

PROPOSTA METODOLOGICA PARA DEFINIÇÃO DE SEGMENTOS HOMOGENEOS EM RODOVIAS DE PISTA SIMPLES

Rogério Faria D'Avila
Lucas Chaves Chiaradia
Heloisa Maria Barbosa

Núcleo de Transportes – NUCLETRANS
Departamento de Engenharia de Transportes e Geotecnia
Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG

RESUMO

Este trabalho apresenta uma metodologia específica, através de conceitos já existentes, para a segregação de Segmentos Homogêneos em uma rodovia de Pista Simples. O objetivo do trabalho é ser um subsídio útil no processo de análise de previsão de acidentes em rodovias de Pista Simples considerando que, atualmente, há uma dispersão no que tange ao conceito de segmento homogêneo. Conforme será detalhado ao longo deste trabalho, e com referência ao HSM, uma das principais variáveis para o processo de estimativa de previsão de acidentes é a extensão do segmento homogêneo, porém, os resultados podem apresentar distorção caso o segmento analisado não oferecer a homogeneidade adequada.

ABSTRACT

This work presents a specific methodology, through existing concepts, for the segregation of Homogeneous Segments on a Two-Lane Highways. The objective of this work is to be a useful subsidy in the process of analysis of accident prediction in Two-Lane Highways considering that, currently, there is a dispersion regarding the concept of homogeneous segment. As will be detailed throughout this paper, and with reference to HSM, one of the main variables for the estimation process of accident prediction is the extension of the homogeneous segment, however, the results may present distortion if the analyzed segment does not offer adequate homogeneity.

1. INTRODUÇÃO

De acordo com o Relatório da Situação Mundial de Segurança Viária, realizado em 178 países pela Organização Mundial de Saúde, (OMS, 2014), a maioria dos países do mundo tem aprovado as recomendações das versões anteriores do relatório que orientam como os países podem programar uma abordagem compreensiva para melhorar a segurança viária (com melhorias na legislação, união entre setores que coletam dados de acidentes, dentre outros) e em como reduzir o número de mortos em acidentes rodoviários. Segundo Ferraz *et al.* (2012), o acidente de trânsito é um evento envolvendo um ou mais veículos, motorizados ou não, em movimento por uma via, que provoca ferimentos em pessoas e/ou danos em veículos e/ou em outros elementos. Os autores ainda mencionam que a acidentalidade no trânsito é um problema grave no mundo e é fortemente influenciada pelo nível de desenvolvimento econômico e social, por exemplo, nos países subdesenvolvidos, as taxas de mortes por veículo e por quilometro são, em geral, significativamente maiores que nos países desenvolvidos. A redução dos acidentes e suas consequências, nas rodovias, através da engenharia de tráfego, exige a elaboração de uma série de atividades que, em seu conjunto, podem ser denominadas gerenciamento da segurança viária (DNER, 1998). Nos últimos anos, os programas de gerenciamento da segurança têm atuado como agente de medidas preventivas e corretivas pelas concessionárias de rodovias, bem como os órgãos fiscalizadores das rodovias. A identificação de Segmentos Homogêneos é de grande importância no processo de previsão do número de acidentes para condições base em rodovias. Todavia, este processo de segmentação homogênea, muitas vezes, é pouco detalhado nos estudos acadêmicos.

Em 1985, o TRB (*Transportation Research Board*), através do *Highway Capacity Manual* (HCM) introduziu o conceito de segmento homogêneo considerando, as curvas fluxo-

velocidade. O método do manual para autoestradas e rodovias de pista dupla, eram diferenciadas segundo a velocidade de projeto da rodovia como um todo (Roess, 2011). Nesta edição do TRB (1985), através do HCM, foi definido o conceito de segmentos homogêneos como segmentos mais curtos (não especificando extensão) em que as características físicas e de tráfego são uniformes. Com isso, torna-se necessária a correta caracterização, segmentação e classificação de cada trecho estudado. A definição dos segmentos homogêneos permite que parâmetros de tráfego coletados em um determinado ponto da rodovia sejam considerados válidos para toda a sua extensão, em função da uniformidade das suas características físicas e composição da corrente de tráfego. Certamente, as edições posteriores do HCM (1994, 2000 e 2010) levam esse conceito de segmentação homogênea, mas sem contribuições de evolução deste conceito, por isso, o presente artigo irá focar nas premissas adotadas pelo manual de realizado no ano de 1985.

Conforme definido pelo *Highway Safety Manual* - HSM (AASHTO, 2010), um segmento de rodovia é uma seção de forma contínua que possibilita operação de duas vias de tráfego, que não é interrompido por um cruzamento, e consiste em recursos de controle de tráfego homogêneos. Um segmento começa no centro de uma determinada intersecção e termina no centro da próxima intersecção, ou onde existe uma mudança a partir de um segmento homogêneo para outro segmento homogêneo. Quando um segmento de pista inicia ou termina num cruzamento, o comprimento do segmento de pista é medido a partir do centro da intersecção. O HSM (AASHTO, 2010) recomenda o uso de segmentos homogêneos relacionados com volume, número de faixas, raio de curva, presença de rampa, largura da via, larguras de acostamento, dentre outros. Salienta-se que não há uma definição clara do comprimento mínimo do segmento para aplicação dos modelos de previsão de acidentes, mas há uma sugestão de um segmento não ter comprimento inferior a 500 metros. DNER (1994) menciona que a extensão máxima admitida para um segmento homogêneo é de 7000 metros e, por razões de cunho construtivo, devem ter uma extensão mínima de 200 metros. Diante do exposto, considerando algumas indefinições no que tange às definições de segmento homogêneo, este trabalho tem por objetivo propor uma metodologia que possa definir os segmentos homogêneos de uma rodovia e ser subsídio útil no processo de planejamento de rodovias de pistas simples com as mesmas características operacionais da rodovia analisada.

2. ESTUDOS ENVOLVENDO SEGMENTOS HOMOGÊNEOS

O método proposto por Rübensam e Schulze (1996) identifica as seções avaliando diferenças absolutas de valores limítrofes desta série suavizada. Eles sugerem primeiro a suavização de uma série de medições de comprimentos da rodovia e, em seguida, analisam essa série suavizada. A partir da série de medições identificadas é construída uma série suavizada pelo cálculo da média aritmética do valor de medição e os seus vizinhos da esquerda e da direita. Um ponto de observação nessa metodologia é que as séries resultantes contêm menos elementos que a série original, mas não suficiente para invalidar o modelo. Salienta-se que em sua própria obra, os autores mencionam que essas propostas são de certa forma experimentais e que vários requisitos ainda devem ser avaliados.

Vogt et al. (1998) realizaram um estudo com o objetivo de avaliar intersecções em estradas rurais dos estados de Minnessota e Washington. Os dados deste estudo foram obtidos a partir de *Highway Safety Information System* (HSIS) e de planos de construção *as-built*. Os segmentos rodoviários foram identificados em cada estado: Segmentos HSIS de duas pistas

nos dois sentidos, com comprimentos dos segmentos de 160 m, largura de vias não superior a 7,32 m, e acostamento não superior a 3,66 m. Foram considerados os valores de volume médio diário (VMD), comprimento do segmento e largura da faixa. Tomou-se cuidado para que a amostra apresentasse boa representatividade. Para esse estudo, Vogt *et al.* (1998) utilizaram três metodologias no processo de modelagem de previsão de acidentes, sendo eles: Poisson, Binominal Negativa e Binomial Negativa Prolongada. A decisão da metodologia a ser utilizada baseou-se nos critérios de simplicidade (uso de variáveis que são facilmente compreendidas), abrangência e significado (coeficientes de validação). O modelo desenvolvido teve como premissa a média do número de acidentes em um segmento como uma função linear generalizada que mostra o coeficiente estimado de cada uma das variáveis no modelo. As principais variáveis utilizadas na avaliação de segmentos rodoviários foram como se segue:

- Número total de acidentes fora da interseção no período considerado;
- Acidentes com vítimas no período de tempo: acidentes envolvendo fatalidade, lesão, ou possível lesão. Excluem-se os acidentes em que ocorreram apenas danos materiais;
- VMD: Volume Médio Diário.
- Comprimento do segmento (em metros);
- Largura da faixa em metros;
- Largura do acostamento;
- Inclinação da curva horizontal do segmento avaliado;
- Índice da curva horizontal, encontrado no trecho completo dividido pelo comprimento do segmento. Esses pesos são não-negativos;
- Comprimento da proporção da altura da curva vertical, encontrada no trecho completo, dividido pelo comprimento do segmento. Esses pesos são não negativos;
- Peso do Grau Absoluto de um segmento: é o comprimento da referida porção de uma reta no segmento, dividido pelo comprimento do segmento. Esses pesos são não negativos;
- Classificação de risco à beira da estrada: RHR. Esta medida tem valores inteiros de 1 a 7 (um a sete) e representa um nível médio de perigo em o ambiente de beira de estrada ao longo do segmento (Zegeer *et al.* 1987);
- Velocidade regulamentada;
- Percentual de veículos comerciais de tráfego;
- Largura da faixa do segmento em centímetros.

Thomas (2004) menciona que as concessionárias possuem bases de dados contendo informações de características físicas e operacionais como por exemplo, largura de faixa e Volume Médio Diário Anual, dentre outros e existe uma dedicação à garantia do processo de coleta e armazenamento destes elementos para que tenha o máximo de qualidade possível. Estas informações devem servir de base para a avaliação do estado atual de toda a estrada, bem como o estado dos segmentos. Usando esses dados é possível criar modelos para segmentar essas rodovias. O autor alerta que a quantidade de informações não garante um modelo bom, uma vez que, caso haja lacunas no banco de dados poderá existir grandes dispersões nos resultados finais e conseqüentemente uma falha no processo de divisão de segmentos homogêneos. Para a divisão em segmentos homogêneos o autor utilizou o método de diferenças acumuladas recomendado

Cafiso e Graziano (2012) analisaram a situação da superfície e a capacidade estrutural do

sistema de pavimento nas rodovias da Comunidade Europeia para propor uma solução de reabilitação. Foi necessário realizar a divisão das rodovias em setores homogêneos. Esta tarefa foi realizada utilizando a metodologia proposta por Vrancianu (2006) que considerou as seguintes variáveis: deflexões máximas registradas na rodovia; média da deformação máxima registrada; cálculo das somas acumuladas; separação das zonas para as quais a inclinação do gráfico é aproximadamente constante (uma mudança na inclinação indica falta de homogeneidade); avaliação estatística conforme teste T-Student.

Na literatura há diferentes abordagens para segmentação de rodovias. Miaou (2003) sugeriu que as seções curtas, inferiores ou iguais a 80 metros poderiam criar viés de estimação de modelos lineares, mas não quando se utiliza modelos de Poisson. Da mesma forma, Ogle et al. (2011) demonstraram que comprimentos curtos de segmentos, menos de 160 m, causam dispersões nos resultados dos acidentes. Cafiso e Graziano (2012) mostraram que para aumentar o desempenho, o comprimento do segmento deve estar relacionado com VMDA. Qin et al. (2012) estudaram a relação entre a segmentação e a análise de triagem de segurança utilizando diferentes comprimentos de segmento para identificar locais de risco, e concluíram que segmentos curtos, bem como aqueles demasiadamente longos criam um viés na identificação de locais com problemas de segurança.

Persaud et al. (2012) realizaram um estudo considerando cinco abordagens diferentes para a definição de segmentos homogêneos. Segundo os autores, o modelo de previsão de acidentes pode apresentar alguns problemas quando há um número significativo de subtrechos com zero acidentes. Foram ao todo 5 (cinco) propostas de segmentação: Segmentação 1: segmentos de homogeneidade em relação ao VMDA e curvatura, como sugerido pelo HSM, utilizando VMDA e a curvatura como variável explicativa; Segmentação 2: Organização dos dados de forma que cada segmento tenha duas curvas e duas tangentes, evitando segmentos curtos quando se utiliza uma única curva; Segmentação 3: Segmentos com VMDA constante; outras variáveis podem não ser constantes; Segmentação 4: Segmentos com comprimento constante. Especificamente, foi escolhido o comprimento de 650m, e selecionado para ser mais longo do que apenas a curva horizontal mais longa; e Segmentação 5: Todas as variáveis utilizadas no procedimento passo a passo são constantes dentro de cada segmento com o seu valor original.

Para este estudo, Persaud et al. (2012) utilizaram as variáveis VMDA, raio da curva, inclinação e barreira. A Curvatura foi tratada como taxa de alteração da curva (CCR) do segmento avaliado, em que γ_i é o ângulo de deflexão de um elemento contíguo (curva e tangente) e dentro de um segmento de comprimento L . Riscos à margem de uma rodovia (RSH), que se baseia tanto no tipo de seção (trincheira, aterro, viaduto) e do tipo de barreira com referência à norma europeia EN 1317-1 (1998). O RSH assume seis possíveis valores (de 1 a 6, em ordem crescente de perigo potencial). O resultado apontou que a Segmentação 2 apresentou os melhores resultados para a forma do modelo primário, com base tanto nos indicadores de desempenho (Estimativa Akaike ou QIC) e nos *curve plots* das curvas residuais. Por fim, foi analisada a Inclinação: Taxa de variação (SCR) para o perfil vertical do segmento da rodovia, que representa a variação da inclinação no interior de um único segmento, em que δ_i é o ângulo de deflexão para uma inclinação relacionada com o alinhamento horizontal dentro de uma seção de comprimento L . Para comparar as variáveis consideradas no processo de divisão de segmento homogêneo tratadas nos artigos apresentados foi elaborada a Tabela 1 demonstrando as diversas variáveis consideradas em cada estudo, que possui uma metodologia própria para realizar tal divisão.

Tabela 1: Resumo das variáveis consideradas nos referenciais teóricos

Variáveis	DNER (1994)	DNIT (2008)	AASHTO (1986)	Vogt <i>et al.</i> (1998)	Cafiso e Graziano (2012)	Persaud <i>et al.</i> (2012)	Rübensam e Schulze (1996)	Thomas (2003) e (2004)
Tipo de Terreno		x						
Tipo de Pista		x						
Número total de acidentes				x				
Tráfego médio diário				x		x		
Acessos			x					
Greide			x					
Iluminação								
Comprimento do segmento				x		x		
Largura da faixa			x	x				
Grau de curva	x	x	x	x		x		
Obstáculos Laterais			x					
Velocidade regulamentada				x				
Percentual de veículos comerciais				x				
Largura do acostamento			x	x				
Deflexões máximas					x		x	x
Média da deformação máxima registrada					x			
Cálculo das somas acumuladas					x			
Separação por greide constante					x			
Existência de túnel						x		
Risco às margens da estrada						x		

3. METODOLOGIA

A metodologia deste trabalho é composta pelas seguintes etapas: (i) Definição e caracterização da área de estudo; (ii) Avaliação do Banco de Dados; (iii) Definição das Variáveis Determinantes do Segmento Homogêneo; (iv) Proposta de Divisão em Segmentos Homogêneos. O detalhamento das etapas é apresentado a seguir.

3.1 Definição e Caracterização da Área de Estudo

O objeto de estudo é a Rodovia MG-050 e inclui o trecho de entroncamento da BR-262 (Juatuba) - Itaúna, Divinópolis, Formiga, Piumhi, Passos, São Sebastião do Paraíso, o trecho de entroncamento da MG-050/ Entroncamento BR-265 (da BR-491 do km 0,0 ao km 4,65) e o trecho de São Sebastião do Paraíso até a Divisa MG/SP da Rodovia BR-265. O trecho total sob concessão tem cerca de 372 quilômetros de extensão. Atualmente, o eixo de concessão é dividido em 20 (vinte) segmentos homogêneos. Essa definição foi realizada de forma empírica pelo Poder Concedente (DER-MG), ou seja, não há um estudo acadêmico ou técnico para embasar essa segmentação homogênea da rodovia.

A escolha de qual segmento utilizar para a análise partiu de uma opção arbitrária do segmento que possui o maior comprimento. Essa decisão foi tomada considerando que dentro de um segmento maior pode conter maiores possibilidades de variáveis a serem consideradas no processo de divisão do segmento em trechos homogêneos. Um outro ponto de observação é a escolha da referida rodovia. A escolha da rodovia MG-050 foi única e exclusivamente pelo fato de haver um banco de dados disponível para análise a tempo de realizar o presente artigo. Para trabalhos futuros sugere-se incluir outras rodovias de classes diferentes e aplicar a metodologia para avaliar a eficácia da proposta. Continuando, selecionou-se o Segmento 10 da rodovia MG-050 que possui aproximadamente 51 km de extensão e está localizado entre os municípios de Córrego Fundo e Doresópolis. A Figura 1 ilustra o trecho da rodovia em avaliação neste estudo, na qual é possível verificar os marcos quilométricos (números e símbolos) do trecho avaliado e, próximo ao km 261 o trecho de Doresópolis.

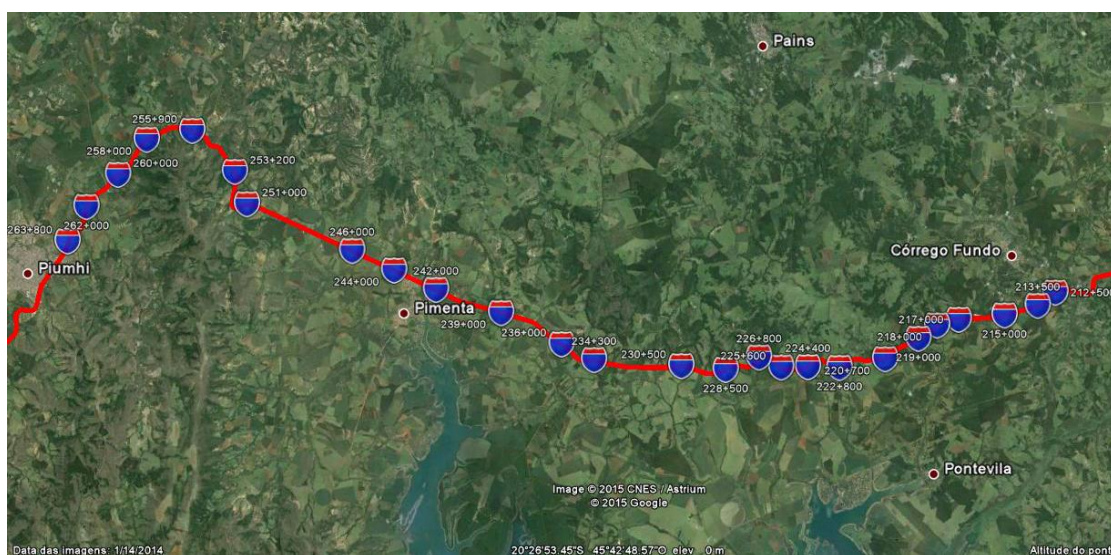


Figura 1: Segmento 10.

Fonte: SETOP

3.2 Avaliação do Banco de Dados

Para a análise do segmento de 51 km foram utilizados os dados planialtimétricos da Rodovia MG-050 disponíveis em formato compatível com o *software* AutoCAD. Nesse levantamento encontram-se as informações básicas relativas às características físicas e operacionais do segmento de estudo como greide e raio de curva. Além disso, foram disponibilizadas em arquivos em AutoCAD, informações relativas à sinalização horizontal e vertical da rodovia para o trecho estudado. Ressalta-se que o levantamento planialtimétrico foi construído em pranchas (AutoCAD) com seções longitudinais de 500 metros. Desta forma, tomar-se-á como ponto de partida para o presente estudo essa divisão feita pela própria concessionária. Isto não quer dizer que os subtrechos a serem avaliados terão homogeneidade no que diz respeito à extensão. Por exemplo, o primeiro subtrecho poderá ter 500 metros, mas o segundo subtrecho poderá ser agrupado por três seções (conforme os passos da metodologia apresentados adiante) e resultar em um comprimento de 1,5 km. A Figura 2 apresenta um exemplo do levantamento cadastral da rodovia utilizado neste estudo para o trecho em questão.

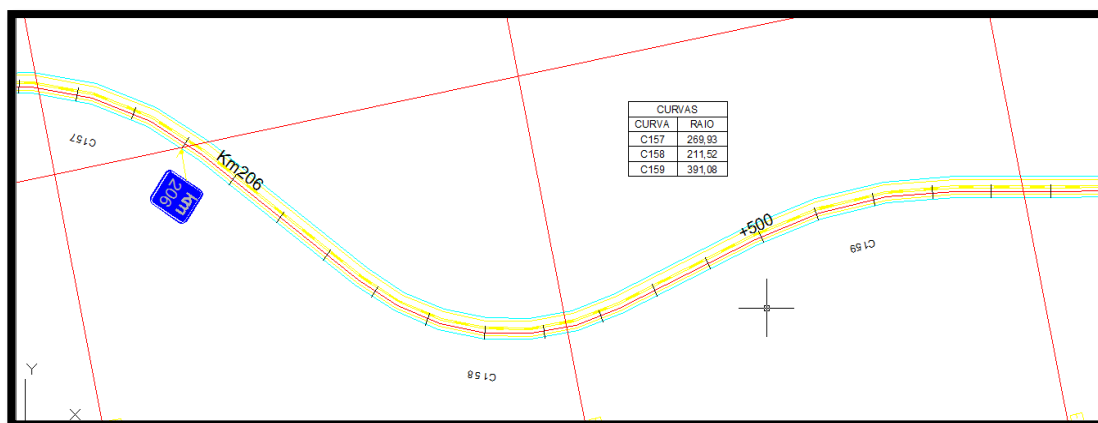


Figura 2: Planta e perfil da Rodovia.

Fonte: SETOP

3.3 Definição das Variáveis Determinantes do Segmento Homogêneo

Conforme apresentado, o processo de definição de segmento homogêneo não é simples. A correta avaliação de um segmento homogêneo carece de diversos critérios e variáveis muito bem definidos, além de uma base de dados consistente. Esta é a chave para uma maior assertividade nos resultados finais. Para o presente estudo referente ao segmento 10 da rodovia (km 212,5 ao km 264) utilizou-se uma base de dados referente ao ano de 2012 objetivando incorporar o maior número de variáveis mencionadas na revisão bibliográfica sobre o assunto. As principais variáveis utilizadas para definição de segmento homogêneo segundo os autores referenciados foram: Raio de Curva, Volume Médio Diário, Largura da Faixa, Largura do Acostamento. As outras variáveis foram referenciadas apenas uma vez nos trabalhos dos autores.

Como o objetivo do presente artigo é possibilitar uma metodologia mais abrangente em relação às demais foram consideradas 13 variáveis, sendo elas: Tipo de Pista, Perímetro Urbano, Tipo de Terreno, Greide, Raio de Curva, Existência de Interseção, Quantidade de Acessos, Volume Médio Diário Anual (VMDA), Velocidade Operacional, Sinalização Vertical e Horizontal, Largura de Faixa, Largura de Acostamento, Acidentes. A inclusão destas variáveis baseou-se

também na disponibilidade das informações contidas no banco de dados da rodovia em análise. Importante salientar que a variável “Velocidade Operacional” foi obtida através de medição com radar móvel de 100m em 100m e, ao totalizar 500m foi realizada uma média aritmética e anotada na caderneta.

3.4 Divisão em segmentos homogêneos

O processo de análise para a segmentação homogênea é feito em 8 (oito) passos sequenciais, partindo-se da divisão inicial em subtrechos de 500m, premissa deste estudo, descritos a seguir:

- ✓ Passo 1 – Agrupamento em função do tipo de pista (Simples, Dupla ou 3ª faixa);
- ✓ Passo 2 – Agrupamento pela existência de perímetro urbano, conforme levantamento cadastral;
- ✓ Passo 3 – Agrupamento das seções com a mesma classificação de tipo de terreno (plano, ondulado ou montanhoso).
- ✓ Passo 4 – Parte-se do agrupamento do passo anterior. Neste quarto passo são feitas considerações em relação às variáveis Greide, Raio de Curva e VMDA. Para o Greide utiliza-se a média ponderada em função do cálculo de inclinação. Para Raio de curva adota-se o menor raio entre as curvas existentes no trecho selecionado. Para o VMDA adota-se uma média harmônica dos volumes observados nas seções longitudinais de 500 metros.
- ✓ Passo 5 – Nesse passo são analisadas interseções existentes, seja em nível ou desnível e também a quantidade de acessos existentes. Esses acessos são somados para que se tenha um número total de acessos dentro do trecho de 500m e que possui relação direta com as avaliações de capacidade viária, conforme Manuais HCM e de segurança pelo HSM.
- ✓ Passo 6 – A velocidade operacional é analisada por seções longitudinais, verificando a homogeneidade.
- ✓ Passo 7 – Caso alguma seção longitudinal possua deficiência na sinalização horizontal e vertical, esta será classificada como “Não atende”.
- ✓ Passo 8 – O tratamento dos dados de Largura de faixa e de acostamento é feito pela medida de tendência central – moda.

Um ponto importante a ser esclarecido é que, à medida que os subtrechos são agrupados, o número de acidentes são somados obtendo-se um número absoluto de acidentes por trecho de 500m.

4. RESULTADOS

Este item apresenta os resultados da aplicação da metodologia para a segmentação homogênea do trecho avaliado.

Conforme mencionado anteriormente, a primeira análise realizada baseou-se nas informações

do levantamento planialtimétrico da Concessionária, que estão dispostas em intervalos de 500 metros. O trecho em estudo apresenta aproximadamente 51 km de extensão do km 212,5 inicial ao km 264 final. Ressalta-se que outras considerações poderiam ser levadas em conta nesse processo para que houvesse um agrupamento ainda maior, como índice de obstáculos laterais à direita do sentido de tráfego, presença ou ausência de faixa de acomodação central para conversão à esquerda, dentre outras. A variável “Acidente”, é a variável dependente, ou seja, é aquele fator ou propriedade que é efeito, resultado, consequência ou resposta de algo que foi estimulado, é o efeito observado como resultado da manipulação da variável independente. Como a segmentação da rodovia é um processo contratual, mesmo uma alteração de pista simples para pista dupla, a concessionária não faria alteração em sua segmentação inicial. Importante salientar que o segmento analisado é constituído em sua totalidade por “Pista Simples”. Caso fosse diagnosticada alguma configuração de Pista Dupla ou existência de 3ª faixa, a variável tipo de pista se tornaria a primeira a ser considerada na segmentação proposta.

A existência ou não de perímetro urbano foi a segunda análise no processo de agrupamento de subtrechos. Ao longo do segmento avaliado foram identificados os pontos com existência de perímetro urbano. A justificativa para essa escolha é que em locais com perímetro urbano há uma maior incidência de acidentes, principalmente de colisão transversal, lateral, traseira e atropelamentos. Após a avaliação da existência ou não do Perímetro urbano ao longo da rodovia, a terceira variável analisada foi o “Tipo de Terreno”. Essa decisão se justifica, pois, o tipo de terreno é fator de grande influência em diversos estudos de tráfego rodoviário como, por exemplo, nível de serviço, alocação de praças de pedágio, implantação de obras de arte, dentre outros. No que diz respeito à variável “Tipos de Terreno” foi possível realizar 17 agrupamentos. Esse agrupamento permitiu a redução de aproximadamente 44% no número de observações. Ressalta-se que outras considerações poderiam ser levadas em conta nesse processo para que houvesse um agrupamento ainda maior, como índice de obstáculos laterais à direita do sentido de tráfego, presença ou ausência de faixa de acomodação central para conversão à esquerda, dentre outras.

Em um determinado trecho pode haver mais de uma informação de “Greide”. Neste caso, para encontrar o valor da inclinação foi feito um cálculo ponderando a extensão do segmento em função da inclinação de cada ponto específico. Caso fossem identificadas mais de uma informação no processo de agrupamento tomou-se como premissa a utilização do menor valor. Essa medida se justifica, pois, um raio menor aumenta a probabilidade de acidentes, caso não haja o devido tratamento da via. Já os dados referentes ao VMDA foram obtidos através das praças de pedágio e dos analisadores de tráfego (AT) localizados ao longo da rodovia. Para a variável “Volume” utilizou-se como premissa para o agrupamento a média geométrica.

Uma avaliação importante no processo de divisão de segmento homogêneo está ligada a existência ou não da interseção, conforme já mencionado em itens anteriores. O agrupamento para essa variável ocorre a partir do momento em que há informações relativas ao tipo de interseção existente em um determinado subtrecho. A avaliação da quantidade de acessos existentes ao longo do trecho em estudo é também de grande significância, pois em um contexto de rodovia, os acessos, quando não sinalizados corretamente ou com visibilidade inadequada aumentam a probabilidade de ocorrência de acidentes. Segundo AASHTO (2010), para subtrechos muito curtos (menores que 800 metros) o uso da densidade de acessos para um segmento individual resulta em um número de acessos superior ao real, uma vez que a densidade de acessos é inversamente proporcional ao comprimento do segmento.

A variável “Velocidade Operacional” foi obtida através do levantamento cadastral da rodovia realizado pela concessionária. Esta variável considera a velocidade usada no projeto da rodovia. Para a referida variável, foi proposta a adoção do maior valor de velocidade, como medida de segurança para a modelagem a ser realizada. Essa decisão considerou que quanto maior a velocidade, melhor estará a condição da via para tráfego e também maior a probabilidade de ocorrência de acidentes. A variável “Sinalização” em uma rodovia é de extrema importância como medida efetiva para a redução de acidentes. Neste caso, se no processo de agrupamento fosse identificado que uma observação possui deficiência na sinalização o intervalo todo seria avaliado como não atendendo às exigências. Os dados referentes a Largura de Faixa e Acostamento também foram extraídos do levantamento planialtimétrico da rodovia de estudo. Salienta-se que, assim como no contexto do tipo de pista, as larguras também foram monitoradas ao longo dos três anos de análise. Para as variáveis “Largura de Faixa” e “Largura de Acostamento” utilizou-se como premissa o conceito estatístico de medida de tendência central – moda - que é o valor que detém o maior número de observações identificadas. As Tabela 2 e 3 apresentam um esboço da configuração atual da rodovia conforme cadastro da concessionária e da divisão de segmento homogêneo final proposta neste trabalho para uma parcela do Segmento que varia do Km 212,5 ao Km 216.

Tabela 2: Configuração Atual do Segmento

km Inicial	km Final	Velocidade	Tipo de Pista	Tipo de Terreno	Raio de Curva	Perímetro Urbano	Existência de Interseção	Quantidade de Acesso	Condição de Sinalização	Volume	Greide	Largura de Faixa	Largura de Acostamento
212,5	213	80	Pista Simples	Ondulado	599,3	Não	Não	0	Sim	2552	3,66	3,3	1,5
213	213,5	80	Pista Simples	Montanhoso	1204	Não	Não	0	Sim	2560	5,02	3,3	1,5
213,5	214	80	Pista Simples	Ondulado	0	Não	Não	0	Sim	2555	2,86	3,3	1,5
214	214,5	80	Pista Simples	Ondulado	0	Não	Não	0	Sim	2553	3,3	3,3	1,5
214,5	215	80	Pista Simples	Plano	0	Não	Não	0	Sim	2557	1,92	3,3	1,2
215	215,5	80	Pista Simples	Montanhoso	1281	Não	Não	0	Sim	2551	-6,1	3,3	1,5
215,5	216	80	Pista Simples	Plano	0	Não	Não	0	Sim	2551	-1,8	3,3	1,5

Conforme pode ser verificado, a Tabela 2 apresenta 7 (sete) subtrechos de 500 metros. Já a Tabela 3, a seguir, apresenta o resultado do agrupamento proposto neste trabalho reduzindo para 6 (seis) subtrechos.

Tabela 3: Configuração Proposta para o Segmento

km Inicial	km Final	Comprimento	Velocidade	Tipo de Pista	Tipo de Terreno	Raio de Curva	Perímetro Urbano	Existência de Interseção	Quantidade de Acesso	Condição de Sinalização	Volume	Greide	Largura de Faixa	Largura de Acostamento
212,5	213	0,5	80	Pista Simples	Ondulado	599,3	Não	Não	0	Sim	2557	3,6615	3,3	1,5
213	214	0,5	80	Pista Simples	Montanhoso	1204	Não	Não	0	Sim	2592	5,016	3,3	1,5
213,5	215	1	80	Pista Simples	Ondulado	0	Não	Não	0	Sim	2545	3,068	3,3	1,5
214,5	215	0,5	80	Pista Simples	Plano	0	Não	Não	0	Sim	2523	1,923	3,3	1,2
215	216	0,5	80	Pista Simples	Montanhoso	1281	Não	Não	0	Sim	2599	-6,115	3,3	1,5
215,5	216	0,5	80	Pista Simples	Plano	0	Não	Não	0	Sim	2542	-1,758	3,3	1,5

De forma geral, essa redução representa significativa importância, pois a proposta metodológica apresentada neste artigo tende a considerar, como resultado final, um conceito mais assertivo daquilo que pode ser considerado como homogêneo. Do total de 104 seções de 500 metros foi possível realizar 20 agrupamentos resultando em um banco de dados com 58 observações, ou seja, houve uma redução de aproximadamente 44% no número de observações, se considerado o levantamento inicial.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como objetivo elaborar uma proposta de metodologia de divisão de segmentos homogêneos para trechos de rodovia de pista simples. O primeiro passo foi a escolha do objeto de estudo, neste caso a Rodovia MG-050, atualmente sob concessão da Nascentes das Gerais. Após a definição da área de estudo foi realizada a avaliação do trecho mais adequado para aplicar a metodologia proposta. Dentre os 20 trechos considerados pela concessionária foi escolhido o de número 10, que possui aproximadamente 51 km de extensão, e está localizado entre os municípios de Córrego Fundo e Doresópolis. A concessionária disponibilizou o seu banco de dados referente aos anos de 2010, 2011 e 2012.

A partir da definição do trecho de estudo foi feita uma pesquisa qualitativa e quantitativa sobre as características físicas e operacionais da rodovia. A partir da revisão bibliográfica acerca dos estudos realizados sobre a caracterização de segmentos homogêneos, associada à análise das características da área de estudo, foram selecionadas 13 variáveis, que compuseram o banco de dados desta pesquisa, e foram objeto de investigação nos processos de segmentação e de modelagem da previsão de acidentes. No processo de divisão em segmentos homogêneos foram utilizados diversos conceitos de engenharia de tráfego, premissas e conceitos matemáticos e estatísticos, além de escalas quantitativas. Isto foi necessário porque o banco de dados continha também variáveis nominais, por exemplo, tipo de terreno e condições de sinalização, dentre outras.

A referência inicial foi o cadastro da Concessionária relatado a cada 500 metros, totalizando 104 seções longitudinais (de 500 metros de comprimento) no trecho em estudo. Após a aplicação da metodologia proposta para a divisão em segmentos homogêneos, foram identificados 60 segmentos homogêneos, ocorrendo uma redução de aproximadamente 42% no número de seções consideradas inicialmente. O emprego da metodologia resultou em 20 agrupamentos de seções conforme as variáveis, que constituíram os segmentos homogêneos.

Sobre as limitações do trabalho, pode-se perceber ao longo do texto que variáveis como praça de pedágio, índice de obstáculos laterais (*RHR*) e superelevação, que estão no contexto de segmentação, não foram contemplados em virtude de não ter registro dessas ocorrências no trecho estudado. Caso a metodologia seja aplicada a rodovias que possuam tais configurações deve ser realizada uma nova segmentação levando em conta esses elementos e construído um novo modelo para que as estimativas sejam mais assertivas. Além disso, acredita-se ser necessário incorporar a variável velocidade na modelagem a partir de uma medição realizada em campo e não apenas a velocidade constante do projeto. Outra recomendação muito importante para futuros trabalhos é garantir a qualidade do banco de dados de acidentes, bem como do banco de dados volumétricos, uma vez que, no caso deste estudo, alguns dados precisaram ser descartados por falta de um padrão aceitável de qualidade. Um banco de dados impreciso e/ou incompleto pode gerar resultados inadequados, mesmo quando se estabelece uma boa metodologia de pesquisa.

Outra questão a ser considerada em trabalhos desta natureza, é na medida do possível, poder contar com informações completas e consistentes acerca das características físicas e operacionais da rodovia. A qualidade dessas informações assegura análises e proposições mais eficazes e evita a necessidade de visitas de campo para complementação e/ou obtenção de informações cruciais à realização de pesquisas sobre segurança de vias rurais.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, à Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais – FAPEMIG pela concessão de auxílio para essa pesquisa e UFMG pelo apoio às pesquisas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AASHTO – American Association of State Highway and Transportation Officials. AASHTO guide for design of pavement structure. Washington, USA, 2010.
- Andrade, C. M. (2011) O modelo QRSP para quantificação do risco na saída de veículos da pista em rodovias. São Carlos, SP. 2011.
- Cafiso, S., Di Graziano. Expert's Opinion in bus transport safety management using Delphi Technique. TRB 91st Annual Meeting Compendium of Papers, CD-ROM, TRB, National Research Council, Washington, D.C., 2012 (under review process).
- DNER (1998). Departamento Nacional de Estradas e Rodagem. Guia de Redução de Acidentes com Base em Medidas de Engenharia de Baixo Custo. Rio de Janeiro: DCTec, 1998. 140p.
- DNER – PRO 269/94 (1994d). Procedimento - Projeto de restauração de pavimentos flexíveis – TECNAPAV (Método da Resiliência). Rio de Janeiro.
- DNIT (2010). Manual de Sinalização Rodoviária, 3ª edição. Rio de Janeiro, 2010.
- Ferraz, A. C. P.; Raia JR., A.; Bezerra, B.; Bastos, T.; Rodrigues, K. Segurança Viária. ed. São Carlos: Suprema Gráfica e Editora, 2012. 332p.
- Miaou, S. -P., e D. Lord. "Modeling traffic crash-flow relationships for intersections: dispersion parameter, functional form, and Bayes versus Empirical Bayes." Transportation Research Record 1840, 2003: 31–40.
- OMS. Organização Mundial da Saúde. Disponível em <<http://www.who.int/countries/bra/es/>> Acessado em 20/11/2014.
- Persaud, B.; Lord, D.; Bassani, M.; Sacchi, E. Assessing International Transferability of the Highway Safety Manual Crash Prediction Algorithm and its Components. Transportation Research Record, ed. TRB 2012 Annual Meeting, Washington D.C., USA. Transportation Research Record, 2012.
- Ogle, J.; Alluri, P.; sarasua, W. The role of segmentation in safety analysis. Transportation Research Board Annual Meeting Proceedings, Washington D.C., 2011.
- Quin, X.; Wellner, A., Segment length impact on highway safety screening analysis. TRB 2012 Annual Meeting, Washington, D.C., 2012.
- Roess, R. P. (2011) Speed-Flow Curves for Freeways in the HCM: A Historical Perspective. 90th Annual Meeting of the TRB, Washington, DC (CD-ROM)
- Rübensam, J., and Schulze, F. Entwicklung Abschnitte der BAB-Betriebsstrecken auf der Grundlage von Zustands- und estandsdaten. Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 736, Bundesministerium für Verkehr, Abteilung Straßenbau, Bonn-Bad Godesberg, Germany, 1996. In German.
- Thomas, F. Generating homogeneous road sections based on surface measurements: available methods Reprint from the 2nd European P Reprint from the 2nd European Pavement and Asset Management Conf Management, 21–23 March 2004, Berlin Germany (Paper no. 48), 2004.
- TRB (1985) Highway Capacity Manual. Special Report 209. Transportation Research Board, Washington, D.C.
- TRB (2010) Highway Capacity Manual 2010. Transportation Research Board, The National Academies, Washington, D.C.
- Vogt, A.; bared, J.G., "Accident Models for Two-Lane Rural Segments and Intersections,"
- Vrancianu, I.D. Definition of Homogeneous Road Sector According to COST 336. Portugal. 2006. Transportation Research Board, TRR 1635, Washington, D.C., 1998, to appear.
- Zegger, C. V, J. Hummer, D. Reinfurt, L. Herf, and W. Hunter. Safety Effects of Cross-Section Design for Two-Lane Roads. Report FHWA/ RD-87/008. FHWA and TRB, National Research Council, Washington, D.C., Oct. 1987.
-