

---

## **ANÁLISE DA CONSISTÊNCIA DO TRAÇADO GEOMÉTRICO DE RODOVIAS NO ESTADO DE GOIÁS: UM ESTUDO DE CASO.**

*Davidson Filken Mombaque Cassimiro<sup>1</sup>; Liosber Medina Garcia<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> *Universidade Federal de Goiás, Curso Engenharia Civil, davidsonfilken@yahoo.com.br*

<sup>2</sup> *Universidade Federal de Goiás, Curso Engenharia em Transportes, lmedina@ufg.br*

**RESUMO:** A maioria dos acidentes de trânsito não dependem de uma única causa, eles são o resultado da relação entre os fatores humanos, veículo e via. Um dos métodos mais utilizados para analisar a inter-relação entre a via e os usuários é através da avaliação da consistência do traçado geométrico. No trabalho é avaliada pela primeira vez no estado de Goiás, a consistência do traçado em uma rodovia rural de pista simples a partir de medições de velocidade *in loco* e de modelos internacionais de predição de velocidade de operação. As velocidades em campo são comparadas com o perfil de velocidade desenvolvido através de um modelo de predição. Os resultados dessa comparação corroboram a necessidade de um processo de calibração do modelo ou de desenvolver modelos próprios que levem em consideração as particularidades de determinada região ou país.

**PALAVRAS-CHAVE:** consistência geométrica, velocidade de operação, perfil de velocidade, rodovia rural

## **CONSISTENCY ANALYSIS OF THE GEOMETRIC LAYOUT OF ROADS IN THE STATE OF GOIÁS: A CASE STUDY.**

**ABSTRACT:** Most traffic accidents do not depend on a single cause, they are the result of the relationship among human factors, vehicle and road. One of the most used methods to analyze the interrelationship between road and users is through the evaluation of the consistency of the geometric layout. This work evaluates, for the first time in the state of Goiás, the consistency of the layout of a rural single-lane highway from on-site speed measurements and international operating speed prediction models. Field velocities are compared with the velocity profile developed through a prediction model. The results of this comparison corroborate the need for a model calibration process or to develop own models that take into account the particularities of a particular region or country.

**KEYWORDS:** geometric consistency, operating speed, speed profile, rural highway.

## 1. INTRODUÇÃO

Segundo a Organização Pan-americana da Saúde, mais de 3500 pessoas morrem todos os dias nas vias no mundo, o que equivale a quase 1,3 milhão de mortes evitáveis e cerca de 50 milhões de pessoas lesionadas a cada ano. Neste cenário, os acidentes de trânsito devem causar mais de 13 milhões de mortes e deixar 500 milhões de pessoas lesionadas durante a próxima década, especialmente em países de baixa e média renda (OPAS, 2021).

A maioria dos acidentes de trânsito são o resultado de uma complexa inter-relação entre os seguintes fatores: o veículo, o usuário, a via e seu entorno. A via e sua relação com as demais componentes são responsáveis por mais de 30% dos acidentes (DELGADO MARTÍNEZ *et al.*, 2021; LLOPIS CASTELLÓ *et al.*, 2019). A relação entre a via e o fator humano está presente em aproximadamente 90% dos acidentes (LLOPIS CASTELLÓ *et al.*, 2019). Nas últimas décadas esta relação tem sido muito estudada a partir do conceito de consistência do traçado geométrico da rodovia (FITZPATRICK *et al.*, 2000; GARCÍA-RAMÍREZ; ALVERCA, 2019; GARCIA, 2008; GARCÍA; DELGADO; DÍAZ, 2012).

A consistência geométrica constitui-se em verificar se as características da rodovia estão dispostas de forma harmônica e equilibrada, oferecendo aos usuários conforto e segurança, minimizando o surgimento de eventos inesperados quando atravessam um segmento de estrada. Existem dois tipos de modelos de consistência: local e global. O modelo local, que é utilizado no trabalho, visa identificar onde os acidentes de trânsito são mais prováveis de ocorrer, analisando problemas localizados, como grandes diferenças entre o projeto e as velocidades de operação ou variações repentinas de velocidade. Por outro lado, os modelos de consistência global estudam a variação geral da velocidade ao longo de um segmento de estrada inteiro.

Neste contexto, o presente trabalho tem por objetivo principal avaliar a consistência de uma rodovia de pista simples no estado de Goiás e usando métodos de medições locais de velocidade operacional em campo além de comparar com os resultados dos modelos de

---

predição de velocidade de operação propostos por Fitzpatrick et al. (2000) e que são implementados no software Interactive Highway Safety Design Model (IHSDM).

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

Nas últimas décadas várias pesquisas analisaram a consistência geométrica do traçado rodoviário a partir de modelos de predição da velocidade de operação (DELGADO MARTÍNEZ *et al.*, 2021; FITZPATRICK *et al.*, 2000; GARCÍA-RAMÍREZ e ALVERCA, 2019; MALAGHAN *et al.*, 2020). A velocidade de operação ( $V_{85}$ ) é definida como a operada, em fluxo livre, por pelo menos 85% dos condutores. Ao contrário da velocidade de projeto, a velocidade operacional não é utilizada em cálculos para o dimensionamento da rodovia, ela é um resultado do projeto e o comportamento dos motoristas. No Brasil a velocidade de projeto ( $V_p$ ), ou velocidade diretriz de uma rodovia, é definida como a máxima velocidade que um veículo pode percorrer, com segurança, determinado trecho viário.

Chaudhari et al. (2021), García-Ramírez e Alverca (2019) e Llopis-Castelló et al. (2020) destacam que o método mais comum para avaliação da consistência geométrica do traçado se baseia na análise do perfil de velocidade de operação. Uma boa relação entre estas velocidades possibilita a condução de modo contínuo incidindo favoravelmente na segurança viária. A determinação da  $V_{85}$  é uma questão complexa devido a fatores tais como: as características dos motoristas, os veículos, a geometria da via, a operação e o controle. Outra possível fonte de variação na  $V_{85}$  encontra-se na coleta dos dados. Pesquisadores como Xu, Lin, Wang, *et al.* (2017), mostram a importância do relevo e do projeto geométrico na obtenção dos perfis de velocidade de operação. Assim, a complexidade geométrica pode influir determinantemente na variação da  $V_{85}$  (ECHAVEGUREN *et al.*, 2020).

Em termos do presente estudo, a consistência do projeto geométrico é avaliada usando os critérios desenvolvidos por Lamm et al. (1999) e Fitzpatrick et al. (2000). O primeiro critério avalia a relação entre a velocidade operacional e a velocidade de projeto. O segundo critério analisa a diferença de velocidades operacionais entre tangentes e curvas sucessivas. Para ambos os critérios se a diferença entre as velocidades for de até 10 km/h, o projeto é

classificado como bom (B). Para diferenças entre 10 km/h e 20 km/h, o projeto é definido como razoável (A). Nos casos em que a diferença entre as velocidades supera 20 km/h, o projeto é classificado como ruim (R).

### **3. METODOLOGIA**

#### **3.1. A rodovia analisada**

Para a avaliação da consistência do traçado através de análises do perfil de velocidade foram analisados dados de projetos geométricos estaduais disponibilizados pela Agência Goiana de Infraestrutura e Transportes (GOINFRA). Para este trabalho foi escolhida a rodovia GO - 469 que comunica os municípios de Trindade e Goianira com um comprimento de 13,12 km e declividades inferiores a 8%. A GO – 469 possui pista simples e sentido duplo de circulação em todo o seu comprimento. A Figura 1 mostra a localização da rodovia, marcada na cor vermelha, os pontos brancos indicam as curvas horizontais do trecho estudado. É importante mencionar que as primeiras 7 curvas horizontais não serão analisadas neste trabalho devido a estarem localizadas em trechos urbanos ou possuírem algumas interferências de redutores de velocidades (lombadas e radares). No trecho analisado a velocidade de projeto coincide com a velocidade regulada sendo de 80 km/h e as condições superficiais são excelentes. Estas características determinam as condições de fluxo livre necessárias para a obtenção do perfil de velocidade.

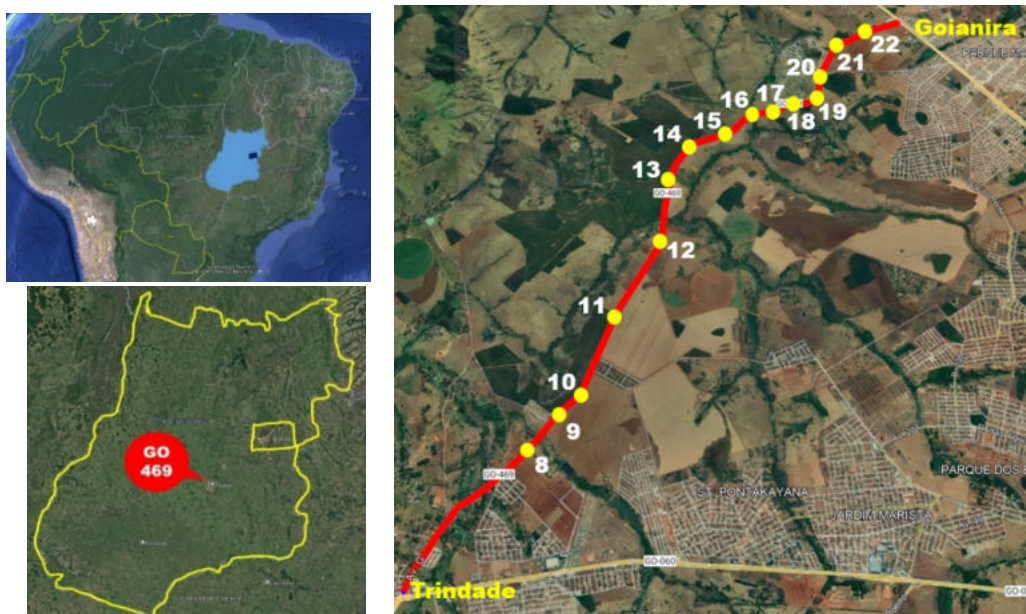


Figura 1 – Localização do trecho de estudo na rodovia GO-469

Fonte: Google maps modificado (2022)

A Tabela 1 apresenta as características geométricas dos elementos horizontais da rodovia analisada. Os elementos são codificados com letras e números consecutivos, a letra corresponde ao tipo de elemento, sendo T a letra referente as tangentes e C a letra referente as curvas horizontais. O valor no parênteses corresponde à distancia em metros da origem do percurso. No caso das curvas esta distancia corresponde com o ponto meio do desenvolvimento.

Tabela 1 – Dimensões dos elementos geométricos horizontais da GO 469

Curva / Tangente	Comprimento /Raio (m)	Curva / Tangente	Comprimento /Raio (m)	Curva / Tangente	Cumprimento /Raio (m)
T 1 (0,201)	201,45	C 8 (2,642)	750	T 16 (9,280)	126,62
C 1 (0,337)	800	T 9 (2,958)	531,22	C 16 (9,542)	300
T 2 (0,407)	114,60	C 9 (3,294)	600	T 17 (9,780)	152,02
C 2 (0,502)	1000	T 10 (3,530)	107,43	C 17 (9,965)	300
T 3 (0,735)	277,15	C 10 (4,020)	940	T 18 (10,056)	43,29
C 3 (0,917)	800	T 11(4,513)	1,175,05	C 18 (10,196)	600
T 4 (1,398)	131,01	C 11 (5,263)	2000	T 19 (10,435)	235,83

C 4 (1,519)	600	T 12 (5,901)	951,83	C 19 (10,730)	300
T 5 (1,689)	19,86	C 12 (6,501)	600	T 20 (10,975)	172,86
C 5 (1,739)	400	T 13 (7,121)	990,61	C 20 (11,219)	800
T 6 (1,801)	196,63	C 13 (7,818)	900	T 21 (11,430)	330,96
C 6 (1,853)	750	T 14 (8,099)	158,96	C 2 (11,826)	600
T 7 (1,945)	527,76	C 14 (8,397)	600	T 22 (12,534)	373,89
C 7 (2,176)	1200	T 15 (8,615)	261,25	C 22 (12,968)	800
T 8 (2,450)	200	C 15 (9,064)	600	T 23 (13,120)	387,42

T – Tangente, C – Curva

Fonte: Elaboração própria (2022)

### 3.2. Medições de velocidade

Os perfis de velocidade operacional foram construídos através de medições em campo e no software IHSDM (*Interactive Highway Safety Designe Model*). Para as medições *in loco* da  $V_{85}$ , foi utilizado o método de medições pontuais em marcos quilométricos específicos da rodovia e com o auxílio de um radar móvel com uma acurácia de +/- 2 km/h. Segundo Fitzpatrick et al. (2000), nas condições geométricas que envolvem tangentes e curvas verticais (côncavas ou convexas) as medições devem ser realizadas exatamente no ponto de interseção vertical (PIV). Nas combinações de curvas horizontais e elementos verticais (tangentes e curvas verticais) deverão utilizar-se como referência o ponto médio da curva horizontal. A velocidade operacional no trecho estudado foi coletada em condições de fluxo livre para veículos leves que transitam nos dois sentidos (Trindade-Goianira e Goianira-Trindade) em período diurno durante dias úteis e foi codificada como  $V_{85,obs}$  para fins de comparação.

O tamanho da amostra para cada ponto de medição foi definido de acordo com a Equação (1) sugerida por Robertson *et al.* (1994).

$$n = \frac{S^2 K^2 (2 + U^2)}{2E^2} \quad (1)$$

Onde: n – Número de medições; S – Desvio padrão estimado para a determinação do tamanho da amostra; K – Constante correspondente ao nível de confiança; U – Constante correspondente ao percentil da velocidade e E – Erro permitido na estimativa da velocidade operacional.

Para esse estudo, foram definidas as seguintes variáveis: utilizou-se um desvio padrão de 8,5 km/h, correspondente à área rural; nível de confiança de 95%, implicando em uma constante K igual a 1,96; Constante U de 1,04, correspondente ao 85° percentil da velocidade. Robertson *et al.* (1994) sugere um erro admissível entre 2 e 8 Km/h e, para o estudo, foi estabelecido um erro admissível de 5 km/h. Ao aplicar esses valores à equação 1, verificou-se a necessidade de coleta de 17 valores edições em cada ponto de medição.

### 3.3. Modelo de predição de velocidade de operação

O modelo de predição de velocidade operacional proposto por Fitzpatrick *et al.* (2000) é utilizado para comparar com a  $V_{85,obs}$  e, assim, verificar a possibilidade de seu uso em análises de consistência geométrica no estado de Goiás. Este modelo desenvolve perfis de velocidade operacional  $V_{85,mod}$  através de várias equações que estão contidas no software gratuito IHSDM (*Interactive Highway Safety Designe Model*). Com o objetivo de verificar o ajuste do modelo de predição às medições de velocidade realizadas em campo são determinados o erro percentual médio absoluto (MAPE), diferença absoluta média (MAD) e erro médio quadrático (RMSE).

$$MAPE = \frac{100}{N} \sum_{i=1}^n \left| \frac{(V_{85,obs} - V_{85,mod})}{V_{85,obs}} \right| \quad (2)$$

$$MAD = \frac{\sum_{i=1}^n |V_{85,obs} - V_{85,mod}|}{N} \quad (3)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (V_{85,obs} - V_{85,mod})^2}{N}} \quad (4)$$

Onde: N – Número total de pontos analisados;  $V_{85,obs}$  – velocidade real medida em campo;  $V_{85,mod}$  – velocidade preditiva do modelo IHSDM

#### **4. RESULTADOS**

Este item destaca os resultados obtidos na pesquisa e relativos à análise dos registros dos acidentes, confecção e comparação dos perfis de velocidades para  $V_{85,obs}$  e  $V_{85,mod}$  e à análise da consistência do traçado geométrico para tais velocidades.

##### **4.1. Acidentes de trânsito no trecho estudado**

A partir da análise dos registros disponibilizados pelo Comando de Policiamento Rodoviário de Goiás (CPR-PMGO) foram contabilizados os acidentes por quilômetro poderiam estar associadas com a geometria da via. Uma particularidade destes registros é a ausência do ponto exato da ocorrência do sinistro, o que dificulta a tarefa de relacionar o acidente com os elementos geométricos da rodovia. Na Figura 2 são apresentados os acidentes nos últimos 3 anos na estrada avaliada e se percebe que existe uma concentração de sinistros do quilômetro 10 ao 13 precisamente onde estão situados os elementos horizontais do traçado compreendidos entre a T 17 e a T 23. É importante salientar que o maior número de acidentes ocorre no sentido Goianira – Trindade.



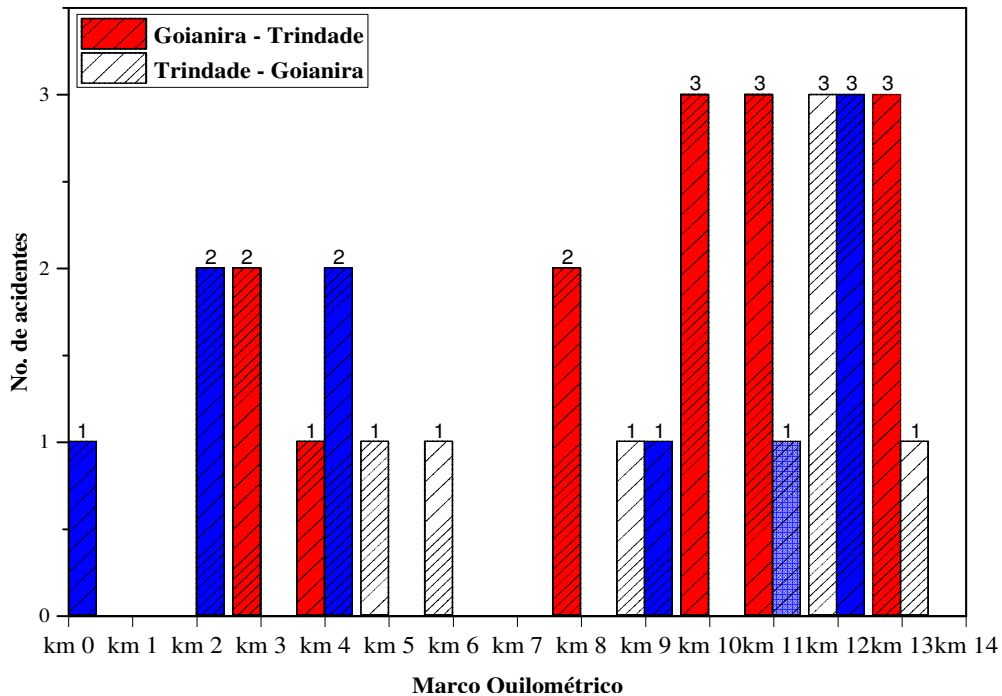


Figura 2 –Acidentes no trecho de estudo na rodovia GO-469

Fonte: Elaboração própria (2022)

#### 4.2. Análises dos perfis de velocidade operacional

Os resultados das medições pontuais de velocidade realizadas em campo e o perfil de velocidade preditiva desenvolvido no software IHSDM para os dois sentidos de circulação.

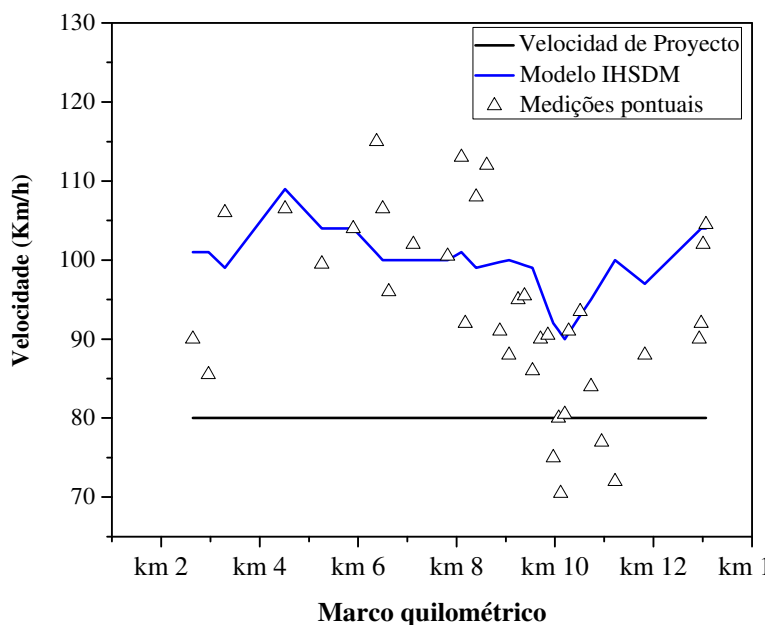


Figura 3 – Perfil de velocidade e medições pontuais sentido Trindade - Goianira  
 Fonte: Elaboração própria (2022)

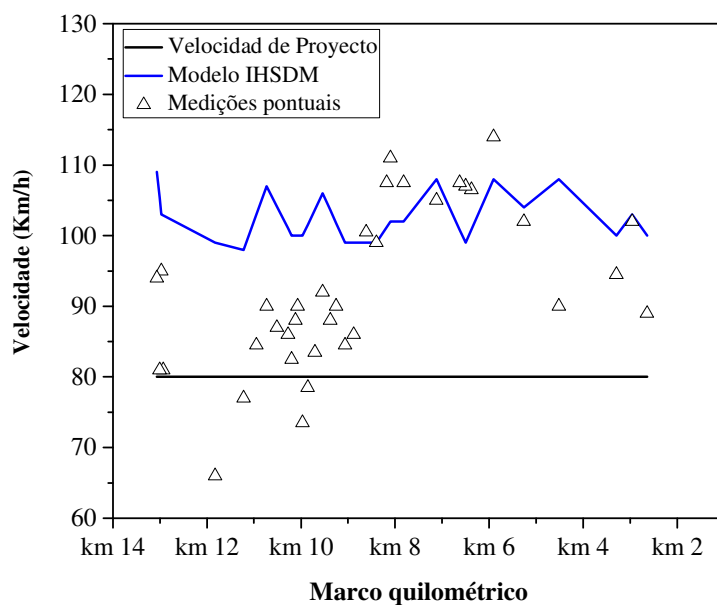


Figura 4 – Perfil de velocidade e medições pontuais sentido Goianira - Trindade  
 Fonte: Elaboração própria (2022)

Ao analisar os resultados nos gráficos se percebem diferenças da  $V_{85\text{ obs}}$  respeito a velocidade de projeto ao longo do trecho estudado. Os maiores valores destas variações se localizam na primeira metade do percurso avaliado, entretanto, na segunda metade do trecho

---

estas variações são menores, concentrando-se nos quilômetros do 8 ao 12, que compreende os elementos horizontais da T 14 a C 21. É importante salientar que ao realizar inspeções *in loco* os autores constataram problemas de visibilidade em alguns destes elementos geométricos o que pode estar diretamente associado com a redução da  $V_{85,obs}$ .

Os resultados dos parâmetros MAD, MAPE e RMSE aplicados ao modelo no sentido Trindade – Goianira são 8,79, 10,09 e 10,90 respectivamente, entretanto no sentido Goianira – Trindade os valores são 12,76, 14,98 e 14,92. Verifica-se, assim, que o modelo tem um melhor ajuste aos dados coletados no sentido Trindade – Goianira. Estes resultados de parâmetros estatísticos são elevados se comparados com pesquisas similares. Delgado Martínez *et al.* (2021), Goyani *et al.*, (2022) e Russo *et al.* (2016) de entre outros autores desenvolvem modelos de predição próprios e que mostram valores dos parâmetros estatísticos inferiores aos obtidos nesta pesquisa, demonstrando assim a dificuldade do uso de modelos que não tenham sido calibrados ou desenvolvidos às condições de uma determinada região.

A Tabela 2 mostra os resultados da avaliação da consistência geométrica do traçado estudado para os critérios I e II e tomando como referência a  $V_{85,obs}$  e a  $V_{85,mod}$ , respectivamente. A primeira coluna dos resultados corresponde à análise da consistência a partir da  $V_{85,obs}$ , a passo que a segunda coluna corresponde à consistência quando é usado a  $V_{85,mod}$ . Os resultados gerais da análise de consistência do traçado geométrico utilizando como referência a  $V_{85,obs}$  revelaram que 46%, 18% e 36% dos elementos são classificados como bons, aceitáveis e ruins, respectivamente, com base no Critério I, enquanto 76%, 20% e 4% dos elementos são classificados como bons, aceitáveis e ruins, respectivamente, com base no Critério II. Tomando como referência os resultados modelo preditivo  $V_{85,mod}$  a análises da consistência mostra que com base no Critério I, apenas 2% dos elementos são classificados como bons, 48% são aceitáveis e 50% são ruins, por outro lado, atendendo ao Critério II, todos os elementos são classificados como bons.

Tabela 2 – Análises da consistência do traçado segundo a velocidades de operação  $V_{85,obs}$  e  $V_{85,mod}$  respectivamente.

Elemento	Critério I		Critério II		Elemento	Critério I		Critério II	
	T-G	G-T	T-G	G-T		T-G	G-T	T-G	G-T
T 8 (2,450)	B, R	B, A	-	-	T 16 (9,280)	A, A	B, R	B, B	B, B
C 8 (2,642)	B, R	B, A	B, B	B, B	C 16 (9,542)	B, A	A, R	B, B	B, B
T 9 (2,958)	B, R	R, R	B, B	A, B	T 17 (9,780)	B, A	B, R	B, B	B, B
C 9 (3,294)	R, R	A, R	R, B	B, B	C 17 (9,965)	B, A	B, A	A, B	B, B
T 10 (3,530)	R, R	A, R	B, B	B, B	T 18 (10,056)	B, A	B, A	B, B	A, B
C 10 (4,020)	R, R	B, R	B, B	B, B	C 18 (10,196)	B, B	B, A	B, B	B, B
T 11(4,513)	R, R	B, R	B, B	B, B	T 19 (10,435)	A, A	B, R	A, B	B, B
C 11 (5,263)	A, R	R, R	B, B	A, B	C 19 (10,730)	B, A	B, R	B, B	B, B
T 12 (5,901)	R, R	R, R	B, B	A, B	T 20 (10,975)	B, A	B, R	B, B	B, B
C 12 (6,501)	R, A	R, A	B, B	B, B	C 20 (11,219)	B, A	B, A	B, B	B, B
T 13 (7,121)	R, A	R, R	B, B	B, B	T 21 (11,430)	B, A	B, A	B, B	B, B
C 13 (7,818)	R, A	R, R	B, B	B, B	C 2 (11,826)	B, A	A, A	A, B	A, B
T 14 (8,099)	R, R	R, R	A, B	B, B	T 22 (12,534)	A, A	A, R	B, B	R, B
C 14 (8,397)	R, A	A, A	B, B	A, B	C 22 (12,968)	R, R	B, R	B, B	A, B
T 15 (8,615)	R, A	R, A	B, B	B, B	T 23 (13,120)	R, R	A, R	B, B	A, B
C 15 (9,064)	B, A	B, A	B, B	B, B					

T – Trindade, G – Goianira, B – Bom, A – Razoável e R – Ruim

Fonte: Elaboração própria (2022)

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

No trabalho é avaliada, pela primeira vez, a consistência do traçado geométrico de uma rodovia rural de pista simples no estado de Goiás. Esta análise de consistência foi realizada utilizando a velocidade de operação medida *in loco* nos diferentes elementos geométricos da rodovia e do modelo de velocidade operacional preditiva incluído no software IHSDM.

Os resultados das medições de velocidade operacional mostram que os motoristas circulam pela via em valores muito superiores à velocidade regulamentada no trecho analisado. A comparação entre a velocidade de operação medida *in loco* e o modelo de predição resulta em valores dos parâmetros estatísticos, MAD, MAPE e RMSE superiores

aos encontrados na literatura internacional. Isto mostra a necessidade da calibração do modelo de predição para ser utilizado em análises de consistência ou desenvolver um modelo próprio onde se considerem as condições próprias da região e o perigo comportamental dos motoristas.

A consistência do traçado na maioria dos elementos geométricos que compõem o trecho com maior número de acidentes é avaliado como bom. Isto pode indicar que os sinistros são causadas por variáveis não diretamente associadas à percepção do traçado pelo motorista. É recomendado realizar estudos mais detalhados que possam abranger outras possíveis causas dos acidentes como distribuição da superelevação e superlargura, sinalização horizontal e vertical, visibilidade da sinalização, distâncias de visibilidade, atrito da superfície, condições climáticas e o perfil comportamental dos usuários da rodovia.

## **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem as instituições envolvidas no desenvolvimento da pesquisa: A Agência Goiana de Infraestrutura e Transportes (GOINFRA) que disponibilizou o projeto geométrico da rodovia estudada, o Instituto Federal Goiano (IFG) que auxiliou com o radar móvel e ao Comando de Policiamento Rodoviário de Goiás (CPR-PMGO) que facilitou o acesso aos registros de acidentes no trecho.

## **REFERÊNCIAS**

CHAUDHARI, P. M.; GOYANI, J.; ARKATKAR, S.; JOSHI, G.; SAID, M. Design Consistency Evaluation of Two-Lane Rural Highways in Hilly Terrains. *In: 24TH EURO WORKING GROUP ON TRANSPORTATION MEETING 2021, Aveiro. Anais [...]. Aveiro p. 8–10.*

DELGADO MARTÍNEZ, D. E.; MEDINA GARCÍA, L.; ULATE ZÁRATE, J. M.; GARCÍA DEPESTRE, R. A. Modelos de velocidad de operación de carreteras rurales en terreno llano en Costa Rica. **Enfoque UTE**, v. 12, n. 2, p. 52–68, 2021. DOI: 10.29019/enfoqueute.732.

ECHAVEGUREN, T.; HENRÍQUEZ, C.; JIMÉNEZ-RAMOS, G. Longitudinal Acceleration Models for Horizontal Reverse Curves of Two-Lane Rural Roads. **The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering**, v. 15, n. 1, p. 103–125, 2020. DOI: 10.7250/bjrbe.2020-15.463.

---

FITZPATRICK, K. et al. **Alternative design consistency rating methods for two-lane rural highways**. Washington.

GARCÍA-RAMÍREZ, Y.; ALVERCA, F. Calibración de Ecuaciones de Velocidades de Operación en Carreteras Rurales Montañas de Dos Carriles: Caso de Estudio Ecuatoriano. **Revista Politécnica**, v. 43, n. 2, p. 37–44, 2019. DOI: 10.33333/rp.vol43n2.1012.

GARCIA, Daniel Sergio Presta. **Método para Análise da consistência geométrica de Rodovias Brasileiras de Pista Simples**. 2008. Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul, 2008.

GARCÍA, R. A.; DELGADO, D. E.; DÍAZ, E. E. Modelos de perfil de velocidad para evaluación de consistencia del trazado en carreteras de la provincia de Villa Clara, Cuba. **Revista ingeniería de construcción**, v. 27, n. 2, p. 71–82, 2012. DOI: 10.4067/S0718-50732012000200005.

GOYANI, J.; CHAUDHARI, P.; ARKATKAR, S.; JOSHI, G.; EASA, S. M. Operating Speed Prediction Models by Vehicle Type on Two-Lane Rural Highways in Indian Hilly Terrains. **Journal of Transportation Engineering, Part A: Systems**, v. 148, n. 3, 2022. DOI: 10.1061/JTEPBS.0000644.

LAMM, R.; PSARIANOS, B.; MAILAENDER, T. **Highway design and traffic engineering handbook**. New York (N.Y.): New York (N.Y.): McGraw-Hill, 1999.

LLOPIS-CASTELLÓ, D.; FINDLEY, D. J.; GARCÍA, A. Comparison of the highway safety manual predictive method with safety performance functions based on geometric design consistency. **Journal of Transportation Safety & Security**, v. 13, n. 12 p. 1–22, 2020. DOI: 10.1080/19439962.2020.1738612.

LLOPIS CASTELLÓ, D.; CAMACHO TORREGROSA, F. J.; GARCÍA, A. Calibración de la velocidad de operación inercial como medida sustitutoria de las expectativas de los conductores. **Rutas**, v. Abril-Junio, n. 179, 20–28, 2019.

MALAGHAN, V.; PAWAR, D. S.; DIA, H. Modeling Operating Speed Using Continuous Speed Profiles on Two-Lane Rural Highways in India. **Journal of Transportation Engineering, Part A: Systems**, v. 146, n. 11, 04020124, 2020. DOI: 10.1061/jtepbs.0000447.

OPAS, Organizacion Panamerica de la Salud. **OMS lança Década de Ação pela Segurança no Trânsito 2021-2030**. 2021.

ROBERTSON, D. H.; HUMMER, J. E.; NELSON, D. C. Spot Speed Studies. *In: Manual of Transportation Engineering Studies*. Washington, D.C.: Institute of Transportation Engineers, 1994.

RUSSO, F.; BIANCARDO, S.; BUSIELLO, M. Operating speed as a key factor in studying the driver behaviour in a rural context. **TRANSPORT**, v. 31, n. 2, p. 260–270, 2016. DOI: 10.3846/16484142.2016.1193054.

XU, J.; LIN, W.; SHAO, Y. New design method for horizontal alignment of complex mountain highways based on “trajectory-speed” collaborative decision. **Advances in Mechanical Engineering**, v. 9, n. 4, p. 1–18, 2017. DOI: 10.1177/1687814017695437.

XU, J.; LIN, W.; WANG, X.; SHAO, Yi M. Acceleration and deceleration calibration of operating speed prediction models for two-lane mountain highways. **Journal of Transportation Engineering**, v. 143, n. 7, p. 1–13, 2017. DOI: 10.1061/JTEPBS.0000050.