

## **ANÁLISE DA CAPACIDADE VIÁRIA E DETERMINAÇÃO DO NÍVEL DE SERVIÇO DO TRECHO NORTE DA RODOVIA AL 101 PELO MÉTODO DO HCM 2010**

Aline Calheiros Espindola Email [aline.espindola@ctec.ufal.br](mailto:aline.espindola@ctec.ufal.br)  
Magdiel Acaz de Oliveira Teixeira Email [aline.calheiros.espindola@gmail.com](mailto:aline.calheiros.espindola@gmail.com)

**Resumo:** Neste trabalho é apresentada uma análise técnica da capacidade do trecho Norte da AL-101, com determinação do seu nível de serviço, tendo como referencial teórico o Highway Capacity Manual (HCM – 2010). O estudo foi embasado em dados fornecidos pela Secretaria de Estado de Transporte e Desenvolvimento Urbano (SETRAND) do Estado de Alagoas, bem como em dados coletados no campo. Através da aplicação do método, foi possível observar que o trecho norte da AL 101, em sua configuração anterior à duplicação, possui nível de serviço D, em ambos os sentidos de tráfego, indicando que o trecho da rodovia a ser duplicado possui, atualmente, o nível de serviço necessário, mas não o desejado, sendo, portanto, justificada a necessidade de investimento para o projeto, execução, implantação e funcionamento da duplicação.

**Palavras-chave:** HCM 2010; Capacidade Viária; Nível de Serviço.

### **ANALYSIS OF ROAD CAPACITY AND DETERMINATION OF PASSAGE OF SERVICE LEVEL NORTH HIGHWAY AL-101 BY HCM 2010 METHOD**

**Abstract:** In this paper, it is presented a technical analysis of the highway capacity of the North section of AL-101, using the Highway Capacity Manual (HCM – 2010) as reference to determine its level of service. This HCM study was based in data provided by the State Secretary for Transport and Urban Development (SETRAND) of the State of Alagoas, in addition to collected field data. Through the application of the HCM Method, it was possible to observe that the North section of AL-101, before the duplication, has a level of service D, in both directions of traffic, pointing that currently the section studied has the necessary level of service, but not the desired, being, therefore, justified the necessity of investment in the duplication project, execution, implantation and operation.

**Keywords:** HCM 2010; Road Capacity; Service level.

## **1. INTRODUÇÃO**

A engenharia de tráfego, se destaca como uma importante ferramenta para a implantação de novas vias, bem como para a análise das infraestruturas pré-existentes. De acordo com o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes - DNIT (2006), para a utilização dos dados de tráfego, surgiu o estudo da capacidade das rodovias, que visa quantificar a disposição para acomodar o fluxo de tráfego na via com satisfação técnica. Por se tratar de um parâmetro que não explicita completamente a configuração da via, desprezando fatores importantes como velocidade e tempo de percurso, facilidade de manobras, segurança, conforto, custos de operação etc., nasceu em 1965, através do Highway Capacity Manual - HCM, o conceito de nível de serviço, que melhor analisa a qualidade da atividade proporcionada pela via.

Conhecer a capacidade e o nível de serviço de um trecho de rodovia é extremamente importante para garantir que o seu projeto atenda a demanda prevista, satisfaça aos requisitos de qualidade de tráfego, bem como proporcione conforto e segurança aos usuários com economia. Este trabalho tem como objetivo estudar a capacidade da rodovia AL 101- Norte, no trecho com duplicação prevista, Maceió (AL) – Barra de Santo Antônio (AL), na condição atual, isto é, antes da implantação definitiva da obra de duplicação.

Portanto, é imprescindível analisar não só politicamente e socioeconomicamente, mas principalmente tecnicamente a coerência da alocação dos recursos públicos para a referida

obra de duplicação, bem como é mister comparar em trabalhos futuros, as configurações de tráfego pré-duplicação e pós-duplicação.

### **1.1. CAPACIDADE E NÍVEL DE SERVIÇO**

De acordo com Coelho e Goldner (2016), os conceitos de capacidade e nível de serviço de uma rodovia são:

#### **1.1.1. Capacidade**

Capacidade de uma rodovia é a 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 vias de sentidos opostos), durante um dado período de tempo (normalmente 1 hora), nas condições prevalentes da via e do tráfego.

#### **1.1.2. Nível de serviço**

Nível de serviço de uma rodovia 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. Quantitativamente é medido pela relação volume/capacidade (v/c), variando de 0 a 1. Os Níveis de serviço são seis: A, B, C, D, E e F.

### **1.2. RODOVIAS DE DUAS FAIXAS E SENTIDOS CONTRÁRIOS**

#### **1.2.1. Conceito**

Segundo Coelho e Goldner (2016), são rodovias não divididas, com duas faixas, cada uma usada pelo tráfego em uma direção. Estas rodovias são caracterizadas por haver manobras de ultrapassagem utilizando a faixa de tráfego contrário.

#### **1.2.2. Classificação**

Segundo Coelho e Goldner (2016), as rodovias de pista simples podem ser classificadas como:

Classe I: Rodovias caracterizadas por proporcionarem relativa alta velocidade de utilização; são as principais rotas entre cidades; podem ser rodovias arteriais primárias, conectando os geradores de tráfego principais; também são rotas de uso diário; promovem ligações primárias, sejam estaduais ou federais; e propiciam a realização de viagens de longa distância.

Classe II: Nesse tipo de rodovia, a expectativa do motorista não é de viajar em alta velocidade; servem de acesso para rodovias de classe I; são usadas como rotas turísticas e recreacionais (e não como arterial principal); seus trechos passam por terreno acidentado (sendo impossível verificar alta velocidade de operação); promovem viagens curtas, começando ou terminando em pontos de viagens longas.

Classe III: São rodovias que servem áreas de desenvolvimento moderado; podem ser segmentos de rodovias Classe I ou Classe II que passam por pequenas cidades ou áreas recreacionais desenvolvidas; neste caso, o tráfego local se mistura ao tráfego de passagem, e a densidade de pontos de acesso é visivelmente superior que em uma área exclusivamente rural; podem ser segmentos longos que passam por áreas recreacionais espalhadas, aumentando também a densidade local; esses segmentos de rodovias são muitas vezes acompanhados pela redução do limite de velocidade, que reflete no aumento do nível de atividade.

#### **1.2.3. Condições básicas**

Segundo Coelho e Goldner (2016), as condições básicas no estudo de capacidade, representam as configurações para as quais o fluxo de tráfego é próximo do ideal. Quando não se tem as condições básicas, diz-se que a rodovia apresenta condições prevaletentes. As condições básicas para rodovias de pista simples são as seguintes: largura da faixa  $\geq 3,66$  m; largura do acostamento  $\geq 1,83$  m; ausência de proibição de ultrapassagem; somente carros de passeio; terreno em nível (relevo plano); sem impedimentos no fluxo de tráfego.

#### 1.2.4. Capacidade

De acordo com o HCM 2010, a capacidade para rodovias de pista simples nas condições básicas é de 1700 ucp/h por direção; não excede 3200 ucp/h em ambas as direções em trechos longos; não ultrapassa 3200 a 3400 ucp/h em ambas as direções em trechos curtos (túneis ou pontes).

#### 1.2.5. Nível de serviço

Segundo Coelho e Goldner (2016), para cada classe, as rodovias de duas faixas com pista simples, apresentam condições de tráfego distintas, associadas aos níveis de serviço supracitados, como vemos na Tabela 1:

Tabela 1: Condições do fluxo do tráfego nos diferentes níveis de serviço para as três classes de rodovias de pista simples.

NS	Classe I	Classe II	Classe III
A	Alta velocidade, facilidade para ultrapassagens, raros pelotões de 3 carros ou mais.	Velocidade limitada pela via, pequena formação de pelotões.	Possibilidade de manter velocidades próximas à de fluxo livre.
B	Formação de pelotões se torna visível, redução de velocidade na classe I.		Começa a ser percebida uma redução da velocidade em relação à velocidade de fluxo livre.
C	A maioria dos veículos trafega em pelotões, velocidades reduzidas.		
D	Significante aumento da formação de pelotões.		
	Aumento da demanda para ultrapassagens mas a capacidade para isso se aproxima de zero.		Significante queda da velocidade.
E	A demanda se aproxima da capacidade, o limite inferior do NS representa a capacidade.		
	Ultrapassagens praticamente impossíveis, PTGS maior que 80%, velocidades muito reduzidas.		A velocidade é menor que 2/3 da VFL.
F	A demanda excede a capacidade, condições de operação instáveis, grandes congestionamentos.		

Fonte: COELHO E GOLDNER (2016).

A determinação do nível de serviço das rodovias de duas faixas com sentidos de tráfego contrários se dá por meio da utilização de três parâmetros, aplicados de acordo com as respectivas classes, conforme a Tabela 2: a velocidade média de viagem (VMV), que reflete a mobilidade; a porcentagem de tempo gasto seguindo (PTGS), que representa a liberdade para manobras e o conforto ao viajar; a porcentagem da velocidade de fluxo livre (PVFL), que representa a possibilidade dos veículos viajarem na velocidade limite regulamentar ou próximos dela.

Tabela 2: Parâmetros utilizados para determinação do nível de serviço de rodovias de pista simples de acordo com a classificação.

Classe da rodovia	Crítérios	Medidas utilizadas
Classe I	velocidade e conforto	VMV e PTGS
Classe II	conforto	PTGS
Classe III	velocidade próxima da velocidade limite	PVFL

Fonte: COELHO E GOLDNER (2016).

## 2. MÉTODOS

A análise de que se objetiva esse trabalho, por impossibilidade de se obter informações de todo o trecho da rodovia a ser duplicada, tomou um trecho representativo, bem como estabeleceu um posto de contagem de tráfego, devidamente especificados na apresentação do estudo de caso deste trabalho. É importante salientar, que por indisponibilidade de equipamentos e recursos, alguns parâmetros que poderiam ser obtidos no campo, como velocidade de fluxo livre, foram estimados segundo o método utilizado.

Sabe-se, por exemplo que é hábito norte-americano utilizar o volume da 30ª hora de maior fluxo de tráfego durante o ano, como volume horário de projeto de rodovias rurais. Já no Brasil, o volume da 50ª hora, da ordem de 8,5% do volume médio diário, é utilizado por satisfazer às exigências da realidade brasileira. Para este estudo de caso, porém, assumiu-se como volume horário de projeto, o volume horário de pico medido em local, data e horário convenientes, conforme item 5.3, haja vista que, para utilizar quaisquer dos parâmetros recomendados acima, seria necessário um estudo de tráfego anual, bastante detalhado, o que se configura uma impossibilidade por razões supracitadas.

Da mesma forma, neste trabalho, considerou-se, pelos motivos supracitados, todo o trecho representativo com relevo plano, para efeito de cálculo, o que foi verificado in loco, através de avaliação visual ao longo do percurso, implicando, portanto, em uma simplificação do processo. Ademais, utilizou-se, sempre que necessário, do recurso da interpolação, na aplicação do método (utilização das tabelas), nos casos em que é recomendado pelo HCM 2010.

Na determinação do nível de serviço de rodovia de duas faixas e pista simples, o procedimento de avaliação segue, no total, oito passos, didaticamente expressos a seguir:

1. Dados de entrada;
2. Estimativa da velocidade de fluxo livre;
3. Ajuste da demanda de fluxo para velocidade média de viagem;
4. Estimativa da velocidade média de viagem;
5. Ajuste da demanda de fluxo para percentagem do tempo gasto seguindo;
6. Estimativa da percentagem de tempo gasto seguindo;
7. Estimativa do percentual de aproximação da velocidade de fluxo livre;
8. Determinação do nível de serviço e da capacidade.

Logo, a sequência de aplicação dos passos por classe de rodovia é a seguinte:

Tabela 3: Passos para determinação da capacidade e do nível de serviço de acordo com a classificação do HCM.

Classificação	Passo a Passo
Classe I	1,2,3,4,5,6 e 8
Classe II	1,2,5,6 e 8

Classe III	1,2,3,4,7 e 8
------------	---------------

Fonte: Autor.

## 2.1. ESTUDO DE CASO

### 2.1.1. Trecho representativo

Para o desenvolvimento do trabalho utilizou-se um trecho da Rodovia AL-101 Norte, e parte dos dados base foram obtidos no Relatório do Projeto de Engenharia Rodoviária para Duplicação e Restauração com Melhoramentos da Pista Existente da Rodovia AL101 Norte, de autoria da ATP Engenharia Ltda. em parceria com a Secretaria de Transporte e Desenvolvimento Urbano do Estado de Alagoas - SETRAND, com base na Lei de Acesso à Informação nº 12.527/2011, regulamentada pelo Decreto nº 7.724/2012. Utilizou-se um trecho representativo com ponto inicial com coordenadas UTM: Meridiano Central = -33; Zona = 25; N=8936303.78967; E= 204952.478762 e um ponto final com coordenadas UTM: Meridiano Central = -33; Zona = 25; N= 8938190.54428; E= 206304.776945.

### 2.1.2. Posto de contagem de tráfego

Os dados utilizados nesta pesquisa foram efetivados no posto de contagem de tráfego, com localização e coordenadas coincidentes com o ponto final do trecho representativo supracitado, nas proximidades do Posto Policial da Garça Torta.

### 2.1.3. Dados coletados no campo

Os dados de campo foram coletados no dia 17 de Novembro de 2016, escolhido por conveniência, visto que o Relatório do Projeto de Engenharia Rodoviária para Duplicação e Restauração com Melhoramentos da Pista Existente da Rodovia AL-101 Norte fornece dados de tráfego referente ao mesmo dia do ano anterior, isto é, 2015, obtidos no mesmo ponto de coleta. Com isso, a coleta de dados restringiu-se à filmagem do tráfego, através de aparelho celular, referente à hora de pico observada exatamente um ano antes (das 17 às 18 horas), mitigando assim, a necessidade de uma coleta maior de dados. Também foram obtidos dados geométricos da via, que são necessários para a consecução do objetivo, como por exemplo a largura de faixa e de acostamento, aferidos com uma trena analógica de medição por rodas, com capacidade de medição de 10 km.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1. Passo 1: Dados de entrada

Aplicando-se o método para determinação do nível de serviço e da capacidade de rodovias de duas faixas, com pista simples ao trecho da rodovia objeto do estudo de caso, determina-se algumas características inerentes a ele, conforme Tabela 4, baseadas nos dados coletados em campo, para o sentido de tráfego Maceió – Barra de Santo Antônio, denominado nesse estudo de sentido 1, bem como para o sentido Barra de Santo Antônio - Maceió, denominado de sentido 2.

Tabela 4: Valores dos dados de entrada para determinação da capacidade e nível de serviço do trecho norte da AL 101.

Dado de entrada requerido	Valor do dado de entrada
	Rodovia Classe III: O trecho em questão possui as

<b>Classificação da rodovia</b>	características de uma rodovia de Classe III, conforme Tópico 3.2
<b>Volume de demanda no sentido 1</b>	587 veic/h, do Tópico 5.3.
<b>Volume de demanda no sentido 2</b>	668 veic/h, do Tópico 5.3.
<b>Porcentagem de caminhões no sentido 1</b>	7,50%, obtido pela soma das porcentagens dos veículos pesados, do Tópico 5.3.
<b>Porcentagem de caminhões no sentido 2</b>	12,43%, obtido pela soma das porcentagens dos veículos pesados, do Tópico 5.3.
<b>Porcentagem de veículos de recreio</b>	Não houve registro de veículos de recreio em nenhum sentido, haja vista não ser um tipo de veículo usual no Brasil.
<b>Velocidade limite da rodovia</b>	60 km/h, das placas de sinalização do trecho.
<b>Largura da faixa</b>	3,60m, conforme Tópico 5.3.
<b>Largura do acostamento</b>	1,80m, conforme Tópico 5.3.
<b>Porcentagem de zona de ultrapassagem proibida</b>	90,65%, para ambos os sentidos, conforme Equação 1 e Tópico 5.3.
<b>Fator de hora de pico no sentido 1</b>	0,92, conforme Equação 2 e Tópico 5.3.
<b>Fator de hora de pico no sentido 2</b>	0,79, conforme Equação 2 e Tópico 5.3.
<b>Distribuição direcional de tráfego</b>	46,77/53,23, conforme Equação 3 e Tópico 5.3.
<b>Densidade de pontos de acesso</b>	Desprezível, para os dois sentidos, porque não possuem grande volume de veículos trafegando nas interseções que influencie no fluxo de tráfego ao longo do trecho estudado. Tratam-se de pontos de acesso a pequenos comércios, condomínios e ruas residenciais.

Fonte: Autor.

Determinou-se a porcentagem de zona de ultrapassagem proibida ( $p_i$ ), com base na Equação 1, indicada a seguir, considerando as informações sobre a extensão dos trechos com ultrapassagem proibida obtidas no campo de acordo com o Tópico 5.3 supracitado.

$$p_i = 100 \times \left[ \frac{\sum_{j=1}^n l_{ij}}{L_i} \right] \quad (1)$$

Onde:

$p_i$  = porcentagem total de zonas de ultrapassagem proibida (%);

$i$  = "1" (para sentido de fluxo 1) ou "2" (para sentido de fluxo 2);

$l_{ij}$  = comprimento dos trechos em que existe a pintura da faixa contínua, por sentido de tráfego.

$j$  = índice que indica o número de trechos com faixa contínua para cada sentido de tráfego, variando de "1" até "n" trechos;

$L_i$  = comprimento total do trecho em análise (km)

Substituindo as variáveis de acordo com os dados geométricos obtidos no campo, têm-se:

$$p_1 = p_2 = 100 \times \left[ \frac{2085}{2300} \right] = 90,65\%$$

Calculou-se o fator horário de pico ( $FHP_i$ ), apresentado na Tabela 4 supracitada, segundo a equação 2, abaixo:

$$FHP_i = \frac{Vhp_i}{4 \times V_{15máxi}} \quad (2)$$

Onde:

$FHP_i$  = fator horário de pico;

$i$  = "1" (para sentido de fluxo 1) ou "2" (para sentido de fluxo 2);

$Vhp_i$  = volume da hora de pico (veic/h);

$V_{15máxi}$  = volume do período de quinze minutos com maior fluxo de tráfego dentro da hora de pico (veic/15min).

Substituindo as variáveis de acordo com os dados de tráfego obtidos no campo, têm-se:

$$FHP_1 = \frac{587}{4 \times 160} = 0,92$$

$$FHP_2 = \frac{668}{4 \times 211} = 0,79$$

A distribuição direcional do tráfego ( $D_i$ ), apresentada na Tabela 4 supracitada, foi obtida de acordo com a Equação 4, abaixo:

$$D_i = 100 \times \frac{N_i}{N_T} \quad (3)$$

Onde:

$D_i$  = distribuição direcional de tráfego (%);

$i$  = "1" (para sentido de fluxo 1) ou "2" (para sentido de fluxo 2);

$N_i$  = número de veículos que trafegam em determinada seção da via, para determinado período de tempo, por sentido de tráfego (veic);

$N_T$  = número total de veículos que trafegam em determinada seção da via, para determinado período de tempo, para ambos os sentidos de tráfego (veic).

Substituindo as variáveis de acordo com os dados de tráfego obtidos no campo, têm-se:

$$D_1 = 100 \times \frac{587}{1255} = 46,77\%$$

$$D_2 = 100 \times \frac{668}{1255} = 53,23\%$$

### 3.2. Passo 2: Estimativa da velocidade de fluxo livre

Sabe-se que a velocidade de fluxo livre básica ( $BVFL_i$ ), pode ser determinada pela velocidade limite da rodovia, que neste caso é de 60 km/h, acrescida de 16,1 km/h, portanto:

$$BVFL_1 = BVFL_2 = 60 + 16,10 = 76,10(km/h)$$

A velocidade de fluxo livre ( $VFL_i$ ), dada pela Equação 4, como se verifica abaixo, e de acordo com o fator de ajustamento de larguras de faixa e acostamento ( $f_{fai}$ ) e o fator de ajustamento devido à densidade de acessos ( $f_{Ai}$ ), das Tabelas 5 e 6, respectivamente é:

$$VFL_i = BVFL_i - f_{fai} - f_{Ai} \quad (4)$$

$$VFL_1 = VFL_2 = 76,10 - 2,74 - 0 = 73,36(\text{km} / \text{h})$$

Tabela 5: Fator de ajustamento de larguras de faixa e acostamento ( $f_{fai}$ ).

Largura da faixa (m)	Largura do acostamento (m)			
	$\geq 0 < 0,61$	$\geq 0,61 < 1,22$	$\geq 1,22 < 1,83$	$\geq 1,83$
$\geq 2,745 < 3,05$	10,30	7,73	5,64	3,54
$\geq 3,05 < 3,355$	8,53	5,96	3,86	1,77
$\geq 3,355 < 3,66$	7,57	4,83	2,74	0,64
$\geq 3,66$	6,76	4,19	2,09	0,00

Fonte: TRB (2010).

Tabela 6: Fator de ajustamento devido à densidade de acessos ( $f_{Ai}$ )

Pontos de acesso por km (Dois sentidos)	Redução na VFF (Km/h)
0	0,00
6,21	4,03
12,42	8,05
18,63	12,08

Fonte: TRB (2010).

### 3.3. Passo 3: Ajuste da demanda de fluxo para velocidade média de viagem

Primeiramente, calcula-se a taxa de fluxo para o pico do período de 15 min ( $V_i$ ), por meio da Equação 5, apresentada abaixo, como também, utilizando o volume horário de pico ( $V_{hp_i}$ ) para cada sentido de tráfego, obtido no Tópico 5.3, bem como o fator horário de pico ( $FHP_i$ ), obtido no passo 1:

$$v_i = \frac{V_{hp_i}}{FHP_i} \tag{5}$$

$$v_1 = \frac{587}{0,92} = 640(\text{veic} / \text{h})$$

$$v_2 = \frac{668}{0,79} = 844(\text{veic} / \text{h})$$

Ato contínuo, utiliza-se as taxas calculadas acima como parâmetros de entrada nas Tabelas 7 e 8, das quais obtêm-se o fator de ajustamento de greide ( $f_{Gi}$ ) e o fatores de equivalência de veículos pesados ( $E_{Ci}$ ), respectivamente:

$$f_{G1} = f_{G2} = 1 \qquad E_{C1} = E_{C2} = 1,1$$

Tabela 7: Fator de ajustamento de greide ( $f_{Gi}$ ), para determinação da velocidade média de viagem ( $VMV_i$ ).

Taxa de fluxo de demanda em um sentido, v (veic/h)	Fator de ajuste	
	Terreno Plano	Terreno Ondulado
$\leq 100$	1,00	0,67
200	1,00	0,75
300	1,00	0,83
400	1,00	0,90

500	1,00	0,95
600	1,00	0,97
700	1,00	0,98
800	1,00	0,99
≥900	1,00	1,00

Fonte: TRB (2010).

Tabela 8: Fatores de equivalência de veículos pesados ( $E_{Ci}$ ) e ( $E_{VRi}$ ) para determinação da velocidade média de viagem ( $VMV_i$ ).

Tipo de veículo	Taxa de fluxo de demanda em uma direção, v (veic/h)	Fator de ajuste	
		Terreno Plano	Terreno Ondulado
Caminhões, Ec	≤100	1,9	2,7
	200	1,5	2,3
	300	1,4	2,1
	400	1,3	2,0
	500	1,2	1,8
	600	1,1	1,7
	700	1,1	1,6
	800	1,1	1,4
	≥900	1,0	1,3
VR's, Evr	Todos os fluxos	1,0	1,1

Fonte: TRB (2010).

Com isso, calcula-se o fator de ajustamento para veículos pesados ( $f_{VPi}$ ), através da Equação 6, como se vê abaixo:

$$f_{VPi} = \frac{1}{1 + P_{Ci} \times (E_{Ci} - 1) + P_{VRi} \times (E_{VRi} - 1)} \quad (6)$$

Onde:

$f_{VPi}$  = fator de ajustamento para veículos pesados;

$i$  = "1" (para sentido de fluxo 1) ou "2" (para sentido de fluxo 2);

$P_{Ci}$  = proporção de caminhões e ônibus na corrente de tráfego, em decimal;

$E_{Ci}$  = equivalente de caminhões e ônibus, em carros de passeio, da Tabela 8;

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

$E_{VRi}$  = equivalente de veículos de recreio, em carros de passeio, da Tabela 8.

$$f_{VP1} = \frac{1}{1 + 0,075 \times (1,1 - 1)} = 0,99$$

$$f_{VP2} = \frac{1}{1 + 0,12 \times (1,1 - 1)} = 0,98$$

Com base nesses fatores, determina-se o volume horário nos 15 minutos mais carregados da hora de pico ( $v_{pi}$ ), através da Equação 7, como se observa a seguir:

$$v_{pi} = \frac{Vhp_i}{FHP_i \times f_{Gi} \times f_{VPi}} \quad (7)$$

$$v_{p1} = \frac{587}{0,91 \times 1 \times 0,99} = 644,79(ucp/h)$$

$$v_{p2} = \frac{668}{0,79 \times 1 \times 0,98} = 854,48(ucp/h)$$

Como em nenhum dos dois sentidos o fluxo de tráfego ( $v_{pi}$ ) ultrapassou 1.700 ucp/h, descarta-se a possibilidade de que o nível de serviço seja F.

**3.4. Passo 4: Estimativa da velocidade média de viagem**

Obtêm-se a velocidade média de viagem ( $VMV_i$ ), a partir da soma dos  $v_{pi}$ 's dos dois sentidos de tráfego obtidos no passo anterior ( $v_{pt}$ ), segundo a Equação 8, bem como do fator de ajustamento para zonas de ultrapassagem proibida ( $f_{upi}$ ), considerando o  $v_p$  do sentido oposto ao de análise, da Tabela 9, como se vê a seguir:

$$v_{pt} = v_{p1} + v_{p2} \tag{8}$$

$$v_{pt} = 644,79 + 854,48 = 1499,28(\text{ucp} / h)$$

$$f_{up1} = 1,85 \qquad f_{up2} = 2,81$$

Tabela 9: Fator de ajustamento para zonas de ultrapassagem proibida ( $f_{upi}$ ).

Taxa de fluxo de demanda no sentido oposto, vp (ucp/h)	Percentual de zonas de ultrapassagem proibida				
	≤20	40	60	80	100
VFL≤72,45 (Km/h)					
≤100	0,161	0,644	2,737	3,542	3,864
200	1,449	2,576	4,991	6,118	6,44
400	1,449	0,805	3,22	4,025	4,347
600	0,644	0,483	2,093	2,737	2,898
800	0,483	0,483	1,288	1,771	1,932
1000	0,483	0,483	0,966	1,288	1,771
1200	0,483	0,483	0,966	1,127	1,61
1400	0,483	0,483	0,966	0,966	1,127
≥1600	0,483	0,483	0,644	0,644	0,966

Fonte: TRB (2010).

Logo, utilizando a Equação 9 abaixo, estima-se a velocidade média de viagem ( $VMV_i$ ):

$$VMV_i = VFL_i - 0,0125 \times v_{pt} - f_{upi} \tag{9}$$

$$VMV_1 = 73,36 - 0,0125 \times 1499,28 - 1,85 = 52,77(\text{km} / h)$$

$$VMV_2 = 73,36 - 0,0125 \times 1499,28 - 2,81 = 51,80(\text{km} / h)$$

**3.5. Passo 7: Estimativa do percentual de aproximação da velocidade de fluxo livre**

O nível de serviço para rodovias de Classe III é baseado no percentual de aproximação da velocidade de fluxo livre ( $PVFL_i$ ), dado pela Equação 10 e obtido a seguir:

$$PVFL_i = \left( \frac{VMV_i}{VFL_i} \right) \times 100 \tag{10}$$

$$PVFL_1 = \left( \frac{52,77}{73,36} \right) \times 100 = 71,93\%$$

$$PVFL_2 = \left( \frac{51,80}{73,36} \right) \times 100 = 70,61\%$$

**3.6. Passo 8: Determinação do nível de serviço e da capacidade**

De acordo com os dados obtidos acima e conforme a Tabela 10, mostrada a seguir, temos que o nível de serviço para ambos os sentidos é D.

**Tabela 10:** Nível de serviço de rodovias de pista simples.

NDS	Rodovias Classe I		Rodovias Classe II	Rodovias Classe III
	VMV (km/h)	PTGS (%)	PTGS (%)	PVFL (%)
A	>88,55	≤35	≤40	>91,7
B	>80,50-88,55	>35-50	>40-55	>83,3-91,7
C	>72,45-80,50	>50-65	>55-70	>75-83,3
D	>64,40-72,45	>65-80	>70-85	>66,7-75
E	≤64,40	>80	>85	≤66,7

Fonte: TRB (2010).

A capacidade da rodovia ( $C_i$ ), por sentido, em condições prevaletentes é dada pela Equação 11, como se pode observar a seguir, utilizando o fator de ajustamento de greide ( $f_{Gi}$ ) e o fator de ajustamento para veículos pesados ( $f_{VPi}$ ), para um valor de entrada nas Tabelas 7 e 8 de 900 veic/h, fazendo com que todos os fatores de ajuste sejam 1, conforme se vê abaixo: (11)

$$C_i = 1700 \times f_{VPi} \times f_{Gi}$$

$$C_1 = C_2 = 1700 \times 1 \times 1 = 1700 \text{ (ucp/h)}$$

Aplicando a distribuição direcional, a capacidade bidirecional implícita será, portanto, o menor valor entre:  $1700/0,4677=3634$  (ucp/h) e  $1700/0,5323=3193$  (ucp/h). Ademais, isso sugere que a capacidade direcional no sentido 1 não pode ser alcançada com uma divisão da demanda de 46,77/53,23. Em vez disso, a capacidade direcional no sentido 1 ocorre quando a capacidade no sentido 2 ocorre, ou seja:  $3193 \times 0,4677=1493$  (ucp/h).

#### 4. CONCLUSÕES

Conforme o Manual de Estudos de Tráfego do DNIT (2006), dado o caráter localizado de uma interseção e à maior dificuldade de se atender níveis de serviço elevados, sem custos excessivos, deve-se considerar, para qualquer tipo de rodovia, os níveis B e C como desejados, e o nível D como necessário.

Através da aplicação do método de análise de capacidade de vias e determinação de nível de serviço do HCM 2010, foi possível observar que o trecho norte da AL 101, em sua configuração atual, isto é, anterior à duplicação, possui nível de serviço D, em ambos os sentidos de tráfego.

Essas informações permitem a constatação de que o trecho da rodovia a ser duplicado possui, atualmente, o nível de serviço necessário, mas não o desejado. Dessa forma, conclui-se que a duplicação é necessária para que a rodovia alcance o nível de serviço recomendado, ou seja, a necessidade de investimento para seu projeto, execução, implantação e funcionamento é tecnicamente justificada.

Também é importante enfatizar que todos os projetos de infraestrutura, principalmente os que demandem investimento de dinheiro público, devem possuir como principal justificativa, o critério técnico, haja vista que demandam grandes investimentos. Por isso sugere-se com este trabalho, que sejam realizados estudos de capacidade e de determinação de nível de serviço antes da execução de quaisquer obras rodoviárias que impliquem em alteração das características geométricas da via e conseqüentemente da configuração de tráfego, bem como em projetos de novas rodovias.

Ademais, com os resultados obtidos, será possível, em trabalhos futuros, realizar uma análise comparatória entre as configurações atuais, objetos deste estudo e as configurações

pós-duplicação, reafirmando, portanto, a importância desta obra de infraestrutura para a evolução das condições de tráfego do trecho em apreço.

## **REFERÊNCIAS**

**COELHO, H. A.; GOLDNER, L. G.** Módulo II. Análise de capacidade e nível de serviço pelo HCM 2010. Florianópolis, SC: UFSC, 2016. 93p.

**DNER – DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM.** Manual de projeto geométrico de rodovias rurais. Rio de Janeiro, 1999. 195 p.

**DNIT – DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES.** Manual de estudos de tráfego. Rio de Janeiro, 2006. 384p.

**GOVERNO DO ESTADO DE ALAGOAS.** Secretaria de Transporte e Desenvolvimento Urbano. Relatório do projeto de engenharia rodoviária para duplicação e restauração com melhoramentos da pista existente da rodovia AL-101 Norte. Alagoas, 2016. 343p.

**TRB – TRANSPORTATION RESEARCH BOARD OF THE NACIONAL ACADEMY OF SCIENCES.** HCM 2010 – Highway Capacity Manual 2010 Volume 1. USA, 2010.

**TRB – TRANSPORTATION RESEARCH BOARD OF THE NACIONAL ACADEMY OF SCIENCES.** HCM 2010 – Highway Capacity Manual 2010 Volume 2. USA, 2010.

**TRB – TRANSPORTATION RESEARCH BOARD OF THE NACIONAL ACADEMY OF SCIENCES.** HCM 2010 – Highway Capacity Manual 2010 Volume 3. USA, 2010.