
**CENTRAL DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS E
ATERROS DE RESÍDUOS PERIGOSOS E NÃO PERIGOSOS**

Atendimento a Notificação Nº CEAMNOT/00019233

**ANEXO 3.8.A - MÉTODO PARA CÁLCULO DO NÍVEL DE SERVIÇO PARA
RODOVIA DE PISTA SIMPLES**

CENTRAL DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS E
ATERROS DE RESÍDUOS PERIGOSOS E NÃO PERIGOSOS

Atendimento a Notificação Nº CEAMNOT/00019233

- a) Determinação do fator de ajustamento no greide para a velocidade média de viagem para volume horário nos dois sentidos (em unidade de carro de passeio por hora – ucp/h) e o tipo de terreno existente, utilizando-se a **Tabela 1** abaixo:

Tabela 1 - Fator de ajustamento de greide para determinação de velocidades em rodovias de pista simples para dois e um sentido separadamente (f_G)

Volume horário nos dois sentidos (ucp/h)	Volume horário em um sentido (ucp/h)	Tipo de terreno	
		Plano	Ondulado
0 – 600	0 – 300	1,0	0,71
> 600 – 1200	> 300 – 600	1,0	0,93
> 1200	> 600	1,0	0,99

- b) Cálculo do fator de ajustamento para veículos pesados para velocidade média de viagem, utilizando a **Tabela 2** e a equação 1, abaixo apresentadas:

Tabela 2 - Equivalentes em carros de passeio para determinação de velocidades para dois e um sentido separadamente (E_C e E_{VR})

Tipo de Veículo	Volume horário nos dois sentidos (ucp/h)	Volume horário em um sentido (ucp/h)	Tipo de terreno	
			Plano	Ondulado
Caminhão E_C	0 – 600	0 – 300	1,7	2,5
	> 600 – 1200	> 300 – 600	1,2	1,9
	> 1200	> 600	1,1	1,5
Caminhão E_C	0 – 600	0 – 300	1,0	1,1
	> 600 – 1200	> 300 – 600	1,0	1,1
	> 1200	> 600	1,0	1,1

$$f_{vp} = \frac{1}{1 + P_C (E_C - 1) + P_{vr} (E_{vr} - 1)} \quad (1)$$

onde:

P_C = proporção de caminhões e ônibus na corrente de tráfego, em decimal;

P_{vr} = proporção de veículos de recreio na corrente de tráfego, em decimal;

E_C = equivalente de caminhões e ônibus, em carros de passeio (**Tabela 3**); e

E_{vr} = equivalente de veículos de recreio, em carros de passeio (**Tabela 3**).

**CENTRAL DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS E
ATERROS DE RESÍDUOS PERIGOSOS E NÃO PERIGOSOS**

Atendimento a Notificação N° CEAMNOT/00019233

Tabela 3 - Equivalentes em carros de passeio para determinação de percentual de tempo para dois e um sentido separadamente (E_C e V_R)

Tipo de Veículo	Volume horário nos dois sentidos (ucp/h)	Volume horário em um sentido (ucp/h)	Tipo de terreno	
			Plano	Ondulado
Caminhão E_C	0 – 600	0 – 300	1,1	1,8
	> 600 – 1200	> 300 – 600	1,1	1,5
	> 1200	> 600	1,0	1,0
Caminhão E_C	0 – 600	0 – 300	1,0	1,0
	> 600 – 1200	> 300 – 600	1,0	1,0
	> 1200	> 600	1,0	1,0

c) Cálculo do fluxo de tráfego V_p através da equação 2, a seguir.

$$V_p = \frac{V}{FHP \cdot f_G \cdot f_{vp}} \quad (2)$$

onde:

V_p = volume horário nos 15 minutos mais carregados da hora de pico, em carros de passeio equivalentes (ucp/h);

V = volume da hora de pico em tráfego misto (veíc/h)

FHP = fator de hora de pico

F_G = fator de ajustamento de greide

F_{vp} = fator de ajustamento de veículos pesados

- Cálculo do maior fluxo por sentido, considerando-se sua distribuição por sentido.
- Verificação dos maiores fluxos por sentido e total dos dois sentidos perante os valores da capacidade 1.700 ucp/h por faixa e 3.200 ucp/h para as duas faixas

**CENTRAL DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS E
ATERROS DE RESÍDUOS PERIGOSOS E NÃO PERIGOSOS**

Atendimento a Notificação Nº CEAMNOT/00019233

- c) Cálculo da Velocidade de Fluxo Livre – VFL utilizando a equação 3 e as **Tabelas 4 e Tabela 5** abaixo:

$$VFL = BVFL - f_{fa} - f_A \quad (3)$$

onde:

VFL = estimativa da velocidade de fluxo livre (km/h);

BVFL = valor básico da velocidade de fluxo livre (km/h)

f_{fa} = fator de ajustamento de larguras de faixa e de acostamento

f_A = fator de ajustamento para o número de acessos

Tabela.4 - Ajustamento de larguras de faixa e de acostamento (f_{fa})

Largura da Faixa (m)	Redução no valor de VFL (km/h) Largura do acostamento (m)			
	$\geq 0,0 < 0,6$	$\geq 0,6 < 1,2$	$\geq 1,2 < 1,8$	$\geq 1,8$
$2,7 < 3,0$	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

Tabela.5 - Ajustamento devido à densidade de acessos (f_A)

Acessos por km (ambos os lados)	Redução em VFL (km/h)
0	0,0
6	4,0
12	8,0
18	12,0
≥ 24	16,0

**CENTRAL DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS E
 ATERROS DE RESÍDUOS PERIGOSOS E NÃO PERIGOSOS**

Atendimento a Notificação N° CEAMNOT/00019233

d) Cálculo da velocidade média de viagem, utilizando a equação 4 e a Tabela A3.8.A.8:

$$VMV = VFL - 0,0125V_p - f_{up} \quad (4)$$

onde:

VMV = velocidade média de viagem para ambos os sentidos (km/h)

VFL = velocidade de fluxo livre (km/h)

 V_p = volume horário nos 15 minutos mais carregados da hora pico, em carros de passeio equivalentes (ucp/h)

 f_{up} = fator de ajustamento para zonas de ultrapassagem proibida (**Tabela 6**)

Tabela A3.8.A.6 - Fator de ajustamento para zonas de ultrapassagem proibida f_{up}

Fluxo nos dois sentidos V_p (ucp/h)	Redução da velocidade média de viagem (km/h)					
	Zonas de ultrapassagem proibida (%)					
	0	20	40	60	80	100
0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
200	0,0	1,0	2,3	3,8	4,2	5,6
400	0,0	2,7	4,3	5,7	6,3	7,3
600	0,0	2,5	3,8	4,9	5,5	6,2
800	0,0	2,2	3,1	3,9	4,3	4,9
100	0,0	1,8	2,5	3,2	3,6	4,2
1200	0,0	1,3	2,0	2,6	3,0	3,4
1400	0,0	0,9	1,4	1,9	2,3	2,7
1600	0,0	0,9	1,3	1,7	2,1	2,4
1800	0,0	0,8	1,1	1,6	1,8	2,1
2000	0,0	0,8	1,0	1,4	1,6	1,8
2200	0,0	0,8	1,0	1,4	1,5	1,7
2400	0,0	0,8	1,0	1,3	1,5	1,7
2600	0,0	0,8	1,0	1,3	1,4	1,6
2800	0,0	0,8	1,0	1,2	1,3	1,4
3000	0,0	0,8	0,9	1,1	1,1	1,3
3200	0,0	0,8	0,9	1,0	1,0	1,1

- e) Determinação do fator de ajustamento de greide para a percentagem de tempo gasto f_G conforme **Tabela 7**.

Tabela 7 - Fator de ajustamento de greide para determinação de percentual de tempo seguindo em rodovias de pista simples para dois e um sentido separadamente (f_G)

Volume horário nos dois sentidos (ucp/h)	Volume horário em um sentido (ucp/h)	Tipo de terreno	
		Plano	Ondulado
0 – 600	0 – 300	1,0	0,77
> 600 – 1200	> 300 – 600	1,0	0,94
> 1200	> 600	1,0	1,00

- f) Cálculo de f_{vp} para o tempo gasto, utilizando-se a Tabela 6 anteriormente apresentada e a equação 5 a seguir.

$$f_{vp} = \frac{1}{1 + P_c(E_c - 1) + P_{vr} - 1} \quad (5)$$

onde:

P_c = proporção de caminhões e ônibus na corrente de tráfego, em decimal;

P_{vr} = proporção de veículos de recreio na corrente de tráfego, em decimal;

E_c = equivalente de caminhões e ônibus, em carros de passeio; e

E_{vr} = equivalente de veículos de recreio, em carros de passeio.

- g) Cálculo de V_p :

$$V_p = \frac{V}{FHP \cdot f_G \cdot f_{vp}} \quad (6)$$

onde:

V = volume da hora de pico em tráfego misto (veíc/h)

FHP = fator de hora de pico

**CENTRAL DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS E
ATERROS DE RESÍDUOS PERIGOSOS E NÃO PERIGOSOS**

Atendimento a Notificação N° CEAMNOT/00019233

F_G = fator de ajustamento de greide

F_{vp} = fator de ajustamento de veículos pesados

- h) Cálculo do maior fluxo por sentido, considerando-se sua distribuição por sentido, para determinação de percentual de tempo seguindo.
- i) Verificação dos maiores fluxos por sentido perante os valores da capacidade para 1.700 ucp/h por sentido e/ou 3.200 ucp/h nos dois sentidos.
- j) Cálculo da percentagem base do tempo gasto seguindo estimado, utilizando a equação abaixo:

$$BPTGS = 100(1 - e^{-0,000879V_p}) \quad (7)$$

- k) Cálculo da percentagem do tempo gasto seguindo:

$$PTGS = BPTGS + f_{d/up} \quad (8)$$

onde:

PTGS = percentagem do tempo gasto seguindo

BPTGS = valor básico da percentagem do tempo gasto seguindo

$F_{d/up}$ = fator de ajustamento para efeito combinado da distribuição do tráfego por sentido e da percentagem das zonas de ultrapassagem proibida, conforme **Tabela 8**, a seguir.

**CENTRAL DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS E
ATERROS DE RESÍDUOS PERIGOSOS E NÃO PERIGOSOS**

Atendimento a Notificação Nº CEAMNOT/00019233

Tabela 8 - Fator de ajustamento para o efeito combinado da distribuição de tráfego por sentido e da percentagem das zonas de ultrapassagem proibida, na percentagem do tempo gasto seguindo, em rodovias de pista simples (fd/up)

Fluxo nos dois sentidos	Redução da velocidade média de viagem (km/h)					
	Zonas de ultrapassagem proibida (%)					
V _p (ucp/h)	0	20	40	60	80	100
Distribuição por sentido = 50/50						
≤ 200	0,0	10,1	17,2	20,2	21,0	21,8
400	0,0	12,4	19,0	22,7	23,8	24,8
600	0,0	11,2	16,0	18,7	19,7	20,5
800	0,0	9,0	12,3	14,1	14,5	15,4
1400	0,0	3,6	5,5	6,7	7,3	7,9
2000	0,0	1,8	2,9	3,7	4,1	4,4
2600	0,0	1,1	1,6	2,0	2,3	2,4
3200	0,0	0,7	0,9	1,1	1,2	1,4
Distribuição por sentido = 60/40						
≤ 200	1,6	11,8	17,2	22,5	23,1	23,7
400	0,5	11,7	16,2	20,7	21,5	22,2
600	0,0	11,5	15,2	18,9	19,8	20,7
800	0,0	7,6	10,3	13,0	13,7	14,4
1400	0,0	3,7	5,4	7,1	7,6	8,1
2000	0,0	2,3	3,4	3,6	4,0	4,3
≥ 2600	0,0	0,9	1,4	1,9	2,1	2,2
Distribuição por sentido = 70/30						
≤ 200	2,8	13,4	19,1	14,8	25,2	25,5
400	1,1	12,5	17,5	22,0	22,6	23,2
600	0,0	11,6	15,4	19,1	20,0	20,9
800	0,0	7,7	10,5	13,3	14,0	14,6
1400	0,0	3,8	5,6	7,4	7,9	8,3
≥ 2000	0,0	1,4	4,9	3,5	3,9	4,2
Distribuição por sentido = 80/20						
≤ 200	5,1	17,5	24,3	31,3	31,3	31,6
400	2,5	15,8	21,5	27,6	27,6	28,0
600	0,0	14,0	18,6	23,2	23,9	24,5
800	0,0	9,3	12,7	16,0	16,5	17,0
1400	0,0	4,6	6,7	8,7	9,1	9,5
≥ 2000	0,0	2,4	3,4	4,5	4,7	4,9

**CENTRAL DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS E
ATERROS DE RESÍDUOS PERIGOSOS E NÃO PERIGOSOS**

Atendimento a Notificação N° CEAMNOT/00019233

Fluxo nos dois sentidos		Redução da velocidade média de viagem (km/h)					
		Zonas de ultrapassagem proibida (%)					
Vp (ucp/h)		0	20	40	60	80	100
Distribuição por sentido = 90/10							
≤ 200		5,6	21,6	29,4	37,2	37,4	37,6
400		2,4	19,0	25,6	32,2	32,5	32,8
600	0,0	16,3	21,8	27,2	27,6	28,0	
800	0,0	10,9	14,8	18,6	19,0	19,4	
≥ 1400	0,0	5,5	7,8	10,0	10,4	10,7	

- 1) Determinação do nível de serviço utilizando-se a velocidade média de viagem e percentagem de tempo seguindo calculados, através do **Gráfico 1**, a seguir.

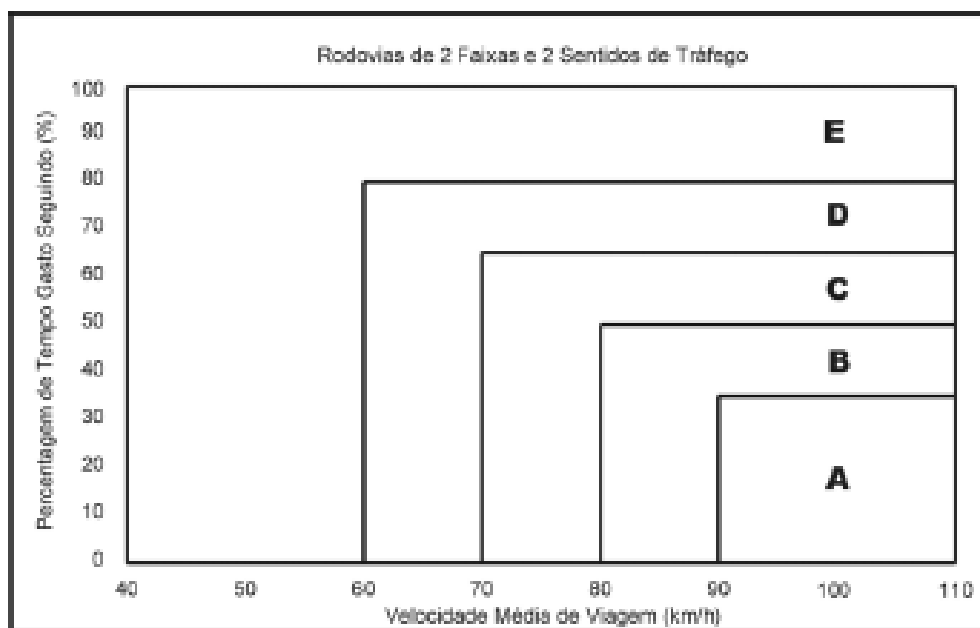


Gráfico 1 - Níveis de serviço para rodovias de Classe I (Critério gráfico)

Para o caso de rodovia pista simples classe II, deve-se comparar a percentagem de tempo seguindo com o critério da **Tabela 9** e determinar o nível de serviço da rodovia.

Tabela 9 - Enquadramento em níveis de serviço para rodovias de Classe II

NS	Tempo seguindo (%)
A	$t \leq 40$
B	$40 < t < 55$
C	$55 < t < 70$
D	$70 < t < 85$
E	$85 \geq t$

Os critérios de níveis de serviço são aplicados para o pico de 15 minutos e para segmentos de extensão significativos. São definidos 6 níveis de serviço, de A a F, que foram extraídos do Manual de Estudos de Tráfego do DNIT (2006) abaixo:

- **Nível de serviço A:** descreve a mais alta qualidade de serviço, em que os motoristas podem trafegar nas velocidades que desejam. Sem regulamentação específica de velocidades menores, as velocidades médias serão da ordem de 90 km/h para rodovias de duas faixas e dois sentidos de tráfego de Classe I. A frequência das operações de ultrapassagem é bastante inferior à capacidade de sua execução e são raras filas de três ou mais veículos. Os motoristas não são atrasados mais que 35% de seu tempo de viagem por veículos lentos. Um fluxo total máximo de 490 ucp/h pode ser atingido em condições ideais. Em rodovias de Classe II a velocidade pode cair abaixo de 90 km/h, mas os motoristas não são atrasados mais que 40% de seu tempo de viagem por veículos lentos.
- **Nível de serviço B:** caracteriza fluxos de tráfego com velocidades de 80 km/h ou pouco maiores em rodovias de Classe I em terreno plano. A demanda de ultrapassagem para manter as velocidades desejadas aproxima-se da capacidade dessa operação. Os motoristas são incluídos em filas 50% do seu tempo de viagem. Fluxos totais de 780 ucp/h podem ser atingidos em condições ideais. Em rodovias de Classe II a velocidade pode cair abaixo de 80 km/h, mas os motoristas não são atrasados mais que 55% de seu tempo de viagem por veículos lentos.
- **Nível de serviço C:** representa maiores acréscimos de fluxo, resultando em mais frequentes e extensas filas de veículos e dificuldades de ultrapassagem. A velocidade média ainda excede 70 km/h, embora a demanda de ultrapassagem exceda a capacidade da operação. O tráfego se mantém estável, mas suscetível de engarrafamentos devido a manobras de giro e

**CENTRAL DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS E
ATERROS DE RESÍDUOS PERIGOSOS E NÃO PERIGOSOS**

Atendimento a Notificação N° CEAMNOT/00019233

a veículos mais lentos. A percentagem do tempo em filas pode atingir 65%. Um fluxo total de 1.190 ucp/h pode ser acomodado em condições ideais. Em rodovias de Classe II a velocidade pode cair abaixo de 70 km/h, mas os motoristas não são incluídos em filas mais que 70% de seu tempo de viagem.

- **Nível de serviço D:** descreve fluxo instável. A demanda de ultrapassagem é elevada, mas a sua capacidade se aproxima de zero. Filas de 5 e 10 veículos são comuns, embora possam ser mantidas velocidades de 60 km/h em rodovias de Classe I com condições ideais. A proporção de zonas de ultrapassagem proibida perde sua importância. Manobras de giro e problemas de acessos causam ondas de choque na corrente de tráfego. Os motoristas são incluídos em filas perto de 80% de seu tempo. Um fluxo total de 1.830 ucp/h pode ser acomodado em condições ideais. Em rodovias de Classe II a velocidade pode cair abaixo de 60 km/h, mas os motoristas não são incluídos em filas mais que 85% de seu tempo de viagem.
- **Nível de serviço E:** Nesse nível a percentagem de tempo em filas é maior que 80% em rodovias de Classe I, e maior que 85% em rodovias de Classe II. As velocidades podem cair abaixo de 60 km/h, mesmo em condições ideais. Para condições piores, as velocidades podem cair até 40 km/h em subidas longas. Praticamente não há manobras de ultrapassagem. O maior fluxo total é da ordem de 3.200 ucp/h. As condições de operação são instáveis e de difícil previsão.
- **Nível de serviço F:** representa fluxo severamente congestionado, com demanda superior à capacidade. Os fluxos atingidos são inferiores à capacidade e as velocidades são muito variáveis.