hora Pico - PHf**, conforme a seguinte fórmula:

$$PHf = V_{60\text{min}} / (4 \times V_{15 \text{ min}})$$

O entendimento do conceito de **Taxa de Fluxo de Serviço** referido na definição de Capacidade pressupõe o domínio de um outro conceito, o de **Níveis de Serviço**.

Níveis de Serviço (Level of Service – LOS) são padrões de referência qualitativos definidos e utilizados para caracterizar as condições de operação de uma corrente de tráfego, sob o ponto de vista do usuário. De uma forma simplificada pode-se dizer que os níveis de serviço representam os diversos estágios de qualidade de fluxo de tráfego, desde o melhor (fluxo livre) até o pior (congestionamento).

Para descrevê-los tecnicamente foram definidos intervalos de valores dos parâmetros físicos que constituem as variáveis básicas (ver item 3.2) envolvidas no fluxo de tráfego, a Velocidade, o Volume (ou Taxa de Fluxo) e a Densidade de tráfego, classificados em seis níveis nomeados através das seis primeiras letras do alfabeto: **A, B, C, D, E e F**.

O conceito de fluxo totalmente livre está associado ao Nível de Serviço **A**, enquanto que o Nível de Serviço **F** foi referido ao conceito de congestionamento completo. Por definição a **Capacidade** é a Máxima Taxa de Fluxo de Serviço para o Nível de Serviço **E**.

Máxima Taxa de Fluxo de Serviço (não confundir com Taxa de Fluxo ou Maior Taxa de Fluxo) é definida como a máxima taxa de fluxo possível, sob a qual a corrente de tráfego pode atravessar uma secção (ou segmento homogêneo) de uma faixa de tráfego (ou da pista), durante determinado período de tempo **sob determinado nível de serviço**.

Assim, para cada nível de serviço, existe uma **Máxima Taxa de Fluxo de Serviço** para as condições específicas de um determinado segmento viário, inclusive para o nível de serviço **E**. Conforme citado, para o nível de serviço **E**, a **Máxima Taxa de Fluxo de Serviço** é denominada **Capacidade**, pois é a maior dentre todos os níveis de serviço.

A capacidade de uma via, ou seja, a **Máxima Taxa de Fluxo de Serviço** sob a qual a via pode operar sem congestionar, é função de um conjunto de fatores limitadores que definem as **condições prevaletentes** na rodovia e que envolvem:

- ✍ Condições físicas: como a quantidade e a largura das faixas de tráfego, a inclinação longitudinal do segmento, a ocorrência e a intensidade de restrições laterais, a ocorrência de interferência com os fluxos de pedestres, e outras;
- ✍ Condições operacionais e de controle de tráfego: inerentes à característica do tráfego que demanda o trecho, incluindo a composição do tráfego (veículos leves, médios, pesados, etc.), as condições de continuidade do fluxo (ininterrupto ou interrompido) e a flutuação temporal do tráfego.

No *fluxo ininterrupto* consideram-se as **rodovias e vias expressas**, enfim, vias com fluxo em sua maior parte contínuo.

Já o estudo do *fluxo interrompido*, em geral trata de áreas urbanas, onde há interseções de vias em nível e com os mais diferenciados volumes de tráfego. Envolve, também, semaforização de interseções, com desenvolvimento de redes a fim de obtenção da otimização dos tempos de verde e de sincronismo nas aberturas e fechamentos dos semáforos, de modo a minimizar os tempos de atraso nos deslocamentos de veículos e pedestres.

3.2. Parâmetros para Medida de Eficácia nos Estudos de Capacidade e Níveis de Serviço.

O HCM considera que vias ou dispositivos de vias com características físicas e operacionais diferentes exigem parâmetros diferentes para a medida ou análise de sua capacidade.

Por exemplo, as expectativas, em termos de padrão de serviço, por parte dos usuários, em relação às vias que operam sob fluxo interrompido são diferentes daquelas que teriam em relação a uma via expressa, da mesma forma que o padrão de operação de um segmento de rodovia de duas faixas tem condições particulares de operação diferentes daquelas ocorrentes em rodovias de múltiplas faixas e divisão entre os fluxos opostos.

Assim, se a principal preocupação em uma via de duas faixas em pista simples é a ultrapassagem pela faixa de sentido contrário (com os riscos que isso envolve) e o melhor ou pior serviço é traduzido pelo tempo que se perde para fazer as ultrapassagens sobre os veículos mais lentos, no caso das vias expressas, a maior preocupação é com a possibilidade de saturação do fluxo (congestionamento), embora em ambos os casos e em última instância a preocupação do usuário esteja voltada para o tempo total de percurso.

Por isso, para cada tipo de via ou dispositivo, os níveis de serviço são definidos com base em um ou mais parâmetros operacionais que melhor descrevem a qualidade da operação para aquele tipo de via ou dispositivo. O quadro apresentado a seguir apresenta os principais parâmetros de medida de eficácia, definidos no HCM, para serem utilizados no cálculo e análise de capacidade e dos níveis de serviço para cada tipo de via ou dispositivo.

Parâmetros de Medida de Eficácia para Níveis de Serviço

Tipo de Via ou Dispositivo	Parâmetro de Medida de Eficácia
Via Expressa	
Segmento Básico	Densidade (cp/km.faixa)
Áreas de Entrelaçamento	Densidade (cp/km.faixa)
Pontos de convergência ou divergência	Taxas de Fluxo (cp/h.faixa)
Rodovias de Múltiplas Faixas	
	Densidade (cp/km.faixa) ^{***}
Rodovias de Duas Faixas (Pista Simples)	
	Tempo em Retardamento (%) [*]
	Velocidade Média (km/h) ^{**}
Vias Arteriais Urbanas	
	Velocidade Média (km/h) ^{**}
Interseções em nível	
	Tempo Médio de Retardamento (seg/veículo)

Obs: (*) *Percentagem do tempo de viagem operando com velocidades reduzidas (em filas para ultrapassagem)*

(**) *Average Travel Speed*

(***) *carros de passeio por km por faixa*

3.3. Caracterização dos Níveis de Serviço para Rodovias Expressas e de Múltiplas Faixas

A situação operacional ou o **Nível de Serviço** de qualquer corrente de tráfego para vias expressas e rodovias de múltiplas faixas é definida através de três variáveis básicas:

- ✍ **Densidade** (de Tráfego) - **D**, expressa em *veículos / km*; e
- ✍ Fluxo, representado pelo **Volume** de Tráfego ou, mais freqüentemente, pela **Taxa de Fluxo** - **v**, expresso em *veículos / hora*;
- ✍ **Velocidade Média Operacional** - **S**, expressa em *km / h*.

A relação entre estas variáveis é dada pela expressão:

$$D = v / S$$

- ✍ **Densidade** - **D**: é o número de veículos que ocupa uma certa extensão de uma faixa de rolamento ou de toda pista da rodovia, transformado em média em relação à esta extensão, comumente expressa em *veículos/km*. Pode ser obtida por fotografias aéreas ou filmagens em vídeo e também calculada pela relação entre a intensidade de fluxo de veículos, em determinado período e a velocidade média operacional destes veículos medida no mesmo período e local de levantamento do fluxo.

- ✍ **Volume** – **V**: é a medida do fluxo de veículos que passa por um ponto em uma faixa de rolamento ou por toda seção de uma rodovia, em espaço de tempo pré-definido. O volume horário indica o volume medido (classificado ou equivalente), ao longo do

período de uma hora; O Volume também pode ser referido a um período anual, diário, horário ou sub horário.

✍ **Taxa de Fluxo – v:** denominada no HCM como “*Rate of Flow*”, é a exemplo do volume horário, uma medida do fluxo horário de veículos, conforme definida no item 3.1. A distinção entre Volume Horário e Taxa de Fluxo é importante. Enquanto o Volume Horário representa a quantidade total de veículos que passa em determinada seção de controle em uma hora, a Taxa de Fluxo representa um fluxo horário equivalente, constituído pela quantidade de veículos que passaria na seção de controle se todos os quartos de hora tivessem um fluxo igual ao do quarto de hora mais carregado dentro do intervalo horário considerado. No HCM de 1.994 a taxa de fluxo é denominada *Maior Taxa de Fluxo* (MSF).

✍ **Fator de Pico Horário – PHf:** denominado no HCM como “*Peak-Hour Factor*”, é o indicador da intensidade das flutuações do fluxo de veículos ocorrentes durante o período horário, obtido da relação entre o volume horário e a taxa do fluxo daquela hora.

$$PHf = V_{60 \text{ min}} / v$$

✍ **A Velocidade Média Operacional - S,** denominada no HCM como “*Average Travel Speed*” é calculada pela relação distância / tempo médio de viagem, dos veículos, em um determinado trecho, em um determinado período.

O conhecimento dos valores assumidos por, pelo menos duas das três variáveis básicas, nas diversas situações operacionais experimentadas por determinado segmento viário, permitirá a utilização de equações, gráficos e tabelas que constam do HCM, possibilitando, através de procedimentos e critérios definidos no próprio Manual, determinar o nível de serviço em que a via opera, em cada situação analisada.

Outro parâmetro utilizado nos procedimentos para análise de níveis de serviço de rodovias de mais de quatro faixas é a Velocidade de Fluxo Livre.

A **Velocidade de Fluxo Livre (FFS - Free Flow Speed)** é definida como a velocidade média dos automóveis, no segmento viário considerado, quando o fluxo de veículos é razoavelmente baixo, para fluxos de até 1.400 cp/h/faixa. Esta velocidade deve, de preferência, ser levantada em campo no segmento a ser analisado. Quando não é possível levantar a FFS em campo, o HCM define procedimentos para que seja calculada de forma teórica.

A velocidade de fluxo livre não é parâmetro indicador do nível de serviço, mas das condições físicas da rodovia. Por isso, **não pode ser usada para o cálculo da Densidade de Tráfego.**

A velocidade de fluxo livre é utilizada para definir qual o gráfico ou tabela que deve ser utilizada para os procedimentos de análise indicados no HCM.

Os **Níveis de Serviço (LOS)** foram definidos no item 3.1.

Estes níveis constituem o padrão utilizado para caracterizar a situação do fluxo de tráfego nas diversas combinações possíveis dos fatores que influem na operação da via, como: velocidade, tempo de viagem, interrupções do tráfego, liberdade de manobras, distância entre veículos, segurança, conforto e custos de operação.

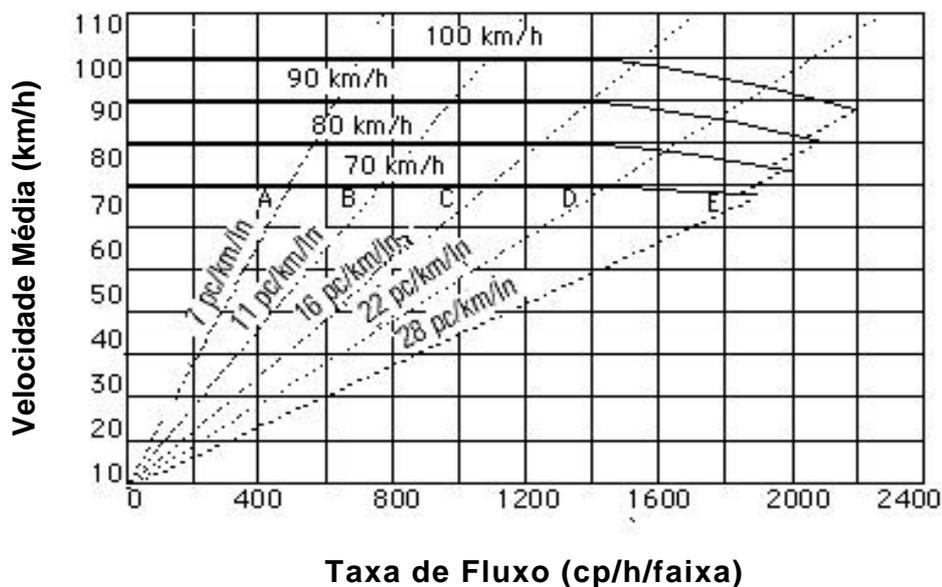
Conforme definido no item 3.1, designados por A, B, C, D, E e F, os Níveis de Serviço representam estágios progressivos de adensamento e saturação do fluxo de tráfego. O máximo fluxo de serviço, denominado capacidade, é atingido no nível de serviço "E".

Qualquer seção da via pode operar em diversos níveis de serviço, dependendo do instante considerado, em virtude das variações volumétricas horárias, semanais, sazonais etc.

Os seis níveis de serviço compreendem, cada um, uma faixa de variação das três variáveis envolvidas (densidade, velocidade e taxa de fluxo) em que os extremos são definidos, superiormente, pela densidade e pelo volume e, inferiormente, pela velocidade. A figura a seguir mostra o conceito geral dos níveis de serviço, relacionado com **Velocidade Média e Taxa de Fluxo**.

O quadro apresentado na próxima página caracteriza qualitativamente os níveis de serviço, contendo as densidades máximas que determinam os limites para cada nível de operação, em vias de múltiplas faixas e vias expressas.

Padrão Qualitativo dos Níveis de Serviço para Múltiplas Faixas e Vias Expressas



Descrição dos Níveis de Serviço para Rodovias de Múltiplas Faixas e Vias Expressas

Nível de Serviço	Características
A	? Operação sob condições de fluxo livre, com total liberdade de manobra para o usuário (mudança de faixa e velocidade desejada), baixos volumes, altas velocidades, limitadas apenas pelas condições de segurança. Densidades muito baixas.
B	? Representa ainda condições e velocidades de fluxo livre, com liberdade de manobras levemente restringidas pelas condições de tráfego. Densidades baixas.
C	? Fluxo estável, com manutenção da velocidade de fluxo livre, porém com liberdade de manobra sensivelmente restrita pelo menor espaçamento entre veículos. As mudanças de faixa requerem maior cuidado do condutor. Há formação de filas ou pelotões. As densidades são médias, condicionadas por maiores taxas de fluxo.
D	? Fluxo em pelotões, estável, mas com tendência à instabilidade. As velocidades operacionais dos pelotões tendem a reduzir-se com o incremento das taxas de fluxo. Pequenas interferências, podem levar a grandes prejuízos para as condições de fluxo que torna-se instável, com formação de filas com menor espaçamento e reduções localizadas da velocidade dos pelotões. Flutuações na taxa de fluxo e restrições temporárias reduzem fortemente a liberdade de manobras e de escolha de velocidade do condutor. As densidades são altas.
E	? Fluxo instável, em pelotões de alta densidade, com taxas de fluxo muito próximas à capacidade da via. A ocorrência de colapsos de curta duração no fluxo de tráfego é comum. As densidades são próximas da densidade de saturação, sendo que qualquer pequeno incidente pode provocar adensamentos que podem levar à densidades próximas à crítica e saturação do fluxo a montante do ponto de saturação. Podem ocorrer paradas momentâneas do fluxo veicular, com formação de filas e praticamente sem espaços para manobras. Os fluxos são muito próximos à capacidade da via, sendo que as reduções de velocidade são compensadas pelas altas densidades.
F	? Colapso do Fluxo de Tráfego após a superação da densidade crítica, com saturação do tráfego e o escoamento dos veículos em fluxo forçado. As paradas podem ter curta ou longa duração, com formação de congestionamentos (para e anda). Os fluxos são muito inferiores à capacidade da via, provocados pela redução drástica da velocidade média de operação.

No Nível “E”, os volumes estão próximos da capacidade limite do fluxo de passagem.

No Nível “F”, o fluxo é sempre menor que a capacidade, por causa dos congestionamentos.

No nível “F”, a densidade é tão alta que o fluxo entra em colapso, com queda das velocidades e, portanto, do fluxo de veículos. O fluxo opera em processo de congestionamento, alternando momentos de fluxo sob velocidades muito reduzidas, com paradas, e momentos de velocidades maiores, mais próximas, porém sem atingir a velocidade de projeto da via. Nessas condições os fluxos de tráfego podem variar grandemente, sendo sempre, no entanto, inferiores à Capacidade.

Também nos regimes de fluxo característicos dos níveis de serviço “D” e “E”, os fluxos são inferiores à capacidade, muitas vezes da mesma ordem que os fluxos observados quando a via opera congestionada, no nível “F”. Por isso, os dados de fluxo (ou volume) de tráfego não são suficientes para definir o nível de serviço de determinado segmento em determinado momento, sendo que somente o par de valores Fluxo e Velocidade Operacional pode caracterizar de forma inequívoca o nível de serviço ocorrente.

Assim, principalmente para os trechos que operam, mesmo que ocasionalmente, com densidades altas, será preciso dispor, além dos dados de volume ou fluxo de tráfego, também dos dados de Velocidade de Operação do fluxo.

Os dados de velocidade, para este efeito, devem ser obtidos no mesmo local e no mesmo período de medição dos fluxos de tráfego.

3.4 Caracterização dos Níveis de Serviço para Rodovias de Duas Faixas

A função e as condições de operação das rodovias de duas faixas são diferentes daquelas das pistas de múltiplas faixas.

Sua função normalmente é de propiciar acessibilidade (*função de acessibilidade*), sob qualquer condição meteorológica a áreas de produção ou de lazer, sendo que não existe uma expectativa de que as velocidades por elas propiciadas sejam muito altas. Além disso, as condições de operação em uma rodovia de duas faixas são diferentes porque as ultrapassagens de veículos lentos são realizadas pela faixa de sentido contrário.

Percursos com esperas ou retardamento para execução de manobras de ultrapassagem são uma expectativa normal do usuário quando se utiliza destas rodovias.

O que não se considera adequado é que estes tempos perdidos para ultrapassagens sejam muito altos agravando em demasia o tempo total de percurso e as velocidades médias (*função de mobilidade*), ocorrências que são comuns quando os fluxos são altos, especialmente quando são próximos à capacidade, ou seja, quando a relação taxa de fluxo/capacidade é alta (próxima a 1,0).

Por causa destes fatores, a avaliação dos níveis de serviço é realizada com base em parâmetros específicos. Para o caso das rodovias de duas faixas, estes parâmetros básicos são:

- ✍ Percentagem de Tempo em Retardamento (“*Percent time delay*”)
- ✍ Velocidade Média Operacional (“*Average travel speed*”)
- ✍ Utilização da capacidade (“*Capacity Utilization*”)

A *Percentagem de Tempo em Retardamento* reflete tanto a função de mobilidade como a função de acessibilidade, sendo definido como a média das percentagens de tempo, para todos os

veículos, em que esses operam sob retardamento, em filas, aguardando uma possibilidade para ultrapassagem.

A velocidade média operacional reflete a função de mobilidade, tendo sido definida em 3.3. A utilização da capacidade reflete a função de acessibilidade, sendo definida como relação entre a Taxa de Fluxo e a Capacidade (Relação v/C).

Os procedimentos definidos no HCM para análise operacional levam em consideração, além dos parâmetros básicos acima definidos, também a percentagem da extensão do segmento em que a ultrapassagem é proibida (Percentual de Zona de Ultrapassagem Proibida), fator determinante do tempo perdido em filas atrás de veículos lentos, independente da existência de veículos trafegando em sentido oposto.

Desta forma, no caso das rodovias de duas faixas, os níveis de serviço constituem o padrão utilizado para caracterizar a condição de mobilidade e de acessibilidade propiciada pelo segmento analisado sob as condições físicas e operacionais prevalentes.

Conforme definido no item 3.1, designados por A, B, C, D, E e F, os Níveis de Serviço representam estágios progressivos de redução da mobilidade dos veículos.

O Máximo Fluxo de Serviço, denominado Capacidade, é atingido no nível de serviço "E".

Qualquer seção da via pode operar em diversos níveis de serviço, dependendo do instante considerado, em virtude das variações volumétricas horárias, semanais, sazonais etc.

Os seis níveis de serviço compreendem, cada um, uma faixa de variação das variáveis envolvidas (percentagem de tempo em retardamento, velocidade média, relação v/c e percentagem de ZUP). O quadro apresentado na próxima página caracteriza qualitativamente os níveis de serviço para a operação em vias de duas faixas.

Para o caso da análise operacional de rodovias de duas faixas, a análise é realizada para o fluxo bidirecional. Como é difícil medir o percentual de tempo em retardamento, as variáveis utilizadas para definição do nível de serviço ocorrente em determinada situação operacional são a relação Taxa de Fluxo / Capacidade (v/c) e a Velocidade Média.

A exemplo do caso das rodovias de múltiplas faixas, no Nível "E", as taxas de fluxo estão próximas do fluxo de serviço limite (capacidade), e no Nível "F", o fluxo é sempre menor que a capacidade, por causa dos congestionamentos.

Também nos regimes de fluxo característicos dos níveis de serviço "D" e "E", os fluxos são inferiores à capacidade, muitas vezes da mesma ordem que os fluxos observados quando a via opera congestionada, no nível "F".

Por isso, os dados de taxa de fluxo de tráfego (ou volume) não são suficientes para definir o nível de serviço de um segmento em determinado momento, sendo que somente o par de valores Fluxo e Velocidade Operacional pode caracterizar de forma inequívoca o nível de serviço ocorrente.

Níveis de Serviço para Rodovias de Duas Faixas

Nível de Serviço	Características
A	<ul style="list-style-type: none"> ? A velocidade de fluxo livre é próxima da velocidade diretriz do trecho. ? A demanda de ultrapassagem é muito pequena, sendo que a taxa de fluxo não ultrapassa 420 cp/hora/faixa, total nos dois sentidos. ? Os usuários não são retidos em mais que 30% do tempo pelos veículos lentos. ? Não se observam comboios com três ou mais veículos.
B	<ul style="list-style-type: none"> ? A velocidade média de operação é próxima ou ligeiramente inferior à velocidade diretriz quando o terreno é em nível. ? A demanda de ultrapassagem para a manutenção da velocidade desejada fica próxima à possibilidade de ultrapassar, sendo que a taxa de fluxo não ultrapassa 750 cp/hora/faixa, total nos dois sentidos. ? Os usuários são retidos em mais que 45% do tempo pelos veículos lentos. ? Se observam comboios com três ou mais veículos em formação.
C	<ul style="list-style-type: none"> ? O fluxo é estável, com média densidade. A velocidade média ainda excede os 80 km/h. ? Os usuários são retidos em mais que 60% do tempo pelos veículos lentos. ? Começam a ser observados comboios encadeados e há uma significativa redução na possibilidade de ultrapassagem. ? O fluxo de tráfego com taxas de fluxo de até 1.200 cp/h/faixa em ambos os sentidos começa a ser susceptível a retardamentos significativos provocados por veículos lentos.
D	<ul style="list-style-type: none"> ? Fluxo tende à se tornar instável. A velocidade média de operação é de no máximo 80 km/h. ? A demanda de ultrapassagens é muito elevada, enquanto que a possibilidade de efetuá-las é praticamente nula, sendo que, desta forma, a influência das Zonas de Ultrapassagem Proibida - ZUP sobre a possibilidade de ultrapassar é reduzida. ? Os usuários são retidos em até 75% do tempo pelos veículos lentos. ? São comuns comboios de até 10 veículos. ? O fluxo de tráfego é de até 1.800 pc/h/faixa, total em ambos os sentidos, sendo que perturbações ao fluxo de tráfego provocam “ondas de choque”, de redução e aumento de velocidade, no fluxo.
E	<ul style="list-style-type: none"> ? Fluxo instável. A velocidade média cai abaixo dos 80 km/h sob condições ideais e, fora delas, podendo chegar a menos que 50 km/h nos trechos de topografia mais acidentada. ? As ultrapassagens são virtualmente impossíveis, e desta forma a influência das Zonas de Ultrapassagem Proibida sobre a possibilidade de ultrapassar é praticamente nula. ? Os usuários são retidos em mais que 75% do tempo pelos veículos lentos. ? São atingidos os maiores volumes de serviço bidirecionais possíveis (capacidade). ? Os veículos formam um único e extenso comboio. O fluxo de tráfego é altamente instável, sendo que mesmo pequenas perturbações ao fluxo de tráfego provocam “ondas de choque”, com significativa redução da velocidade do comboio e, até com paradas momentâneas, com a degeneração do nível de serviço, atingindo o nível “F”.
F	<ul style="list-style-type: none"> ? Fluxo forçado ou Interrompido. A demanda de tráfego é superior a capacidade, formando-se filas, submetidas a sucessivas “ondas de choque” de parada e movimento do tráfego, podendo ocorrer períodos curtos ou longos de total parada do tráfego.

Assim, principalmente para os trechos que operam, mesmo que ocasionalmente, com densidades altas, será preciso dispor, além dos dados de volume ou taxa de fluxo de tráfego, também dos dados de Velocidade Média Operacional do fluxo.

Os dados de velocidade, para este efeito, devem ser obtidos no mesmo local e no mesmo período de medição dos fluxos de tráfego.

4. ROTEIRO DE CÁLCULO

A seguir está apresentado um resumo prático da metodologia de Análise Operacional, com o cálculo dos níveis de serviço de operação, preconizada pelo Highway Capacity Manual.

De acordo com os contratos de Concessão, haverá necessidade de intervenções para ampliação da capacidade viária, quando o Nível de Serviço “D” for ultrapassado em 50 horas/ano, ou seja, quando os segmentos operarem em Nível “E” ou “F” durante 50 horas/ano ou mais (ver Anexo).

Conforme citado anteriormente, é muito importante que se considere o par de valores, *Velocidade Média Operacional* e *Taxa de Fluxo*, ocorrentes em cada hora do ano, no segmento homogêneo da rodovia, para a determinação precisa dos Níveis de Serviço, uma vez que a determinação da *Densidade*, para o caso de rodovias de múltiplas faixas, ou da *Porcentagem de Tempo em Retardamento*, para as rodovias de duas faixas, normalmente é muito difícil.

As rodovias concedidas podem ser classificadas, de acordo com os padrões de classificação do DNER, em:

- ✍ **Rodovias de classe 0:** aquelas com duas ou mais faixas de rolamento por sentido, de elevado padrão técnico com controle total de acessos (Vias Expressas ou “Freeways” – tratadas no capítulo 3 do HCM);
- ✍ **Rodovias de classe I-A:** aquelas com duas faixas, ou mais, por sentido e controle parcial de acessos, com ou sem canteiro central (Rodovias de Múltiplas Faixas ou “Multilane and Suburban Highways” - tratadas no capítulo 7 do HCM);
- ✍ **Rodovias de classe I-B:** aquelas com pista simples, via de regra uma para cada sentido de tráfego, onde as ultrapassagens pelos veículos mais lentos requerem o uso da pista de sentido oposto onde as distâncias de visibilidade e os espaços no tráfego do sentido oposto permitam (Pista simples ou “Two Lane Highways” – tratadas no capítulo 8 do HCM).

4.1 Coleta de Dados

Conforme definido acima, para as rodovias com *duas faixas de rolamento – pista simples*, o Highway Capacity Manual of Transportation Research Board, de 1998, estabelece que as medidas a serem utilizadas para avaliação do Nível de Serviço de Operação são: o percentual de tempo de retenção, a velocidade média de operação e a taxa de utilização da capacidade (relação taxa de fluxo / capacidade).

Em função da dificuldade de se obter o percentual de tempo de retenção, experimentado nos diversos segmentos rodoviários, é mais prático neste caso, a avaliação do Nível de Serviço com base no levantamento de dados de velocidade e a relação taxa de fluxo / capacidade.

Por outro lado, para as *rodovias de pista dupla, de Múltiplas Faixas*, bem como, para as *Vias Expressas*, o Highway Capacity Manual, estabelece que as medidas a serem utilizadas para avaliação do nível de serviço de operação são a densidade de tráfego, a velocidade média de operação e a relação, taxa de fluxo de demanda / capacidade (relação v/C).

Quando da avaliação do Nível de Serviço para as rodovias de duas pistas (Múltiplas Faixas) e Vias Expressas, se ocorrerem dificuldades práticas em se obter dados de campo das *densidades* experimentadas na operação dos segmentos, pode-se adotar os levantamentos de dados de velocidade média operacional e de taxa de fluxo.

Visando tornar mais prática a obtenção dos dados de velocidade, para a avaliação do Nível de Serviço, podem ser utilizados dados amostrais de velocidade média pontual, ocorrentes em determinados intervalos de tempo, que sejam representativos das condições de operação em determinado segmento da via. No entanto, o ideal é que a coleta dos dados seja feita através de equipamentos automáticos fixos, com os quais podem-se obter dados contínuos, para todas as horas do dia, para todos os dias do ano. É neste sentido que se recomenda que os postos de monitoramento de tráfego implantados nos segmentos homogêneos da rodovia disponham de equipamentos fixos de medição e registro de velocidades.

As amostras de velocidade média e taxa de fluxo corresponderão a intervalos de coleta de 15 minutos, a cada hora de operação, durante 24 horas por dia, sendo que, para todos os efeitos, os menores valores de velocidade média operacional, e os maiores valores de taxa de fluxo, resultantes do tratamento da amostra, serão consideradas como representativas de todo o período horário em que foi obtida.

As pesquisas de dados ou a instalação dos dispositivos de levantamento de dados deverão se realizar em uma seção representativa das condições mais críticas ocorrentes no segmento homogêneo que se pretende monitorar, uma vez que a capacidade do segmento é determinada pela capacidade de sua seção de menor capacidade.

4.2 Cálculo do Nível de Serviço

O cálculo do Nível de Serviço geralmente se faz em cinco etapas:

✍ Identificação dos segmentos homogêneos da Rodovia

Toda análise de capacidade requer que o segmento analisado tenha condições homogêneas de tráfego e da rodovia.

Diversos fatores obrigam ao seccionamento de uma via expressa para efeito de análise de capacidade e níveis de serviço:

- ✍ Acessos e saídas de fluxo significativo que possam provocar a alteração do fluxo no segmento analisado;*

- ✍ Início e fim de rampas de grande declividade e extensão;
- ✍ Mudanças na quantidade ou largura de faixas ou outros elementos de importância na seção transversal da via;
- ✍ Mudanças no tipo de terreno atravessado;
- ✍ Mudança dos limites de velocidade, e outros.

Especificamente para as rodovias de múltiplas faixas o segmento de análise deve ser seccionado, além das circunstâncias definidas acima, também quando ocorrer uma variação de 2% ou mais na inclinação longitudinal ou quando ocorrer uma rampa ascendente com extensão superior a 1.200 metros. O mesmo deve ser feito quando ocorrer uma interseção semaforizada ou um gargalo, ou mesmo quando se alterar o tipo de tratamento do separador central.

Além disso, os segmentos rodoviários que apresentarem rampas íngremes e extensas, devem ser tratados isoladamente, constituindo segmentos especiais para análise individual de acordo com procedimentos específicos. Estes procedimentos podem ser encontrados nos itens que tratam de análise operacional para Rampas Específicas (Specific Grades) ou Rampas Significativas (Significant Grades), respectivamente nos capítulos do Highway Capacity Manual que tratam de Rodovias Expressas e de Rodovias de Múltiplas Múltiplas Faixas.

- ✍ Levantamento dos dados de velocidade;
- ✍ Levantamento dos dados classificados de fluxo de veículos;
- ✍ Cálculo da Capacidade e dos Máximos Fluxos de Serviço característicos dos limites de cada nível de serviço, para o segmento em análise, em função dos ajustes necessários definidos conforme procedimentos HCM, a partir do conhecimento das condições físicas e operacionais do trecho;
- ✍ Determinação do Nível de Serviço, em cada período de análise, com base nos procedimentos do HCM, envolvendo:
 - ✍ Para rodovias expressas ou de múltiplas faixas: comparação das Densidades (obtidas a partir das Taxas de Fluxo calculadas com base nos fluxos de serviço levantados e das velocidades médias de automóveis calculadas com base nos dados de velocidades levantados) com as densidades limites para cada Nível de Serviço, e
 - ✍ Para Segmentos de rodovias de Duas faixas: comparação das Velocidades Médias operacionais (calculadas com base nas velocidades levantadas no campo mesmo período e local do levantamento dos fluxos) com as velocidades mínimas de cada nível de serviço e comparação das Taxas de Fluxo com as Máximas Taxas de Fluxo de Serviço calculadas para cada Nível de Serviço. Para análise operacional de segmentos genéricos, a velocidade média inclui a velocidade de todos os veículos em ambos os sentidos, enquanto que, para segmentos específicos de rampas, a velocidade média inclui as velocidades de todos os tipos de veículos operando no sentido ascendente da rampa.

De acordo, portanto, com a *classe de rodovia* em que cada segmento homogêneo se enquadra, trabalha-se nas tabelas do HCM, inserindo os dados obtidos em campo, de velocidade operacional, da composição de tráfego, tipo de terreno, obstrução lateral, fator de pico horário, taxa de fluxo, determinando-se, assim, o **Nível de Serviço** para cada trecho da rodovia.

Quanto à definição do tipo de terreno, o HCM considera:

Terreno Plano: Qualquer combinação de alinhamento horizontal e vertical que permita aos veículos pesados manter aproximadamente a mesma velocidade que os automóveis. Este tipo de terreno geralmente inclui pequenos segmentos de rampas de 1 a 2% de acentuação.

Terreno Ondulado: Qualquer combinação de alinhamento horizontal e vertical que obrigue os veículos pesados a uma redução substancial de velocidade em relação aos automóveis, sem, no entanto, os obrigar a manter velocidades muito baixas por intervalos de tempo significativos.

Terreno Montanhoso: Qualquer combinação de alinhamento horizontal e vertical que obrigue os veículos pesados a operar a velocidades muito baixas por distâncias significativas ou a intervalos frequentes.

A seguir, apresentam-se os procedimentos:

✍ Para a análise operacional;

✍ Para utilização como memória de cálculo:

✍ Principais tabelas e fórmulas do HCM para o Capítulo 3 - Vias Expressas, Capítulo 7 - Pista Dupla e Capítulo 8 - Duas faixas;

✍ Modelos respectivos, para cálculo e apresentação dos Níveis de Serviço determinados.

✍ Como produto resultante dos cálculos desenvolvidos:

✍ Modelo de Tabela com o resumo mensal dos resultados obtidos, bem como, o número de horas e quais segmentos operam acima do Nível "D";

✍ Gráficos do volume horário com as suas respectivas contagens;

✍ Modelo de Tabela com o resumo anual dos resultados obtidos, o número de horas e quais segmentos operam acima do Nível "D", além da data provável de saturação do sistema, de acordo com estudos de taxa de crescimento das Concessionárias.

4.2.1 Procedimentos para a análise operacional de segmentos homogêneos de Vias Expressas e Rodovias de Múltiplas Faixas.

Dois procedimentos de análise operacional são previstos no HCM:

- ✍ o procedimento geral, para Segmentos Extensos de Via Expressa, e
- ✍ o procedimento específico para Segmentos de Rampa Específicas ou Significativas.

Para vias expressas, como regra, o procedimento geral de Segmentos Extensos pode ser usado quando nenhum trecho de 3% ou mais de acentuação for maior que 400 m ou quando nenhum trecho de mais de 2% até 3% for maior que 800 metros.

Nas Rodovias de Múltiplas Faixas, os segmentos de rampa são considerados como “significativos” (Significant Ramps) quando se tratar de segmento de até 3% com mais de 1.600m de extensão, ou segmentos de mais de 3% com mais de 800 m.

Caso ocorram rampas como as acima, o segmento deve ser seccionado e realizada análise pelo procedimento específico para segmentos de rampa íngremes, separadamente para a pista ascendente e descendente.

Considerando que, de acordo com o Regulamento da Concessão, a monitoração das condições de tráfego nas rodovias são serviços delegados de competência específica da Concessionária, e que é obrigação da Concessionária dispor dos dados de volume e velocidade nos diversos segmentos homogêneos da rede, os passos a serem adotados para a determinação de níveis de serviço de segmentos homogêneos de vias expressas ou rodovias de múltiplas faixas são os seguintes:

Passo 1: Selecionar os Dados Básicos:

- ✍ Volumes de Tráfego Classificado (V) e Velocidades Médias Operacionais (S) – considerando apenas a velocidade dos automóveis - para as horas a serem analisadas no segmento analisado (normalmente, todas as horas do período);
- ✍ Fator de Pico Horário para horas e dias de características similares aos analisados ou, diretamente, as taxas de fluxo das horas a serem analisadas;
- ✍ Características dos motoristas usuários;
- ✍ Características da rodovia: quantidade e dimensões de faixas, acostamentos e faixas livres laterais, declividades e extensões de rampas, tipo de terreno, etc.

Passo 2: Segmentar a via, de forma apropriada, em segmentos homogêneos, determinando para cada segmento o procedimento a ser adotado (Geral ou de Rampas Específicas).

Passo 3: Determinar a Velocidade de Fluxo Livre (FFS) do segmento em análise, com base nos dados de velocidade de veículos leves para os horários de baixa demanda, ou com base no procedimento teórico a partir da Velocidade Básica de Fluxo Livre, conforme definido no HCM. A partir da FFS são identificados os limites dos parâmetros de Densidade a serem utilizados para análise do Nível de Serviço dos Segmentos (Tabela 3.1 do HCM 1.998 ou Tabela 23-2 do HCM 2.000, para vias expressas e tabelas 7.1 do HCM 1.998 ou Tabela 21-2 do HCM 2.000, para vias de Múltiplas Faixas).

Passo 4: Converter os fluxos horários (V) em taxas de fluxo de serviço (v_p), a partir dos volumes horários e dos Fatores de Pico Horário (PHF) levantados em campo.

Passo 5: Determinar os fatores de ajuste e equivalência da taxa de fluxo (f_{HV} e f_p).

Passo 6: Determinar o valor ajustado da Taxa de Fluxo (v_p) para cada hora a ser analisada.

Passo 7: Determinar a Densidade de tráfego (D) através da relação entre a Taxa de Fluxo de Serviço (v_p) ajustada e Velocidade Média Operacional (S) de cada hora a ser analisada.

Passo 8: Comparar a densidade resultante com os limites de densidade para cada nível de serviço, determinando o nível de serviço característico da operação em cada hora analisada para cada segmento analisado.

Concessionária - Lote 00 - Mês de janeiro de 2003
Análise de Segmento Homogêneo de Via Expressa

RODOVIA :	SP-XXX Oeste	TERRENO :	Plano	Nível de Serviço	MVS (cp/h/tx)	S (km/h)	Dmax (cp/km/h)
TRECHO :	km XX - YY	E _T :	1,5	A	625	100	6,3
FAIXAS (N) :	3	FFS:	100	B	1.000	100	10,0
FPH :	0,96	FFSi:	110	C	1.495	100	14,9
F _p :	1,0	f _{LW} :	2	D	1.920	96	20,0
FPH*N*F _p :	2,88	f _{LC} :	0	E	2.324	83	28,0
LARGURA(m) :	3,40	f _N :	4,8	F	var	var	> 28,0
OBST.LAT(m):	3,60	f _{ID} :	3,2				

Hora	Data	Volume Levantado			V _p	Velocidade Levantada (S)	D	NS calculado
		Passeio	Comercial	TOTAL Equiv				
1	24/01/2003	4.739	1.212	6.557	2.277	95	24,0	E
2	25/01/2003	5.153	835	6.406	2.224	93	23,9	E
3	31/01/2003	5.033	879	6.352	2.205	85	25,9	E
4	xx/xx/xxxx	4.585	1.173	6.345	2.203	88	25,0	E
5	xx/xx/xxxx	4.225	1.391	6.312	2.191	92	23,8	E
6	xx/xx/xxxx	4.621	1.125	6.309	2.190	83	26,4	E
7	xx/xx/xxxx	5.079	810	6.294	2.185	75	29,0	F
8	xx/xx/xxxx	5.079	810	6.294	2.185	68	32,0	F
9	xx/xx/xxxx	4.260	1.352	6.288	2.183	66	33,0	F
10	xx/xx/xxxx	4.533	1.163	6.278	2.180	87	25,0	E
11	xx/xx/xxxx	4.146	1.387	6.227	2.162	66	33,0	F
12	xx/xx/xxxx	4.222	1.311	6.189	2.149	67	32,0	F
13	xx/xx/xxxx	4.559	1.080	6.179	2.145	89	24,0	E
14	xx/xx/xxxx	4.195	1.321	6.177	2.145	95	22,0	E
15	xx/xx/xxxx	5.074	735	6.177	2.145	94	22,0	E
16	xx/xx/xxxx	4.348	1.217	6.174	2.144	96	22,0	E
17	xx/xx/xxxx	4.499	1.111	6.166	2.141	93	23,0	E
18	xx/xx/xxxx	4.332	1.214	6.153	2.136	74	29,0	F
19	xx/xx/xxxx	4.003	1.427	6.144	2.133	65	33,0	F
20	xx/xx/xxxx	4.504	1.078	6.121	2.125	69	31,0	F
21	xx/xx/xxxx	4.339	1.183	6.114	2.123	88	24,0	E
22	xx/xx/xxxx	4.354	1.163	6.099	2.118	73	29,0	F
23	xx/xx/xxxx	4.081	1.344	6.097	2.117	66	32,0	F
24	xx/xx/xxxx	3.750	1.557	6.086	2.113	64	33,0	F
25	xx/xx/xxxx	4.049	1.354	6.080	2.111	84	25,0	E
26	xx/xx/xxxx	4.160	1.279	6.079	2.111	64	33,0	F
27	xx/xx/xxxx	4.154	1.278	6.071	2.108	66	32,0	F
28	xx/xx/xxxx	4.159	1.262	6.052	2.101	88	24,0	E
29	xx/xx/xxxx	4.967	722	6.050	2.101	95	22,0	E
30	xx/xx/xxxx	4.089	1.305	6.047	2.099	96	21,0	E
31	xx/xx/xxxx	4.136	1.269	6.040	2.097	82	25,6	E
32	xx/xx/xxxx	4.364	1.115	6.037	2.096	82	25,6	E
33	xx/xx/xxxx	4.845	787	6.026	2.092	68	30,6	F
34	xx/xx/xxxx	4.781	828	6.023	2.091	66	31,6	F
35	xx/xx/xxxx	4.034	1.323	6.019	2.090	87	24,0	E
36	xx/xx/xxxx	4.518	991	6.005	2.085	66	31,8	F
37	xx/xx/xxxx	4.079	1.276	5.993	2.081	67	31,0	F
38	xx/xx/xxxx	4.319	1.116	5.993	2.081	89	23,3	E
39	xx/xx/xxxx	4.101	1.260	5.991	2.080	97	21,3	E
40	xx/xx/xxxx	4.005	1.310	5.970	2.073	96	21,6	E
41	xx/xx/xxxx	4.348	1.074	5.959	2.069	97	21,2	E
42	xx/xx/xxxx	4.488	978	5.955	2.068	93	22,2	E
43	xx/xx/xxxx	4.820	752	5.948	2.065	74	28,0	F
44	xx/xx/xxxx	3.935	1.326	5.924	2.057	65	31,8	F
45	xx/xx/xxxx	3.862	1.367	5.913	2.053	69	29,9	F
46	xx/xx/xxxx	4.473	957	5.909	2.052	88	23,2	E
47	xx/xx/xxxx	4.609	864	5.905	2.050	73	28,1	F
48	xx/xx/xxxx	4.508	928	5.900	2.049	66	31,0	F
49	xx/xx/xxxx	4.508	928	5.900	2.049	64	32,0	F
50	xx/xx/xxxx	4.186	1.142	5.899	2.048	84	24,3	E
740	xx/xx/xxxx	4.191	1.143	5.906	2.051	105	19,5	D
741	xx/xx/xxxx	4.196	1.144	5.912	2.053	102	20,1	E
742	xx/xx/xxxx	4.201	1.145	5.919	2.055	101	20,3	E
743	xx/xx/xxxx	4.206	1.146	5.925	2.057	110	18,7	D
744	xx/xx/xxxx	4.211	1.147	5.932	2.060	103	20,0	D
Fp:	fator ajuste motorista tab 3.7							
Ec:	equivalentes comerciais tabela 3.3							
Fl:	ajustes das faixas e espaçamento lateral tabela 3.2							
FPh:	fator hora pico obtido através das contagens, conforme fórmula constante do item 2.1. do Manual de NS							

Concessionária - Lote 00 - Mês de janeiro de 2003
Horas Ordenadas pela Densidade de Tráfego - Via Expressa

RODOVIA : SP-XXX Oeste
TRECHO : km XX - km XX

Hora do Mês	Data	Intervalo Hora	Volume Levantado			MSF	Velocidade Levantada (S)	D	NS calculado	HORA ORDENADA
			Passeio	Comercial	TOTAL Equiv					
380	16/01/2003	19 - 20	3.154	482	3.877	1.346	37	36,4	F	1
573	24/01/2003	20 - 21	1.947	96	2.091	726	22	33,0	F	2
9	01/01/2003	09 - 10	4.260	1.352	6.288	2.183	66	33,0	F	3
11	01/01/2003	11 - 12	4.146	1.387	6.227	2.162	66	33,0	F	4
19	xx/xx/xxxx	hh - hh	4.003	1.427	6.144	2.133	65	33,0	F	5
24	xx/xx/xxxx	hh - hh	3.750	1.557	6.086	2.113	64	33,0	F	6
26	xx/xx/xxxx	hh - hh	4.160	1.279	6.079	2.111	64	33,0	F	7
391	xx/xx/xxxx	hh - hh	3.110	460	3.800	1.319	40	33,0	F	8
8	xx/xx/xxxx	hh - hh	5.079	810	6.294	2.185	68	32,0	F	9
12	xx/xx/xxxx	hh - hh	4.222	1.311	6.189	2.149	67	32,0	F	10
23	xx/xx/xxxx	hh - hh	4.081	1.344	6.097	2.117	66	32,0	F	11
27	xx/xx/xxxx	hh - hh	4.154	1.278	6.071	2.108	66	32,0	F	12
49	xx/xx/xxxx	hh - hh	4.508	928	5.900	2.049	64	32,0	F	13
51	xx/xx/xxxx	hh - hh	4.183	1.140	5.893	2.046	64	32,0	F	14
36	xx/xx/xxxx	hh - hh	4.518	991	6.005	2.085	66	31,8	F	15
44	xx/xx/xxxx	hh - hh	3.935	1.326	5.924	2.057	65	31,8	F	16
34	xx/xx/xxxx	hh - hh	4.781	828	6.023	2.091	66	31,6	F	17
589	xx/xx/xxxx	hh - hh	1.707	64	1.803	626	20	31,3	F	18
75	xx/xx/xxxx	hh - hh	4.111	1.092	5.749	1.996	64	31,2	F	19
77	xx/xx/xxxx	hh - hh	4.105	1.088	5.737	1.992	64	31,1	F	20
550	xx/xx/xxxx	hh - hh	2.292	142	2.505	870	28	31,1	F	21
70	xx/xx/xxxx	hh - hh	4.126	1.102	5.779	2.007	65	31,0	F	22
52	xx/xx/xxxx	hh - hh	4.180	1.138	5.887	2.044	66	31,0	F	23
20	xx/xx/xxxx	hh - hh	4.504	1.078	6.121	2.125	69	31,0	F	24
37	xx/xx/xxxx	hh - hh	4.079	1.276	5.993	2.081	67	31,0	F	25
48	xx/xx/xxxx	hh - hh	4.508	928	5.900	2.049	66	31,0	F	26
62	xx/xx/xxxx	hh - hh	4.150	1.118	5.827	2.023	66	30,9	F	27
60	xx/xx/xxxx	hh - hh	4.156	1.122	5.839	2.027	66	30,6	F	28
33	xx/xx/xxxx	hh - hh	4.845	787	6.026	2.092	68	30,6	F	29
100	xx/xx/xxxx	hh - hh	4.036	1.042	5.599	1.944	64	30,4	F	30
102	xx/xx/xxxx	hh - hh	4.030	1.038	5.587	1.940	64	30,3	F	31
568	xx/xx/xxxx	hh - hh	2.022	106	2.181	757	25	30,3	F	32
95	xx/xx/xxxx	hh - hh	4.051	1.052	5.629	1.955	65	30,2	F	33
78	xx/xx/xxxx	hh - hh	4.102	1.086	5.731	1.990	66	30,2	F	34
74	xx/xx/xxxx	hh - hh	4.114	1.094	5.755	1.998	66	30,2	F	35
63	xx/xx/xxxx	hh - hh	4.147	1.116	5.821	2.021	67	30,1	F	36
87	xx/xx/xxxx	hh - hh	4.075	1.068	5.677	1.971	66	30,1	F	37
45	xx/xx/xxxx	hh - hh	3.862	1.367	5.913	2.053	69	29,9	F	38
85	xx/xx/xxxx	hh - hh	4.081	1.072	5.689	1.975	66	29,9	F	39
59	xx/xx/xxxx	hh - hh	4.159	1.124	5.845	2.030	68	29,7	F	40
374	xx/xx/xxxx	hh - hh	3.178	494	3.919	1.361	46	29,6	F	41
125	xx/xx/xxxx	hh - hh	3.961	992	5.449	1.892	64	29,5	F	42
127	xx/xx/xxxx	hh - hh	3.955	988	5.437	1.888	64	29,5	F	43
120	xx/xx/xxxx	hh - hh	3.976	1.002	5.479	1.902	65	29,4	F	44
99	xx/xx/xxxx	hh - hh	4.039	1.044	5.605	1.946	66	29,4	F	45
103	xx/xx/xxxx	hh - hh	4.027	1.036	5.581	1.938	66	29,4	F	46
88	xx/xx/xxxx	hh - hh	4.072	1.066	5.671	1.969	67	29,3	F	47
112	xx/xx/xxxx	hh - hh	4.000	1.018	5.527	1.919	66	29,3	F	48
71	xx/xx/xxxx	hh - hh	4.123	1.100	5.773	2.005	69	29,2	F	49
591	xx/xx/xxxx	hh - hh	1.677	60	1.767	614	21	29,2	F	50
107	xx/xx/xxxx	hh - hh	4.015	1.028	5.557	1.930	81	23,8	E	96
5	xx/xx/xxxx	hh - hh	4.225	1.391	6.312	2.191	92	23,8	E	97
76	xx/xx/xxxx	hh - hh	4.108	1.090	5.743	1.994	84	23,6	E	98
98	xx/xx/xxxx	hh - hh	4.042	1.046	5.611	1.948	83	23,5	E	99
53	xx/xx/xxxx	hh - hh	4.177	1.136	5.881	2.042	88	23,3	E	100

CAPÍTULO 3 - SEGMENTOS BÁSICOS DE VIAS EXPRESSAS

Fórmulas HCM 1.998

Maior Taxa de Fluxo de Serviço

$$V_p = V / (N * PHF * f_{HV} * f_p) \quad (\text{Equação 3.1})$$

V_p Maior Taxa de Fluxo (cp /hora/faixa), na hora analisada
V Volume - veículos/hora: volume de serviço para as N faixas, no sentido analisado, na hora analisada
N Numero de Faixas por sentido
PHF Fator de Pico Horário
f_{HV} Fator de Veículos Pesados (ver quadro abaixo)
f_p Fator de Ajuste dos Motoristas (Tabela 3-7)

Fator de Ajuste Para Veículos Pesados

$$f_{HV} = 1 / (1 + P_T (E_T - 1) + P_B (E_B - 1) + P_R (E_R - 1)) \quad (\text{Equação 3.2})$$

f_{HV} Fator de ajuste para Veículos Pesados
P_T Porcentagem de Caminhões
E_T Equivalentes de Caminhões (tabela 3.3)
P_B Porcentagem de Onibus
E_B Equivalentes de Onibus (tabela 3.3)
P_R Porcentagem de Veículos Recreacionais(Traylers)
E_R Equivalentes de Veículos Recreacionais (tabela 3.3)

Densidade na hora analisada (cp/km/faixa)

$$D = v_p / S \quad (\text{Equação 3.4})$$

v_p : maior taxa de fluxo na hora analisada(cp/h/faixa)
S : Velocidade média operacional (km/h)

Velocidade de Fluxo Livre

$$FFS = FFS_i - f_{LW} - f_{LC} - f_N - f_{ID} \quad (\text{Equação 3.3}) \quad (\text{km/h})$$

FFS_i Velocidade de Fluxo Livre básica ou ideal (km/h)
f_{LW} parcela de ajustamento para largura de faixa de tráfego (tabela 3.6) (km/h)
f_{LC} parcela de ajustamento para distância a obstrução lateral (tabela 3.7) (km/h)
f_N parcela de ajustamento para quantidade de faixas/sentido (tabela 3.8) (km/h)
f_{ID} parcela de ajustamento para densidade de interseções (tabela 3.9) (km/h)

Tabela 3.1 - HCM 1.998

Nível de Serviço	VELOCIDADE DE PROJETO DO SEGMENTO							
	120km/h				110km/h			
	DEN. MAX. 4 fx/6 fx (cp/km/fx)	VELOCIDADE MÍNIMA (km/h)	MÁXIMO v/C	MÁXIMO V _p (cp/h/fx)	DEN. MAX. 4 fx/6 fx (cp/km/fx)	VELOCIDADE MÍNIMA (km/h)	MÁXIMO v/C	MÁXIMO V _p (cp/h/fx)
A	6,3	120,0	0,31	750	6,3	110,0	0,29	688
B	10,0	120,0	0,50	1.200	10,0	110,0	0,46	1.100
C	14,9	114,0	0,71	1.704	14,9	108,0	0,68	1.614
D	20,0	104,0	0,87	2.080	20,0	102,0	0,86	2.040
E	28,0	85,7	1,00	2.400	28,0	85,0	1,00	2.380
F	>28,0	< 85,7	<1,00	<2.400	var	var	var	var

Tabela 3.1 - HCM 1.998 (continuação)

Nível de Serviço	VELOCIDADE DE PROJETO DO SEGMENTO							
	100 km/h				90 km/h			
	DEN. MAX. 4 fx/6 fx (cp/km/fx)	VELOCIDADE MÍNIMA (km/h)	MÁXIMO v/C	MÁXIMO V _p (cp/h/fx)	DEN. MAX. 4 fx/6 fx (cp/km/fx)	VELOCIDADE MÍNIMA (km/h)	MÁXIMO v/C	MÁXIMO V _p (cp/h/fx)
A	6,3	100,0	0,27	625	6,3	90,0	0,25	563
B	10,0	100,0	0,43	1.000	10,0	90,0	0,40	900
C	14,9	100,0	0,64	1.495	14,9	90,0	0,60	1.345
D	20,0	96,0	0,83	1.920	20,0	87,0	0,78	1.740
E	28,0	83,0	1,00	2.324	28,0	80,0	1,00	2.240
F	var	var	var	var	var	var	var	var

Tabela 3.2 - HCM 1.998

Equivalente	TIPO DE RELEVO		
	PLANO	ONDULADO	MONTANHOSO
E _T	1,5	3,0	6,0
E _B	1,5	3,0	6,0
E _R	1,2	2,0	4,0

Concessionária - Lote 00 - Mês de janeiro de 2003
Análise de Segmento Homogêneo de Via de Múltiplas Faixas

RODOVIA :	SP-XXX Oeste	TERRENO :	Plano	Nível de Serviço	MVS (cp/h/ftx)	S (km/h)	Dmax (cp/km/h)
TRECHO :	km XX - YY	E _T :	1,5	A	720	96,6	7,5
FAIXAS (N) :	3	FFS:	96,6	B	1.200	96,6	12,5
FPH :	0,88	FFSi:	100	C	1.650	95,0	17,5
		f _{LW} :	1,7	D	1.940	91,7	21,3
FPH*N :	2,64	f _{LC} :	1,7	E	2.200	88,5	25,0
LARGURA(m) :	3,30	f _M	0	F	var	var	> 25,0
OBST.LAT(m):	1,2 m	f _A	0				

Hora	Data	Volume Levantado			V _p	Velocidade Levantada (S)	D	NS calculado
		Passeio	Comercial	TOTAL				
1	24/01/2003	4.739	1.212	6.557	2.484	91	27,3	F
2	25/01/2003	5.153	835	6.406	2.426	89	27,3	F
3	31/01/2003	5.033	879	6.352	2.406	81	29,7	F
4	xx/xx/xxxx	4.585	1.173	6.345	2.403	84	28,6	F
5	xx/xx/xxxx	4.225	1.391	6.312	2.391	88	27,2	F
6	xx/xx/xxxx	4.621	1.125	6.309	2.390	79	30,2	F
7	xx/xx/xxxx	5.079	810	6.294	2.384	71	33,4	F
8	xx/xx/xxxx	5.079	810	6.294	2.384	64	37,1	F
9	xx/xx/xxxx	4.260	1.352	6.288	2.382	62	38,3	F
10	xx/xx/xxxx	4.533	1.163	6.278	2.378	83	28,6	F
11	xx/xx/xxxx	4.146	1.387	6.227	2.359	62	38,3	F
12	xx/xx/xxxx	4.222	1.311	6.189	2.344	63	37,1	F
13	xx/xx/xxxx	4.559	1.080	6.179	2.341	85	27,4	F
14	xx/xx/xxxx	4.195	1.321	6.177	2.340	91	25,7	F
15	xx/xx/xxxx	5.074	735	6.177	2.340	90	26,0	F
16	xx/xx/xxxx	4.348	1.217	6.174	2.338	92	25,4	F
17	xx/xx/xxxx	4.499	1.111	6.166	2.335	89	26,2	F
18	xx/xx/xxxx	4.332	1.214	6.153	2.331	70	33,5	F
19	xx/xx/xxxx	4.003	1.427	6.144	2.327	61	38,4	F
20	xx/xx/xxxx	4.504	1.078	6.121	2.319	65	35,9	F
21	xx/xx/xxxx	4.339	1.183	6.114	2.316	84	27,4	F
22	xx/xx/xxxx	4.354	1.163	6.099	2.310	69	33,5	F
23	xx/xx/xxxx	4.081	1.344	6.097	2.309	62	37,2	F
24	xx/xx/xxxx	3.750	1.557	6.086	2.305	60	38,4	F
25	xx/xx/xxxx	4.049	1.354	6.080	2.303	80	28,6	F
26	xx/xx/xxxx	4.160	1.279	6.079	2.302	60	38,4	F
27	xx/xx/xxxx	4.154	1.278	6.071	2.300	62	37,2	F
28	xx/xx/xxxx	4.159	1.262	6.052	2.292	84	27,4	F
29	xx/xx/xxxx	4.967	722	6.050	2.292	91	25,0	F
30	xx/xx/xxxx	4.089	1.305	6.047	2.290	92	24,9	E
31	xx/xx/xxxx	4.136	1.269	6.040	2.288	78	29,3	F
32	xx/xx/xxxx	4.364	1.115	6.037	2.287	78	29,3	F
33	xx/xx/xxxx	4.845	787	6.026	2.282	64	35,5	F
34	xx/xx/xxxx	4.781	828	6.023	2.281	62	36,7	F
35	xx/xx/xxxx	4.034	1.323	6.019	2.280	83	27,4	F
36	xx/xx/xxxx	4.518	991	6.005	2.274	62	37,0	F
37	xx/xx/xxxx	4.079	1.276	5.993	2.270	63	35,9	F
38	xx/xx/xxxx	4.319	1.116	5.993	2.270	85	26,6	F
39	xx/xx/xxxx	4.101	1.260	5.991	2.269	93	24,3	E
40	xx/xx/xxxx	4.005	1.310	5.970	2.261	92	24,6	E
41	xx/xx/xxxx	4.348	1.074	5.959	2.257	93	24,2	E
42	xx/xx/xxxx	4.488	978	5.955	2.256	89	25,3	F
43	xx/xx/xxxx	4.820	752	5.948	2.253	70	32,3	F
44	xx/xx/xxxx	3.935	1.326	5.924	2.244	61	37,0	F
45	xx/xx/xxxx	3.862	1.367	5.913	2.240	65	34,7	F
46	xx/xx/xxxx	4.473	957	5.909	2.238	84	26,5	F
47	xx/xx/xxxx	4.609	864	5.905	2.237	69	32,4	F
48	xx/xx/xxxx	4.508	928	5.900	2.235	62	36,0	F
740	xx/xx/xxxx	372	119	551	209	101	2,1	A
741	xx/xx/xxxx	377	120	557	211	98	2,2	A
742	xx/xx/xxxx	382	121	564	213	97	2,2	A
743	xx/xx/xxxx	387	122	570	216	106	2,0	A
744	xx/xx/xxxx	392	123	577	218	99	2,2	A

Concessionária - Lote 00 - Mês de janeiro de 2003
Horas Ordenadas pela Densidade de Tráfego - Via de Múltiplas Faixas

RODOVIA :	SP-XXX Oeste
TRECHO :	km XX - YY

Hora	Data	Intervalo Hora	Volume Levantado			V _p	Velocidade Levantada (S)	D	NS calculado	HORA ORDENADA
			Passeio	Comercial	TOTAL					
380	16/01/2003	19 - 20	3.154	482	3.877	1.469	33	44,5	F	1
573	24/01/2003	20 - 21	1.947	96	2.091	792	18	44,0	F	2
589	25/01/2003	12 - 13	1.707	64	1.803	683	16	42,7	F	3
391	17/01/2003	06 - 07	3.110	460	3.800	1.439	36	40,0	F	4
550	xx/xx/xxxx	hh - hh	2.292	142	2.505	949	24	39,5	F	5
591	xx/xx/xxxx	hh - hh	1.677	60	1.767	669	17	39,4	F	6
568	xx/xx/xxxx	hh - hh	2.022	106	2.181	826	21	39,3	F	7
26	xx/xx/xxxx	hh - hh	4.160	1.279	6.079	2.302	60	38,4	F	8
24	xx/xx/xxxx	hh - hh	3.750	1.557	6.086	2.305	60	38,4	F	9
19	xx/xx/xxxx	hh - hh	4.003	1.427	6.144	2.327	61	38,4	F	10
11	xx/xx/xxxx	hh - hh	4.146	1.387	6.227	2.359	62	38,3	F	11
9	xx/xx/xxxx	hh - hh	4.260	1.352	6.288	2.382	62	38,3	F	12
51	xx/xx/xxxx	hh - hh	4.183	1.140	5.893	2.232	60	37,2	F	13
49	xx/xx/xxxx	hh - hh	4.508	928	5.900	2.235	60	37,2	F	14
27	xx/xx/xxxx	hh - hh	4.154	1.278	6.071	2.300	62	37,2	F	15
23	xx/xx/xxxx	hh - hh	4.081	1.344	6.097	2.309	62	37,2	F	16
12	xx/xx/xxxx	hh - hh	4.222	1.311	6.189	2.344	63	37,1	F	17
8	xx/xx/xxxx	hh - hh	5.079	810	6.294	2.384	64	37,1	F	18
44	xx/xx/xxxx	hh - hh	3.935	1.326	5.924	2.244	61	37,0	F	19
36	xx/xx/xxxx	hh - hh	4.518	991	6.005	2.274	62	37,0	F	20
34	xx/xx/xxxx	hh - hh	4.781	828	6.023	2.281	62	36,7	F	21
75	xx/xx/xxxx	hh - hh	4.111	1.092	5.749	2.178	60	36,3	F	22
77	xx/xx/xxxx	hh - hh	4.105	1.088	5.737	2.173	60	36,2	F	23
70	xx/xx/xxxx	hh - hh	4.126	1.102	5.779	2.189	61	36,1	F	24
52	xx/xx/xxxx	hh - hh	4.180	1.138	5.887	2.230	62	36,0	F	25
48	xx/xx/xxxx	hh - hh	4.508	928	5.900	2.235	62	36,0	F	26
37	xx/xx/xxxx	hh - hh	4.079	1.276	5.993	2.270	63	35,9	F	27
20	xx/xx/xxxx	hh - hh	4.504	1.078	6.121	2.319	65	35,9	F	28
62	xx/xx/xxxx	hh - hh	4.150	1.118	5.827	2.207	62	35,9	F	29
60	xx/xx/xxxx	hh - hh	4.156	1.122	5.839	2.212	62	35,6	F	30
33	xx/xx/xxxx	hh - hh	4.845	787	6.026	2.282	64	35,5	F	31
374	xx/xx/xxxx	hh - hh	3.178	494	3.919	1.484	42	35,3	F	32
100	xx/xx/xxxx	hh - hh	4.036	1.042	5.599	2.121	60	35,3	F	33
102	xx/xx/xxxx	hh - hh	4.030	1.038	5.587	2.116	60	35,3	F	34
95	xx/xx/xxxx	hh - hh	4.051	1.052	5.629	2.132	61	35,2	F	35
78	xx/xx/xxxx	hh - hh	4.102	1.086	5.731	2.171	62	35,1	F	36
74	xx/xx/xxxx	hh - hh	4.114	1.094	5.755	2.180	62	35,1	F	37
87	xx/xx/xxxx	hh - hh	4.075	1.068	5.677	2.150	62	35,0	F	38
63	xx/xx/xxxx	hh - hh	4.147	1.116	5.821	2.205	63	34,9	F	39
45	xx/xx/xxxx	hh - hh	3.862	1.367	5.913	2.240	65	34,7	F	40
85	xx/xx/xxxx	hh - hh	4.081	1.072	5.689	2.155	62	34,7	F	41
59	xx/xx/xxxx	hh - hh	4.159	1.124	5.845	2.214	64	34,4	F	42
125	xx/xx/xxxx	hh - hh	3.961	992	5.449	2.064	60	34,4	F	43
127	xx/xx/xxxx	hh - hh	3.955	988	5.437	2.059	60	34,3	F	44
120	xx/xx/xxxx	hh - hh	3.976	1.002	5.479	2.075	61	34,2	F	45
103	xx/xx/xxxx	hh - hh	4.027	1.036	5.581	2.114	62	34,2	F	46
99	xx/xx/xxxx	hh - hh	4.039	1.044	5.605	2.123	62	34,2	F	47
112	xx/xx/xxxx	hh - hh	4.000	1.018	5.527	2.094	62	34,0	F	48
88	xx/xx/xxxx	hh - hh	4.072	1.066	5.671	2.148	63	34,0	F	49
71	xx/xx/xxxx	hh - hh	4.123	1.100	5.773	2.187	65	33,9	F	50
110	xx/xx/xxxx	hh - hh	4.006	1.022	5.539	2.098	62	33,8	F	51
84	xx/xx/xxxx	hh - hh	4.084	1.074	5.695	2.157	64	33,6	F	52
22	xx/xx/xxxx	hh - hh	4.354	1.163	6.099	2.310	69	33,5	F	53
18	xx/xx/xxxx	hh - hh	4.332	1.214	6.153	2.331	70	33,5	F	54
150	xx/xx/xxxx	hh - hh	3.886	942	5.299	2.007	60	33,4	F	55
7	xx/xx/xxxx	hh - hh	5.079	810	6.294	2.384	71	33,4	F	56
152	xx/xx/xxxx	hh - hh	3.880	938	5.287	2.003	60	33,4	F	57
145	xx/xx/xxxx	hh - hh	3.901	952	5.329	2.019	61	33,3	F	58
128	xx/xx/xxxx	hh - hh	3.952	986	5.431	2.057	62	33,2	F	59
124	xx/xx/xxxx	hh - hh	3.964	994	5.455	2.066	62	33,2	F	60
113	xx/xx/xxxx	hh - hh	3.997	1.016	5.521	2.091	63	33,1	F	61
137	xx/xx/xxxx	hh - hh	3.925	968	5.377	2.037	62	33,1	F	62
96	xx/xx/xxxx	hh - hh	4.048	1.050	5.623	2.130	65	33,0	F	63
2	xx/xx/xxxx	hh - hh	5.153	835	6.406	2.426	89	27,3	F	1
5	xx/xx/xxxx	hh - hh	4.225	1.391	6.312	2.391	88	27,2	F	2
76	xx/xx/xxxx	hh - hh	4.108	1.090	5.743	2.175	80	27,0	F	3
98	xx/xx/xxxx	hh - hh	4.042	1.046	5.611	2.125	79	26,9	F	4
53	xx/xx/xxxx	hh - hh	4.177	1.136	5.881	2.228	84	26,7	F	5

CAPÍTULO 7 - VIAS DE MÚLTIPLAS FAIXAS

Fórmulas HCM 1998

Velocidade de Fluxo Livre

$$FFS = FFS_i - f_{LW} - f_{LC} - f_M - f_A \quad \text{(Equação 7.1)} \quad \text{(km/h)}$$

FFS_i Velocidade de Fluxo Livre básica ou ideal (km/h)
f_{LW} parcela de ajustamento para largura de faixa de tráfego (tabela 7.3) (km/h)
f_{LC} parcela de ajustamento para distância a obstrução lateral (tabela 7.4) (km/h)
f_M parcela de ajustamento para tipo de separador central (tabela 7.2) (km/h)
f_A parcela de ajustamento para densidade de acessos (tabela 7.5) (km/h)

Maior Taxa de Fluxo de Serviço

$$V_p = V / (N * PHF * f_{HV}) \quad \text{(Equação 7.3)}$$

V_p Maior Taxa de Fluxo (cp /hora/faixa), na hora analisada
V Volume - veículos/hora: volume de serviço para as N faixas, no sentido analisado, na hora analisada
N Número de Faixas por sentido
PHF Fator de Pico Horário
f_{HV} Fator de Veículos Pesados (ver equação 7.4)

Fator de Ajuste Para Veículos Pesados

$$f_{HV} = 1 / (1 + P_T (E_T - 1) + P_B (E_B - 1) + P_R (E_R - 1)) \quad \text{(Equação 7.4)}$$

f_{HV} Fator de ajuste para Veículos Pesados
P_T Porcentagem de Caminhões
E_T Equivalentes de Caminhões (tabela 3.3)
P_B Porcentagem de Onibus
E_B Equivalentes de Onibus (tabela 3.3)
P_R Porcentagem de Veículos Recreacionais(Traylers)
E_R Equivalentes de Veículos Recreacionais (tabela 3.3)

Densidade na hora analisada (cp/km/faixa)

$$D = v_p / S \quad \text{(Equação 7.5)}$$

V_p : maior taxa de fluxo na hora analisada(cp/h/faixa)
S : Velocidade média operacional (km/h)

Tabela 7.1 - HCM - Critérios para Nível de Serviço em Múltiplas Faixas

Nível de Serviço	100 km/h				90 km/h				80 km/h				70 km/h			
	DENSIDADE MÁXIMA (auto/km/fx)	MÉDIA DE VELOCIDADE (km/h)	MÁXIMO v/c	MÁXIMO vp (cp/km/fx)	DENSIDADE MÁXIMA (cp/km/fx)	MÉDIA DE VELOCIDADE (km/h)	MÁXIMO v/c	MÁXIMO vp (cp/km/fx)	DENSIDADE MÁXIMA (cp/km/fx)	MÉDIA DE VELOCIDADE (km/h)	MÁXIMO v/c	MÁXIMO vp (cp/km/fx)	DENSIDADE MÁXIMA (cp/km/fx)	MÉDIA DE VELOCIDADE (km/h)	MÁXIMO v/c	MÁXIMO vp (cp/km/fx)
A	7,5	100,0	0,34	750	7,5	90,0	0,32	675	7,5	80,0	0,30	600	7,5	70,0	0,30	525
B	12,5	100,0	0,57	1.250	12,5	90,0	0,54	1.125	12,5	80,0	0,50	1.000	12,5	70,0	0,50	875
C	17,5	98,0	0,78	1.715	17,5	89,8	0,75	1.572	17,5	80,0	0,70	1.400	17,5	70,0	0,70	1.225
D	21,3	91,5	0,88	1.944	21,3	84,7	0,86	1.800	21,3	78,6	0,84	1.670	21,3	69,6	0,84	1.479
E	25,0	88,0	1,00	2.200	26,0	80,8	1,00	2.100	27,0	74,1	1,00	2.000	28,0	67,9	1,00	1.900

Tabela 7.2 - HCM - Ajustamento para Tipo de Separador central

Tipo de Canteiro Central	Redução na Velocidade do Fluxo Livre (km/h)
Rodovias não Divididas	2,6
Rodovias Divididas	-

Tabela 7.3 - HCM - Ajustamento para Largura das Faixas

Largura das Faixas	Redução na Velocidade do Fluxo Livre (km/h)	
3,0 m		10,6
3,3 m		3,0
3,6 m		-

Tabela 7.4 - HCM - Ajustamento para Obstrução Lateral

Rodovia de 4 faixas		Rodovia de 6 faixas	
Obstrução Lateral	Redução na Velocidade	Obstrução Lateral	Redução na Velocidade
Total (m)	de Fluxo Livre (km/h)	Total (m)	de Fluxo Livre (km/h)
3,6	-	3,6	-
3,0	0,6	3,0	0,6
2,5	1,5	2,5	1,5
1,8	2,9	1,8	2,9
1,2	2,9	1,2	2,7
0,6	5,8	0,6	4,5
0	8,7	0	6,3

Tabela 7.5 - HCM - Ajustamento na Densidade de Locais de Acesso

Pontos de Acesso por km	Redução na Velocidade do Fluxo Livre (km/h)	
0		-
6		4,0
12		8,0
19		12,0
25 ou mais		16,1

Tabela 7.6 - HCM - Número de Pontos de Acesso para um Desenvolvimento Genérico das Vizinhanças da Rodovia

Tipo de Desenvolvimento	Pontos de Acesso por km (um lado da rodovia)
Rural	0 - 16
Densidade	18 - 32
Densidade	34 ou mais

Tabela 7.7 - HCM 1.998

Equivalente	TIPO DE RELEVO		
	PLANO	ONDULADO	MONTANHOSO
E _T	1,5	3,0	6,0
E _B	1,5	3,0	6,0
E _R	1,2	2,0	4,0

OBSERVAÇÕES:

Os equivalentes para veículos comerciais para rampas específicas devem ser obtidos nas Tabelas 7.8 e 7.10 do HCM 1.998.

Para rampas de declividade de mais de 6% deverá os valores de equivalentes devem ser extrapolados a partir das tabelas do HCM 1.998.

4.2.2 Procedimentos para a análise operacional de segmentos homogêneos de Vias de Duas Faixas.

Também para as rodovias de duas faixas, a análise de capacidade requer que o segmento em estudo tenha condições homogêneas de tráfego e da rodovia.

Dois procedimentos de análise operacional são previstos no HCM 1998:

- ✍ Procedimento geral, para Segmentos Extensos;
- ✍ Procedimento específico para Segmentos de Rampa.

Como regra, o procedimento geral de Segmentos Extensos (denominados *General Terrain Segments*) pode ser usado para trechos de rampa de até 3% de acentuação, ou trechos de rampa com menos de 800 m.

Para rampas mais longas ou mais íngremes, o segmento deve ser seccionado e realizada a análise pelo procedimento específico para segmentos de rampa.

Os passos a serem adotados para a determinação de níveis de serviço de segmentos homogêneos de vias de duas faixas, com dois sentidos, são os seguintes:

Passo 1: Obter os Dados Básicos:

- ✍ Volumes de Tráfego Classificado (V), com distribuição direcional (d) e Velocidades Médias Operacionais (S) – considerando as velocidades de todos os veículos - para as horas a serem analisadas no segmento analisado (normalmente, todas as horas do período);
- ✍ Fator de Pico Horário (PHF) para horas e dias de características similares aos analisados, ou diretamente, as taxas de fluxo das horas a serem analisadas;
- ✍ Tipo de terreno, para o procedimento geral de Segmentos Extensos, ou características das rampas (extensões e declividades) para o procedimento de Segmentos Específicos de Rampa;
- ✍ Características da rodovia: dimensões de faixas e acostamentos, declividades e extensões, velocidades de projeto, delimitação das ZUP- Zonas de Ultrapassagem Proibida, etc.

Passo 2: Segmentar a via, de forma apropriada, em segmentos homogêneos, determinando para cada segmento o procedimento a ser adotado (Geral ou Específico para Rampas) e calculando para cada segmento a Porcentagem ZUP e o Tipo de Terreno (procedimento geral) ou declividades e extensões de rampas (procedimento de Segmentos Específicos de Rampa) a serem adotadas.

Passo 3: Determinar os fatores de ajuste (f_d , f_w , E_T , E_B , E_R) e relações v/C a serem utilizadas para cada nível de serviço, além do fator f_g para o caso do procedimento de Segmentos Específicos de Rampa.

Passo 4: Determinar os fatores de veículos pesados (f_{HV}) para cada nível de serviço.

Passo 5: Determinar o valor da Taxa de Fluxo de Serviço (SF_i) para cada nível de serviço.

Passo 6: Converter os volumes de tráfego bidirecionais (V) em taxas de fluxo equivalentes (v), através da relação com o Fator de Pico Horário (PHF).

Passo 7: Identificar os valores limites para velocidades médias de operação para cada tipo de terreno, para cada nível de serviço (tabela 8-1 ou 8.2 do HCM 1998).

Passo 8: Comparar a as taxas de fluxo equivalentes (v) resultantes do passo 6 com o valor da Taxa de Fluxo de Serviço de cada nível de serviço resultante do passo 5, determinando o nível de serviço em que se enquadraria a taxa de fluxo equivalente, em cada hora analisada no segmento analisado, caso as condições de operação não caracterizem fluxo congestionado.

Passo 9: Verificar se o fluxo na hora analisada era congestionado, através da comparação da Velocidade Média Operacional com os limites de velocidade definidos no passo 7. Caso a velocidade média obtida em campo caracterize o nível de serviço E ou F, este será o nível de serviço considerado. Caso contrário, será considerado o nível de serviço obtido através do procedimento do passo 8.

Concessionária - Lote 00 - Mês de janeiro de 2003
Análise de Segmento Homogêneo de Via de Duas Faixas

RODOVIA :	SP-XXX		
TRECHO :	km XX - YY		
FAIXAS (N) :	2	LARGURA :	3,60
%ZUP	33%	OBST.LAT.:	3,00
F _d :	0,94	FPH :	0,88
F _w :	1	TERRENO :	plano
		Ec :	2,0

Nível de Serviço	(v/C) _i	S (km/h)	SF _i (cp/h)
A	0,10	93,3	263
B	0,22	88,5	579
C	0,36	83,7	948
D	0,61	80,5	1606
E	1,00	72,4	2632
F	variável	< 72,4	< 2632

Hora	Data	Volume Levantado			v (cp/h)	Velocidade Levantada (S)	NS para S	NS para v	NS considerado
		Passaio	Comercial	TOTAL					
1	24/01/2003	1.580	360	2.300	2.613	74	E	E	E
2	25/01/2003	1.718	280	2.278	2.588	74	E	E	E
3	31/01/2003	1.678	320	2.318	2.634	73	E	F	F
4	xx/xx/xxxx	1.528	285	2.098	2.384	81	D	E	E
5	xx/xx/xxxx	1.408	400	2.208	2.509	77	E	E	E
6	xx/xx/xxxx	1.540	375	2.290	2.603	74	E	E	E
7	xx/xx/xxxx	1.693	270	2.233	2.538	76	E	E	E
8	xx/xx/xxxx	1.693	270	2.233	2.538	76	E	E	E
9	xx/xx/xxxx	1.420	451	2.321	2.638	73	E	F	F
10	xx/xx/xxxx	1.511	388	2.286	2.598	74	E	E	E
11	xx/xx/xxxx	1.382	462	2.307	2.621	69	F	E	F
12	xx/xx/xxxx	1.407	437	2.281	2.592	74	E	E	E
13	xx/xx/xxxx	1.520	360	2.240	2.545	75	E	E	E
14	xx/xx/xxxx	1.398	440	2.279	2.590	74	E	E	E
15	xx/xx/xxxx	1.691	245	2.181	2.479	78	E	E	E
16	xx/xx/xxxx	1.449	406	2.261	2.569	75	E	E	E
17	xx/xx/xxxx	1.500	370	2.240	2.546	75	E	E	E
18	xx/xx/xxxx	1.444	405	2.253	2.561	75	E	E	E
19	xx/xx/xxxx	1.334	476	2.286	2.597	74	E	E	E
20	xx/xx/xxxx	1.501	359	2.220	2.523	76	E	E	E
21	xx/xx/xxxx	1.446	394	2.235	2.540	76	E	E	E
22	xx/xx/xxxx	1.451	388	2.227	2.530	76	E	E	E
23	xx/xx/xxxx	1.360	448	2.256	2.564	67	F	E	F
24	xx/xx/xxxx	1.250	519	2.288	2.600	74	E	E	E
25	xx/xx/xxxx	1.350	451	2.252	2.559	75	E	E	E
26	xx/xx/xxxx	1.387	426	2.239	2.545	76	E	E	E
27	xx/xx/xxxx	1.385	426	2.237	2.542	76	E	E	E
28	xx/xx/xxxx	1.386	421	2.228	2.531	76	E	E	E
29	xx/xx/xxxx	1.656	241	2.137	2.428	75	E	E	E
30	xx/xx/xxxx	1.363	435	2.233	2.538	72	F	E	F
31	xx/xx/xxxx	1.379	423	2.225	2.528	72	F	E	F
32	xx/xx/xxxx	1.455	372	2.198	2.498	65	F	E	E
33	xx/xx/xxxx	1.615	262	2.140	2.431	75	E	E	E
34	xx/xx/xxxx	1.594	276	2.146	2.438	75	E	E	E
35	xx/xx/xxxx	1.345	441	2.227	2.530	72	F	E	F
36	xx/xx/xxxx	1.506	330	2.167	2.462	74	E	E	E
37	xx/xx/xxxx	1.360	425	2.210	2.512	65	F	E	F
38	xx/xx/xxxx	1.440	372	2.184	2.481	73	E	E	E
39	xx/xx/xxxx	1.367	420	2.207	2.508	73	E	E	E
40	xx/xx/xxxx	1.335	437	2.208	2.509	73	E	E	E
41	xx/xx/xxxx	1.449	358	2.165	2.461	74	E	E	E
42	xx/xx/xxxx	1.496	326	2.148	2.441	75	E	E	E
43	xx/xx/xxxx	1.607	251	2.108	2.395	76	E	E	E
44	xx/xx/xxxx	1.312	442	2.196	2.495	73	E	E	E
45	xx/xx/xxxx	1.287	456	2.199	2.498	73	E	E	E
46	xx/xx/xxxx	1.491	319	2.129	2.419	75	E	E	E
47	xx/xx/xxxx	1.536	288	2.112	2.400	76	E	E	E
48	xx/xx/xxxx	1.503	309	2.121	2.411	76	E	E	E
49	xx/xx/xxxx	1.503	309	2.121	2.411	76	E	E	E
50	xx/xx/xxxx	1.395	381	2.157	2.451	74	E	E	E
740	xx/xx/xxxx	124	40	203	231	101	A	A	A
741	xx/xx/xxxx	126	40	206	234	98	A	A	A
742	xx/xx/xxxx	127	40	208	236	97	A	A	A
743	xx/xx/xxxx	129	41	210	239	100	A	A	A
744	xx/xx/xxxx	131	41	213	242	99	A	A	A

VIAS DE DUAS FAIXAS E DOIS SENTIDOS- CAPÍTULO 8 (HCM) - PISTA SIMPLES

Fórmulas HCM 1.998

Taxa Máxima de Fluxo de serviço para o nível de serviço "i"

SF_i	$= 2.800 * (v/c)_i * f_d * f_w * f_{HV}$	(Equação 8.1)	Geral
SF_i	$= 2.800 * (v/c)_i * f_d * f_w * f_{HV} * f_g$	(Equação 8.3)	Rampas Específicas
SF_i	Taxa de Fluxo de serviço, total nos dois sentidos, para o nível de serviço "i", em veículos/h, para as condições prevalentes no segmento analisado		
(v/c)_i	Relação taxa de fluxo sobre capacidade (v/c) característica do nível de serviço "i" (Tabela 8.1)		
f_d	Fator para distribuição direcional (Tabela 8.4 ou 8.8)		
f_w	Fator para ajuste de largura de faixas e obstrução lateral (Tabela 8.5)		
f_{HV}	Fator de Veículos Pesados		
f_g	Fator de ajuste para autos em rampas		$f_g = 1 / \{1 + (Pp \cdot Ip)\}$ (equação 8-4)
Pp	Proporção de automóveis no fluxo ascendente, expressa em decimais		
Ip	$Ip = 0,02 (E - E_0)$ (Equação 8.5)		
E	Equivalente base (Tabela 8.9)		
E₀	Equivalente base para declividade zero (Tabela 8.9)		

Fator de Ajuste Para Veículos Pesados

f_{HV}	$= 1 / \{ 1 + P_T (E_T - 1) + P_B (E_B - 1) + P_R (E_R - 1) \}$	(Equação 8.2)	Geral
f_{HV}	$= 1 / \{ 1 + P_{HV} (E_{HV} - 1) \}$	(Equação 8.6)	R. Específicas
f_{HV}	Fator de ajuste para Veículos Pesados		
P_T	Proporção de Caminhões, expressa em decimais		
E_T	Equivalentes de Caminhões (tabela 8.6)		
P_B	Proporção de Onibus		Obs: ET = EB
E_B	Equivalentes de Onibus (tabela 8.6)		
P_R	Proporção de Veículos Recreacionais (Traylers)		
E_R	Equivalentes de Veículos Recreacionais (tabela 8.6)		
P_{HV}	Proporção de Veículos Pesados		
E_{HV}	$E_{HV} = 1 + (0,25 + P_{T/HV}) * (E - 1)$		(Equação 8.7)
E	Equivalente base (Tabela 8.9)		
P_{T/HV}	Proporção de Caminhões, em relação aos veículos pesados, expressa em decimais		

Taxa de Fluxo

$$v = V / PHF$$

v_p	Maior Taxa de Fluxo (cp /hora), na hora analisada
V	Volume - veículos/hora: volume de serviço para as 2 faixas, na hora analisada
PHF	Fator de Pico Horário

Tabela 8.1 - HCM 1.998 Procedimento Geral

Fatores v/c	% do Tempo em Retardamento	Relevo Plano						
		Velocidade Média (km/h)	% de Zonas de Ultrapassagem Proibida					
			0	20	40	60	80	100
NS								
A	<= 30	>= 93,3	0,15	0,12	0,09	0,07	0,05	0,04
B	<= 45	>= 88,5	0,27	0,24	0,21	0,19	0,17	0,16
C	<= 60	>= 83,7	0,43	0,39	0,36	0,34	0,33	0,32
D	<= 75	>= 80,5	0,64	0,62	0,60	0,59	0,58	0,57
E	> 75	>= 72,4	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
F	100	< 72,4						
Relevo Ondulado								
NS	% do Tempo em Retardamento	Velocidade Média (km/h)	% de Zonas de Ultrapassagem Proibida					
			0	20	40	60	80	100
A	<= 30	>= 91,7	0,15	0,10	0,07	0,05	0,04	0,03
B	<= 45	>= 86,9	0,26	0,23	0,19	0,17	0,15	0,13
C	<= 60	>= 82,1	0,42	0,39	0,35	0,32	0,30	0,28
D	<= 75	>= 78,9	0,62	0,57	0,52	0,48	0,46	0,43
E	> 75	>= 64,4	0,97	0,94	0,92	0,91	0,90	0,90
F	100	< 64,4						
Relevo Montanhoso								
NS	% do Tempo em Retardamento	Velocidade Média (km/h)	% de Zonas de Ultrapassagem Proibida					
			0	20	40	60	80	100
A	<= 30	>= 90,1	0,14	0,09	0,07	0,04	0,02	0,01
B	<= 45	>= 86,9	0,25	0,20	0,16	0,13	0,12	0,10
C	<= 60	>= 78,9	0,39	0,33	0,28	0,23	0,20	0,16
D	<= 75	>= 72,4	0,58	0,50	0,45	0,40	0,37	0,33
E	> 75	>= 56,3	0,91	0,87	0,84	0,82	0,80	0,78
F	100	< 56,3						

Tabela 8.2 - HCM 1.998 Rampas Específicas

NS	Velocidade Média (km/h)
A	>= 88
B	>= 80
C	>= 72
D	>= 64
E	>= 40
F	< 40

Tabela 8.4 - HCM 1.998

Fator de Ajustamento para Distribuição Direcional						
	Distribuição Direcional					
	100/0	90/10	80/20	70/30	60/40	50/50
f_d	0,71	0,75	0,83	0,89	0,94	1,00

Tabela 8.5 - HCM 1.998

Fator de Ajustamento Combinado das Faixas e dos Acostamentos								
Distância da Obstrução (metros)	Faixas - 3,6 m		Faixas - 3,3 m		Faixas - 3,0 m		Faixas - 2,7 m	
	Nível de Serviço		Nível de Serviço		Nível de Serviço		Nível de Serviço	
	A-D	E	A-D	E	A-D	E	A-D	E
>=1,8	1,00	1,00	0,93	0,94	0,84	0,87	0,70	0,76
1,20	0,92	0,97	0,85	0,92	0,77	0,85	0,65	0,74
0,60	0,81	0,93	0,75	0,88	0,68	0,81	0,57	0,70
-	0,70	0,88	0,65	0,82	0,58	0,75	0,49	0,66

Tabela 8.6 - HCM 1.998

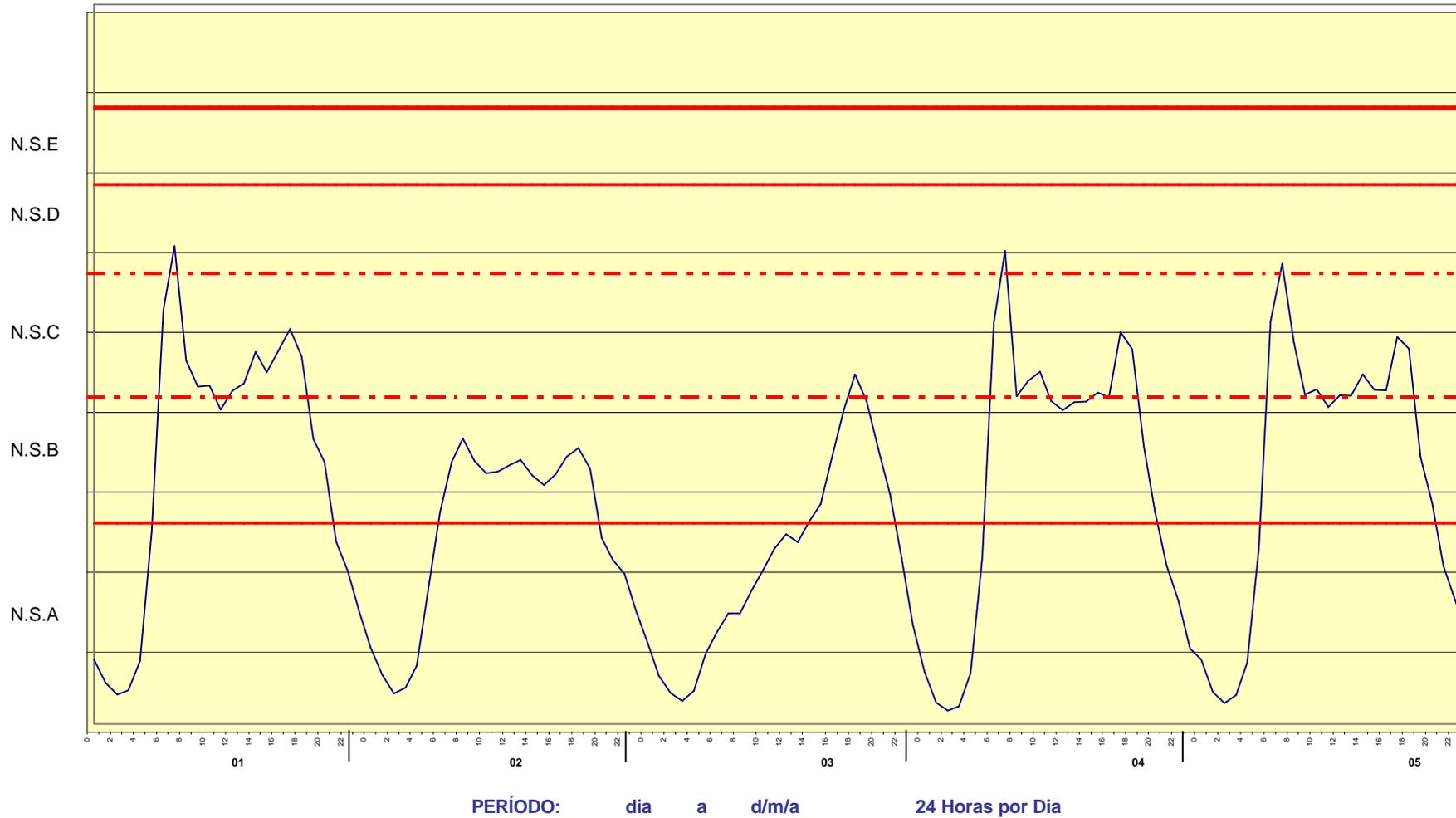
Categoria	Nível de Serviço	EQUIVALENTES		
		RELEVO PLANO	RELEVO ONDULADO	RELEVO MONTANHOSO
Caminhão ET	A	2	4	7
	B,C	2,2	5	10
	D,E	2	5	12
Onibus EB	A	1,8	3	5,7
	B,C	2	3,4	6
	D,E	1,6	2,9	6,5

Tabela 8.8 - HCM 1.998

Distribuição Direcional	Fator Ajuste f_d
100/0	0,71
95/5	0,73
90/10	0,75
85/15	0,79
80/20	0,83
75/25	0,86
70/30	0,89
65/35	0,92
60/40	0,94
55/45	0,97
50/50	1,00

CONCESSIONÁRIA
Lote 00
VOLUME HORÁRIO DE TRÁFEGO
 SP-xxx - Trecho: km xxx,xx ao km xxx,xx

SENTIDO DE DIREÇÃO



Obs.: Conforme o HCM, na determinação dos Níveis de Serviço deverão estar consideradas as velocidades operacionais, que com as características físicas de cada trecho em estudo, permite definir a densidade do tráfego e assim, os limites corretos para as mudanças de Níveis de Serviço de "A" a "F", conforme a variação de volume horário.

MODELO PARA RESUMO NÍVEL DE SERVIÇO NA 50ª HORA - Ano de análise

Concessionária:

Rod.	Trecho	50a. Hora		Ano de Saturação	Observações
		Sentido x	Sentido y		
SP - xxx	km xxx,xx ao km xxx,xx	F	E	ano de análise	Exemplo: Conforme Edital de Licitação, está prevista a ampliação da capacidade viária neste trecho.
SP - xxx	km xxx,xx ao km xxx,xx	B	C	2016	
SP -yyy	km xxx,xx ao km xxx,xx				
SP -zzz	km xxx,xx ao km xxx,xx				

5. GESTÃO DA QUALIDADE DO MONITORAMENTO DO TRÁFEGO

O documento em questão indicou os parâmetros a serem verificados para o cálculo do Nível de Serviço de Operação. Fica claro que é de suma importância a correta coleta das informações de campo, principalmente as relativas a volume e velocidade.

Neste sentido, com o objetivo de aferir a qualidade das informações obtidas em campo, até em acordo com as exigências da ISO, esta instrução acrescenta em caráter de colaboração, um formato de atuação a ser implantado por equipe interna da própria Concessionária, que tenha independência em relação às equipes de controle operacional, que também podem servir como embasamento e amparo em possíveis confrontações com auditorias ou fiscalização externas.

Dentro do aspecto técnico, essa equipe deve desenvolver todas as atividades necessárias à verificação e comprovação do atendimento, por parte das Concessionárias, dos padrões de desempenho quanto à capacidade e aos níveis de serviço de operação, em todos os segmentos rodoviários que compõem os referidos lotes.

Para tanto, deverá desenvolver as seguintes atividades:

- ✍ Acompanhar o processo de definição dos segmentos homogêneos de cada uma das rodovias que compõem o lote concedido e verificar sua adequação;
- ✍ Verificar se cada segmento homogêneo é monitorado em termos de fluxo de tráfego e velocidade, no nível de suficiência requerido para a realização dos estudos de capacidade, conforme procedimentos definidos no presente documento;
- ✍ Verificar a qualidade e suficiência dos dados obtidos através do sistema de monitoramento;
- ✍ Verificar se os dados obtidos a partir dos sistemas de monitoramento são adequadamente apropriados e repassados para a **ARTESP**;
- ✍ Verificar se os estudos de Capacidade e Níveis de Serviço são desenvolvidos dentro de estrita observância aos procedimentos definidos no presente documento;
- ✍ Atestar os resultados das análises de Capacidade e Níveis de Serviço fornecidos pelas equipes operacionais;
- ✍ Verificar se os padrões de desempenho exigidos contratualmente, em termos da Revisão Anual, exigida contratualmente à Concessionária, estão atendidos e emitir parecer conclusivo a este respeito.

Estas atividades são descritas nas seções que se seguem:

5.1 Verificação Avaliação da Adequação dos Segmentos Homogêneos

Para efeito da Avaliação do Nível de Serviço de Operação do Tráfego, as rodovias que compõem o lote concedido deverão ser subdivididas em segmentos que sejam homogêneos do ponto de vista de suas condições físicas e operacionais.

A verificação da adequação da divisão em segmentos homogêneos adotada pela Concessionária deve considerar os preceitos definidos no item 3.2 do presente documento em que se definem os critérios para o tratamento das Rodovias de Múltiplas Faixas e Vias Expressas e para as Rodovias de duas faixas (tópico “Segmentação da Rodovia em Segmentos Homogêneos”), assim como nas seções 3.2.1 e 3.2.2.

Sempre que houver alteração significativa nas condições físicas ou operacionais de um trecho das rodovias, deve ser analisada a conveniência de desmembramento. Quando a divisão adotada não for adequada poderá ser considerada a possibilidade de fusão de segmentos.

Propostas para as medidas de adequação cabíveis devem ser encaminhadas pela equipe de controle de qualidade ao setor operacional responsável pelo desenvolvimento dos cálculos.

5.2 Fiscalização dos Serviços de Monitoramento e Controle de Tráfego

Deverá ser verificado se todos os segmentos homogêneos estão adequadamente monitorados através de sistemas de levantamentos de dados permanentes ou periódicos, realizar a verificação da existência, adequada localização, além do funcionamento dos equipamentos automáticos de registro de velocidades e de contagem de fluxo, previstos essenciais para as atividades de monitoramento e controle do tráfego e do Nível de Serviço de operação das rodovias.

Quanto à localização, deverá verificar se os dispositivos de monitoramento estão instalados em local representativo das condições mais críticas ocorrentes no segmento, uma vez que a capacidade do segmento é determinada pela capacidade de sua seção de menor capacidade.

Quanto ao funcionamento, as inspeções de campo deverão ser realizadas em dias não pré-fixados, podendo ocorrer em qualquer horário e dia da semana. A equipe deverá ter uma programação de trabalho preestabelecida, de maneira que as inspeções possam ser feitas também nos fins de semana, feriados e horários de pico.

Para tanto, deverá ser feita uma amostragem aleatória de 10 dispositivos, em campo, ao longo do trecho para verificação do percentual em funcionamento. A frequência destas verificações deverá ser, maior nos segmentos críticos e mais espaçada nos demais segmentos.

Para o caso de levantamentos periódicos, a equipe de controle de qualidade deverá acompanhar a programação estabelecida realizar visitas incertas nos locais e períodos de realização das pesquisas. O resultado das inspeções será registrado em Ficha de Controle própria.

5.3 Verificação da qualidade e suficiência dos dados obtidos através do sistema de monitoramento

Deverá desenvolver os levantamentos e estudos necessários para verificação da qualidade dos dados fornecidos, independentemente dos levantamentos realizados pelo setor responsável pela elaboração dos cálculos sendo que deverão abranger todos os segmentos onde possam ocorrer variações significativas de fluxos e/ou de velocidades operacionais.

A qualidade dos dados obtidos deverá ser verificada a partir destes levantamentos de campo.

Os levantamentos a serem realizados compreendem os dados a serem utilizados nas análises de capacidade, envolvendo fluxos classificados e sua flutuação temporal e dados de velocidade média dos veículos, por tipo.

As informações sobre flutuação temporal deverão abranger as variações sub-horárias em intervalos de 15 minutos, com determinação do PHF, ou seja, deverá ser verificado e atestado que a equipe operacional registra os dados de fluxo de tráfego a intervalos de 15 minutos.

Como procedimento de rotina, deverão ser realizadas inspeções visuais mensais, variando-se o dia da semana e a hora da inspeção, de tal modo que se obtenha ao longo do tempo um panorama geral do Nível de Serviço em que operam as rodovias.

No entanto, para a finalidade específica de controlar o Nível de Serviço de operação, os levantamentos de volumes classificados e velocidades operacionais deverão ser realizados nos locais críticos da rede (quanto à capacidade) e nos horários e dias de grande demanda de tráfego, segundo uma programação, de locais e horários, com base nas estatísticas de fluxo de tráfego, correspondentes aos anos anteriores, entregues pela Concessionária à Diretoria de Operações da **ARTESP**. A seleção dos locais, datas e horários a serem levantados, se baseará em uma análise da Revisão Anual de Desempenho Operacional da Concessionária (Relatório Anual de Níveis de Serviço), em que se identificará as ocorrências de maior demanda na rede, verificando em que locais, datas e horários poderão se repetir.

Nestes locais e períodos críticos, deverão ser levantados, com a utilização de equipamento manual ou automático, os fluxos de tráfego classificados de veículos e as velocidades médias operacionais por tipo de veículo, por sentido, para períodos de 15 minutos e horário, nas horas de maior movimento do dia e do mês.

As informações coletadas serão confrontadas com os registros referentes ao local e período de inspeção.

Os levantamentos de velocidade média para determinação de velocidades de fluxo livre deverão ser realizados em horários de baixa demanda, sendo que será preciso obter, separadamente, os registros de velocidades por tipo de veículo.

Além disso, deverão ser realizadas, com maior frequência nas seções consideradas críticas (de menor capacidade) na rede sob supervisão, avaliações visuais do Nível de Serviço de Operação,

segundo as condições de mobilidade dentro do fluxo de tráfego, de acordo com os critérios apresentados nos quadros que constam do presente documento técnico.

Deverá desenvolver os levantamentos e estudos necessários para verificação da qualidade dos dados fornecidos, independentemente dos levantamentos realizados pela equipe operacional, sendo que deverão abranger todos os segmentos onde possam ocorrer variações significativas de fluxos ou de velocidades operacionais, mesmo que estes pontos de pesquisa não sejam monitorados.

Os dados caracterizadores de Níveis de Serviço deverão ser comparados internamente para verificação de sua consistência e deverão ser, também, verificados quanto à sua suficiência temporal e espacial, devendo ser avaliado:

- ✍ Se os dados fornecidos são suficientes para a aplicação dos procedimentos de determinação dos níveis de serviço, compreendendo os volumes de tráfego classificado, as velocidades médias de operação correspondentes aos horários em que foram obtidos os volumes e os PHF referentes às respectivas horas;
- ✍ Se os dados apresentados representam adequadamente e cobrem cada um dos segmentos homogêneos existentes nas rodovias concedidas;
- ✍ Se os dados apresentados cobrem todas as horas de demanda significativa do período analisado (mês ou ano).

5.4 Verificação da observância aos procedimentos definidos no presente documento

Além da verificação, in loco, dos levantamentos de dados, a equipe de controle deverá verificar a utilização dos padrões técnicos apresentados no presente documento técnico que está embasado no HCM.

As ocorrências verificadas em campo e as inconsistências eventuais, em relação aos dados levantados deverão ser avaliados pela Concessionária, além de serem tomadas as providências normais afetas à essa tarefa.

5.5 Verificação do atendimento dos padrões de desempenho exigidos contratualmente.

Ao final de cada mês deverá ser apresentado dentro do Relatório Mensal da Concessionária, item específico contendo uma avaliação sucinta das condições operacionais das rodovias, ou seja, do padrão de atendimento dos serviços prestados quanto ao Nível de Serviço de Operação, indicando as principais ocorrências e alterações na qualidade do fluxo de tráfego, sendo que, para tanto, deverá ser utilizada a ficha própria Modelo de Nível de Serviço espelhando os levantamentos e estudos executados.

No que diz respeito à avaliação anual a ser feita, é importante destacar que para caracterizar o atendimento aos padrões de desempenho contratualmente exigidos, será preciso caracterizar as cinquenta (50) horas de maior demanda (não necessariamente as de maior fluxo) no ano:

- ✍ Para o caso de *vias de múltiplas faixas e expressas*, as 50 horas de **maior densidade**.
- ✍ Para o caso de *vias de pista simples*, dois sentidos, as 50 horas de **menor velocidade média** operacional (todos os tipos de veículos, em ambos os sentidos), sendo o nível de serviço determinado a partir dos intervalos característicos de velocidades médias definidos nos quadros 8-1 e 8-2 do HCM, respectivamente, para segmentos genéricos e segmentos específicos de rampas.

5.6 Elaboração de Relatório de Análise da Revisão Anual de Desempenho dos Níveis de Serviço do Tráfego.

Na avaliação anual, a Concessionária emite um relatório especial, o Relatório Anual de Níveis de Serviço da Concessionária. Este relatório deverá conter uma análise crítica e os resultados de cada uma das atividades relacionadas na introdução deste capítulo 5, consolidando as observações constantes dos relatórios mensais do ano e complementadas, se necessário.

Tanto os Relatórios Mensais como o Relatório Especial Anual deverão apresentar o seguinte conteúdo mínimo:

- ✍ Análise da Suficiência do Monitoramento e Controle de Tráfego realizado nos segmentos homogêneos;
- ✍ Verificação da Qualidade e Suficiência dos dados obtidos através do sistema de monitoramento;
- ✍ Avaliação da adequação do registro e repasse dos dados de monitoramento;
- ✍ Adequação dos estudos de Capacidade e Níveis de Serviço com as diretrizes do HCM e com os procedimentos definidos pela **ARTESP**;

Para verificação da suficiência da Capacidade ofertada em cada segmento homogêneo da rede, por uma questão de coerência com as condições contratuais, no que diz respeito aos padrões de desempenho exigidos para Níveis de Serviço, poderá ser considerado que o Nível de Serviço característico de determinado ano e segmento é o Nível ocorrente na 51ª hora de maior demanda do ano:

- ✍ Para o caso de Vias de Múltiplas Faixas e Vias Expressas, a 51ª hora ordenada dentre as de maior densidade de tráfego no ano;
- ✍ Para o caso de vias de Pista Simples, operada em dois sentidos, a 51ª hora ordenada dentre as de menor velocidade média operacional.

A presente Instrução de Procedimentos Práticos para Cálculo de Capacidade Viária e Determinação de Nível de Serviço de Operação consiste na consolidação e complementação de conceitos e procedimentos técnicos, a partir de análises e estudos realizados pela **ARTESP**, com base no Highway Capacity Manual – HCM editado pelo TRB – Transportation Research Board, visando uma padronização de procedimentos para todo o **Programa** de Concessão de Rodovias de São Paulo.

É importante destacar, que um dos objetivos deste documento é que os técnicos desenvolvam agilidade e clareza com os conceitos aqui mostrados, na elaboração dos cálculos mensais e anuais para a determinação dos níveis de serviço de operação.

Cabe reiterar a importância dessa padronização, face aos seguintes aspectos:

- ✍ Obtenção de um padrão de operação nas rodovias concedidas do Estado de São Paulo, que de forma gradativa, possibilite a avaliação precisa do tráfego e da real capacidade viária, com planejamento adequado em tempo hábil, para possíveis soluções de ampliações.
- ✍ Maior credibilidade do Programa e agilidade no envio de informações das Concessionárias para a **ARTESP**.