

## **Viabilidade da construção de faixas adicionais em aclives no trecho da MGC-354 de Presidente Olegário/MG a Patos de Minas/MG**

*Viability of construction of additional lanes on the slopes of the MGC-354  
between Presidente Olegário-MG and Patos de Minas-MG*

**Igor Alexandre Machado Caixeta**

Discente do curso de Engenharia Civil do UNIPAM. e-mail: igor.caix@gmail.com

**Diego Henrique da Mota**

Professor de Engenharias e Ciências Agrárias do UNIPAM. e-mail: diegoh@unipam.edu.br

---

**Resumo:** O transporte rodoviário é o principal método para tráfego do país. Através da malha rodoviária brasileira corre todo o mercado agrícola, pecuarista e outros. Com isso, as rodovias são de suma importância para a economia brasileira e também para viajar, pois é um dos meios que melhor correspondem na relação qualidade/custo. A presente pesquisa tem como principal objetivo verificar a necessidade da implantação de faixas adicionais em aclives da MGC-354, entre as cidades de Presidente Olegário/MG e Patos de Minas/MG devido ao grande volume de tráfego ali presente e também à constante formação de filas de veículos nos aclives supracitados. Foi realizada uma comparação do cálculo do volume médio diário realizado pelos autores e pelo DER em seu último registro no ano de 1995, e notou-se um aumento de 3.875 veículos médios para 4.113 atuais. Notou-se também um aumento em 10 vezes no número N calculado em 1995, que foi igual a  $1,44 \times 10^6$  para  $2,48 \times 10^7$ . Foram notórios alguns aspectos exigidos para a adição de terceiras faixas, como a análise dos tipos de classificações da rodovia e níveis de serviço, tanto na rodovia, quanto nos aclives. Tais dados e análises ajudaram a concluir tecnicamente que os aclives da MGC-354 necessitam de uma melhoria de classe, no caso a construção de faixas de adicionais. **Palavras-chave:** Rodovia. Faixa adicional. Terceira faixa. Contagem de tráfego.

**Abstract:** Road transport is the main traffic method in the country. It is through the Brazilian highway network that all the agricultural, cattle and other markets run. All in all, the highways are of fundamental importance for the Brazilian economy and travels, for it is one of the means that best correspond to the quality/cost relation. The present paper has as its principal objective to verify the necessity of implantation of additional lanes on the slopes of the MGC-354, between the cities of Presidente Olegario/MG and Patos de Minas/MG, due to the presence of great traffic volume in the area and also the constant formation of lines of vehicles on the slopes mentioned above. A comparison of the average daily volume was done by the authors and the DER, in their last report in the year of 1995, and an increase of 3,875 medium vehicles to a recent 4,113 was noticed. An increase of 10 times the number of N was also noticed calculated in 1995, which was equal to  $1.44 \times 10^6$  to  $2.48 \times 10^7$ . Some required aspects for the addition of a third lane were notori-

ous, like the analysis of the types of highway classifications, and service levels, both in the highways and on the slopes. This data and analysis helped technically conclude that the slopes of the MGC-354 need class improvement, in this case, the construction of additional lanes.

**Keywords:** Highway. Additional lane. Third lane. traffic count.

---

## 1. Introdução

Uma melhoria de infraestrutura acarreta consequentemente a melhoria das rodovias, como as duplicações, por exemplo, para que o trânsito em determinados locais, como em aclives, grandes trechos em curvas, de elevado tráfego, se torne mais seguro e para que se obtenha um melhor fluxo de automóveis.

A MGC-354, igual a grande parte das rodovias brasileiras, necessita de melhorias, para que o traslado pela mesma se torne mais confortável e seguro. O trecho se encontra entre duas cidades próximas, uma de menor número de habitantes, Presidente Olegário/MG, e outra com maior população, Patos de Minas/MG, a qual possui mais alternativas de educação, saúde e lazer.

A rodovia em estudo possui trechos de lentidão, devido a aclives, principalmente aqueles que se localizam em curvas, o que consequentemente dificulta a ultrapassagem de veículos maiores por veículos de passeio.

Neste sentido, foi realizada uma pesquisa para investigar a real necessidade da adição de uma faixa nos aclives desta rodovia, visando a segurança dos automóveis que transitam entre ambos os municípios e também daqueles que realizam viagens de maior distância e passam por este trecho.

Portanto, por meio desta pesquisa buscou-se identificar a possibilidade de melhoria do tráfego em aclives na MGC-354, trecho que liga a cidade de Presidente Olegário/MG a Patos de Minas/MG, devido à ampla quantidade de pessoas que se deslocam para o maior centro, e grande número de curvas e subidas localizadas no trajeto.

Desta forma, este trabalho apresenta uma definição e caracterização da rodovia a ser estudada, uma análise da normatização vigente e um estudo dos possíveis trechos a serem duplicados. Para tanto, foi feito o quantitativo de veículos que transitam pela rodovia diariamente, para que se conclua a real necessidade da adição de faixas extras de rodagens no trecho estudado.

## 2. Referencial teórico

Neste tópico serão feitas análises das características das rodovias e dos veículos que nelas trafegam.

Aprofundado o assunto serão abordadas as temáticas sobre faixas adicionais, pesquisas de tráfego e por fim será feita uma breve abordagem sobre projetos geométricos.

### **Análise das características da rodovia**

A classe da MGC-354, no trecho estudado, é classificada administrativamente como classe I, conforme o item 2,1.5, que será apresentado sequencialmente, com velocidade de 80 km/h, e em alguns trechos de 60 km/h, tendo como raio mínimo das curvas igual 214,87 m (DER, 2015).

#### **2.1.1. Classificação das Rodovias**

De acordo com o DNER (1999), há três tipos de classificações para rodovias: administrativa, funcional e técnica.

##### **Classificação Administrativa**

A classificação administrativa vem da posição geográfica da rodovia em relação a Brasília, e essas estradas recebem nomenclatura de um prefixo (BR) seguido de três algarismos. O primeiro algarismo indica a categoria da rodovia conforme o Plano Nacional de Viação - DNIT (2004), e essas categorias são: 0 (zero) rodovias radiais; 1 (um) rodovias longitudinais; 2 (dois) rodovias transversais (vias que cruzam o país no sentido Leste-Oeste); 3 (três) rodovias diagonais; 4 (quatro) rodovias de ligação.

##### **Classificação Funcional**

A classificação funcional é o agrupamento de rodovias, em sistemas e classes, variando conforme seu tipo de serviço e as funções que exercem, sendo três diferentes sistemas: arterial, coletor e local (PONTES FILHO, 1998).

As arteriais caracterizam-se por atender um alto índice de tráfego. Nelas o tráfego tende a ser para distâncias maiores, seja internacional ou interestadual. As coletoras caracterizam-se por satisfazer um tráfego de menor vulto, por estarem ligadas a menores núcleos populacionais e não ligadas ao Sistema Arterial. Têm como objetivo manter um fluxo livre de veículos em uma determinada área. Já as locais caracterizam-se por vias pequenas, que satisfazem principalmente o tráfego intramunicipal de áreas rurais e de pequenos logradouros às vias mais importantes.

##### **Classificação Técnica**

Os padrões estabelecidos por meio dos projetos têm que atender a particularidades da operação de tráfego da rodovia (ANTAS *et al.*, 2010). Tais particularidades são distinguidas, para projeto, em cinco classes de rodovias, com nomenclatura de 0 a IV, que corresponde os menores números às exigências técnicas mais exigidas (DNER, 1999).

##### **Classes das Rodovias**

De acordo com o DNER (1999), as rodovias são divididas em 8 (oito) classes, que serão especificadas a seguir:

- Classe 0: rodovia expressa, do mais elevado padrão técnico, de pista dupla, com controle total de acesso e exiguidade de pedestres;
- Classe I-A: rodovia com duas pistas, controle parcial de acesso, com um nível de serviço inferior a C para terrenos planos e ondulados, e um nível de serviço inferior a D para terrenos montanhosos;
- Classe I-B: rodovia com pista simples e elevado padrão técnico, com um VMD (volume médio diário) de 1400 veículos mistos bidirecional, tráfego inferior a Classe I-A e acima de 200 veículos/hora e suportando o volume de tráfego por 10 anos após a abertura da rodovia;
- Classe II: rodovia de pista simples, a qual suporta o volume de tráfego por 10 anos após a abertura da rodovia. Os níveis de serviço variam de A a C ou D, dependendo das condições da rodovia.
- Classe III: rodovia de pista simples, suporta o volume de tráfego por 10 anos após a abertura da rodovia. Os níveis de serviço variam de A a D, dependendo das condições da rodovia.
- Classe IV: rodovia de pista simples e padrão técnico suficiente para atendimento a custo mínimo do tráfego. Em grande maioria não pavimentada, compondo o sistema local de rodovias, sendo estradas vicinais e pioneiras.
- Classe IV-A: VMD circula entre 50 e 200 veículos;
- Classe IV-B: VMD é abaixo de 50 veículos.

#### Níveis de Serviço

Os níveis de serviço são 6 (seis), subdivididos em letras, de A a F (LOS), sendo A o nível de serviço com melhor condição operacional, e F, o nível de serviço com pior condição operacional.

Os níveis de serviço são os seguintes (ANDRADE, 2013): LOS A: o fluxo de tráfego não tem interferências, visto que é um fluxo livre e com isso não sofre variação; LOS B: o fluxo de tráfego também é livre, porém notam-se pequenas interferências de veículos no mesmo; LOS C: o fluxo de tráfego já é afetado, podem-se encontrar filas; LOS D: o volume do tráfego nesse nível de serviço já é maior, fazendo com que a velocidade média sofra redução, e reduzindo também o espaço para execução de manobras; LOS E: o tráfego na rodovia é variável conforme a velocidade da mesma, e isso faz com que a corrente de tráfego não seja uniforme, gerando congestionamentos; LOS F: o tráfego na via é tomado por filas de congestionamentos, ocasionando alternância e interrupção do trânsito.

#### Classificação dos veículos

Sabe-se que existe uma grande variedade de veículos circulando pela malha rodoviária brasileira, e cada um destes é classificado conforme seu peso, dimensões e características de operações (DNIT, 2006).

Tal análise é importante para o desenvolvimento dos projetos rodoviários, pois com a classificação dos veículos, obtêm-se informações como capacidade de tráfego, dimensões da via, limitações de manobras e níveis de serviço da via (DNIT, 2006).

De acordo com o DNIT (2006), a classificação dos diversos tipos de veículos existentes no fluxo de tráfego da malha rodoviária do país é feita conforme a distribuição de seus eixos, sendo que a rodagem é definida pela quantidade de pneumáticos existentes por eixos.

Em sua rodagem simples, cada eixo possui apenas 1 (um) pneumático em cada extremidade, já em sua rodagem dupla, cada eixo possui 2 (dois) pneumáticos. Demonstrando como é definida a rodagem para cada tipo de veículo, tem-se o Quadro 1:

**Quadro 1.** Relação número de eixos e rodagem por tipo de veículo

Categoria	Tipo de veículos	N.º de eixos	Rodagem
1	Automóvel, caminhoneta e furgão	2	simples
2	Caminhão-ônibus, Caminhão- trator e furgão	2	dupla
3	Automóvel com semi-reboque e caminhoneta com semi-reboque	3	simples
4	Caminhão, caminhão-tractor, Caminhão-tractor com semi-reboque e ônibus	3	dupla
5	Automóvel com reboque e Caminhoneta com reboque	4	simples
6	Caminhão com reboque e Caminhão-tractor com semi-reboque	4	dupla
7	Caminhão com reboque e Caminhão-tractor com semi-reboque	5	dupla
8	Caminhão com reboque e Caminhão-tractor com semi-reboque	6	dupla
9	Motocicletas, motonetas e Bicicletas a motor	2	simples

Fonte: DNER (2006, p. 49)

#### Veículos Coletivos

Na categoria dos veículos que são classificados como coletivos estão os ônibus urbanos com dois eixos, os micro-ônibus e os coletivos especiais com três ou mais eixos. (DER/MG, 2013).

#### Veículos de Carga

Na categoria dos veículos que são classificados como para carga estão os caminhões rígidos que têm capacidade de carga superior a 3 t, os semirreboques, os reboques e CVC. (DER/MG, 2013). Os veículos de carga como caminhões e semirreboques possuem variações na composição de seus eixos, pois transportam variados tipos de carregamentos, que possuem diferentes volumes e pesos (SENÇO, 2008).

#### Faixas adicionais

A referência principal utilizada para o estudo da adição de faixas adicionais em aclives é o Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais – DNER (1999), e tal manual toma como referência as normas apresentadas no Livro Verde da AASHTO.

De acordo com o DNER (1999), a implantação de uma faixa adicional justifica-se quando são satisfeitos três critérios, os quais incluem considerações econômicas:

- 1) O fluxo de tráfego no aclive superior a 200veic/h;
- 2) O fluxo de caminhões é superior que 20 caminhões por hora no aclive;
- 3) Uma das seguintes condições é satisfeita:
  - Reduzir a velocidade de um caminhão comum em 15 km/h ou mais no decorrer do aclive;
  - O nível de serviço estabelecido para a rampa seja E ou F;
  - Ocorre uma redução de dois ou mais níveis de serviço em relação ao trecho que antecede o aclive.

Sendo assim, os aspectos levados em consideração para a adição de uma terceira faixa estão relacionados à quantidade de veículos que passam pelos trechos em subida, à redução da velocidade dos veículos pesados nos trechos em aclive e ao encadeamento consequente da existência de veículos rápidos e lentos nesses trechos.

Para a construção de faixas adicionais, deve-se analisar também a geometria local, a geometria das próprias terceiras faixas e também acostamento, como sua largura, uma vez que a largura da faixa adicional, já estabelecida, deve se manter durante toda a extensão, assim como o acostamento (DNER, 1999).

Segundo o Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais - DNER (1999), no acostamento preferencialmente deverá se manter a largura adotada no restante da via. Caso seja necessária uma redução do acostamento, esta poderá ser feita para uma dimensão mínima de 1,20m, visto que na sua combinação com a faixa em subida, geralmente forma-se uma largura suficiente para que um veículo lento passe por um veículo que esteja parado, sem a necessidade de invadir a faixa de tráfego contrário.

Os *tappers* são muito importantes para a construção de uma faixa adicional, já que são eles os responsáveis pela entrada com segurança dos caminhões nas faixas adicionais. Admitindo-se um deslocamento lateral de 1 m/s (DNER, 1999).

**Quadro 2.** Relação Velocidade/Comprimento dos tappers

Velocidade diretriz da rodovia (km/h)	60	80	100	120
Comprimento Desejado (m)	55	70	85	100
Comprimento Mínimo (m)	45	55	65	75

Fonte: DNER (1999, p. 214)

Por fim, deve-se atentar para as sinalizações e as defensas, pois são de suma importância para a fluência de uma terceira faixa segura.

### **Pesquisa de tráfego**

Na área de engenharia de tráfego utilizam-se pesquisas para levantamentos de dados, e é possível fazer tais pesquisas através de entrevistas ou por observação direta

(DNIT, 2006).

#### Contagem Volumétrica

O objetivo da contagem volumétrica de tráfego é determinar a quantidade, o sentido e composição do fluxo de veículos que passam pelos pontos escolhidos da via para se fazer a contagem em uma estipulada unidade de tempo (DNIT, 2006).

Essas informações coletadas serão utilizadas na análise de capacidade, para avaliar as razões dos congestionamentos, nos elevados índices acidentes, para dimensionamento da pavimentação, entre outras melhorias (DNIT, 2006).

#### 2.4.1. Contagem de Tráfego

A contagem de tráfego pode ser feita conforme o DNIT (2006) de 4 (quatro) formas diferentes: contagem manual, contagem automática, contagem por videoteipe e pelo método observador móvel.

A contagem manual é a metodologia mais fácil e econômica dentre as existentes. Ela é feita utilizando uma ficha de contagem, a qual deve conter todos os tipos de veículos que passam pelo sentido da via onde está sendo feita a contagem no tempo determinado (DNIT, 2006).

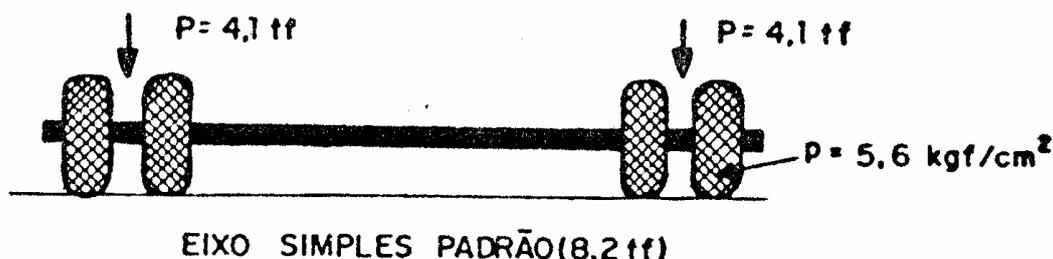
#### Volume Médio Diário

As contagens fazem com que consigamos mensurar o volume de tráfego, que é importante para classificar as rodovias. Com esse volume de tráfego, tem-se o volume médio diário (VMD). O VMD é a média do volume de veículos que trafegam pela rodovia em um dia completo (24 horas) (DNIT, 2006).

#### Número "N"

O cálculo do número N representa o número de repetições que um eixo de 8,2 toneladas, que é o eixo considerado como eixo padrão (Eixo Padrão Rodoviário) opera na rodovia (local onde foi executada a contagem volumétrica) (MINAS GERAIS, 2012.).

Figura 1 - Eixo Simples Padrão



Fonte: MINAS GERAIS, 2012.

Tal cálculo é importante para o dimensionamento de pavimentos e também para verificar se o tráfego está condizente com a classe estabelecida para a rodovia quando projetada.

#### **Projeto da rodovia MGC-354 – Presidente Olegário/MG a Patos de Minas/MG**

O projeto da MGC-354 foi desenvolvido em outubro de 1978, contendo em seus volumes todas as informações da rodovia.

O estudo de tráfego foi feito para determinar qual o carregamento da via, sendo repetidos anos depois pelo DER-MG para estimar o tráfego da via.

Foram registrados 5 (cinco) estudos de tráfego desde o projeto da rodovia, que estavam contidos no projeto da mesma, apresentados a seguir:

**Tabela 1.** Contagens de Tráfego realizadas DER-MG

ANO	PASSEIO	VEÍCULOS COLETIVOS	CARGA	VMD	Nº "N"
1978	696	28	230	954	1,19 x 10 <sup>5</sup>
1980	832	31	260	1123	2,11 x 10 <sup>5</sup>
1985	1298	41	352	1691	4,95 x 10 <sup>5</sup>
1990	2025	53	478	2556	8,89 x 10 <sup>5</sup>
1995	3158	68	649	3875	1,44 x 10 <sup>6</sup>

Fonte: DER (1978, vol. 1, p.10)

Com os resultados obtidos através das pesquisas, outrora não existia a necessidade da construção de faixas adicionais, uma vez que o fluxo de veículos na rodovia era considerado normal para os padrões do projeto. Seu projeto geométrico segue as características de uma rodovia de Classe I-B, com rampas com inclinações maiores do que 6% por causa da topografia local (DER, 1978).

Tais características foram consideradas em projeto: velocidade mínima do projeto: 60 km/h; velocidade diretriz: 60 km/h; velocidade média da rodovia: 108 km/h; rampa máxima excepcional: 7%; distância mínima de visibilidade: 75 m; largura da pista de rolamento: 7,2 m; superelevação mínima: 3%; superelevação máxima: 8%; extensão total: 27.566,40 m; extensão em curva: 11.801,13 m; extensão em tangente: 16.168,07 m; número de curvas horizontais: 26; raio modal: 247,87 m; extensão total em alicive: 15.618,95 m; extensão total em declive: 12.350,25 m; rampa mínima empregada: 0,5%; rampa máxima empregada: 7%; seção transversal – Pista de Rolamento: 3,60 m; seção transversal – Acostamento: 2,00 m (DER/MG, 1978).

### **3. Metodologia**

O método utilizado para pesquisa foi feito em etapas, iniciando-se pelo levantamento de dados, esses da área e do tráfego, seguidas de uma maior pesquisa bibliográfica, coleta e junção dos dados.

#### **Levantamento de dados**

Para a realização dos levantamentos de dados, tais como da seção da rodovia analisada e do fluxo de tráfego, foram feitas pesquisas de campo a partir das informações obtidas através do Manual de Estudo de Tráfego (DNIT, 2006) para se obter o volume médio diário (VMD) para a verificação da possibilidade de melhorias nos trechos de aclives da MGC-354.

A presente pesquisa foi realizada entre as cidades de Patos de Minas/MG e Presidente Olegário/MG, na MGC-354, situada onde o relevo é 5% plano, 90% ondulado e 5% montanhoso (PREFEITURA DE PATOS DE MINAS, 2011).

A pesquisa de tráfego, efetuada a partir do método de contagem manual, e o levantamento do fluxo de tráfego consistem em várias formas de contagens, e devido ao pouco tempo hábil para a realização da pesquisa de campo, foi escolhido o método de contagem (3), que é a contagem entre 06h a.m e 10h p.m. de quinta-feira até domingo, trazendo um nível de precisão C. Essa contagem dar-se-á com o auxílio da ficha de contagem volumétrica I, que é a ficha que permite uma contagem manual (DNIT, 2006).

Posteriormente, junto das normas de classe, faz-se uma análise para prever uma possível melhoria de classe da MGC-354.

#### **Pesquisa bibliográfica**

Essa pesquisa foi feita através de estudos baseados em artigos científicos, teses, dissertações e também em livros da biblioteca do Centro Universitário de Patos de Minas, visando informações mais atuais, a partir do ano de 1999. Essas buscas foram feitas através de palavras-chave como rodovias, duplicações, faixas adicionais.

As especificações técnicas principais e o material de pesquisa para a elaboração da pesquisa sobre a viabilidade são as seguintes: Livro Verde da AASHTO (AASHTO, 2001); Norma DNER IPR 706/1999: Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais; Norma DNIT IPR 723/ 2006: Manual de Estudos de Tráfego.

#### **2.9. Visitas técnicas**

Em todas as visitas executadas na MGC-354, foi observada uma grande incidência de filas de veículos nos aclives, principalmente quando se tem a presença de veículos de carga, devido à carga elevada dos mesmos.

O relevo da região é de 90% ondulado, fazendo com que tenhamos uma grande extensão de faixas contínuas impedindo as ultrapassagens na região, devido à falta de visão para as mesmas, tornando o trânsito no trecho mais lento.

## 2.10. Contagem volumétrica do tráfego

Foi realizada a contagem de fluxo volumétrico dos veículos que transitavam pela MGC-354 através de contadores manuais de contagem de volume e com o auxílio da normatização publicada pelo DNIT. Essa contagem é realizada diferenciando todos os tipos de veículos: leves, que são autos, caminhonetas, ônibus e caminhões; e pesados (ônibus e caminhões), que se veem através dos eixos (DNIT, 2006).

Para a realização da contagem do fluxo de tráfego, foi adotado um sistema de contagem apresentado pelo DNIT no Manual de Estudos de Tráfego (2006), e adotou-se esse sistema para minimizar erros que estão sujeitos a acontecer durante a quantificação dos veículos, além de qualificar o levantamento executado (DNIT, 2006). Sequencialmente, apresentam-se os quadros nos quais foram baseadas as formas de levantamentos possíveis e seus níveis de precisão.

Quadro 3. Método Manuais de Contagem Volumétrica Utilizado

<b>I – Usando Contadores Manuais</b>			
<b>Método</b>	<b>Nível de Precisão</b>	<b>Variações aceitáveis</b>	<b>Observações</b>
(1) - Contagem durante 1 hora, em um dia de semana, entre 9 a.m. e 6 p.m.	D	A contagem pode ser estendida	
(2) - Contagem em um dia de semana, de 6 a.m. até 10 p.m.	C ou D		
(3) - Contagem entre 6 a.m. e 10 p.m. de 5ª Feira até Domingo	C	Pode ser estendida para dias incluindo 2ª Feira	Para a semana use 5 x 5ª + Sábado + Domingo

Fonte: DNIT, 2006, p. 120.

Quadro 4. Qualidade de Estimativas de Contagem

<b>Nível de precisão</b>	<b>90% de probabilidade do erro não ultrapassar</b>	<b>Interpretação da estimativa</b>
A	5%	Excelente
B	5% a 10%	Satisfatória para todas as necessidades normais
C	10 % a 25%	Suficiente com estimativa grosseira
D	25 a 50%	Insatisfatória
E	mais de 50%	Inútil

Fonte: DNIT, 2006. p. 119

### **Junção de dados e confecção dos cálculos**

Nessa etapa, foram conferidos todos os dados coletados, para a junção de todos os dados adquiridos em pesquisa, cujo propósito foi fazer um estudo da viabilidade de uma faixa adicional nos aclives na MGC-354, no sentido Presidente Olegário/MG a Patos de Minas/MG. Para isso, é preciso calcular o VMD (Volume Médio Diário) para que seja feita a avaliação da real necessidade da adição de uma terceira faixa nos aclives entre as cidades (DNIT, 2006).

Foi calculado o FE (Fator de Eixo), que é o número que, multiplicado pela quantidade de veículos, nos dá o número de eixos, sendo que, para se obter a formulação para a execução dos seus cálculos divide-se o número total de eixos pela frequência de veículos levantada (MINAS GERAIS, 2012).

Depois, o FC (Fator de Carga) foi calculado, a partir do número que, multiplicado pelo número de eixos, define o número equivalente de eixos padrão, com um valor fixado de 8,2 ton. Para a execução de cálculo do FC, é necessário o auxílio do Manual de Estudos de Tráfego do DNIT, pois é a partir dele que se utiliza uma formulação específica para cada tipologia de eixo, eixo simples, eixo duplo, tandem duplo e tandem triplo (MINAS GERAIS, 2012).

Com todos os dados citados anteriormente calculados, calculou-se o N a partir da seguinte formulação:  $N = VMD \times n^{\circ} \text{ dias ano} \times n^{\circ} \text{ de anos de projeto} \times Fe \times FC$  (número de eixos considerados padrão que passam na via onde foi efetuada a contagem volumétrica) (MINAS GERAIS, 2012).

O número N foi calculado para uma comparação com valores calculados anteriores, para que com tal comparação, se soubesse se houve ou não a crescente de tráfego na via (DER/MG, 1978).

### **3. Resultados e discussões**

Foram realizadas pesquisas na MGC-354 para avaliar o fluxo do tráfego, comparar com pesquisas feitas anteriormente, e analisar qual a crescente do fluxo de tráfego que ocorreu nesses 21 anos entre as duas pesquisas realizadas, uma vez que a última pesquisa registrada pelo DER-MG foi no ano de 1995.

Tal comparação foi feita para ajudar a determinar a necessidade da adição de faixas adicionais nos aclives existentes devido às formações de filas de veículos identificadas durante a pesquisa e o aumento do tráfego no local.

#### **Visita técnica**

Foi feito um relatório fotográfico em uma das visitas executadas, realizada no dia 06/09/2016 para registrar a formação das filas nos trechos em subida da rodovia.

Figura 2. Memorial Fotográfico



Fonte: Elaborado pelos autores, 2016.

Contagem volumétrica do tráfego

Os dados coletados pelo levantamento serão apresentados através do quadro:

Quadro 5. Dados Obtidos através da Contagem Volumétrica

DATA/HORA		CONTAGEM VOLUMÉTRICA																OUTROS	
		VEÍCULOS LEVES		ÔNIBUS		CAMINHÕES													
		AUTOS	CAMINION	2C	3C	2C	3C	4C	2S1	2S2	2S3	3S2	3S3	2C2	2C3	3C3	6 EIXOS		
01/09/2016	06:00 às 10:00	435	62	18	0	36	12	0	0	6	8	0	36	1	0	1	0	17	76
01/09/2016	10:00 às 14:00	387	90	5	3	33	42	0	1	12	12	1	32	0	0	3	0	21	20
01/09/2016	14:00 às 18:00	461	98	7	5	50	44	0	0	11	5	2	58	1	0	1	1	20	43
01/09/2016	18:00 às 22:00	307	79	18	7	18	29	0	0	8	8	0	43	0	0	2	1	19	22
02/09/2016	06:00 às 10:00	417	60	19	0	25	16	1	1	8	7	7	39	2	0	0	0	9	104
02/09/2016	10:00 às 14:00	505	96	11	2	40	24	0	0	5	8	1	35	0	0	0	0	12	55
02/09/2016	14:00 às 18:00	532	115	10	1	56	40	0	0	10	7	0	49	0	0	0	0	8	51
02/09/2016	18:00 às 22:00	540	124	21	8	35	27	0	1	2	3	0	36	0	0	0	0	18	27
03/09/2016	06:00 às 10:00	330	51	7	2	24	8	0	0	6	7	0	24	1	0	0	0	8	61
03/09/2016	10:00 às 14:00	442	99	4	5	30	24	0	0	10	9	0	26	0	2	0	0	15	32
03/09/2016	14:00 às 18:00	483	80	11	6	29	22	0	0	9	10	3	35	0	0	1	0	6	57
03/09/2016	18:00 às 22:00	386	101	6	2	22	12	0	0	19	3	2	38	0	0	0	0	16	45
04/09/2016	06:00 às 10:00	291	67	5	1	9	4	0	1	3	7	2	30	0	5	2	7	7	43
04/09/2016	10:00 às 14:00	405	118	4	4	5	2	0	0	0	5	1	8	0	1	5	1	5	51
04/09/2016	14:00 às 18:00	474	96	2	2	4	4	3	0	1	4	0	11	0	0	4	1	1	46
04/09/2016	18:00 às 22:00	219	24	3	0	8	11	1	0	1	1	11	5	0	0	2	20	0	18

Fonte: Elaborado pelos autores, 2016.

A contagem foi realizada em quatro (4) dias, entre as 06 a.m. e 10 p.m., de quinta-feira até no domingo. Sendo realizada entre dias 01/09/2016 à 04/09/2016, é uma contagem volumétrica com nível de precisão C, conforme o Quadro 2. De acordo com o Quadro 3, a contagem volumétrica é considerada suficiente com estimativa grosseira. Através dos dados obtidos pela contagem realizada, foram calculados o volume médio diário.

### Volume Médio Diário (VMD)

O VMD é a média dos volumes dos veículos que trafegam durante 24 horas na via (DNIT, 2006). Para o cálculo do VMD foi feito uma média aritmética do volume obtido nas horas contadas para determinar o volume em 24 horas, uma vez que o levantamento foi realizado em dezesseis (16) horas diárias.

**Quadro 6. Médias de Veículos/Hora por dia**

DIA	HORÁRIO	QT. VEÍC. AUTO E CAMINHONETAS	QT. VEÍC. CARGA	QT. VEÍC. COLETIVOS	QT. OUTROS VEÍC.	QT. TOTAL DE VEÍC.
01/09	06:00 às 22:00	119,9375	37,1875	3,9375	10,0625	171,125
02/09	06:00 às 22:00	149,3125	33,375	4,5	14,8125	202
03/09	06:00 às 22:00	123,25	26,3125	2,6875	12,125	164,375
04/09	06:00 às 22:00	121,5625	11,6250	1,5	13,25	147,9375

Fonte: Elaborado pelos autores, 2016.

Então, calcula-se os seguintes volumes:

- Volume horário =  $(171,125 + 202 + 164,375 + 147,9375) / 4 = 171,3594$  veículos / hora
- VMD =  $171,3594 \times 24 = 4113$  veículos / dia
- VMDa =  $4113 \times 365 = 1.501.245$  veículos / ano

### Cálculo do número "N"

O número N representa o número de repetições de carga que um eixo-padrão opera em uma via. Esse eixo-padrão, como supracitado, tem 8,2 toneladas (18.000 lb ou 80 kN) (DER, 2006).

Para o cálculo do número N, foi necessário identificar o tipo de eixo de cada veículo levantado na rodovia, e dividir seus eixos em toneladas padrões para executar os cálculos.

Para execução do cálculo N, calculou-se a frequência de cada eixo de cada veículo na via. Porém, adquiriu-se essa frequência quando foi executado o levantamento de

fluxo de veículos, pois a frequência é a quantidade de veículos que passa na rodovia.

Sequencialmente, foi necessário calcular o número total de eixos da amostragem, para que com esse total de eixos, fosse calculado o FE. O FE é o cálculo que transforma a quantidade de veículos em número de eixos. É um dos dados necessários para a o cálculo do número N.

O cálculo do FC (que é o Fator de equivalência de carga) é o número que multiplicado pela quantidade de eixos nos apresenta o número equivalente de eixos-padrão. Para cada tipo de eixo usou-se as seguintes equações:

**Quadro 7.** Cálculo de Fator de Carga para cada Tipo de Eixo

<b>Tipos de eixo</b>	<b>Equações (P em tf)</b>
Simplex de rodagem simples	$FC = (P / 7,77)^{4,32}$
Simplex de rodagem dupla	$FC = (P / 8,17)^{4,32}$
Tandem duplo (rodagem dupla)	$FC = (P / 15,08)^{4,14}$
Tandem triplo (rodagem dupla)	$FC = (P / 22,95)^{4,22}$

P = Peso bruto total sobre o eixo

Fonte: DNIT, 2006, p. 244

Depois de calcular o FC para cada eixo do veículo, encontra-se o FC total, que foi igual a 1,38156515, e depois foi calculado o número N.

Para o cálculo do número N, usou-se a seguinte formulação:

- $N = VMD \times 365 \times n^{\circ} \text{ de anos} \times Fe \times FC$

Sendo:

VDM = Volume Médio Diário

365 = n° de dias presentes em 01 ano

n° de anos = Quantidade de anos para projeto da rodovia

Fe = Fator de eixo

FC = Fator de Carga

Assim, o cálculo para encontrar o número N executado foi o seguinte:

- $N = 4113 \times 365 \times 1 \times 11,95 \times 1,381565156$
- $N = 2,48 \times 10^7$

Portanto, o número N encontrado através das médias dos dados coletados com a contagem volumétrica é igual a  $2,48 \times 10^7$ . Lembre-se que a contagem volumétrica para tal levantamento foi qualificada com um nível de precisão C.

Foi feito um comparativo com o número N presente no projeto da rodovia datado do ano de 1995, que tinha um valor igual a  $1,44 \times 10^6$ , deixando notória uma crescente de tráfego nos últimos 21 anos.

### **Classificação da rodovia MGC-354**

Para classificar uma rodovia, é preciso analisá-la em três aspectos, de forma sucinta e embasada nos estudos feitos para a elaboração da pesquisa, e também nas visitas técnicas realizadas no decorrer dos estudos.

O sistema da MGC-354 pode ser considerado arterial, pois é o sistema caracterizado por atender um alto índice de tráfego e tráfego de longas distâncias (PONTES FILHO, 1998). A sua Classe é a I-B, pois é uma rodovia de pista simples, com tráfego superior a 200 veículos/hora e com tráfego inferior ao tráfego de uma rodovia Classe I-A (DNER, 1999). O nível de serviço é considerado C, pois o fluxo de tráfego já é afetado, encontrando-se filas. A densidade se torna marcante (ANDRADE, 2013).

### **Análise para implantação de faixa adicional nos aclives da rodovia MGC 354**

Segundo o Manual, a implantação de uma terceira faixa deve ser considerada quando o volume horário de veículos na faixa de subida ultrapassar 200 veículos por hora (DNER, 1999). Apesar de não ultrapassar a quantidade de veículos, aproxima-se bastante, com um volume horário igual a 171,36.

Outra consideração é a de que pelo menos 10% desse volume têm de ser constituída por caminhões (DNER, 1999), sendo essa uma das características que habilitam a instalação de faixas adicionais nos trechos em aclive da MGC-354, isso porque temos 27,125 de volume horário de caminhões.

Devido à constituição do tráfego ser de caminhões, outra das considerações a serem feitas é a redução de 15 km/h para os veículos pesados. A MGC-354 está projetada para 60 km/h, sendo 60 km/h a velocidade mínima, e a velocidade média da rodovia igual a 108 km/h (DNER, 1999). E como pode ser visto nas fotos registradas na parte das visitas técnicas, os veículos nos aclives chegam a reduzir a sua velocidade para 15km/h em alguns dos trechos.

Outra consideração a ser feita é o fato de o fluxo de caminhões ser superior a 20 veículos/hora, de acordo com a contagem volumétrica realizada (DNER, 1999), sendo conferidos poucos horários em que a média de veículos de carga é inferior a 20 veículos/hora.

O nível de serviço da rodovia é considerado C, porém nos aclives, o nível de serviço pode ser considerado E, devido à formação de filas nos mesmos, conforme o Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais do DNER.

Para finalizar, o trecho analisado possui aproximadamente 22 km, e com 14,5 km de faixas contínuas, o que não permite ultrapassagens, causando a formação das filas.

Na crescente do número N, que em 1995 era igual a  $1,44 \times 10^6$ , para o número N calculado em 2016, que é igual a  $2,48 \times 10^7$ , verificou-se que há necessidade da adição de faixas adicionais nos aclives da MGC-354.

## **4. Conclusões finais**

Através das pesquisas e estudos desenvolvidos, pôde-se perceber que a MGC-354 é uma rodovia com grande fluxo de veículos, principalmente de carga. O VMD no

levantamento realizado em 2016 pelos autores da presente pesquisa foi de 4113 veículos.

Devido à intensificação do fluxo de veículos, a redução da velocidade dos veículos de carga é superior aos 15 km/h, o que é citado no Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais (DNER, 1999) como uma das exigências para se acrescentar uma terceira faixa.

Observou-se que o fluxo de veículos intensifica-se na parte da tarde, entre as 4 p.m. e 7 p.m., o que tem influência direta da aproximação do horário de início das aulas das universidades em Patos de Minas, verificando-se, portanto, aumento de veículos de transporte coletivo e passeio.

A MGC-354 foi projetada no ano de 1978, ou seja, passaram-se 39 anos desde então. Em relação ao número N, houve aproximadamente um aumento de 10 vezes o tráfego na MGC-354 nesse intervalo de 39 anos. Deste modo, observou-se que o projeto da rodovia avaliada está ficando limitado, precisando de atualizações, considerando-se o crescimento do tráfego nesta localização.

Conclui-se que a adição de terceiras faixas nos aclives entre Presidente Olegário/MG e Patos de Minas/MG é uma solução para a redução das formações de filas, sob o ponto de vista da técnica.

## Referências

AASHTO, American Association of State Highway and Transportation Officials. *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets*. Washington, 2001.

ANDRADE, G. R. de. *Geometria e terraplenagem rodoviária: Planejamento de Rodovias*. Belo Horizonte: FUMEC, 2013.

ANTAS, Paulo Mendes *et al.* *Estradas: projeto geométrico e de terraplanagem*. Rio de Janeiro: Interciência, 2010.

DEPARTAMENTO DE ESTADAS DE RODAGEM. *Manual de Procedimentos para Elaboração de Estudos e Projetos de Engenharia Rodoviária*. Volume I: Estudos de Tráfego, Capacidade e Níveis de Serviço. Belo Horizonte: IPR, 2013.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. *IPR 706/20: Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais*. Rio de Janeiro: IPR, 1999.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. *IPR723: Manual de Estudos de Tráfego*. Rio de Janeiro: IPR, 2006.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. *Rede Rodoviária do PNV – Divisão em Trechos*. Brasília, 2004. 14p. Disponível em: <<http://www1.dnit.gov.br/download/PNVApresentacao2004.pdf>>. Acesso em: 14 de fevereiro de 2016.

Viabilidade da construção de faixas adicionais em aclives no trecho da MGC-354

MINAS GERAIS. Geraldo Luciano de Oliveira Marques. Professor da Universidade Federal de Juiz de Fora (Inst.). *Pavimentação*: Juiz de Fora: Geraldo Luciano de Oliveira Marques, 2012. 204 slides, color.

PONTES FILHO, Glauco. *Estradas de Rodagem: Projeto Geométrico*. São Carlos: Bidim, 1998.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PATOS DE MINAS. *Manejo de águas pluviais de drenagem urbana*. Patos de Minas - MG, 2011. Disponível em: <[http://www.patosdeminas.mg.gov.br/arquivos\\_gerais/01\\_anexoii%281%29\\_conc0112.pdf](http://www.patosdeminas.mg.gov.br/arquivos_gerais/01_anexoii%281%29_conc0112.pdf)>. Acesso em: 30/07/2016

SÃO PAULO. UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO PAULO (org.). *Rodovias*. 1999. Disponível em: <<http://www.cepa.if.usp.br/energia/energia1999/Grupo4A/rodovias.htm>>. Acesso em: 21 fev. 2016.

SENÇO, Wlastermiller de. *Manual de técnicas de projetos rodoviários*. São Paulo: PINI, 2008.