

EXERCÍCIOS – FREEWAYS

1) Qual o nível de serviço, na hora pico, em uma freeway com 6 faixas de rolamento (3 faixas por sentido) e volume unidirecional de pico de 5000 veic/h? Qual o nível de serviço daqui a 4 anos, quando o volume deverá ser 5850 veic/h no período de pico? Se a taxa de crescimento da demanda é 4% ao ano, em quanto tempo deverá ser construída uma 4a faixa adicional?

O relevo é plano, a freeway está numa área urbana, existem 10% de caminhões na corrente, o fator de hora-pico é 0,95 e a velocidade de fluxo livre é 110 km/h (medida por um estudo de velocidades).

2) Determinar o nível de serviço e a densidade (expressa em cp/km/faixa), no aclave e no declive de um trecho de freeway, com 4 faixas de rolamento (2 por sentido) e volume unidirecional de pico de 2300 veic/h. O trecho é composto por um greide de 900 m e 3% de inclinação, seguido de um greide de 750 m e 5% de inclinação. A freeway em questão apresenta largura de faixas e acostamentos ideais, 15% de caminhões, FHP = 0,90. A velocidade de fluxo livre foi medida no local, sendo igual a 115 km/h no aclave e 120 km/h no declive. Adotar $f_p = 0,95$.

3) Determinar, para o aclave, o maior volume de tráfego e a velocidade média para que um trecho rural de uma freeway composto por uma rampa de 1300 m e 4,4% de inclinação opere no nível de serviço D. No trecho analisado existe um entroncamento, o número de faixas por sentido é 3, a largura das faixas é 3,6 m e a largura do acostamento direito é 0,6 m. A corrente de tráfego é composta por 10% de caminhões, 2% de veículos recreacionais e 88% de automóveis. Adotar $f_p = 0,90$ e FHP = 0,85.

4) Determinar o número de faixas de tráfego necessárias para uma freeway suburbana em que o volume de tráfego é 4000 veic/h (em um sentido), composto por 15% de caminhões e 3% de veículos recreacionais. A largura das faixas de tráfego é 3,6 m, a largura do acostamento direito é 1,8 m, a densidade de entroncamentos é 0,9, o terreno é plano e o fator de hora-pico é 0,85.

5) Determinar quantas faixas de tráfego serão necessárias numa nova freeway que está sendo planejada para uma zona urbana razoavelmente densa, para que o nível de serviço no período de pico não seja inferior a D. O relevo é ondulado, a previsão do VDMA para a via é de 75.000 veic/dia, a distribuição direcional por sentido é 55/45 e são previstos 10% de caminhões na corrente de tráfego. Adote FHP = 0,90, $f_p = 1,0$ e $K = 0,09$ ($K =$ fração do VDMA correspondente à hora-pico).

EXERCÍCIOS – RODOVIAS DE PISTA DUPLA CONVENCIONAIS

6) *Determine o nível de serviço para o aclave e declive em um trecho com comprimento 1830 m e 4% de inclinação em uma rodovia de pista dupla do tipo “multilane highway”, com separação central e com 4 faixas de tráfego (2 por sentido) e volume de tráfego na hora-pico igual a 1400 veíc/h/sentido. São conhecidos os seguintes dados:*

- *Largura das faixas: 3,6 m*
- *Largura dos acost. externos : 1,8 m*
- *Largura do acost. interno: 0,6 m*
- *Nenhum ponto de acesso (aclive)*
- *11 pontos de acessos (declive)*
- *6% de caminhões*
- *Velocidade de fluxo livre ideal para o aclive: 74 km/h*
- *Velocidade de fluxo livre ideal para o declive: 84 km/h*
- *Fator de hora-pico: 0,90*
- *Motoristas habituados com a rodovia*

7) *Determine o número de faixas e a configuração das faixas, acostamentos e canteiro central para uma nova rodovia de pista dupla convencional, para que ela opere no mínimo no nível de serviço D, sabendo que a largura da faixa de domínio disponível é 26 m. São conhecidos os seguintes dados:*

- *VDMA = 60.000 veíc/dia*
- *Velocidade limite: 80 km/h*
- *Volume da hora pico é 10% do VDMA*
- *Volume da hora pico tem distribuição direcional de 55/45*
- *relevo ondulado*
- *5% de caminhões*
- *6 pontos de acesso/km*
- *fator de hora-pico 0,90*

Obs: considerar que a velocidade de fluxo livre é igual a 8,0 maior que a velocidade limite.

1. EXERCÍCIO – RODOVIAS DE PISTA SIMPLES

8) Determine o nível de serviço para um trecho de 10 km de uma rodovia de pista simples de categoria I, considerando um volume de tráfego bidirecional de 1600 veíc/h no horário de pico. São dados para a análise:

- 14% de caminhões e ônibus
- 4% de veículos recreacionais
- Fator de hora-pico: 0,95
- Relevo ondulado
- distribuição direcional: 50/50
- 50% de trechos com ultrapassagem proibida
- Velocidade de fluxo livre básica: 100 km/h
- Largura das faixas: 3,4 m
- Largura dos acostamentos: 1,2 m
- 12 pontos de acesso/km

Solução: utiliza-se o método de análise para trechos genéricos de rodovias de pista simples. O nível de serviço é estimado em função da velocidade média de operação e da porcentagem de tempo que os veículos trafegam em pelotão.

1) Inicialmente são determinados os fatores de ajuste para cálculo do fluxo equivalente qv_b , utilizado no cálculo da velocidade média de operação, considerando um terreno ondulado e fluxo equivalente $qv_b > 1200$ cp/h (nos dois sentidos)

- Fator de ajuste em função de greides: $fv_G = 0,99$
- Equivalente veicular para caminhões e ônibus: $E_{v_T} = 1,5$
- Equivalente veicular para veículos recreacionais: $E_{v_R} = 1,1$
- Fator de equivalência para veículos pesados:

$$fv_{HV} = \frac{1}{1 + 0,14(1,5 - 1) + 0,04(1,1 - 1)} = 0,931$$

- Fluxo equivalente (bidirecional):

$$qv_b = \frac{q}{FHP \times fv_G \times fv_{HV}} \Rightarrow qv_b = \frac{1600}{0,95 \times 0,99 \times 0,931} = 1827 \text{ cp/h}$$

- Fluxo equivalente (por sentido):

$$1827 \times 0,5 = 914 \text{ cp/h/sentido}$$

Como $1827 < 3200$ (capacidade bidirecional) e $914 < 1700$ (capacidade unidirecional), a rodovia opera aquém da capacidade considerando a equivalência de fluxos com mesma velocidade média de operação.

2) Cálculo da velocidade de fluxo livre v_f :

- Ajuste para largura das faixas e acostamentos

$$\begin{aligned} \text{Largura das faixas} &= 3,4 \text{ m} \\ \text{Largura dos acostamentos} &= 1,2 \text{ m} \end{aligned} \Rightarrow f_{LS} = 2,8 \text{ km/h}$$

- Ajuste para pontos de acesso

$$\text{Densidade de acessos} = 12 \text{ acessos/km} \Rightarrow f_A = 8,0 \text{ km/h}$$

- Velocidade de fluxo livre ajustada:

$$vf = 100 - 2,8 - 8,0 \Rightarrow vf = 89,2 \text{ km/h}$$

3) Cálculo da velocidade média de operação v :

- Ajuste na velocidade em função da porcentagem de trechos com ultrapassagem proibida

$$f_{NP} = 1,3 \text{ (obtido por interpolação, para um fluxo de 1827 cp/h)}$$

- Velocidade média de operação:

$$v = vf - 0,0125 \times qv_b - f_{NP} \Rightarrow v = 89,2 - 0,0125 \times 1827 - 1,3 \Rightarrow v = 65,1 \text{ km/h}$$

4) A etapa 1 é repetida para a determinação dos fatores de ajuste para cálculo do fluxo equivalente qp_b , utilizado no cálculo da porcentagem de tempo em pelotão, considerando um terreno ondulado e fluxo equivalente $qp_b > 1200$ cp/h (nos dois sentidos)

- Fator de ajuste em função de greides: $fp_G = 1,0$
- Equivalente veicular para caminhões e ônibus: $Ep_T = 1,0$
- Equivalente veicular para veículos recreacionais: $Ep_R = 1,0$
- Fator de equivalência para veículos pesados:

$$fp_{HV} = \frac{1}{1 + 0,14(1,0 - 1) + 0,04(1,0 - 1)} = 1,000$$

- Fluxo equivalente (bidirecional):

$$qp_b = \frac{q}{FHP \times fp_G \times fp_{HV}} \Rightarrow qp_b = \frac{1600}{0,95 \times 1,00 \times 1,000} = 1684 \text{ cp/h}$$

- Fluxo equivalente (por sentido):

$$1684 \times 0,5 = 842 \text{ cp/h/sentido}$$

Como $1684 < 3200$ (capacidade bidirecional) e $842 < 1700$ (capacidade unidirecional), a rodovia opera aquém da capacidade, considerando a equivalência de fluxos com mesma porcentagem em pelotão.

5) Cálculo da porcentagem de tempo trafegando em pelotão PTP :

- Porcentagem de tempo em pelotão básica

$$PTP_b = 100(1 - e^{-0,000879 qp_b}) \Rightarrow PTP_b = 100(1 - e^{-0,000879 \times 1684}) \Rightarrow PTP_b = 0,772 \text{ ou } 77,2\%$$

- Fator de ajuste em função do efeito combinado da distribuição direcional (50/50) e porcentagem de trechos com ultrapassagem proibida (50%):

$$f_{d/NP} = 4,8 \% \text{ (interpolado linearmente)}$$

- Porcentagem de tempo em pelotão:

$$PTP = PTP_b + f_{d/NP} \Rightarrow PTP = 77,2 + 4,8 \Rightarrow PTP = 82\%$$

6) Determinação do nível de serviço:

Para velocidade média $v = 65,1$ km/h e a porcentagem de tempo em pelotão $PTP = 82\%$, o nível de serviço em que a rodovia opera é NS E

7) Outras medidas de desempenho:

- Relação volume/capacidade:

$$q/c = \frac{qv_b}{3200} \Rightarrow q/c = \frac{1827}{3200} \Rightarrow q/c = 0,57$$

- Número de quilômetros percorridos no período de pico:

$$qkm_{15} = 0,25L \frac{q}{FHP} \Rightarrow qkm_{15} = 0,25 \times 10 \times \frac{1600}{0,95} \Rightarrow qkm_{15} = 4211 \text{ veíc.km}$$

- Tempo total de viagem no período de pico:

$$TT_{15} = \frac{qkm_{15}}{v} \Rightarrow TT_{15} = \frac{4211}{65,1} \Rightarrow TT_{15} = 64,7 \text{ veíc.h}$$

9) Qual seria o nível de serviço para o exercício 8 se a rodovia de pista simples fosse classificada como sendo do tipo II?

Solução: Neste caso, somente o valor da porcentagem de tempo em pelotão é considerado na avaliação do nível de serviço. Portanto, para $PTP = 85\%$, o nível de serviço é D.