

Título: Metodologia para Obtenção Nível de Serviço no Plano Operacional

Identificação:	ET-SUROD-GEFOR-C-TRA-DSV	Área Emitente:	SUROD	Revisão:	0	Folha:	1/37
<i>Início da Vigência:</i> 16 / fevereiro / 2026		<i>Técnico:</i> Lincoln Seiji Otsuichi					
<i>Verificação:</i> José Tavares de Moraes Filho		<i>Aprovação:</i> Roger da Silva Pêgas					
<i>Objetivos</i>							
<p>Esta Especificação Técnica tem por objetivo fornecer aos técnicos das Concessionárias as diretrizes para análise do comportamento esperado do tráfego e a determinação do Nível de Serviço Operacional em trechos em obras, ou seja, sob a influência de desvios provisórios que impactam na fluidez rodoviária.</p>							
<i>Documentos de Referência:</i>							
<ul style="list-style-type: none"> - CTB – Código de Trânsito Brasileiro - <i>Highway Capacity Manual</i>, versão de 2016 - Manual de Sinalização Rodoviária DER - Volume III 							
<i>Documentos Complementares de Referência:</i>							
<ul style="list-style-type: none"> - IP-00.000.000-0-A23-001-R42 - ET-SUROD-GEFOR-C-TRA-RNS-02/02 - IP-DE-J00/001 – DER/SP - Panitz, Mauri Adriano - Dicionário de Engenharia – Rodoviária e Logística – Português e Inglês – Ed. Alternativa 							
<i>Índice:</i>							
<ul style="list-style-type: none"> 1 – Objetivo 2 – Abrangência 3 – Definições 4 – Recursos 5 – Responsabilidades 6 – Metodologia 							
<i>Rev.</i>	<i>Técnico</i>	<i>Aprovação</i>	<i>Motivo da Revisão</i>			<i>Início da Vigência</i>	
0	Lincoln Seiji Otsuichi	Roger da Silva Pêgas	Emissão Inicial			16/02/2026	
<i>Observações:</i>							

Título: Metodologia para Obtenção Nível de Serviço no Plano Operacional

Identificação: ET-SUROD-GEFOR-C-TRA-DSV	Área Emitente: SUROD	Revisão: 0	Folha: 2/37
--	-------------------------	---------------	----------------

1. OBJETIVO

Fornecer aos técnicos das Concessionárias as diretrizes para análise do comportamento esperado do tráfego e para a determinação do Nível de Serviço Operacional em trechos em obras, ou seja, sob a influência de desvios provisórios que impactam na fluidez rodoviária, no cumprimento das normas vigentes referentes aos desvios de tráfego para execução de obras.

2. ABRANGÊNCIA

A padronização do procedimento de análise dos segmentos submetidos a obras permitirá que os técnicos das diversas concessionárias executem esta atividade de modo único, evitando dúvidas ou entendimentos equivocados quanto aos parâmetros, premissas e suas formas de obtenção.

3. DEFINIÇÕES

- Contagem Automática de Veículos: Contagem realizada por aparelhos contadores automáticos, construídos para esta finalidade.
- Contagem Manual de Veículos: Contagem realizada pela observação do tráfego por um elemento humano treinado para tal fim.
- Sistema Rodoviário: Conjunto de pistas de rolamento, suas respectivas faixas de domínio, edificações, instalações, veículos e equipamentos contidos nos trechos das rodovias concedidas.
- Rodovia Classe 0 (Vias Expressas): Rodovias com elevado padrão técnico de projeto, pista dupla e controle total de acesso, projetadas para operar a velocidades elevadas, até 120 km/h, com elevado VDM - volume diário médio.
- Rodovia Classe I: Rodovias com controle parcial de acesso, permitindo maior tolerância no que diz respeito às interferências causadas por acessos frequentes; projetadas com velocidade de projeto de até 100 km/h, para operar com elevado VDM. São divididas em: Classe IA: rodovias com pista dupla e CLASSE IB: rodovias com pista simples.
- Rodovia Classe II: Rodovias projetadas com velocidade de projeto de até 100 km/h, para operar com VDM moderado, da ordem de até 1400 veículos.
- Rodovia Classe III: Rodovias projetadas com velocidade de projeto de até 80 km/h, para operar com VDM da ordem de até 700 veículos. As rodovias vicinais, vias rurais municipais pavimentadas pelo DER/SP, se enquadram nesta categoria.
- Rodovia Classe IV: Rodovias projetadas com velocidade de projeto de até 80 km/h, com VDM de até 200 veículos. Geralmente não são pavimentadas, fazendo parte do sistema viário local.
- Segmento Homogêneo (SH): É o trecho de rodovia que apresenta características de tráfego semelhantes em toda sua extensão. Assim, um Segmento (S) é dito homogêneo (H) se mantém, ao longo de sua extensão, semelhança entre os fatores físicos (traçado em perfil; proximidade e quantidade de acessos, etc.) e operacionais (tipo e função da via; quantidade de pistas e faixas; volumes e composição do tráfego; densidade ocupacional lindeira, etc.). A metodologia completa para determinação de Segmentos Homogêneos pode ser encontrada no "*Highway Capacity Manual*".
- Veículo leve: Correspondendo a ciclomotor, motoneta, motocicleta, triciclo, quadriciclo, automóvel, utilitário, caminhonete ou caminhoneta, conforme a Resolução nº 340/2010 do CONTRAN e definições do Anexo I do CTB.

Título: Metodologia para Obtenção Nível de Serviço no Plano Operacional

Identificação: ET-SUROD-GEFOR-C-TRA-DSV	Área Emitente: SUROD	Revisão: 0	Folha: 3/37
--	-------------------------	---------------	----------------

- Veículo Pesado: Correspondendo a ônibus, micro-ônibus, caminhão, caminhão-trator, trator de rodas, trator misto, chassi-plataforma, motor-casa, reboque ou semirreboque e suas combinações, conforme a Resolução nº 340/2010 do CONTRAN e definições do Anexo I do CTB.
- Velocidade Média de Todos os Veículos (Média de Velocidades): É a média aritmética da velocidade individual dos veículos que passam num ponto da rodovia ou de uma faixa, em quilômetros por hora.
- Volume Diário Médio (VDM): Volume total de tráfego que se verifica em determinada seção da via, durante determinado período de tempo, superior a um dia e inferior a um ano, dividido pelo número de dias considerado.
- Fluxo Ininterrupto: Não tem elementos fixos (semáforos) que causam interrupção do tráfego.
- Fluxo Interrompido: Existem elementos fixos que causam interrupções no fluxo (semáforos, sistema “pare-siga”).
- Capacidade: Máxima taxa horária de fluxo de tráfego que pode ser esperada numa seção da via, por sentido (ou nos 2 sentidos para o caso de pistas simples), durante um dado período de tempo (normalmente 1 hora), nas condições prevalecentes da via e do tráfego.
- Nível de serviço: É a medida qualitativa da influência de vários fatores nas condições de funcionamento de uma via, sujeita a diversos volumes de tráfego. São elas: velocidade, tempo de percurso, interrupção do tráfego, liberdade de manobras, etc.
- Nível de serviço A: Corresponde a uma situação de fluidez do tráfego, com baixo fluxo de tráfego e velocidades altas, somente limitadas pelas condições físicas da via. Os condutores não se veem forçados a manter determinada velocidade por causa de outros veículos.
- Nível de serviço B: Corresponde a uma situação estável, que não se produzem mudanças bruscas na velocidade, ainda que esta comece a ser condicionada por outros veículos. Os condutores podem manter velocidades de serviço razoáveis e em geral escolhem a faixa de tráfego por onde circulam.
- Nível de serviço C: Corresponde a uma circulação estável, mas a velocidade e a manobrabilidade estão consideravelmente condicionadas pelo restante do tráfego. Os adiantamentos e as trocas de faixa são mais difíceis, mas as condições de circulação são toleráveis.
- Nível de serviço D: Corresponde a uma situação que começa a ser instável, se produzem trocas bruscas e imprevistas na velocidade e a manobrabilidade dos condutores está muito restringida pelo restante do tráfego.
- Nível de serviço E: As taxas de fluxo estão próximas a capacidade da via e as velocidades são baixas. As paradas são frequentes, sendo instáveis e forçadas as condições de circulação. A capacidade da Rodovia corresponde ao nível “E”.
- Nível de serviço F: O nível F corresponde a uma circulação muito forçada, com velocidades baixas e filas frequentes que obrigam a detenções que podem ser prolongadas. O extremo do nível F é um absoluto congestionamento da via (que se alcança nas horas de pico ou fluxos restringidos por acidentes, desvios, etc.).

Título: Metodologia para Obtenção Nível de Serviço no Plano Operacional

Identificação: ET-SUROD-GEFOR-C-TRA-DSV	Área Emitente: SUROD	Revisão: 0	Folha: 4/37
--	-------------------------	---------------	----------------

4. RECURSOS

As Concessionárias deverão dispor de recursos humanos e materiais para realizar as atividades previstas nesta Especificação Técnica (ET) para os planos operacionais nas rodovias relativas ao seu lote.

5. RESPONSABILIDADES

É de responsabilidade da SUROD-GEFOR:

- Definir as informações de interesse a serem coletadas e fornecidas pelas concessionárias.
- Definir o prazo para o envio das informações prestadas pelas concessionárias.
- Revisar esta Especificação Técnica quando necessário.

É de responsabilidade da Concessionária:

- Disponibilizar os recursos humanos e materiais necessários para garantir a realização das atividades previstas nesta ET.
- Garantir treinamento adequado, necessário para o desenvolvimento das tarefas pertinentes a este serviço.
- Obedecer ao conteúdo desta Especificação Técnica.
- Enviar as informações solicitadas para a SUROD-GEFOR no prazo estipulado pela SUROD-GEFOR.

6. METODOLOGIA

Durante uma concessão, as obras na faixa de domínio ou na faixa de rolamento são ações que podem influenciar no comportamento e na operação de tráfego nas vias, reduzindo a capacidade, a velocidade do fluxo livre ou ambos. Estas situações provisórias, em um ou ambos os lados da pista, podem afetar as condições oferecidas aos motoristas.

Esta Especificação Técnica define o procedimento de análise a ser usado no planejamento dos desvios de tráfego submetidos à aprovação da ARTESP, conforme CIR.DOP.0021/17.

O *Highway Capacity Manual (HCM)* do *Transportation Research Board* é documento referência para estabelecimento de conceitos, critérios e procedimentos metodológicos a serem adotados nos estudos de capacidade e de níveis de serviço das rodovias concedidas do Estado de São Paulo.

6.1. Modelo de Cálculo para Desvio de Obra em Vias Expressas ou Múltiplas Faixas

As concessionárias deverão proceder à análise do tráfego, em cada trecho rodoviário sob influência de obras, obedecendo aos seguintes passos:

Limites espaciais e temporais

Título: Metodologia para Obtenção Nível de Serviço no Plano Operacional

Identificação: ET-SUROD-GEFOR-C-TRA-DSV	Área Emitente: SUROD	Revisão: 0	Folha: 5/37
--	-------------------------	---------------	----------------

Semelhante à análise metodológica para análise do nível de serviço em segmentos homogêneos, a metodologia usada para avaliação do comportamento durante um desvio de obra temporário é limitada a períodos mínimos de 15 minutos.

Tendo em vista que o desvio proposto para a implantação das obras e as atividades durante a construção estarão presentes no período noturno e em horários fora de pico, o técnico pode considerar a extensão temporal da análise para incluir as condições de pico e fora de pico.

Dados e variáveis necessárias

Para determinar os impactos de um desvio de obra na capacidade básica do segmento de uma Rodovia, o técnico deverá especificar, primeiramente, o tipo de estreitamento que será realizado na via, tipo de dispositivo de contenção lateral, tipo de área (urbana ou rural), distância às obstruções laterais e período (diurno ou noturno).

Para determinar a velocidade praticada no trecho sob influência do desvio de obra, deve-se determinar a relação entre os limites das velocidades regulamentadas sem obras e no período de obras, bem como o número de acessos dentro de uma extensão de 4,8 km a jusante e a montante do local em obras. As variáveis utilizadas nos cálculos são definidas como se segue:

- **LCSI**: índice de gravidade de fechamento de pista (lane closure severity index);
- **F_{BR}**: Fator de ajuste para o tipo de dispositivo de contenção lateral: utiliza-se (0) para barreiras rígidas de concreto; (1) para cones, tambores plásticos ou barreiras de plástico;
- **F_{AT}**: Fator de ajuste para o tipo de área no entorno: utiliza-se (0) para áreas urbanas; (1) para áreas rurais;
- **F_{LAT}**: Distância lateral livre até o dispositivo de contenção, entre 0 e 3,6 m;
- **F_{DN}**: Fator de ajuste para o período diurno ou noturno: utiliza-se (0) para período diurno; (1) para período noturno;
- **F_{SR}**: a relação (decimal) entre os limites regulamentados das velocidades sem obras e durante o desvio de obra;
- **SL_{WZ}**: velocidade regulamentada no desvio de obra (km/h);
- **TRD**: densidade total de acessos (acessos / km); para análises isoladas, os acessos devem ser contados a uma distância de 4,8 km a montante e a jusante do desvio de obra.

O índice de gravidade de fechamento de pista (**LCSI**) é calculado da seguinte maneira:

$$LCSI = \frac{1}{OR \cdot No}$$

Fonte: HCM (2016).

Sendo:

OR = relação entre o número de faixas de tráfego livre durante um desvio de obra e o número total de faixas da via;

No = número de faixas livres no desvio de obra.

Título: Metodologia para Obtenção Nível de Serviço no Plano Operacional

Identificação: ET-SUROD-GEFOR-C-TRA-DSV	Área Emitente: SUROD	Revisão: 0	Folha: 6/37
--	-------------------------	---------------	----------------

O *LCSI* fornece um valor único para diferentes configurações de fechamento de pista, em que valores mais altos geralmente correspondem a um cenário de fechamento de faixa mais severo. Isso é ilustrado na tabela abaixo:

Número total de faixas	Número de faixas livres	Relação entre faixas (OR)	LCSI
3	3	1.00	0.33
2	2	1.00	0.50
4	3	0.75	0.44
3	2	0.67	0.75
4	2	0.50	1.00
2	1	0.50	2.00
3	1	0.33	3.00
4	1	0.25	4.00

Fonte: HCM (2016).

Capacidade de tráfego e a taxa de dissipação de fila para a via durante o desvio de obra

A capacidade de tráfego durante o desvio de obra da rodovia corresponde à máxima taxa de fluxo estável antes do congestionamento da via.

A taxa de dissipação de fila (QDR_{WZ}) (carros de passeio/hora/faixa) pode ser facilmente medida usando câmeras de vídeo ou outras ferramentas de coleta de dados, em intervalos de 15 minutos, sendo definida pela seguinte equação:

$$QDR_{WZ} = 2.093 - 154 \times LCSI - 194 \times F_{Br} - 179 \times F_{AT} + 29,53 \times F_{LAT} - 59 \times F_{DN}$$

Fonte: Adaptado HCM (2016)

A capacidade da via durante o estreitamento no desvio de obra (C_{WZ}) (carros de passeio/hora/faixa) pode ser estimada a partir da taxa de fluxo de tráfego no desvio de obra:

$$C_{WZ} = \frac{QDR_{WZ}}{100 - \alpha_{WZ}} \times 100$$

Fonte: HCM (2016).

Sendo:

C_{WZ} : capacidade da via durante o desvio de obra (cp/h/faixa)

α_{WZ} : queda percentual na capacidade devido às condições de tráfego em porcentagem, sendo utilizado (7%) nas condições de tráfego normal e (13,4%) em locais de obras.

Velocidade de fluxo livre durante o desvio de obra

O modelo para a velocidade de fluxo livre no desvio de obra foi desenvolvido através de observações de velocidades praticadas em desvios de obra durante condições de baixo fluxo. O modelo só deve ser usado se não houver estimativas locais de velocidade de fluxo livre disponíveis.

Título: Metodologia para Obtenção Nível de Serviço no Plano Operacional

Identificação: ET-SUOD-GEFOR-C-TRA-DSV	Área Emitente: SUOD	Revisão: 0	Folha: 7/37
--	-------------------------------	----------------------	-----------------------

A velocidade de fluxo livre em áreas de obra (FFS_{WZ}) em km/h é determinado pela seguinte equação:

$$FFS_{WZ} = 16,01 + 53,90 \times F_{SR} + 0,53 \times SL_{WZ} - 9,01 \times LCSI - 6,18 \times F_{BR} - 2,75 \times F_{DN} - 14,10 \times TRD$$

Fonte: Adaptado HCM (2016).

$90 \text{ km/h} < FFS_{WZ} \leq 100 \text{ km/h}$	$S_{WZ} = FFS_{WZ} - \left[\left(\frac{9,3}{25} FFS_{WZ} - \frac{630}{25} \right) \cdot \left(\frac{VHP_{eq} - 1400}{15,7 \cdot FFS_{WZ} - 770} \right)^{1,31} \right]$
$80 \text{ km/h} < FFS_{WZ} \leq 90 \text{ km/h}$	$S_{WZ} = FFS_{WZ} - \left[\left(\frac{10,4}{26} FFS_{WZ} - \frac{696}{26} \right) \cdot \left(\frac{VHP_{eq} - 1400}{15,6 \cdot FFS_{WZ} - 704} \right)^{1,31} \right]$
$70 \text{ km/h} < FFS_{WZ} \leq 80 \text{ km/h}$	$S_{WZ} = FFS_{WZ} - \left[\left(\frac{11,1}{27} FFS_{WZ} - \frac{728}{27} \right) \cdot \left(\frac{VHP_{eq} - 1400}{15,9 \cdot FFS_{WZ} - 672} \right)^{1,31} \right]$
$FFS_{WZ} = 70 \text{ km/h}$	$S_{WZ} = FFS_{WZ} - \left[\left(\frac{3}{28} FFS_{WZ} - \frac{75}{14} \right) \cdot \left(\frac{VHP_{eq} - 1400}{25 \cdot FFS_{WZ} - 1250} \right)^{1,31} \right]$

Fonte: Adaptado HCM (2000).

Para $VHP_{eq} \leq 1400$ carros de passeio/hora/faixa, $S_{WZ} = FFS_{WZ}$

Para o cálculo da densidade no desvio de obra (relação entre fluxo e velocidade – em carros de passeio/km/faixa), deve-se utilizar o fluxo de veículos (VHP_{eq}) e a velocidade média (S_{WZ}), que é função da velocidade de fluxo livre (FFS_{WZ}).

Cálculo das densidades

O Volume horário equivalente em carros de passeio (cp) é calculado:

$$VHP_{eq} = \frac{VHP}{FPH \times N \times f_{hv} \times f_p}$$

Sendo:

VHP : volume horário de projeto (veículos/hora);

FPH : fator de pico horário;

N : número de faixas da pista;

f_p : fator de ajuste devido à população de motoristas;

f_{hv} : fator de ajuste devido à presença de veículos pesados no fluxo de tráfego.

O fator de ajuste devido à presença de veículos pesados no fluxo de tráfego é assim definido:

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + P_T \times (E_T - 1) + P_R \times (E_R - 1)}$$

Título: Metodologia para Obtenção Nível de Serviço no Plano Operacional

Identificação: ET-SUROD-GEFOR-C-TRA-DSV	Área Emitente: SUROD	Revisão: 0	Folha: 8/37
--	-------------------------	---------------	----------------

Sendo:

 P_T : porcentagem de veículos pesados no fluxo de tráfego;

 E_T : fatores de equivalência para os veículos pesados em relação aos veículos de passeio;

 P_R : porcentagem de veículos recreacionais no fluxo de tráfego;

 E_R : fatores de equivalência para os veículos recreacionais em relação aos veículos de passeio.

Devido à presença de caminhões, ônibus e veículos recreacionais, é necessário efetuar ajustes nos volumes de veículos. Recomenda-se a utilização dos mesmos fatores de equivalência para ônibus e caminhões, uma vez que não há evidências de que as suas características operacionais apresentem diferenças significativas.

Na presente análise, o equivalente de veículos pesados pode ser determinado a partir da classificação do terreno em plano, ondulado e montanhoso.

Os segmentos com rampas com inclinação superior a 3% e extensão superior a 800 metros, ou inclinação inferior a 3% e extensão superior a 1600 metros, são analisados separadamente pelo efeito no fluxo de tráfego da via. Para tanto, nas rampas ascendentes são utilizados os equivalentes de veículos comerciais e recreacionais. Nas rampas descendentes têm-se os equivalentes de veículos comerciais e para veículos recreacionais adota-se os equivalentes de terreno plano.

O fator de ajuste devido ao tipo de motorista é determinado em função da utilização da via, variando de 1,00 para vias de uso direto até 0,80 para vias recreacionais.

A densidade de tráfego é calculada por:

$$D = \frac{VHP_{eq}}{S}$$

Sendo:

 D : densidade de tráfego na via, em carros de passeio/km/faixa;

 VHP_{eq} : volume horário de projeto, em carros de passeio/h/faixa;

 S : velocidade média, em km/h.

Cálculo da velocidade média:

Tabela 6.1 – Valores de LCSI para diversas condições de fechamento de pista

90 km/h < FFS ≤ 100 km/h	$S = FFS - \left[\left(\frac{9,3}{25} FFS - \frac{630}{25} \right) \cdot \left(\frac{VHP_{eq} - 1400}{15,7 \cdot FFS - 770} \right)^{1,31} \right]$
80 km/h < FFS ≤ 90 km/h	$S = FFS - \left[\left(\frac{10,4}{26} FFS - \frac{696}{26} \right) \cdot \left(\frac{VHP_{eq} - 1400}{15,6 \cdot FFS - 704} \right)^{1,31} \right]$
70 km/h < FFS ≤ 80 km/h	$S = FFS - \left[\left(\frac{11,1}{27} FFS - \frac{728}{27} \right) \cdot \left(\frac{VHP_{eq} - 1400}{15,9 \cdot FFS - 672} \right)^{1,31} \right]$
$FFS = 70$ km/h	$S = FFS - \left[\left(\frac{3}{28} FFS - \frac{75}{14} \right) \cdot \left(\frac{VHP_{eq} - 1400}{25 \cdot FFS - 1250} \right)^{1,31} \right]$

Fonte: HCM (2000).

Título: Metodologia para Obtenção Nível de Serviço no Plano Operacional

Identificação: ET-SUOD-GEFOR-C-TRA-DSV	Área Emitente: SUOD	Revisão: 0	Folha: 9/37
---	------------------------	---------------	----------------

 Para $VHP_{eq} \leq 1400$ carros de passeio/hora/faixa, $S = FFS$
Tabela 6.2. – Parâmetros para a determinação do Nível de Serviço

Velocidade de fluxo livre	Critério	Nível de Serviço				
		A	B	C	D	E
100 km/h	Densidade máxima (veículos/km/faixa)	7	11	16	22	25
	Velocidade média (km/h)	100,0	100,0	98,4	91,5	88
	Taxa máxima volume / capacidade (v/c)	0,32	0,50	0,72	0,92	1,00
	Taxa máxima de fluxo de serviço (veículos/h/faixa)	700	1100	1575	2015	2200
90 km/h	Densidade máxima (veículos/km/faixa)	7	11	16	22	26
	Velocidade média (km/h)	90,0	90,0	89,8	84,7	80,8
	Taxa máxima volume / capacidade (v/c)	0,30	0,47	0,68	0,89	1,00
	Taxa máxima de fluxo de serviço (veículos/h/faixa)	630	990	1435	1860	2100
80 km/h	Densidade máxima (veículos/km/faixa)	7	11	16	22	27
	Velocidade média (km/h)	80,0	80	80	77,6	74,1
	Taxa máxima volume / capacidade (v/c)	0,28	0,44	0,64	0,85	1,00
	Taxa máxima de fluxo de serviço (veículos/h/faixa)	560	880	1280	1705	2000
70 km/h	Densidade máxima (veículos/km/faixa)	7	11	16	22	28
	Velocidade média (km/h)	70,0	70,0	70,0	69,6	67,9
	Taxa máxima volume / capacidade (v/c)	0,26	0,41	0,59	0,81	1,00
	Taxa máxima de fluxo de serviço (veículos/h/faixa)	490	770	1120	1530	1900

Fonte (DER/SP).

Observação: A determinação de parâmetros de controle de densidade e velocidade para o nível de serviço F é difícil mensuração devido à alta instabilidade e grande variação do fluxo e velocidade. Esse nível de serviço é definido pela relação de volume/capacidade maior que 1.

Limitações da metodologia

- A metodologia fornece uma estimativa de capacidade e reduções de velocidade de fluxo livre nas condições do desvio de obra. Essas estimativas devem ser usadas somente quando os dados locais não estiverem disponíveis.
- A metodologia deve ser usada com cautela em rampas íngremes quando uma única faixa de percurso estiver aberta. Nesta condição, veículos pesados podem desacelerar para baixas velocidades, aumentando a porcentagem de tempo em pelotão.

Título: Metodologia para Obtenção Nível de Serviço no Plano Operacional

Identificação: ET-SUROD-GEFOR-C-TRA-DSV	Área Emitente: SUROD	Revisão: 0	Folha: 10/37
--	-------------------------	---------------	-----------------

- A metodologia não leva em conta os impactos da aplicação de fiscalizações na velocidade e capacidade do fluxo livre.
- A metodologia não modela os impactos de diferentes condições de pavimento na velocidade e capacidade de fluxo livre.
- A metodologia pressupõe uma largura nominal de pista de 3,60m no desvio de obra da rodovia. Os técnicos precisam ajustar os resultados para larguras de pista mais estreitas.
- A equação de previsão da taxa de fluxo de tráfego aplica-se aos segmentos básicos de via expressa ou múltiplas faixas. Suas estimativas devem ser ajustadas para configurações especiais de desvio de obra como entrelaçamentos, divergências ou convergências.
- Desvio de obra com distância lateral mínima pode ter capacidade e velocidade de fluxo livre abaixo das estimativas dadas pelos modelos.
- As equações utilizam veículos equivalentes, portanto, incorpora os efeitos da presença de veículos pesados e do terreno.

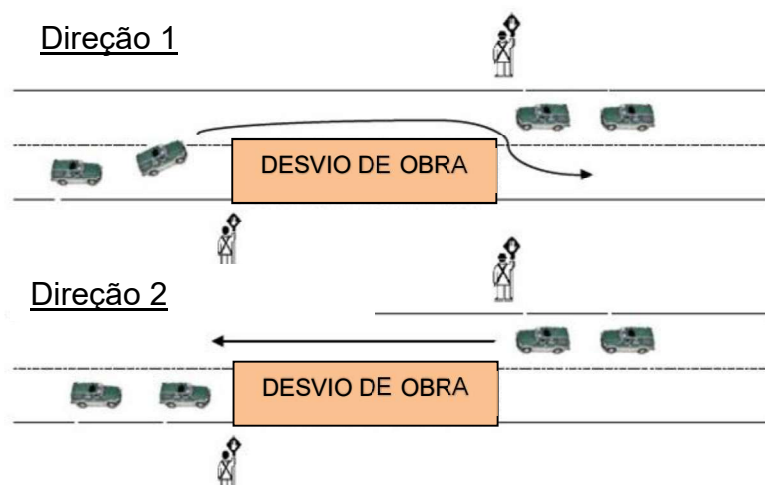
6.2. Modelo de Cálculo para Desvio de Obra em Pista Simples do Tipo “PARE E SIGA”

O bloqueio de uma faixa de tráfego em rodovias de pista simples converte o fluxo de tráfego ininterrupto, em uma condição de fluxo interrompido. Com dispositivos de controle de tráfego (bandeiras ou sinais) fornecidos em cada extremidade, a operação do fechamento da via pode ser descrita em termos semelhantes aos utilizados para uma interseção semaforizada.

Para o cálculo da capacidade típica, o técnico deve especificar informações de tráfego (incluindo demandas de tráfego, velocidade de deslocamento e porcentagem de veículos pesados), configuração geométrica (largura da pista, folga lateral, limite de velocidade) e dados da obra (incluindo o comprimento do desvio de obra, o tempo de sinal verde e o plano operacional).

Na Figura abaixo, a direção 1 refere-se à viagem cuja faixa está bloqueada pelo desvio de obra; A direção 2 refere-se à viagem com a faixa aberta.

Figura 6.1 - Exemplo de configuração de desvio de obra em pista simples



Fonte: Adaptado HCM (2016).

Título: Metodologia para Obtenção Nível de Serviço no Plano Operacional

Identificação: ET-SUROD-GEFOR-C-TRA-DSV	Área Emitente: SUROD	Revisão: 0	Folha: 11/37
--	-------------------------	---------------	-----------------

Alguns dados, como velocidade média de viagem, taxa de fluxo de saturação e duração do intervalo verde, podem ser de difícil coleta no campo. Deve-se considerar, para cálculos de capacidade, que os dados de campo são preferenciais quando estão disponíveis.

Para determinar a taxa de fluxo de saturação de uma interseção sinalizada, deve-se contar e cronometrar o número de veículos em fila que passam para determinar o headway de veículos. Como o controle de tráfego do desvio de obra de pista simples geralmente tem comprimento de ciclo muito maior do que uma interseção sinalizada típica, se recomenda um período de 30 a 60 minutos para a coleta dos dados. Períodos mais longos são melhores na medida do possível. A capacidade do desvio de obra pode ser determinada a partir da taxa de fluxo de saturação medida em relação ao comprimento de ciclo livre para passagem (verde).

A capacidade de tráfego é o número de veículos equivalentes atendidos através do desvio de obra por ciclo ou por hora. Pode ser determinado com base na taxa de fluxo de saturação nos pontos de controle e o tempo do ciclo de controle.

O tempo do ciclo é determinado pelas operações de sinalização em cada ponto de acesso e o tempo necessário para percorrer o trecho em obra.

O tempo de viagem depende da velocidade média de viagem (ATS – *average travel speed*) do pelotão de veículos que percorrem o trecho em obras

Medidas de desempenho incluindo atraso e tamanho da fila podem ser calculadas usando a capacidade e a duração do ciclo.

Velocidade Média de Viagem durante o desvio de obra

Utiliza-se as equações abaixo para o cálculo da velocidade média de viagem (ATS):

$$S_1 = 0,615 \cdot S_L - f_{LS} - f_A - 3,86 \text{ (velocidade na direção da pista com desvio)}$$

$$S_2 = 0,692 \cdot S_L - f_{LS} - f_A - 3,86 \text{ (velocidade na direção da pista livre)}$$

Fonte: Adaptado HCM (2016).

Sendo:

S_i : Velocidade média de viagem na direção i (km/h),

S_L : Velocidade regulamentada para o segmento da rodovia de pista simples (km/h);

f_{LS} : Ajuste da velocidade para largura da faixa e distância do obstáculo (km/h);

f_A : Ajuste da velocidade para densidade de pontos de acesso (km/h).

Tabela 6.3 - Redução da velocidade em relação a largura da faixa e distância do obstáculo - f_{LS} (km/h)

Largura da faixa (m)	Distância do obstáculo (m)			
	0,0 - 0,60	0,6 - 1,2	1,2 - 1,8	$\geq 1,8$
2,7 < 3,0	10,3	7,7	5,6	3,5
$\geq 3,0 < 3,3$	8,5	5,9	3,8	1,7
$\geq 3,3 < 3,6$	7,5	4,9	2,8	0,7
$\geq 3,6$	6,8	4,2	2,1	0,0

Fonte: Adaptado HCM (2016).

Título: Metodologia para Obtenção Nível de Serviço no Plano Operacional

Identificação: ET-SUROD-GEFOR-C-TRA-DSV	Área Emitente: SUROD	Revisão: 0	Folha: 12/37
--	-------------------------	---------------	-----------------

Tabela 6.4 - Redução da velocidade em relação a densidade dos pontos de acesso – f_A (km/h)

Número de acessos por km	Fator de redução na FFS (km/h)
0	0,0
6	4,0
12	8,0
19	12,1
≥ 25	16,1

Fonte: Adaptado HCM (2016).

Taxa de fluxo para a via durante o desvio de obra

 A taxa de fluxo de saturação (Q_i) pode ser estimada usando as equações abaixo:

$$Q_i = \frac{3600}{\hat{h}_i}$$

$$\hat{h}_i = h_0 \times f_{velocidade,i}$$

$$f_{velocidade,i} = 1 - 0,0033 \times (\text{menor } [S_i, 70] - 70)$$

Fonte: Adaptado HCM (2016).

Sendo:

 Q_i : Taxa de fluxo de saturação para a direção i (carros de passeio/h);

 \hat{h}_i : Tempo ajustado de headway para a direção i (s);

 h_0 : headway (distância entre a passagem sucessiva da frente de dois veículos consecutivos num dado período de tempo) de saturação de base (s/carro de passeio) = 3.600/1.900 = 1,89 s/cp;

 $f_{velocidade,i}$: ajuste da velocidade média de viagem para a direção i (decimal); e

 S_i : velocidade média de viagem na direção i (km/h).

Estimar o tempo do horário verde

Na maioria dos desvios aplica-se o controle por dispositivo manual (placa, bandeira), para o qual o tempo verde em cada ciclo não é fixo.

O tempo verde direcional ideal pode ser encontrado usando a Equação abaixo:

$$G_{opt} = \begin{cases} 20 & 0,12303 \times L < 20 \\ 0,12303 \times L & 20 \leq 0,12303 \times L \leq 60 \\ 60 & 0,12303 \times L > 60 \end{cases}$$

Fonte: Adaptado HCM (2016).

Sendo:

 G_{opt} : tempo verde direcional ideal (s);

L : comprimento do desvio (m).

Título: Metodologia para Obtenção Nível de Serviço no Plano Operacional

Identificação: ET-SUOD-GEFOR-C-TRA-DSV	Área Emitente: SUOD	Revisão: 0	Folha: 13/37
---	------------------------	---------------	-----------------

Para garantir que o tráfego possa ser totalmente descarregado em duas direções, os comprimentos efetivos de tempo de verde devem satisfazer as equações abaixo:

$$G_i \geq G_{i,min} = \frac{v_i}{Q_i - v_i} \times (C - G_i)$$

$$C = \frac{L}{S_1/3,6} + \frac{L}{S_1/3,6} + G_1 + G_2 + 2 \cdot L_S$$

Fonte: Adaptado HCM (2016).

Sendo:

G_i : tempo verde efetivo para a direção i (s);

$G_{i,min}$: tempo verde mínimo para a direção i (s);

Q_i : taxa de fluxo de saturação para a direção i (carros de passeio/h);

v_i : taxa de fluxo de demanda para a direção i (carros de passeio/h);

C : comprimento do ciclo (s);

S_i : velocidade média de viagem na direção i (km/h);

L_S : tempo perdido de arranque (s);

L : comprimento da zona de trabalho (m)

Capacidade de tráfego durante o desvio de obra

A metodologia para estimar a capacidade de tráfego sob influência de um desvio de obra em pista simples com uma faixa bloqueada.

A capacidade direcional é calculada pela Equação:

$$c_i = \frac{Q_i \times G_i}{C}$$

Fonte: HCM (2016).

Sendo:

c_i : capacidade de direção i (carros de passeio/h);

Q_i : taxa de fluxo de saturação para a direção i (carros de passeio/h);

G_i : tempo verde efetivo para a direção i (s) e;

C : duração do ciclo (s).

O tempo de início de operação é o tempo decorrido entre o último veículo na direção oposta saindo do desvio e a entrada do primeiro veículo na fila iniciando o trajeto. Este tempo independe da direção do tráfego, pois as duas direções seguem o mesmo plano de controle de tráfego. Recomenda-se um valor de 2 segundos para cada direção.

O total da capacidade total (cp/h) pode ser calculado somando as duas capacidades direcionais, como mostrado na Equação:

$$C_{total} = C1 + C2 = \frac{(Q_1 \cdot G_1) + (Q_2 \cdot G_2)}{C}$$

Fonte: HCM (2016).

Título: Metodologia para Obtenção Nível de Serviço no Plano Operacional

Identificação: ET-SUROD-GEFOR-C-TRA-DSV	Área Emitente: SUROD	Revisão: 0	Folha: 14/37
--	-------------------------	---------------	-----------------

Análise de fila e atrasos durante o desvio de obra

As etapas anteriores evidenciaram um procedimento simples para a capacidade direcional do desvio de obras para rodovias de pistas simples. Na prática, também pode ser útil ter dados de desempenho como atrasos e filas. Os usuários podem aplicar o modelo para determinar o melhor plano de controle, minimizando os dados de atraso e enfileiramento dos veículos.

Uma maneira simples de estimar o atraso do veículo e o comprimento da fila é supondo um fluxo de tráfego determinístico para ambas as direções. A figura abaixo mostra o diagrama de filas para um desvio de obra de pista simples. Não obstante, estimativas mais precisas podem ser calculadas a partir de simulações microscópicas que incorporam processos aleatórios. Essas estimativas podem ser difíceis de realizar na prática por causa do tempo extra e recursos necessários.

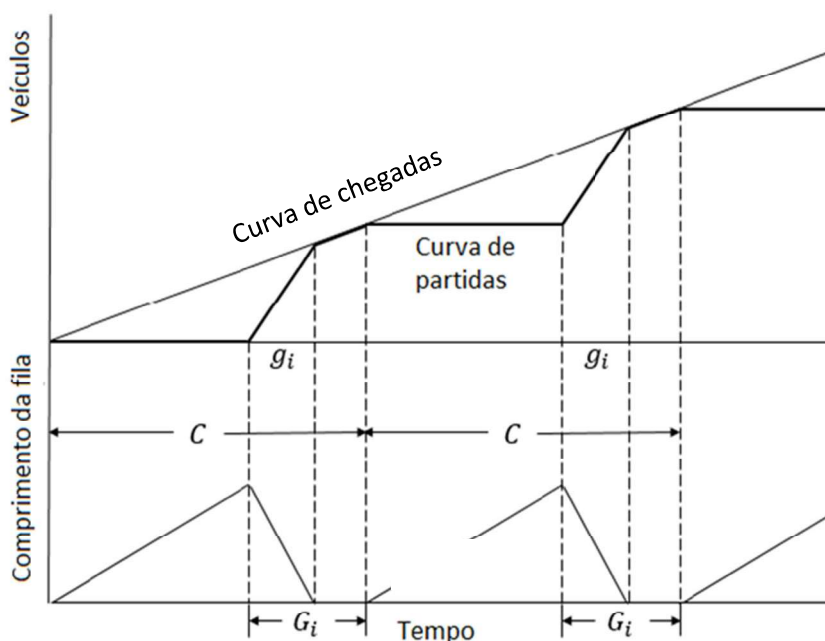
O comprimento máximo da fila para cada direção $Q_{i,máx}$ (carros de passeio) é a altura dos triângulos na área de comprimento da fila da exposição. Esses comprimentos podem ser calculados para as Direções 1 e 2, respectivamente.

$$Q_{1,máx} = \frac{v_1}{3600} \cdot \left(\frac{L}{S_1/3,6} + \frac{L}{S_2/3,6} + G_2 + 2 \cdot L_S \right)$$

$$Q_{2,máx} = \frac{v_2}{3600} \cdot \left(\frac{L}{S_1/3,6} + \frac{L}{S_2/3,6} + G_1 + 2 \cdot L_S \right)$$

Fonte: Adaptado HCM (2016).

Figura 6.2 – Diagrama da fila para uma rodovia de pista simples com desvio de obra



Fonte: Adaptado HCM (2016).

Título: Metodologia para Obtenção Nível de Serviço no Plano Operacional

Identificação: ET-SUROD-GEFOR-C-TRA-DSV	Área Emitente: SUROD	Revisão: 0	Folha: 15/37
--	-------------------------	---------------	-----------------

Para condições normais, o atraso do veículo direcional causado por um desvio de obra com uma pista fechada pode ser representado por:

$$d = d_1 + d_2$$

Sendo:

d : Atraso de controle por carro de passeio (s/carro de passeio),

d_1 : Atraso de controle uniforme assumindo chegadas de tráfego uniformes (s/carro de passeio)

d_2 : Atraso incremental resultante de chegadas aleatórias e saturação excessiva filas (s/cp).

Para cada direção i , o atraso total de controle direcional uniforme por ciclo $D_{1,i}$ (s) é a área do triângulo no diagrama de comprimento da fila (Figura). Isto é calculado como metade do comprimento da fila multiplicado pela duração da fila. $D_{1,i}$ é dado pela Equação a seguir:

$$D_{1,i} = \frac{Q_i \cdot v_i}{2 \cdot (Q_i - v_i)} \cdot (C - G_i)^2$$

Fonte: HCM (2016).

O atraso uniforme médio na direção i é dado pela Equação:

$$d_{1,i} = \frac{D_{1,i}}{v_i \cdot C} = Q_i \cdot \frac{(C - G_i)^2}{2 \cdot (Q_i - v_i) \cdot C}$$

Fonte: HCM (2016).

Finalmente, a média incremental de atraso na direção i é dado pela equação

$$d_{2,i} = 900 \cdot T \cdot \left[(X_i - 1) + \sqrt{(X_i - 1)^2 + \frac{8 \cdot k \cdot I \cdot X_i}{c_i \cdot T}} \right]$$

Fonte: HCM (2016).

Sendo:

T : duração do período de análise (h);

k : fator de atraso incremental (decimal), adotado = 0,50;

I : fator de ajuste de filtragem a montante (decimal), adotado = 1,0;

c_i : capacidade direcional (carros de passeio/h)

X_i : relação volume/capacidade direcional ou grau de saturação (adimensional).

O atraso médio por carro de passageiro é a soma do total atrasos na mesma direção, dividido pelo número total de carros de passageiros:

$$d = \frac{(d_{1,1} + d_{2,1}) \cdot v_1 + (d_{1,2} + d_{2,2}) \cdot v_2}{v_1 + v_2}$$

Fonte: HCM (2016).

Título: Metodologia para Obtenção Nível de Serviço no Plano Operacional

Identificação: ET-SUROD-GEFOR-C-TRA-DSV	Área Emitente: SUROD	Revisão: 0	Folha: 16/37
--	-------------------------	---------------	-----------------

Nas equações que calculam o comprimento da fila e o atraso do veículo, todas as variáveis são dadas por parâmetros de rodovia ou de tráfego, exceto que o tempo de verde direcional G_i deve ser determinado pelos usuários. Assim, podemos alterar o controle de tráfego para otimizar o resultado. No entanto, não se deve escolher arbitrariamente um valor efetivo de tempo verde.

Nível de Serviço

A média do controle do atraso por veículo é estimada para cada direção. Está diretamente relacionado ao valor do atraso de controle e se assemelha a uma interseção semaforizada:

Nível de Serviço	Controle do atraso por veículo (s/carro de passeio)
A	≤ 10
B	>10-20
C	>20-35
D	>35-55
E	>55-80
F	>80

Fonte: HCM (2000).

Limitações da metodologia

- A metodologia fornece uma estimativa de capacidade e reduções de velocidade de fluxo livre nas condições do desvio de obra. Essas estimativas devem ser usadas somente quando os dados locais não estiverem disponíveis.
- A metodologia não modela os impactos de diferentes condições de pavimento na velocidade e capacidade de fluxo livre.
- Desvio de obra com distância lateral mínima pode ter capacidade e velocidade de fluxo livre abaixo das estimativas dadas pelos modelos.

Título: Metodologia para Obtenção Nível de Serviço no Plano Operacional

Identificação: ET-SUROD-GEFOR-C-TRA-DSV	Área Emitente: SUROD	Revisão: 0	Folha: 17/37
--	-------------------------	---------------	-----------------

7. ANÁLISE DE NÍVEL DE SERVIÇO (*Roteiro de Cálculo*)

7.1. Pista de Múltiplas Faixas

Nível de Serviço Atual

Para o cálculo do nível de serviço, na tabela a seguir são apresentados os Volumes Horário de Projeto equivalente (VHP equivalente) as densidades (D):

Tabela 7.1 – Modelo: VHP equivalente atual do Segmento - carros de passeio

Intervalo	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado	Domingo
00:00	398	403	430	418	428	497	454
01:00	259	256	283	293	279	343	289
02:00	194	230	214	218	243	264	188
03:00	200	236	245	241	250	259	176
04:00	340	378	371	378	381	316	223
05:00	769	731	677	747	768	473	230
06:00	1.477	1.296	1.239	1.364	1.300	844	418
07:00	1.652	1.504	1.454	1.578	1.458	1.263	744
08:00	1.610	1.571	1.525	1.610	1.590	1.669	984
09:00	1.772	1.795	1.821	1.883	1.769	1.745	1.253
10:00	1.725	1.738	1.784	1.778	1.743	1.866	1.585
11:00	1.619	1.601	1.670	1.605	1.657	1.759	1.720
12:00	1.429	1.498	1.493	1.464	1.575	1.575	1.515
13:00	1.568	1.680	1.630	1.693	1.813	1.615	1.518
14:00	1.670	1.773	1.728	1.807	1.958	1.805	1.906
15:00	1.690	1.809	1.745	1.846	2.000	1.705	1.975
16:00	1.701	1.864	1.811	1.945	2.076	1.692	2.034
17:00	1.769	1.879	1.908	1.960	2.121	1.659	2.023
18:00	1.629	1.718	1.676	1.658	1.955	1.600	1.861
19:00	1.425	1.491	1.455	1.476	1.825	1.511	1.657
20:00	1.136	1.335	1.295	1.256	1.798	1.319	1.505
21:00	896	1.019	930	941	1.397	1.036	1.207
22:00	796	803	764	781	1.041	861	879
23:00	579	625	558	560	754	716	591

diurno

noturno

Título: Metodologia para Obtenção Nível de Serviço no Plano Operacional

Identificação: ET-SUROD-GEFOR-C-TRA-DSV	Área Emitente: SUROD	Revisão: 0	Folha: 18/37
--	-------------------------	---------------	-----------------

Tabela 7.2 – Modelo: Densidade atual dos segmentos (cp/km/faixa) – Pista (Sentido)

Intervalo	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado	Domingo
00:00	6,8	6,9	7,4	7,2	7,3	8,5	7,8
01:00	4,4	4,4	4,9	5,0	4,8	5,9	5,0
02:00	3,3	3,9	3,7	3,7	4,2	4,5	3,2
03:00	3,4	4,1	4,2	4,1	4,3	4,4	3,0
04:00	5,8	6,5	6,4	6,5	6,5	5,4	3,8
05:00	13,2	12,5	11,6	12,8	13,2	8,1	3,9
06:00	25,5	22,2	21,3	23,4	22,3	14,5	7,2
07:00	28,9	26,0	25,0	27,4	25,1	21,7	12,8
08:00	26,7	26,0	25,2	26,7	26,4	27,9	16,1
09:00	29,9	30,4	30,9	32,2	29,8	29,4	20,5
10:00	29,0	29,2	30,1	30,0	29,3	31,8	26,3
11:00	26,9	26,6	27,9	26,7	27,6	29,6	28,9
12:00	23,4	24,7	24,6	24,1	26,1	26,1	25,0
13:00	26,0	28,1	27,1	28,3	30,7	26,8	25,0
14:00	27,9	29,9	29,0	30,6	33,7	30,6	32,6
15:00	28,3	30,6	29,4	31,4	34,6	28,6	34,1
16:00	28,5	31,8	30,7	33,5	36,3	28,3	35,4
17:00	29,8	32,1	32,7	33,8	37,3	27,7	35,1
18:00	27,1	28,8	28,0	27,7	33,7	26,6	31,7
19:00	23,4	24,5	23,9	24,3	31,0	24,9	27,6
20:00	19,5	22,9	22,2	21,6	32,0	22,6	26,0
21:00	15,4	17,5	16,0	16,1	24,0	17,8	20,7
22:00	13,7	13,8	13,1	13,4	17,9	14,8	15,1
23:00	9,9	10,7	9,6	9,6	12,9	12,3	10,1

A Tabela a seguir contém o resultado em termos de nível de serviço verificado face à aplicação dos procedimentos práticos para cálculo da capacidade viária e determinação do nível de serviço

Título: Metodologia para Obtenção Nível de Serviço no Plano Operacional

Identificação: ET-SUROD-GEFOR-C-TRA-DSV	Área Emitente: SUROD	Revisão: 0	Folha: 19/37
--	-------------------------	---------------	-----------------

Tabela 7.3 - Modelo: Nível de Serviço Horário para a Pista (sentido)

Intervalo	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado	Domingo
00:00	A	A	A	A	A	A	A
01:00	A	A	A	A	A	A	A
02:00	A	A	A	A	A	A	A
03:00	A	A	A	A	A	A	A
04:00	A	A	A	A	A	A	A
05:00	A	A	A	A	A	A	A
06:00	A	A	A	A	A	A	A
07:00	B	A	A	B	A	A	A
08:00	B	B	A	B	B	B	A
09:00	B	B	B	B	B	B	A
10:00	B	B	B	B	B	B	B
11:00	B	B	B	B	B	B	B
12:00	A	A	A	A	B	B	A
13:00	B	B	B	B	B	B	A
14:00	B	B	B	B	B	B	B
15:00	B	B	B	B	B	B	B
16:00	B	B	B	B	B	B	B
17:00	B	B	B	B	B	B	B
18:00	B	B	B	B	B	B	B
19:00	A	A	A	A	B	A	B
20:00	A	A	A	A	B	A	A
21:00	A	A	A	A	A	A	A
22:00	A	A	A	A	A	A	A
23:00	A	A	A	A	A	A	A

Legenda do nível de serviço

A	B	C	D	E	F
---	---	---	---	---	---

Título: Metodologia para Obtenção Nível de Serviço no Plano Operacional

Identificação: ET-SUROD-GEFOR-C-TRA-DSV	Área Emitente: SUROD	Revisão: 0	Folha: 20/37
--	-------------------------	---------------	-----------------

Nível de Serviço Durante a Obra

Trata-se de uma obra a ser executada no km ____ da SP____, localizada no município de _____ a ser executada pela Concessionária_____.

Prazo de Execução: _____

Dados do trecho da obra:

- Pista dupla (Sentido _____), com extensão de obras de 200,00m;
- Estreitamento de pista de 2 para 1 faixa de tráfego;
- Velocidade Regulamentada na Pista: 110 km/h;
- Velocidade Regulamentada na Obra: 60 km/h;
- Largura da Pista: 3,6 m;
- Distância Lateral: 1,30 m;
- Densidade de acessos: 3;
- Defesa tipo barreira rígida de concreto;
- Obra próxima a região urbanizada;

Cálculo do Índice de gravidade de fechamento de pista (*LCSI*):

$$LCSI = \frac{1}{1/2 \times 1} = 2,00$$

Cálculo da taxa de chegada de veículos no gargalo do desvio de obra (*QDR_{wz}*):

$$QDR_{WZ} = 2.093 - 154 \cdot LCSI - 194 \cdot F_{Br} - 179 \cdot F_{AT} + 29,53 \cdot F_{LAT} - 59 \cdot F_{DN}$$

F_{Br}: variável do tipo de barreira, adotado valor de 0 para barreira rígida;*F_{AT}*: variável para o tipo de área, adotado valor 0 para área urbanizada;*F_{LAT}*: distância livre lateral, adotado 1,30 m;*F_{DN}*: valor de 0 para o dia e 1 para noite.

Utilizando os valores, foram determinadas as seguintes taxas:

$$QDR_{WZ} = 1.823 \text{ cp/h/faixa (dia)}$$

$$QDR_{WZ} = 1.764 \text{ cp/h/faixa (noite)}$$

Cálculo da capacidade no gargalo durante o desvio de obra:

$$C_{WZ} = \frac{1.823}{100 - 13,4} \times 100 \text{ (dia)}$$

$$C_{WZ} = \frac{1.764}{100 - 13,4} \times 100 \text{ (noite)}$$

$$C_{WZ} = 2.105 \text{ cp/h/faixa (dia)}$$

$$C_{WZ} = 2.037 \text{ cp/h/faixa (noite)}$$

Cálculo da velocidade de fluxo livre em áreas de obra (*FFSwz*):

Título: Metodologia para Obtenção Nível de Serviço no Plano Operacional

Identificação: ET-SUROD-GEFOR-C-TRA-DSV	Área Emitente: SUROD	Revisão: 0	Folha: 21/37
--	-------------------------	---------------	-----------------

$$FFS_{WZ} = 16,01 + 53,90 \cdot F_{SR} + 0,53 \cdot SL_{WZ} - 9,01 \cdot LCSI - 6,18 \cdot F_{BR} - 2,75 \cdot F_{DN} - 14,10 \cdot TRD$$

F_{SR} = razão entre a velocidade regulamentada sem obra e a velocidade durante a obra, $110/60 = 1,83$;

SL_{WZ} = velocidade regulamentada durante a obra: 60 km/h;

$TRD = 3,0$.

Utilizando os valores, foram determinadas as seguintes velocidades de fluxo livre durante a execução das obras:

$$FFS_{WZ} = 86,31 \text{ km/h (dia)}$$

$$FFS_{WZ} = 83,56 \text{ km/h (noite)}$$

Obs. Para o cálculo da densidade no desvio de obra, utilizar Swz , que é função da FFS_{WZ} conforme *HCM2000*.

Foram adotados os seguintes intervalos de horário para noite e dia.

07:00 às 19:00 (dia)

00:00 às 7:00 e 19:00 às 24:00 (noite)

Título: Metodologia para Obtenção Nível de Serviço no Plano Operacional

Identificação:	ET-SUROD-GEFOR-C-TRA-DSV	Área Emitente:	SUROD	Revisão:	0	Folha:	22/37
----------------	--------------------------	----------------	-------	----------	---	--------	-------

Tabela 7.4 - Velocidade no Desvio de Obra – Swz (km/h)

Intervalo	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado	Domingo
00:00	58,27	58,27	58,27	58,27	58,27	58,27	58,27
01:00	58,27	58,27	58,27	58,27	58,27	58,27	58,27
02:00	58,27	58,27	58,27	58,27	58,27	58,27	58,27
03:00	58,27	58,27	58,27	58,27	58,27	58,27	58,27
04:00	58,27	58,27	58,27	58,27	58,27	58,27	58,27
05:00	58,27	58,27	58,27	58,27	58,27	58,27	58,27
06:00	58,02	58,27	58,27	58,27	58,27	58,27	58,27
07:00	57,12	57,91	58,11	57,54	58,10	58,27	58,27
08:00	60,19	60,38	60,60	60,19	60,29	59,87	61,02
09:00	59,27	59,12	58,96	58,55	59,29	59,43	61,02
10:00	59,55	59,47	59,19	59,23	59,44	58,67	60,32
11:00	60,14	60,24	59,87	60,21	59,94	59,35	59,58
12:00	60,95	60,71	60,73	60,84	60,37	60,37	60,64
13:00	60,40	59,81	60,08	59,74	59,01	60,16	60,63
14:00	59,87	59,26	59,53	59,05	58,04	59,06	58,40
15:00	59,75	59,04	59,43	58,80	57,74	59,67	57,92
16:00	59,69	58,68	59,02	58,13	57,19	59,74	57,50
17:00	59,29	58,58	58,38	58,03	56,85	59,93	57,58
18:00	60,09	59,59	59,83	59,93	58,06	60,24	58,70
19:00	60,97	60,74	60,87	60,80	58,93	60,66	59,94
20:00	58,27	58,27	58,27	58,27	56,18	58,27	57,90
21:00	58,27	58,27	58,27	58,27	58,27	58,27	58,27
22:00	58,27	58,27	58,27	58,27	58,27	58,27	58,27
23:00	58,27	58,27	58,27	58,27	58,27	58,27	58,27

diurno
noturno

Título: Metodologia para Obtenção Nível de Serviço no Plano Operacional

Identificação: ET-SUROD-GEFOR-C-TRA-DSV	Área Emitente: SUROD	Revisão: 0	Folha: 23/37
--	-------------------------	---------------	-----------------

Utilizando as taxas de fluxo em veículos equivalentes da demanda e as velocidades médias no desvio de obra, foram calculadas as densidades:

Tabela 7.5 - Densidade do Segmento durante do Desvio de Obra (cp/km/faixa)
(VHP_{eq} / S)

Intervalo	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado	Domingo
00:00	6,8	6,9	7,4	7,2	7,3	8,5	7,8
01:00	4,4	4,4	4,9	5,0	4,8	5,9	5,0
02:00	3,3	3,9	3,7	3,7	4,2	4,5	3,2
03:00	3,4	4,1	4,2	4,1	4,3	4,4	3,0
04:00	5,8	6,5	6,4	6,5	6,5	5,4	3,8
05:00	13,2	12,5	11,6	12,8	13,2	8,1	3,9
06:00	25,5	22,2	21,3	23,4	22,3	14,5	7,2
07:00	28,9	26,0	25,0	27,4	25,1	21,7	12,8
08:00	26,7	26,0	25,2	26,7	26,4	27,9	16,1
09:00	29,9	30,4	30,9	32,2	29,8	29,4	20,5
10:00	29,0	29,2	30,1	30,0	29,3	31,8	26,3
11:00	26,9	26,6	27,9	26,7	27,6	29,6	28,9
12:00	23,4	24,7	24,6	24,1	26,1	26,1	25,0
13:00	26,0	28,1	27,1	28,3	30,7	26,8	25,0
14:00	27,9	29,9	29,0	30,6	33,7	30,6	32,6
15:00	28,3	30,6	29,4	31,4	34,6	28,6	34,1
16:00	28,5	31,8	30,7	33,5	36,3	28,3	35,4
17:00	29,8	32,1	32,7	33,8	37,3	27,7	35,1
18:00	27,1	28,8	28,0	27,7	33,7	26,6	31,7
19:00	23,4	24,5	23,9	24,3	31,0	24,9	27,6
20:00	19,5	22,9	22,2	21,6	32,0	22,6	26,0
21:00	15,4	17,5	16,0	16,1	24,0	17,8	20,7
22:00	13,7	13,8	13,1	13,4	17,9	14,8	15,1
23:00	9,9	10,7	9,6	9,6	12,9	12,3	10,1

diurno
noturno

Título: Metodologia para Obtenção Nível de Serviço no Plano Operacional

Identificação: ET-SUROD-GEFOR-C-TRA-DSV	Área Emitente: SUROD	Revisão: 0	Folha: 24/37
--	-------------------------	---------------	-----------------

Utilizando os valores das demandas e os valores de capacidade para cada período, será determinada a seguinte matriz de v/c para a situação com o desvio de obra:

Tabela 7.6 - Matriz do V/Cwz no desvio de obra – Pista (sentido)

Intervalo	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado	Domingo
00:00	0,20	0,20	0,21	0,21	0,21	0,24	0,22
01:00	0,13	0,13	0,14	0,14	0,14	0,17	0,14
02:00	0,10	0,11	0,11	0,11	0,12	0,13	0,09
03:00	0,10	0,12	0,12	0,12	0,12	0,13	0,09
04:00	0,17	0,19	0,18	0,19	0,19	0,16	0,11
05:00	0,38	0,36	0,33	0,37	0,38	0,23	0,11
06:00	0,72	0,64	0,61	0,67	0,64	0,41	0,21
07:00	0,81	0,74	0,71	0,77	0,72	0,62	0,37
08:00	0,76	0,75	0,72	0,76	0,76	0,79	0,47
09:00	0,84	0,85	0,86	0,89	0,84	0,83	0,60
10:00	0,82	0,83	0,85	0,84	0,83	0,89	0,75
11:00	0,77	0,76	0,79	0,76	0,79	0,84	0,82
12:00	0,68	0,71	0,71	0,70	0,75	0,75	0,72
13:00	0,74	0,80	0,77	0,80	0,86	0,77	0,72
14:00	0,79	0,84	0,82	0,86	0,93	0,86	0,91
15:00	0,80	0,86	0,83	0,88	0,95	0,81	0,94
16:00	0,81	0,89	0,86	0,92	0,99	0,80	0,97
17:00	0,84	0,89	0,91	0,93	1,01	0,79	0,96
18:00	0,77	0,82	0,80	0,79	0,93	0,76	0,88
19:00	0,68	0,71	0,69	0,70	0,87	0,72	0,79
20:00	0,56	0,66	0,64	0,62	0,88	0,65	0,74
21:00	0,44	0,50	0,46	0,46	0,69	0,51	0,59
22:00	0,39	0,39	0,37	0,38	0,51	0,42	0,43
23:00	0,28	0,31	0,27	0,27	0,37	0,35	0,29

diurno
noturno

Título: Metodologia para Obtenção Nível de Serviço no Plano Operacional

Identificação: ET-SUROD-GEFOR-C-TRA-DSV	Área Emitente: SUROD	Revisão: 0	Folha: 25/37
--	-------------------------	---------------	-----------------

A Tabela a seguir contém o resultado em termos de nível de serviço no desvio de obra.

Tabela 7.7 – Nível de Serviço Horário para a Pista (sentido)

Intervalo	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado	Domingo
00:00	A	A	A	A	A	A	A
01:00	A	A	A	A	A	A	A
02:00	A	A	A	A	A	A	A
03:00	A	A	A	A	A	A	A
04:00	A	A	A	A	A	A	A
05:00	B	B	B	B	B	A	A
06:00	D	D	C	D	D	B	A
07:00	E	D	D	D	D	C	B
08:00	D	D	D	D	D	D	C
09:00	E	E	E	E	E	E	C
10:00	E	E	E	E	E	E	D
11:00	D	D	D	D	D	E	E
12:00	D	D	D	D	D	D	D
13:00	D	E	D	E	E	D	D
14:00	D	E	E	E	E	E	E
15:00	E	E	E	E	E	E	E
16:00	E	E	E	E	E	E	E
17:00	E	E	E	E	F	D	E
18:00	D	E	E	D	E	D	E
19:00	D	D	D	D	E	D	D
20:00	C	D	D	C	E	D	D
21:00	B	C	B	C	D	C	C
22:00	B	B	B	B	C	B	B
23:00	A	A	A	A	B	B	A

Legenda do nível de serviço

A	B	C	D	E	F
---	---	---	---	---	---

CONCLUSÃO: O desvio para execução da obra deverá ser feito no período Noturno das 21:00hrs até 06:00hrs.

Título: Metodologia para Obtenção Nível de Serviço no Plano Operacional

Identificação: ET-SUROD-GEFOR-C-TRA-DSV	Área Emitente: SUROD	Revisão: 0	Folha: 26/37
--	-------------------------	---------------	-----------------

Tabela 7.8 – Modelo: Matriz das Filas Durante a Obra (metros)

A ser apresentado conforme modelo da Concessionária

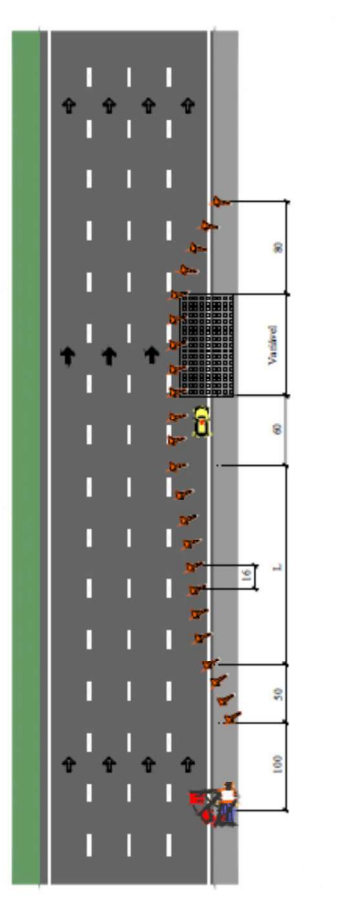
Figura 7.1 - Projeto-tipo do Manual de Sinalização Rodoviária Volume III (modelo)

Projeto-tipo 5
 Sinalização de emergência
 Pista dupla
 Bloqueio na faixa da direita

Velocidade Regulamentada (km/h)	L (m)
$v \leq 60$	100
$60 < v < 100$	150
$v \geq 100$	200

Legenda

- Bandeira
- Cone
- Interferência
- Viatura
- Circulação normal
- Circulação temporária



Título: Metodologia para Obtenção Nível de Serviço no Plano Operacional

Identificação: ET-SUROD-GEFOR-C-TRA-DSV	Área Emitente: SUROD	Revisão: 0	Folha: 27/37
--	-------------------------	---------------	-----------------

Nos trechos em obras em que a velocidade operacional for sensivelmente reduzida ou mesmo reduzida à zero e que haja a possibilidade de geração de filas de espera de veículos, devem ser utilizados todos os recursos materiais necessários para a sinalização deste local, de forma que os motoristas reduzam a velocidade e tomem as medidas evasivas seguras ao caso.

O veículo operacional enviado pelo CCO deverá estar equipado com dispositivos de alerta (giroflex, pisca alerta, faróis, placa iluminada) e funcionário uniformizado e treinado.

O operador deverá se posicionar fora de seu veículo, em local seguro, munido de materiais (colete refletivo; lanterna; bandeira; etc) de forma a chamar a atenção dos demais veículos da rodovia que chegam de forma intermitente ao local interditado. O veículo operacional deverá, pelo acostamento, manter a distância segura de acordo com evolução da fila.

A distância de posicionamento da equipe em campo deve levar em conta as características que afetam a visibilidade do trecho, como curvas horizontais e verticais, bloqueios de visibilidade e fatores climáticos.

7.2. Pista Simples – “Pare e Siga”

Trata-se de uma obra a ser executada no km ____ da SP____, localizada no município de _____ a ser executada pela Concessionária _____.

Prazo de Execução: _____

Dados do trecho da obra:

- Pista simples (Sentido _____), com extensão de obras de 304,80m;
- Velocidade Regulamentada da Pista 1: 70 km/h;
- Velocidade Regulamentada da Pista 2: 70 km/h;
- Distância Lateral: 1,0m
- Largura da pista: 3,60m
- Número de acessos por km na pista: 0
- Porcentagem de veículos pesados: 10%
- Porcentagem de veículos recreacionais: 10%
- Terreno tipo: ondulado

Título: Metodologia para Obtenção Nível de Serviço no Plano Operacional

Identificação:	ET-SUROD-GEFOR-C-TRA-DSV	Área Emitente:	SUROD	Revisão:	0	Folha:	28/37
----------------	--------------------------	----------------	-------	----------	---	--------	-------

Tabela 7.9 - Modelo: VHP atual do Segmento (veículos/hora)

Intervalo	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado	Domingo
00:00	398	403	430	418	428	497	454
01:00	300	350	320	331	315	343	370
02:00	194	230	214	218	243	264	188
03:00	315	236	245	241	250	259	176
04:00	340	378	371	378	381	316	223
05:00	400	410	402	430	402	411	419
06:00	510	508	500	515	522	534	501
07:00	506	508	511	513	506	506	506
08:00	508	508	508	515	518	511	520
09:00	570	571	565	550	549	588	590
10:00	600	599	600	570	600	599	600
11:00	590	590	590	590	590	590	590
12:00	585	585	585	585	585	585	585
13:00	600	590	595	569	577	589	600
14:00	390	381	379	392	400	405	420
15:00	380	381	377	368	355	405	413
16:00	400	398	450	489	499	580	600
17:00	500	511	512	519	525	537	541
18:00	557	549	587	577	561	501	580
19:00	590	577	579	580	564	555	539
20:00	440	441	429	431	440	471	482
21:00	310	306	319	320	317	316	320
22:00	300	302	306	311	312	321	300
23:00	300	311	316	325	323	324	330

diurno
noturno

Título: Metodologia para Obtenção Nível de Serviço no Plano Operacional

Identificação: ET-SUROD-GEFOR-C-TRA-DSV	Área Emitente: SUROD	Revisão: 0	Folha: 29/37
--	-------------------------	---------------	-----------------

Para fins de cálculo de *ATS*, a demanda de tráfego V_i (em veículos por hora) deve ser convertida em fluxo de tráfego v_i , *ATS* (em carros de passageiros por hora):

$$v_{i,ATS} = \frac{V_i}{FPH \cdot f_{g,ATS} \cdot f_{HV,ATS}}$$

Sendo:

FPH : Fator Hora Pico.

$f_{g,ATS}$: fator de ajuste para o greide

$$f_{HV,ATS} = \frac{1}{1 + P_T \cdot (E_T - 1) + P_R \cdot (E_R - 1)}$$

P_T : Proporção veículos pesados;

E_T : Fator equivalente de veículos pesados para veículos leves

P_R : Proporção de veículos recreacionais;

E_R : Fator equivalente de veículos pesados para veículos leves;

Todos os índices deverão ser calculados pela concessionária com as contagens realizadas a cada 15 minutos e as características do segmento homogêneo.

Com isso, convertemos os volumes horários de diversos tipos veículos (VHP) para o volume horário equivalente (VHP_{eq}) para carros de passeio:

Título: Metodologia para Obtenção Nível de Serviço no Plano Operacional

Identificação: ET-SUROD-GEFOR-C-TRA-DSV	Área Emitente: SUROD	Revisão: 0	Folha: 30/37
--	-------------------------	---------------	-----------------

Tabela 7.10 – Modelo: VHP Equivalente (carros de passeio/hora)

Intervalo	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado	Domingo
00:00	554	558	584	573	582	643	606
01:00	456	508	477	489	472	501	528
02:00	335	380	360	365	395	418	327
03:00	472	387	397	392	403	413	312
04:00	498	535	529	535	538	473	371
05:00	556	565	558	584	558	566	574
06:00	657	655	646	662	670	683	647
07:00	652	655	658	660	652	652	652
08:00	655	655	655	662	666	658	668
09:00	721	722	716	700	699	740	742
10:00	752	751	752	721	752	751	752
11:00	742	742	742	742	742	742	742
12:00	737	737	737	737	737	737	737
13:00	752	742	747	720	728	741	752
14:00	546	538	536	548	556	560	575
15:00	537	538	534	526	513	560	568
16:00	556	554	603	637	645	731	752
17:00	646	658	659	667	673	686	690
18:00	707	699	739	728	712	647	731
19:00	742	728	730	731	715	705	688
20:00	593	594	583	585	593	621	631
21:00	467	462	476	477	474	473	477
22:00	456	458	462	468	469	478	456
23:00	456	468	473	483	481	482	488

diurno
noturno

Título: Metodologia para Obtenção Nível de Serviço no Plano Operacional

Identificação: ET-SUROD-GEFOR-C-TRA-DSV	Área Emitente: SUROD	Revisão: 0	Folha: 31/37
--	-------------------------	---------------	-----------------

Calcular a Velocidade média (ATS):

$$S_1 = 0,615 \cdot S_L - f_{LS} - f_A - 3,86 \text{ (velocidade na direção da pista com desvio)}$$

$$S_2 = 0,692 \cdot S_L - f_{LS} - f_A - 3,86 \text{ (velocidade na direção da pista livre)}$$

$$f_{LS} = \text{ajuste para a faixa e largura do obstáculo (km/h)} = 4,20;$$

$$S_L = \text{velocidade da pista} = 70 \text{ km/h};$$

$$f_A = \text{Densidade de acessos por km na pista: } 0;$$

$$S_1 = 0,615 \times 70 - 4,20 - 0 - 3,86 = 34,99 \text{ km/h}$$

$$S_2 = 0,692 \times 70 - 4,20 - 0 - 3,86 = 40,38 \text{ km/h}$$

Calcular a taxa de fluxo de saturação:

$$f_{\text{velocidade}, i} = 1 - 0,0033 \times (\text{menor } [S_i; 70] - 70)$$

$$f_{\text{velocidade},1} = 1 - 0,0033 \times (\text{menor } [34,99; 70] - 70) = 1,12$$

$$f_{\text{velocidade},2} = 1 - 0,0033 \times (\text{menor } [40,38; 70] - 70) = 1,10$$

Agora, verifica-se o headway para cada direção:

$$h_i = h_0 \times f_{\text{velocidade}, i}$$

$$h_0 = \text{headway de saturação de base (s / cp)} = 3.600 / 1.900 = 1,89 \text{ s / cp};$$

$$h_1 = h_0 \times f_{\text{velocidade},1} = 1,89 \times 1,12 = 2,11 \text{ s}$$

$$h_2 = h_0 \times f_{\text{velocidade},2} = 1,89 \times 1,10 = 2,07 \text{ s}$$

Por conseguinte:

$$Q_1 = 3600 / h_1 = 3600 / 2,11 = 1.707 \text{ cp/h/faixa}$$

$$Q_2 = 3600 / h_2 = 3600 / 2,07 = 1.735 \text{ cp/h/faixa}$$

Calcular o tempo do horário verde:

 Como o comprimento do desvio de obra é de $L = 304,80\text{m}$

$$G_{opt} = \begin{cases} 20 & 0,12303 \times L < 20 \\ 0,12303 \times L & 20 \leq 0,12303 \times L \leq 60 \\ 60 & 0,12303 \times L > 60 \end{cases}$$

$$0,12303 \times 304,80 = 37,5 \text{ s}$$

$$G_i \geq G_{i,min} = \frac{v_i}{Q_i - v_i} \times (C - G_i)$$

Título: Metodologia para Obtenção Nível de Serviço no Plano Operacional

Identificação: ET-SUROD-GEFOR-C-TRA-DSV	Área Emitente: SUROD	Revisão: 0	Folha: 32/37
--	-------------------------	---------------	-----------------

$$C = \frac{L}{S_1/3,6} + \frac{L}{S_1/3,6} + G_1 + G_2 + 2 \cdot L_S$$

Sendo:

 G_i : tempo verde efetivo para a direção i (s);

 $G_{i,min}$: tempo verde mínimo para a direção i (s);

 Q_i : taxa de fluxo de saturação para a direção i (carros de passeio/h);

 v_i : taxa de fluxo de demanda para a direção i (carros de passeio/h);

 C : comprimento do ciclo (s);

 S_i : velocidade média de viagem na direção i (km/h);

 L_S : tempo perdido de arranque (s) adotado 2 s.

$$C = 137,53 \text{ s}$$

$$G_{1,minimo} = \frac{752 \text{ (maior valor VHP equivalente)}}{1707 - 752} \times (137,53 - 37,50) = 78,75 \text{ s}$$

$$G_{2,minimo} = \frac{752 \text{ (maior valor VHP equivalente)}}{1735 - 752} \times (137,53 - 37,50) = 76,53 \text{ s}$$

Calcular a capacidade:

A capacidade direcional é calculada pela Equação:

$$c_i = \frac{Q_i \times G_i}{C}$$

Sendo:

 c_i : capacidade de direção i (carros de passeio/h);

 Q_i : taxa de fluxo de saturação para a direção i (carros de passeio/h);

 G_i : tempo verde efetivo para a direção i (s) e;

 C : duração do ciclo (s).

$$C_1 = (1707) \times (78,75) / 137,53 = 978 \text{ cp/h}$$

$$C_2 = (1735) \times (76,53) / 137,53 = 966 \text{ cp/h}$$

Comparando os volumes com as capacidades do desvio:

$$V_1 = 752 \text{ cp/h (maior valor VHP equivalente)} < C_1 = 978 \text{ cp/h}$$

$$V_2 = 752 \text{ cp/h (maior valor VHP equivalente)} < C_2 = 966 \text{ cp/h}$$

Título: Metodologia para Obtenção Nível de Serviço no Plano Operacional

Identificação: ET-SUROD-GEFOR-C-TRA-DSV	Área Emitente: SUROD	Revisão: 0	Folha: 33/37
--	-------------------------	---------------	-----------------

Análise de fila e atrasos:

$$Q_{1,max} = \frac{v_1}{3600} \cdot \left(\frac{L}{S_1/3,6} + \frac{L}{S_2/3,6} + G_2 + 2 \cdot L_S \right)$$

$$Q_{1,max} = \frac{752}{3600} \cdot \left(\frac{304,80}{(34,99/3,6)} + \frac{304,8}{(40,38/3,6)} + 76,53 + 2 \cdot x (2,0) \right) = 29 \text{ veículos}$$

$$Q_{2,max} = \frac{752}{3600} \cdot \left(\frac{304,80}{(34,99/3,6)} + \frac{304,8}{(40,38/3,6)} + 78,75 + 2 \cdot x (2,0) \right) = 30 \text{ veículos}$$

Para condições normais, o atraso do veículo direcional causado por um desvio de obra com uma pista fechada pode ser representado:

$$d = d_1 + d_2$$

Onde:

d : Atraso de controle por carro de passeio (s/carro de passeio),

d_1 : Atraso de controle uniforme assumindo chegadas de tráfego uniformes (s/carro de passeio)

d_2 : Atraso incremental resultante de chegadas aleatórias e saturação excessiva filas (s/cp).

$$D_{1,i} = \frac{Q_i \cdot v_i}{2 \cdot (Q_i - v_i)} \cdot (C - G_i)^2$$

O atraso uniforme médio na direção i é dado pela Equação

$$d_{1,i} = \frac{D_{1,i}}{v_i \cdot C} = Q_i \cdot x \frac{(C - G_i)^2}{2 \cdot x (Q_i - v_i) \cdot C}$$

Finalmente, a média incremental do atraso na direção i é dado pela equação

$$d_{2,i} = 900 \cdot T \cdot \left[(X_i - 1) + \sqrt{(X_i - 1)^2 + \frac{8 \cdot k \cdot I \cdot X_i}{c_i \cdot T}} \right]$$

Sendo:

T : duração do período de análise (h);

k : fator de atraso incremental (decimal), adotado = 0,50;

I : fator de ajuste de filtragem a montante (decimal), adotado = 1,0;

c_i : capacidade direcional (carros de passeio/h)

Título: Metodologia para Obtenção Nível de Serviço no Plano Operacional

Identificação: ET-SUROD-GEFOR-C-TRA-DSV	Área Emitente: SUROD	Revisão: 0	Folha: 34/37
--	-------------------------	---------------	-----------------

 X_i : relação volume/capacidade direcional ou grau de saturação (adimensional).

O atraso médio por carro de passageiro é a soma do total atrasos na mesma direção, dividido pelo número total de carros de passageiros:

$$d_{1,1} = \frac{(1707) \times (137,53 - 78,75)^2}{(2) \times (1707 - 752) \times (137,53)} = 22,45 \text{ s/cp}$$

$$d_{1,2} = \frac{(1735) \times (137,53 - 76,53)^2}{(2) \times (1735 - 752) \times (137,53)} = 23,87 \text{ s/cp}$$

$$d_{2,1} = 900 \cdot 1 \cdot \left[\left(\frac{752}{978} - 1 \right) + \sqrt{\left(\frac{752}{978} - 1 \right)^2 + \frac{(8) \times (0,50) \times (1,0) \times \left(\frac{752}{978} \right)}{(978) \times (1)}} \right]$$

$$= 7,83 \text{ s/cp};$$

$$d_{2,2} = 900 \cdot 1 \cdot \left[\left(\frac{752}{966} - 1 \right) + \sqrt{\left(\frac{752}{966} - 1 \right)^2 + \frac{(8) \times (0,50) \times (1,0) \times \left(\frac{752}{966} \right)}{(966) \times (1)}} \right]$$

$$= 8,26 \text{ s/cp};$$

Por conseguinte, o atraso médio por carro de passageiro é a soma do total atrasos na mesma direção, dividido pelo número total de carros de passageiros:

$$d = \frac{(22,45 + 7,83) \times (752) + (23,87 + 8,26) \times (752)}{752 + 752}$$

$$= 31 \text{ s/cp}$$

Título: Metodologia para Obtenção Nível de Serviço no Plano Operacional

Identificação: ET-SUROD-GEFOR-C-TRA-DSV	Área Emitente: SUROD	Revisão: 0	Folha: 35/37
--	-------------------------	---------------	-----------------

Nível de Serviço

A média do controle do atraso por veículo é estimada para cada direção. Está diretamente relacionado ao valor do atraso de controle e se assemelha a uma interseção semaforizada:

Nível de Serviço	Controle do atraso por veículo (s/cp)
A	≤ 10
B	>10-20
C	>20-35
D	>35-55
E	>55-80
F	>80

Conforme a tabela acima, $d=31$ s/cp → Nível de Serviço "C"

CONCLUSÃO:

Direção 1: Tempo de ciclo verde: 78,75s

Direção 2: Tempo de ciclo verde: 76,53s

Atraso médio por veículo (s/cp): 31 s/cp

Nível de Serviço operacional no desvio de obra:

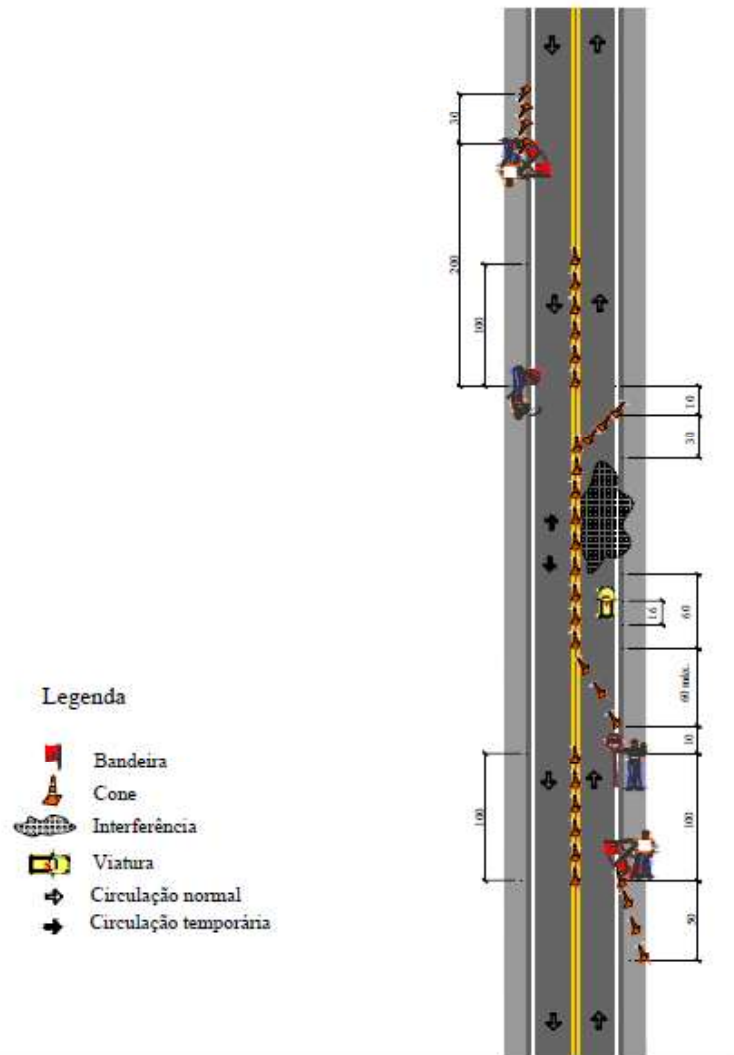
$d=31$ s/cp → Nível de Serviço "C"

Título: Metodologia para Obtenção Nível de Serviço no Plano Operacional

Identificação: ET-SUROD-GEFOR-C-TRA-DSV	Área Emitente: SUROD	Revisão: 0	Folha: 36/37
--	-------------------------	---------------	-----------------

Tabela 7.11 – Modelo: Matriz do das Filas Durante a Obra (metros)
A ser apresentado conforme modelo da Concessionária
Figura 7.2 - Projeto-tipo do Manual de Sinalização Rodoviária Volume III (modelo)

Projeto-tipo 2
Sinalização de emergência
Pista simples
Bloqueio de meia pista
Circulação alternada



Título: Metodologia para Obtenção Nível de Serviço no Plano Operacional

Identificação: ET-SUROD-GEFOR-C-TRA-DSV	Área Emitente: SUROD	Revisão: 0	Folha: 37/37
--	-------------------------	---------------	-----------------

Nos trechos em obras em que a velocidade operacional for sensivelmente reduzida ou mesmo reduzida à zero e que haja a possibilidade de geração de filas de espera de veículos, devem ser utilizados todos os recursos materiais necessários para a sinalização deste local, de forma que os motoristas reduzam a velocidade e tomem as medidas evasivas seguras ao caso.

O veículo operacional enviado pelo CCO deverá estar equipado com dispositivos de alerta (giroflex, pisca alerta, faróis, placa iluminada) e funcionário uniformizado e treinado.

O operador deverá se posicionar fora de seu veículo, em local seguro, munido de materiais (colete refletivo; lanterna; bandeira; etc) de forma a chamar a atenção dos demais veículos da rodovia que chegam de forma intermitente ao local interditado. O veículo operacional deverá, pelo acostamento, manter a distância segura de acordo com evolução da fila.

A distância de posicionamento da equipe em campo deve levar em conta as características que afetam a visibilidade do trecho, como curvas horizontais e verticais, bloqueios de visibilidade e fatores climáticos.

8. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

O resultado final a ser apresentado para a ARTESP será:

- Parecer Técnico especificando as necessidades da implantação de obras, prazos de início e finalização das obras) e os resultados pretendidos com a intervenção na rodovia;
- Tabelas de nível de serviço do trecho sem obra;
- Tabelas de nível de serviço do trecho em obra para cada dia e hora da semana, informações detalhadas dos índices obtidos no processamento das informações
- Comprimento das filas geradas durante as obras;
- Relatório Fotográfico do local
- Projeto-tipo do Manual de Sinalização Rodoviária Volume III incluindo o uso de veículo operacional de sinalização de final de filas.

É importante observar que, caso o prazo de execução da obra se estenda por longos períodos ou que envolva períodos específicos de mudança de fluxo de veículos na Rodovia (feriados, finais de semana, férias, etc.), os resultados deverão contemplar todos os cenários individualizados.

O Plano Operacional não substitui a obrigatoriedade da análise e aprovação das obras a serem implantadas pela Diretoria de Investimentos – DIN.

O Projeto-tipo de sinalização Rodoviária não substitui a obrigatoriedade da análise e aprovação do projeto de sinalização para o desvio de obra, a ser aprovado pela Superintendência de Rodovias – SUROD/GEFOR.