



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL REI  
DEPARTAMENTO DE MATEMÁTICA E ESTATÍSTICA**

**ANÁLISE ESTATÍSTICA DAS CAUSAS DOS ACIDENTES DE  
TRÂNSITO ASSOCIADAS AO TIPO DE PISTA NA BR 265 NO  
PERÍODO DE 2013 A 2018**

**GUILHERME CÉSAR DE CARVALHO LEITE**

**2019**

**GUILHERME CÉSAR DE CARVALHO LEITE**

**ANÁLISE ESTATÍSTICA DAS CAUSAS DOS ACIDENTES DE TRÂNSITO  
ASSOCIADAS AO TIPO DE PISTA NA BR 265 NO PERÍODO DE 2013 A 2018**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de São João del Rei como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional, para a obtenção do título de “Mestre”.

Orientadora

Profa. Dra. Andréa Cristiane dos Santos Delfino

SÃO JOÃO DEL REI  
MINAS GERAIS-BRASIL

2019

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos  
da Biblioteca Central da UFSJ**

Análise estatística das causas dos acidentes de trânsito associadas ao tipo de pista na BR 265 no período de 2013 a 2018 / Guilherme César de Carvalho Leite. São João del Rei, 2019.

84p. : il.

Orientadora: Andréa Cristiane dos Santos Delfino.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de São João del Rei - Departamento de Matemática e Estatística - Mestrado Profissional em Matemática-PROFMAT - São João del Rei, BR, MG, 2019

1. Acidentes 2. Análise estatística. 3. BR 265 4. Tipo de Pista 5. Duplicação da via

. I. Delfino, Andréa Cristiane dos Santos, Orient.

**GUILHERME CÉSAR DE CARVALHO LEITE**

**ANÁLISE ESTATÍSTICA DAS CAUSAS DOS ACIDENTES DE TRÂNSITO  
ASSOCIADAS AO TIPO DE PISTA NA BR 265 NO PERÍODO DE 2013 A 2018**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de São João del Rei como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional, para a obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 03 de dezembro de 2019

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Letícia Lima Milani Rodrigues      UNIFAL

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Andréia Malacarne      UFSJ

Profa. Dra. Andréa Cristiane dos Santos Delfino

UFSJ

(Orientadora)

SÃO JOÃO DEL REI  
MINAS GERAIS-BRASIL

*Dedico este trabalho aos meus amigos e incentivadores Alex, Clessius, Mário Henrique e Renan, os quais sempre me ajudaram durante essa jornada.*

*Dedico, especialmente, a vocês, Mariana (esposa), João Paulo e Felipe (meus filhos), razão pela qual estou conseguindo encerrar esse trabalho.*

*Ofereço*

*Aos meus pais*

*A minha esposa, por seu amor*

*Aos meus filhos*

*Dedico*

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me dado saúde e capacidade para concluir esse tão sonhado curso. Agradeço à minha orientadora do trabalho de conclusão de curso, Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Andréa Cristiane dos Santos Delfino, pela dedicação, pela paciência e pelo apoio na escolha do tema e na construção desse trabalho, pois sem ela não seria possível a conclusão deste. Aos docentes, coordenadores e funcionários administrativos da turma de 2017 do mestrado PROFMAT na UFSJ que se dedicaram muito durante a realização do curso. Aos membros da banca, pelas análises, sugestões e pelas correções enriquecedoras. À CAPES, pela concessão de apoio financeiro durante o curso. Aos colegas da turma 2017, que sofreram juntos comigo durante os estudos e as provas. Em especial ao Rafael e Fernanda, que compartilharam as viagens e aventuras durante esse período do curso. Aos comandantes e chefes Ten Cel Paulo Marcos, Ten Cel Serpa, Ten Márcio e Ten Garcia por possibilitarem ajustamentos nos horários de trabalho para que eu pudesse comparecer às aulas presenciais durante os dois anos de curso. À Polícia Militar de Minas Gerais (PMMG) que através dos comandantes diretos já citados juntamente com a ATSIDS autorizaram que eu utilizasse o banco de dados de acidentes de trânsito para a elaboração desse trabalho. Ao meu grande amigo Alex que me apoiou durante todo o curso em questões diversas no município de São João del Rei. Aos amigos Clessius e Mário Henrique pelo apoio durante o período de seleção do curso, bem como pelo grande apoio nas escalas de serviço durante grande parte do curso. Ao amigo Renan, pela grande ajuda no direcionamento voltado para a duplicação da BR 265 como tema desse trabalho, bem como pelas excelentes correções realizadas na conclusão do trabalho.

E por fim, aos os meus familiares, que me apoiaram durante todo o curso. Em especial a minha esposa Mariana e meus filhos João Paulo e Felipe que muitas vezes aceitaram ficar em segundo plano para que eu pudesse estudar durante o curso. Obrigado por compreenderem e pelo apoio que sempre me deram.

## SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS . . . . .	i
LISTA DE FIGURAS . . . . .	v
RESUMO . . . . .	vi
ABSTRACT . . . . .	vii
1 INTRODUÇÃO . . . . .	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO . . . . .	4
2.1 Caracterização da BR 265 . . . . .	4
2.2 Grau da lesão dos envolvidos em acidentes . . . . .	8
2.3 Estatística descritiva . . . . .	9
2.3.1 Termos utilizados . . . . .	9
2.3.2 Tabelas . . . . .	10
2.3.3 Gráficos . . . . .	12
2.3.4 Medidas de posição . . . . .	14
3 MATERIAL E MÉTODO . . . . .	16
3.1 Material . . . . .	16
3.1.1 Responsabilidade da via . . . . .	16
3.1.2 Obtenção dos dados . . . . .	16
3.1.3 Separação dos dados . . . . .	17
3.2 Método . . . . .	18
4 RESULTADOS . . . . .	19
4.1 Número de Acidentes no período de 2013 a 2018 . . . . .	19
4.2 Causa presumida dos acidentes na BR 265 . . . . .	21
4.3 Acidentes na BR 265 separados por tipo de pista . . . . .	23
4.3.1 Taxa de Acidentes na BR 265 separados por tipo de pista . . . . .	26
4.3.2 Acidentes na área urbana e rural dos municípios pertencentes a BR 265 . . . . .	28
4.3.3 Causa presumida dos acidentes na BR 265 por tipo de pista . . . . .	31
4.4 Grau da lesão dos envolvidos em acidentes conforme o tipo de pista . . . . .	35

4.4.1	Análise das vítimas por grau da lesão . . . . .	35
4.5	Valor socioeconômico para a duplicação da BR 265 . . . . .	40
4.5.1	Custo da duplicação da BR 265 . . . . .	41
4.5.2	Benefícios da duplicação da BR 265 . . . . .	42
4.6	Atualização dos valores monetários para janeiro de 2019 . . . . .	67
4.7	Projeção da recuperação do investimento para a duplicação da BR 265 . . . . .	69
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS . . . . .	75
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS . . . . .	77

## LISTA DE TABELAS

1	- Municípios no entorno da BR 265 entre Barbacena e Lavras . . . . .	6
2	- Volume médio diário de veículos por trecho na BR 265 no ano de 2008 . . . . .	7
3	- Crescimento da frota de veículos em Minas Gerais de 2008 a 2018 . . . . .	7
4	- Projeção do Volume médio diário de veículos na BR 265 em janeiro de 2019 . . . . .	8
5	- Total de acidentes por gravidade no trecho analisado da BR 265 entre 2013 e 2018 . . . . .	19
6	- Causa presumida dos acidentes na BR 265 entre 2013 e 2018 . . . . .	22
7	- Fatores responsáveis pelos acidentes na BR 265 entre 2013 e 2018 . . . . .	23
8	- Trechos da BR 265 por tipo de pista . . . . .	24
9	- Acidentes na BR 265 por tipo de pista . . . . .	25
10	- Acidentes na BR 265 separados por tipos de pista . . . . .	27
11	- Taxa de acidentes na BR 265 por tipo de pista . . . . .	28
12	- Trechos da BR 265 no perímetro urbano . . . . .	29
13	- Acidentes no trecho urbano da BR 265 . . . . .	29
14	- Taxa de acidentes no trecho urbano da BR 265 . . . . .	30
15	- Acidentes no trecho rural da BR 265 . . . . .	30
16	- Taxa de acidentes no trecho rural da BR 265 . . . . .	31
17	- Causa Presumida dos acidentes na BR 265 em pista simples . . . . .	32
18	- Causa Presumida dos acidentes na BR 265 em pista com terceira faixa . . . . .	33
19	- Causa Presumida dos acidentes na BR 265 em pista dupla . . . . .	33
20	- Taxa de acidentes por causa presumida nos diferentes tipos de pista . . . . .	34
21	- Grau da lesão dos envolvidos em acidentes na BR 265 . . . . .	36
22	- Taxa do Grau da lesão dos envolvidos em acidentes na BR 265 . . . . .	37
23	- Projeção do número de lesões dos envolvidos em acidentes na BR 265 mostrando os trechos atuais caso fossem duplicados . . . . .	38
24	- Comparativo do número de vítimas em acidentes na BR 265 entre valores reais de 2013 a 2018 em relação aos valores considerados caso o trecho fosse duplicado . . . . .	39

25	- Comparativo médio anual do número de vítimas em acidentes na BR 265 entre valores reais em relação aos valores considerados caso o trecho fosse duplicado	39
26	- Custo médio da duplicação no trecho de 153km da BR 265 . . . . .	41
27	- Diferença do custo médio de manutenção da via entre pista simples e pista dupla	41
28	- Custo médio aos cofres públicos por pessoa conforme o grau da lesão . . . . .	43
29	- Comparativo do custo médio anual do número de vítimas em acidentes na BR 265 entre valores reais em relação aos valores considerados caso o trecho fosse duplicado . . . . .	44
30	- Custo médio dos veículos envolvidos em acidentes conforme o tipo de lesão da vítima . . . . .	44
31	- Total de veículos envolvidos em acidentes na BR 265 no período de 2013 a 2018 conforme o tipo de lesão da vítima . . . . .	45
32	- Comparativo médio anual dos veículos envolvidos em acidentes na BR 265 entre o trecho de pista atual e a projeção do trecho de pista caso fosse duplicado	45
33	- Comparativo do custo anual dos veículos envolvidos em acidentes na BR 265 entre o trecho atual e a projeção do trecho caso fosse duplicado . . . . .	46
34	- Projeção da economia no tempo de viagem para automóveis com a duplicação do trecho da BR 265 . . . . .	50
35	- Projeção da economia no tempo de viagem para ônibus/caminhões com a duplicação do trecho da BR 265 . . . . .	51
36	- Valor avaliado da economia no tempo da viagem com a duplicação da BR 265	51
37	- Projeção do consumo de combustível para automóveis nos trechos atuais da BR 265 . . . . .	55
38	- Projeção da economia em consumo de combustível para automóveis com a duplicação da BR 265 ao valor de R\$4,33 por litro de gasolina . . . . .	55
39	- Projeção do consumo de combustível para ônibus e caminhões nos trechos atuais da BR 265 . . . . .	56
40	- Projeção da economia em consumo de combustível para ônibus e caminhões com a duplicação da BR 265 ao valor de R\$3,44 por litro de diesel . . . . .	56

41	- Emissão de gases para cada automóvel com os trechos atuais da BR 265 . . . . .	61
42	- Emissão total de gases para automóveis no período de um ano com os trechos atuais da BR 265 . . . . .	62
43	- Custo com a emissão de gases de automóveis no período de um ano com os trechos atuais da BR 265 . . . . .	62
44	- Projeção da emissão de gases para cada automóvel com a duplicação da BR 265	63
45	- Projeção da emissão total de gases para automóveis no período de um ano com a duplicação da BR 265 . . . . .	63
46	- Projeção do custo com a emissão de gases para automóveis no período de um ano com a duplicação da BR 265 . . . . .	64
47	- Emissão de gases para cada ônibus/caminhão com os trechos atuais da BR 265	64
48	- Emissão total de gases para ônibus/caminhões no período de um ano com os trechos atuais da BR 265 . . . . .	65
49	- Custo com a emissão de gases no período de um ano em relação a ônibus/caminhões nos trechos atuais da BR 265 . . . . .	65
50	- Projeção da emissão de gases para cada ônibus/caminhão com a duplicação da BR 265 . . . . .	66
51	- Projeção da emissão total de gases para ônibus/caminhões no período de um ano com a duplicação da BR 265 . . . . .	66
52	- Projeção do custo com a emissão de gases para ônibus/caminhões no período de um ano com a duplicação da BR 265 . . . . .	66
53	- Atualização de valores para janeiro de 2019 referente ao custo com as obras de duplicação e aumento do custo de manutenção da BR 265 . . . . .	67
54	- Atualização de valores para janeiro de 2019 referente aos benefícios com a duplicação da BR 265 . . . . .	68
55	- Crescimento da frota de veículos (%) em Minas Gerais entre 2000 e 2019 . . . . .	70
56	- Inflação (%) no período de 1999 a 2018 . . . . .	70
57	- Projeção dos valores em benefícios em relação aos custos ao longo dos anos para que o investimento seja recuperado . . . . .	72

58	- Projeção dos valores em benefícios em relação aos custos ao longo dos anos para que o investimento seja recuperado incluindo o rendimento na caderneta de poupança . . . . .	73
----	--	----

## LISTA DE FIGURAS

1	- Acidentes de trânsito por mês no ano de 2018 na BR 265 . . . . .	12
2	- Acidentes de trânsito na BR 265 por município entre 2013 e 2018 . . . . .	13
3	- Lesões dos envolvidos em acidentes de trânsito na BR 265 entre 2013 e 2018	13
4	- Acidentes de trânsito na BR 265 pelo sexo do condutor entre 2013 e 2018 . .	14
5	- Planilha com os registros de ocorrências retirados do sistema informatizado .	17
6	- Acidentes de trânsito por ano na BR 265 . . . . .	20
7	- Frequência relativa dos tipos de acidentes de trânsito na BR 265 . . . . .	20
8	- Mapa de Kernel dos acidentes de trânsito na BR 265 . . . . .	25
9	- Mapa de Kernel das vítimas fatais e graves nos acidentes de trânsito na BR 265	35
10	- Tempo gasto para percorrer o trecho da BR 381 a Lavras . . . . .	47
11	- Tempo gasto para percorrer o trecho de Lavras a São João del Rei . . . . .	47
12	- Tempo gasto para percorrer o trecho de São João del Rei a Barbacena . . . . .	48
13	- Consumo de Gasolina x Velocidade - Automóveis . . . . .	53
14	- Consumo de Gasolina x Velocidade - Ônibus/Caminhões . . . . .	54
15	- Emissão de HC x Velocidade do Veículo . . . . .	57
16	- Emissão de CO x Velocidade do Veículo . . . . .	58
17	- Emissão de NOx x Velocidade do Veículo . . . . .	59
18	- Emissão de MP x Velocidade do Veículo . . . . .	60

## RESUMO

Leite, Guilherme César de Carvalho. **ANÁLISE ESTATÍSTICA DAS CAUSAS DOS ACIDENTES DE TRÂNSITO ASSOCIADAS AO TIPO DE PISTA NA BR 265 NO PERÍODO DE 2013 A 2018** 2019. 84p. Tese (Mestrado Profissional em Rede Nacional) - Universidade Federal de São João del Rei, São João del Rei, MG.\*

Este trabalho consiste em um estudo sobre a incidência de acidentes de trânsito rodoviário no período de 2013 a 2018 na rodovia BR 265 entre o entroncamento com a BR 040 (no município de Barbacena) e o entroncamento com a BR 381 (no município de Lavras), totalizando 169km de rodovia. Foi verificado o quantitativo de acidentes por trecho de rodovia e foram analisadas propostas para redução do número de acidentes e/ou a gravidade das vítimas nos acidentes. O que nos estimulou a realizar esse trabalho foi o fato de poder propor melhorias reais para a preservação de vidas humanas e a redução na gravidade das lesões dos envolvidos em acidentes. Esta pesquisa é de caráter quantitativo, sendo utilizado o banco de dados de acidentes no trecho analisado entre o período de 2013 a 2018. Após diversas análises através de estatística descritiva, foi observado que a duplicação da rodovia seria uma forma viável de reduzir o número de mortes e a gravidade dos acidentes. Foi realizado, ainda, uma projeção em relação aos custos da duplicação da rodovia em relação aos benefícios que ela traria, não só na diminuição de mortes e vítimas graves, como também a melhoria na qualidade de vida dos usuários, tais como diminuição do tempo de viagem, economia de combustível e redução na emissão de poluentes. Com isso, foi observado que a duplicação da rodovia se trata de um projeto viável e que o investimento seria totalmente retornado em benefícios para a sociedade em um período entre 17 a 22 anos.

**Palavras Chave:** Acidentes; Estatística Descritiva; BR 265; Gravidade das lesões.

---

\***Comitê Orientador:** Prof.<sup>o</sup> Dr.<sup>o</sup> Andréa Cristiane dos Santos Delfino - UFSJ (Orientadora)

## ABSTRACT

Leite, Guilherme César de Carvalho. **STATISTICAL ANALYSIS OF THE CAUSES OF TRAFFIC ACCIDENTS ASSOCIATED WITH TRACK TYPE ON BR 265 IN THE PERIOD 2013 TO 2018** 2019. 84p. Thesis (Professional Master in National Network) - Federal University of São João del Rei, São João del Rei, Minas Gerais, Brazil.\*

This work consists of a study on the incidence of road traffic accidents from 2013 to 2018 on the BR 265 highway between the junction with BR 040 (Barbacena) and the junction with BR 381 (Lavras), totaling 169km of highway. The number of accidents per highway segment was verified and proposals for reducing the number of accidents or the severity of the victims in the accidents were analysed. What encouraged us to do this work was the fact that we could propose real improvements for the preservation of human lives and the reduction in the severity of injuries of those involved in accidents. This research is qualitative and quantitative, using the database of accidents in the section analysed from 2013 to 2018. After several analyses it was shown that the duplication of the highway would be a viable way to reduce the number of deaths and the severity of accidents. A projection was made in relation to the costs of highway duplication in relation to the benefits it would bring not only in reducing deaths and serious casualties, but also in improving users' quality of life, such as reduced travel time, economy fuel consumption and reduction in pollutant emissions. Thus, it has been shown that the duplication of the highway is a viable project and that the investment would be fully returned to benefits for society over a period of 17 to 22 years.

**Key-words:** Accidents; Descriptive statistics; BR 265; Severity of injuries.

---

\***Committee Advisor:** Prof.<sup>ª</sup> Dr.<sup>ª</sup> Andréa Cristiane dos Santos Delfino - UFSJ (Advisor)

# 1 INTRODUÇÃO

De acordo com a Global status report on safety (2018), os acidentes no trânsito correspondem ao 8º fator que provoca mais mortes no mundo. A revista cita, ainda, que as mortes no trânsito são a principal causa em se tratando de crianças e jovens entre 5 e 29 anos. Além disso, a taxa de mortes em países de baixa renda é três vezes maior do que nos países de alta renda.

Ainda de acordo com a revista Global status report on road safety (2015), anualmente ocorrem aproximadamente 1,2 milhões de mortes devido a acidentes no trânsito rodoviário no mundo, ou seja, mais de 3.200 mortes por dia, representando uma morte no trânsito a cada 26 segundos, gerando um custo de aproximadamente 518 bilhões de dólares por ano aos cofres públicos dos países envolvidos. Além disso, estima-se que entre 20 e 50 milhões de pessoas tiveram alguma sequela decorrente de acidentes de trânsito. Conforme Biffe (2017), esses dados levaram a Organização Mundial de Saúde (OMS) a classificar os acidentes de trânsito como um problema de saúde pública.

Faccio (1997) relata que no Brasil, durante a década de 50, no governo Juscelino Kubitschek, houve a abertura da economia para investimento do capital estrangeiro, destacando-se a indústria automobilística. Com isso, houve o aumento significativo na construção de rodovias, fabricação de veículos e, conseqüentemente, aumento nos acidentes de trânsito rodoviário. No relatório da OMS publicado em 2018, na América Latina, o Brasil está em quarto lugar entre os países com mais mortes no trânsito, com uma taxa de 19,7 mortes para cada 100 mil habitantes, ficando atrás apenas da Venezuela (33,7), El Salvador (22,2) e Equador (21,3).

Vários fatores podem ser apontados como facilitadores de acidentes, dentre esses a extensão territorial se torna um fator importante, pois países com grande extensão territorial, como o Brasil, possuem conseqüentemente uma malha viária muito extensa, o que dificulta o controle e manutenção das rodovias.

Devido a essa grande extensão do território brasileiro, a responsabilidade sobre a malha viária foi subdividida, ficando sob domínio da União aquelas que interligam os Estados da Federação, portanto as maiores rodovias do país. As rodovias limitadas aos Estados ficaram sob responsabilidade do respectivo Estado. Há ainda as rodovias limitadas a municípios ao qual pertencem aos respectivos municípios.

As rodovias sob responsabilidade da União constam no Plano Nacional de Viação (PNV), de acordo com a Lei 5.917 publicada em 1973 e atualizada pela Lei 12.379 do ano de 2011 com a terminologia Sistema Nacional de Viação (SNV).

Conforme o SNV, o Brasil possui 120.558,2 quilômetros (km) de rodovias sob responsabilidade da União. No Estado de Minas Gerais estão 18.082,6 km, o que corresponde a 14,99% do total de quilômetros de rodovias, sendo o estado com a maior malha viária do país. Dentro desses aproximadamente 18 mil quilômetros, encontra-se a BR 265, que será o objeto de estudo desse trabalho.

De acordo com o Ministério dos Transportes (2011), a BR 265 possui 916,2 km que interligam o estado de Minas Gerais ao estado de São Paulo. No estado mineiro, a rodovia BR 265 possui trecho relevante com início no município de Muriaé/MG com extensão até o município de Ilícinea/MG, totalizando 479 km de rodovia. Conforme Terra (2014), a rodovia foi projetada na década de 50, sendo inaugurada em meados da década de 60 com o nome de MG-60, onde o trecho asfaltado era somente entre Barbacena e São João del Rei, sendo posteriormente ampliado até o município de Lavras. A rodovia passou a ser denominada BR 265 em 1973, com a publicação da Lei 5.917 referente ao Plano Nacional de Viação. Hoje, a BR 265 é uma importante rodovia do estado de Minas Gerais, sendo rota da região do Campo das Vertentes até o Rio de Janeiro. Além disso, o trecho possui acesso a diversas cidades turísticas, tais como Tiradentes, São João del Rei e Carrancas.

O enfoque do trabalho será no trecho pertencente a rodovia BR 265, entre os municípios de Barbacena a Lavras, totalizando 169 km de rodovia. Nesse trecho há um intenso fluxo de veículos diariamente, conforme estudo do Departamento de Edificações e Estradas de Rodagem de Minas Gerais (DEER) publicado em 2008, o volume médio diário de veículos (VMD) era de 8.001 veículos no trecho entre Lavras e a BR 381, 2.438 veículos no trecho entre São João del Rei a Lavras e 4.145 veículos no trecho entre Barbacena, Tiradentes e São João del Rei.

Além do fluxo de veículos no trecho, ainda há a questão da configuração da rodovia, que é bastante sinuosa e isso favorece o acontecimento de acidentes. Embora o trecho analisado seja de grande importância para a região que circunda, quase não é possível encontrar em fontes abertas dados oficiais que tratam das informações relativas aos acidentes de forma satisfatória,

que possibilite identificar as principais causas e propor melhorias.

Neste trabalho, pretende-se fazer um levantamento de dados dos acidentes ocorridos nos períodos de 2013 a 2018, para que, por meio de ferramentas estatísticas, seja possível organizá-los de forma adequada para que se possa compreender a característica dessa rodovia no tocante a acidentes e vítimas envolvidas.

Após a análise dos acidentes e da gravidade das lesões dos envolvidos, pretende-se avaliar uma proposta onde se possa avaliar a redução desse fenômeno. Caso a análise direcione para alguma modificação da via, tais como obra, reestruturação ou alteração do tipo de via, será verificada a viabilidade de tais intervenções.

Por se tratar de uma rodovia sob responsabilidade dos órgãos públicos, será observado o valor socioeconômico, pois toda obra realizada pelo governo deve ter como objetivo o benefício da sociedade. Para isso, serão avaliados os valores dos custos referente à obra necessária, bem como a sua manutenção. Além disso, será verificado os benefícios para a população no tocante a redução de acidentes, redução na gravidade das lesões dos envolvidos, bem como o custo que isso acarretaria aos cofres públicos com atendimentos hospitalares e o tempo necessário para recuperação das vítimas. Será avaliado, também, os valores em relação a possível redução no custo com os veículos envolvidos nos acidentes, valoração em relação ao tempo de viagem que poderá reduzir ou aumentar conforme a obra a ser realizada, a economia ou não referente ao consumo de combustível dos veículos que trafegam pela via e os valores em relação a emissão de gases poluentes. Com o custo benefício determinado, serão atualizados os valores para um mesmo período e verificado o tempo necessário para se recuperar o investimento realizado de forma a visualizar se a obra ou reestruturação apontada seria viável ou não para a sua realização.

Dada a importância do trecho em estudo, o objetivo deste trabalho é fazer análises utilizando estatística descritiva com o intuito de verificar as causas presumidas de acidentes e se o tipo de pista interfere nos acidentes e na gravidade das lesões das vítimas, apontando possíveis soluções e a viabilidade da implementação da solução encontrada.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Caracterização da BR 265

A rodovia BR 265 é uma importante rodovia federal delegada ao estado de Minas Gerais, tendo início no município de Muriaé/MG, passando por diversas cidades importantes para a região do Campo das Vertentes, como Barbacena, São João del Rei, Lavras e Boa Esperança, possuindo extensão até o município de Ilícinea/MG, totalizando 479 km de rodovia no estado de Minas Gerais.

Trata-se de uma rodovia estratégica para a região Sudeste, pois interliga dois corredores/vias fundamentais para o transporte terrestre nacional, sendo a BR 040, que interliga Brasília ao Rio de Janeiro (interceptando a BR 265 no município de Barbacena) e a BR 381 que interliga Belo Horizonte a São Paulo (interceptando a BR 265 no município de Lavras).

De acordo com o Terra (2014), a rodovia substituiu a antiga estrada de terra que ligava os municípios de Barbacena a São João del Rei, projetada durante a década de 1950. O trecho asfaltado foi inaugurado em meados da década de 1960, sendo inicialmente denominado MG-60. Aproximadamente em 1965, a MG-60 foi ampliada, sendo construído o trecho entre São João del Rei a Lavras.

De acordo com Terra (2015), o trecho foi pouco alterado, ressalta-se também que no período supracitado era difícil encontrar caminhões que transportavam mais de 10 toneladas. Por outro lado, nos dias atuais, ocorre frequentemente o tráfego de caminhões com cargas superiores a 70 toneladas. Além disso, o trecho foi projetado para a quantidade de veículos da época em que a via foi construída, os quais ainda tinham velocidades bem inferiores aos veículos atuais, logo, as curvas sinuosas do trecho que foram projetadas e eram satisfatórias para os veículos da época são praticamente as mesmas em que os veículos atuais, em quantidade maior, trafegam com uma velocidade também bem superior.

Em 1973, com a publicação da Lei 5.917, denominada Plano Nacional de Viação (PNV), a MG-60 passou a ser denominada BR 265, tratando-se de uma rodovia transversal sob responsabilidade da União. Em 2011, houve uma atualização da citada lei, sendo publicado a Lei 12.379, denominada Sistema Nacional de Viação (SNV).

O enfoque deste trabalho será no trecho mais estratégico e importante da BR 265, que encontra-se no km 0 do entroncamento com a BR 040 no município de Barbacena e o km 364 do entroncamento com a BR 381 no município de Lavras. Vale ressaltar que o km 0 vai até o km 5 na área urbana de Barbacena, sendo 202 o km posterior ao km 5, continuando ininterruptamente até o km 364. Nesse trecho encontra-se a mesorregião do Campo das Vertentes, que é formada por 36 municípios, onde a BR 265 atravessa diretamente 11 municípios a saber: Barbacena, Barroso, Dolores de Campos, Prados, Tiradentes, São João del Rei, Conceição da Barra de Minas, Nazareno, Itutinga, Itumirim e Lavras. Além de ser um trecho que interliga importantes rodovias, e embora não sejam cidades de grande porte, trata-se de cidades com peculiaridades específicas, provocando assim tráfego intenso de veículos.

Em Lavras, há um grande número de escolas onde se destaca a Universidade Federal de Lavras (UFLA). Além disso, por ser a maior cidade da região, existe fluxo diário de pessoas que deslocam de seus municípios até Lavras para trabalhar ou estudar e retornam à noite para seus municípios de origem, podendo assim serem citados os municípios de Itumirim, Itutinga, Ribeirão Vermelho, Perdões e Nepomuceno.

Barbacena e São João del Rei se enquadram na mesma situação de Lavras, recebendo diariamente várias pessoas de municípios vizinhos para trabalhar, retornando para seus municípios de origem à noite. São João del Rei ainda possui a Universidade Federal de São João del Rei (UFSJ) que, assim como a UFLA, recebe diariamente estudantes de municípios vizinhos.

O trecho ainda possui diversos pontos turísticos, sendo as cidades históricas de São João del Rei e Tiradentes além das diversas cachoeiras do município de Carrancas, onde o acesso se dá pelo município de Itutinga. Portanto, a especificidade desta região impulsiona grande volume de tráfego de veículos diariamente.

Na Tabela 1 é possível visualizar informações referente aos municípios em que a BR 265 corta no trecho entre Barbacena e Lavras.

Tabela 1 - Municípios no entorno da BR 265 entre Barbacena e Lavras

Município	Trecho de rodovia da BR 265		Área (km <sup>2</sup> )	População
	Total (km)	Zona urbana (km)		
Barbacena	24	9	759,19	136.392
Barroso	11	2	82,07	20.720
Prados	10	0	264,11	8.979
Tiradentes	4	0	83,05	7.886
São João del Rei	45	5	1452,00	89.653
Conceição da Barra de Minas	1	0	273,01	3.962
Nazareno	14	0	341,46	8.555
Itutinga	15	5	372,02	3.809
Itumirim	14	0	234,80	6.048
Lavras	31	9	564,74	102.728

Fonte: IBGE e Geosite da Polícia Militar de Minas Gerais

Devido as peculiaridades já citadas da região, o fluxo de veículos na rodovia é considerável, principalmente ao se analisar que são 169km do trecho entre Barbacena e Lavras, dos quais apenas 16km possuem terceira faixa e 16km são de pista dupla. Logo, a via é predominantemente de pista simples.

Na Tabela 2 estão as informações referente ao volume de veículos diário conforme o censo de 2008 e boletim estatístico do Departamento de Estradas e Rodagem de Minas Gerais (DEER). Vale ressaltar que esses são os dados mais recentes publicados pelo DEER conforme consulta em maio de 2019. Devido o volume diário de veículos ser diferente em diversos trechos da rodovia, foi necessário dividir a rodovia analisada em três partes, sendo trechos entre Barbacena a São João del Rei (Barb - SJDR), São João del Rei a Lavras (SJDR - Lav) e Lavras a BR 381 (Lav - BR381).

Os veículos estão divididos em veículos de passeio, coletivos e carga, que conforme DNIT (2006) significam:

- Passeio - veículos considerados “leves” destinados a uso particular e transporte de poucas pessoas, enquadrando-se os automóveis e motocicletas;
- Coletivo - veículos destinado ao transporte de passageiros, tais como ônibus e vans;
- Carga - veículos destinado ao transporte de produtos em geral, sendo subdividido em carga leve (caminhonetes), média (caminhões de menor porte) e pesada (carretas de grande porte).

Tabela 2 - Volume médio diário de veículos por trecho na BR 265 no ano de 2008

Trecho	Tipo de Veículo			Total
	Passeio	Coletivo	Carga	
Barb - SJDR	2.537	208	1.400	4.145
SJDR - Lav	1.453	99	886	2.438
Lav - BR381	5.264	337	2.400	8.001

Fonte: DEER (2008)

Como os dados citados na Tabela 2 são de um estudo de 2008, ao analisar a frota de veículos no Estado de Minas Gerais entre 2008 e 2018, conforme dados disponibilizados nos meses de dezembro de cada ano pelo DENATRAN (2019), exibidos na Tabela 3, é possível verificar o crescimento anual da frota de veículos.

Tabela 3 - Crescimento da frota de veículos em Minas Gerais de 2008 a 2018

Período	Tipo de veículo			Total	Crescimento anual (%)
	Passeio	Coletivo	Carga		
dez/18	9.036.913	199.969	1.950.812	11.187.694	4,48
dez/17	8.682.088	187.856	1.838.408	10.708.352	4,22
dez/16	8.350.700	175.899	1.747.969	10.274.568	4,05
dez/15	8.041.006	166.567	1.666.999	9.874.572	4,67
dez/14	7.694.423	156.956	1.582.514	9.433.893	6,22
dez/13	7.277.726	144.167	1.459.772	8.881.665	7,11
dez/12	6.818.821	131.151	1.342.323	8.292.295	8,26
dez/11	6.314.023	118.795	1.227.083	7.659.901	9,38
dez/10	5.786.056	105.244	1.111.925	7.003.225	9,77
dez/09	5.278.150	94.911	1.006.937	6.379.998	9,36
dez/08	4.813.769	85.645	934.465	5.833.879	10,72

Fonte: Departamento Nacional de Trânsito (DENATRAN)

Dessa forma, aumentando o volume médio diário de veículos (VMD) nos trechos descritos na Tabela 2 conforme os valores percentuais de crescimento da frota no estado de Minas Gerais descritos na Tabela 3 no período de 2008 a 2018, ou seja, foi aumentado o valor de 4,48% no VMD de 2008 para 2009, aumento de 4,22% no VMD de 2009 para 2010 e assim por diante. Assim foi possível avaliar que esse VMD por trecho em janeiro de 2019 seja de aproximadamente 17.297 veículos no trecho entre Lavras e a BR 381, 5.294 veículos no trecho entre Lavras e São João del Rei e 9.006 veículos no trecho entre Barbacena e São João del Rei

conforme exibido na Tabela 4.

Na faixa de rodovia da BR 265 analisada há pista simples, pista com terceira faixa e pista dupla, definidas pelo Departamento Nacional de Infra-Estrutura de transporte - DNIT (2007):

- Pista Simples - são aquelas onde há uma única pista separada por uma faixa onde há trânsito de veículos nos dois sentidos de circulação;
- Terceira Faixa - se trata de uma pista simples com uma faixa adicional em um dos sentidos. Normalmente utilizada em regiões montanhosas para o tráfego de veículos pesados, onde a terceira faixa se localiza no sentido de aclave;
- Pista Dupla - é formado por duas pistas com duas ou mais faixas para cada sentido, separadas por um canteiro central, separador rígido ou por traçados separados devido a obstáculos naturais ou modificados.

Tabela 4 - Projeção do Volume médio diário de veículos na BR 265 em janeiro de 2019

Município	Trecho (km)	Tipo de Pista	Passeio	Coletivo	Carga	Total
Barb - SJDR	62	Simples e 3ª faixa	5.297	554	3.155	9.006
SJDR - Lav	91	Simples	3.034	264	1.997	5.294
Lav - BR381	16	Dupla	10.991	897	5.408	17.297

Fonte: Autor

## 2.2 Grau da lesão dos envolvidos em acidentes

De acordo com Sallum (1999), há uma classificação para verificar o grau de cada lesão conforme a sua gravidade, numeradas de 1 a 6, sendo esse um padrão utilizado mundialmente denominado “Abreviated Injury Scale” (AIS), classificado da seguinte forma:

1. injúria de gravidade leve;
2. moderada;
3. grave que não ameaça a vida;
4. grave que ameaça a vida, porém com sobrevivência provável;
5. crítica com sobrevivência incerta;
6. lesão máxima que é quase sempre fatal.

Em relação aos dados dos acidentes na BR 265, as lesões dos envolvidos são classificadas da seguinte forma:

1. Fatal;
2. Graves ou inconscientes;
3. Leves;
4. Sem lesões aparentes.

Nos dados retirados dos acidentes da BR 265, ainda há alguns padrões de lesões que não são classificados de forma fidedigna, por exemplo: “Grau da lesão - ignorado” e “Preenchimento opcional”.

## **2.3 Estatística descritiva**

Para analisar os acidentes de trânsito, é necessária a utilização de conceitos estatísticos com intuito de organizar, analisar e interpretar os dados, com a finalidade de obter conclusões para auxiliar na tomada de decisões das medidas a serem adotadas. Com isso, será apresentada a conceituação de alguns termos estatísticos que poderão ser utilizados na análise dos dados deste trabalho.

De acordo com Correa (2003), a estatística é usualmente subdividida em três áreas, sendo Estatística descritiva e amostragem, Estatística inferencial e Probabilidade, onde elas não são estudadas isoladamente.

### **2.3.1 Termos utilizados**

Ferreira (2015) definiu alguns termos usualmente utilizados em estatística:

1. População - conjunto de elementos com pelo menos uma característica comum.
  - Exemplo: Acidentes ocorridos no período de 2013 a 2018.
2. Amostra - é um subconjunto da população.
  - Exemplo: analisar alguns acidentes do período de 2013 a 2018.

3. Variável - a característica específica do estudo.

- Exemplo: causa presumida do acidente.

A variável pode ser subdividida em qualitativa e quantitativa:

(a) Variável qualitativa - são qualidades do ítem estudado, que pode ser subdividida em nominal e ordinal:

i. Nominal - não há ordem entre os termos.

- Exemplo: Sexo do condutor, tipo de veículo.

ii. Ordinal - é possível estabelecer uma ordem entre os termos.

- Exemplo: Tempo de habilitação do condutor, ano de fabricação do veículo.

(b) Variável quantitativa - apresentam como resultado números resultantes de contagens ou mensurações, podendo ser subdividido em discreta e contínua:

i. Discreta - contagem pertencente aos números naturais.

- Exemplo: quantidade de acidentes por marco quilométrico.

ii. Contínua - contagem pertencente aos números reais.

- Exemplo: localização do acidente por coordenadas geográficas.

4. Dados - são as respostas do estudo.

- Exemplo: a quantidade dos acidentes no período noturno.

### **2.3.2 Tabelas**

A partir da obtenção de dados, ou seja, os dados na forma “bruta”, sem tratamento, através de questionários ou planilhas eletrônicas, se torna necessário uma organização para melhor interpretação dos mesmos. No nosso estudo, foram obtidas planilhas eletrônicas com informações de cada acidente.

Conforme Shiguti (2006), uma forma de apresentar um conjunto de dados de forma resumida para facilitar o entendimento é através de tabelas, que são uma representação matricial em linhas e colunas.

### 2.3.2.1 Tabelas de frequências

Para obter uma visão macro dos acidentes na rodovia BR 265, se torna necessário tabular os dados de forma resumida com a quantificação das informações para melhor interpretação e visão geral dos acidentes. Essa tabulação necessária é denominada distribuição de frequências ou tabelas de frequências.

Essa distribuição de frequências por cada variável é subdividida em frequência absoluta, frequência relativa e frequência acumulada. Além disso, ainda há termos como Classes e Amplitude, conforme Ferreira (2015) classifica.

1. frequência absoluta ( $f_i$ ) - trata-se do número de vezes que a variável estudada ocorre;
2. frequência relativa ( $f_r$ ) - trata-se do número de vezes que a variável ocorre em relação ao número total de ocorrências possíveis, sendo calculada em porcentagem, da forma:

$$f_r = \frac{f_i}{n} \times 100 \quad (2.1)$$

em que

$f_i$  - número de vezes que a variável ocorreu;

$n$  - número total de ocorrências possíveis

3. frequência acumulada - soma de cada frequência com as anteriores a ela, por exemplo, seja a frequência absoluta “ano de fabricação do veículo”, se desejarmos analisar os veículos fabricados até o ano de 1990, teremos a soma de todas as frequências “ano de fabricação do veículo” anteriores a 1990.
4. Classes - devido a quantidade de variáveis, podemos classificá-las em intervalos de variáveis, por exemplo, subdividir a idade do condutor em classes seria colocá-las em intervalos, tais como “menores de 18 anos”, “18 a 30 anos”, “31 a 40 anos”, e assim por diante.
5. Amplitude - se trata da diferença entre o maior e o menor valor das variáveis estudadas.

### 2.3.3 Gráficos

A utilização de gráficos no estudo de estatística trata-se de uma importante ferramenta para facilitação da visualização dos dados, de forma que se possa compreender o que se deseja mostrar com maior facilidade e rapidez.

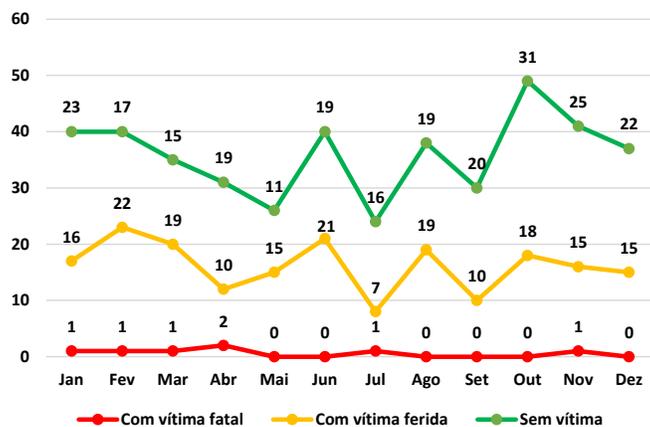
De acordo com o Ministério da Educação e do Desporto (1997), nos Parâmetros Curriculares Nacionais, PCN, há a necessidade de acrescentar conteúdos que proporcionem ao cidadão “tratar” as informações do dia a dia, possibilitando o entendimento de dados estatísticos através de tabelas e gráficos para melhor interpretação e tomada de decisões no cotidiano das pessoas. Nesse contexto, os gráficos tem um papel fundamental na formação da sociedade, pois é uma ferramenta que permite interpretar os dados de forma rápida e simples, facilitando as decisões a serem tomadas pelo observador.

Há diversos tipos de gráficos, que são uma representação geométrica dos dados analisados, onde cada tipo de variável é melhor visualizada por um modelo específico de figura. Correa (2003) relata que os gráficos mais usados são em linhas e os diagramas de área (colunas, barras e setores).

#### 2.3.3.1 Gráficos em Linhas

Os gráficos em linhas são ideais para mostrar a sequência de uma variável ao longo do tempo (dias, meses, etc).

Figura 1 - Acidentes de trânsito por mês no ano de 2018 na BR 265

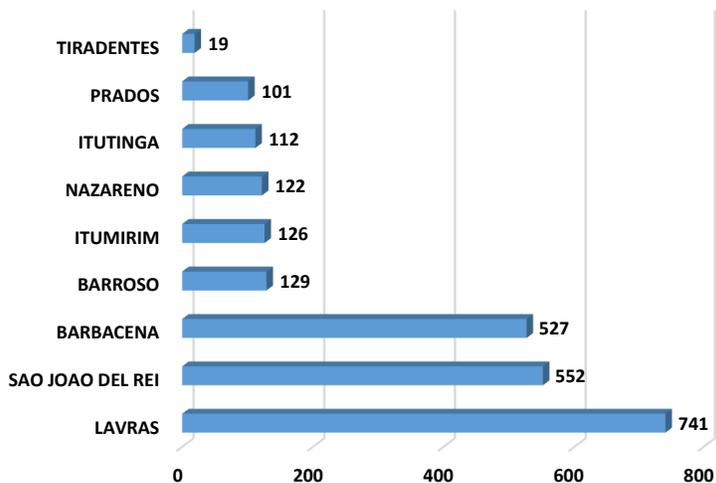


Fonte: Armazém SIDS da Polícia Militar de Minas Gerais

### 2.3.3.2 Gráficos em Barras ou Colunas

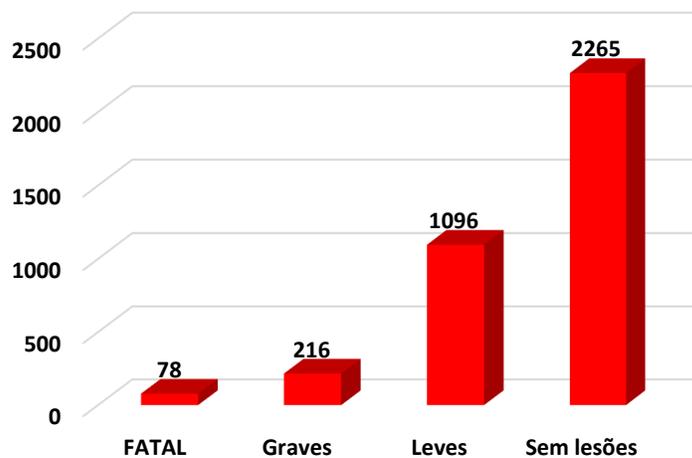
Os gráficos em barras ou colunas são muito utilizados para variáveis qualitativas, onde na linha horizontal são separadas as variáveis e na linha vertical as frequências absoluta ou relativa no caso do gráfico de colunas. Os gráficos em barra são utilizados da mesma forma, porém invertendo a linha horizontal com a vertical.

Figura 2 - Acidentes de trânsito na BR 265 por município entre 2013 e 2018



Fonte: Armazém SIDS da Polícia Militar de Minas Gerais

Figura 3 - Lesões dos envolvidos em acidentes de trânsito na BR 265 entre 2013 e 2018

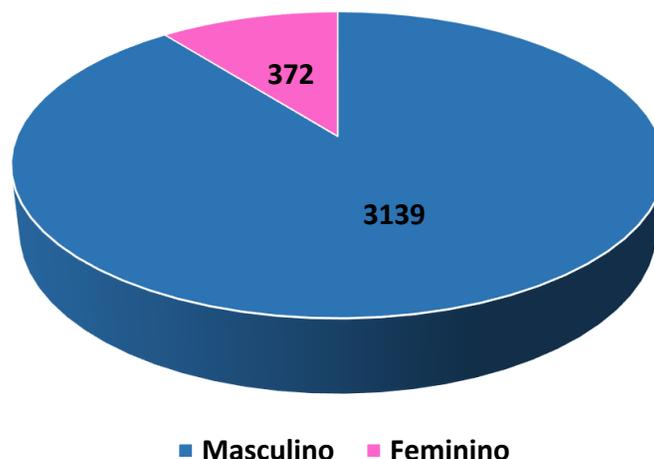


Fonte: Armazém SIDS da Polícia Militar de Minas Gerais

### 2.3.3.3 Gráficos de Setores

Os Gráficos de setores, popularmente conhecidos como gráficos de pizza, também são muito utilizados para variáveis qualitativas nas quais se deseja demonstrar qual a parcela de cada variável em relação ao total.

Figura 4 - Acidentes de trânsito na BR 265 pelo sexo do condutor entre 2013 e 2018



Fonte: Armazém SIDS da Polícia Militar de Minas Gerais

### 2.3.4 Medidas de posição

Ferreira (2015) relata que as medidas de posição, também denominadas medidas de tendência central, tem a finalidade de encontrar o ponto central de um conjunto de dados. As medidas mais conhecidas são média, mediana e moda.

#### 2.3.4.1 Média Aritmética

A média aritmética, em geral, é a mais utilizada nas medidas descritivas, calculada pela soma dos valores de cada variável dividido pela quantidade de variáveis somadas. No cálculo dessa medida, a média aritmética populacional e a média aritmética amostral, são idênticas, diferenciando apenas pela notação.

A média aritmética populacional é dada:

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{N} \quad (2.2)$$

em que

$x_i$ : cada variável individual;

$N$ : quantidade de variáveis da população analisada.

## **3 MATERIAL E MÉTODO**

### **3.1 Material**

#### **3.1.1 Responsabilidade da via**

Para a análise dos acidentes no período de 2013 a 2018, foi necessário a obtenção dos registros de acidentes ocorridos na BR 265. Vale salientar que a rodovia BR 265 é uma rodovia federal, logo a responsabilidade pela manutenção e fiscalização é da União, portanto, todos os acidentes ocorridos na rodovia seriam de responsabilidade da União, ou seja, deveriam ser registradas pela Polícia Rodoviária Federal.

No entanto, existe um 6º Termo Aditivo, do convênio de nº 01/2012 entre a 4ª Superintendência Regional de Polícia Rodoviária Federal e o Estado de Minas Gerais, por intermédio da PMMG, onde a União delega ao Estado de Minas Gerais a fiscalização de 4.588,90 km de rodovias, sendo que os 169km da BR 265 alvo do estudo estão incluídos no trecho delegado.

O trecho de 169km da BR 265 em estudo no período de 2013 a 2018, devido ao convênio citado, passou a ter a sua fiscalização sob responsabilidade do Estado de Minas Gerais, ao qual é executado pela PMMG. Logo, todos os acidentes no trecho estudado da BR 265 são registrados pela PMMG.

#### **3.1.2 Obtenção dos dados**

Para conseguir os dados dos acidentes, foi realizado contato com a Polícia Militar de Minas Gerais e solicitado a liberação dos registros de acidentes. A solicitação foi aceita, sendo imposta uma única restrição, o sigilo das informações pessoais dos envolvidos nos acidentes.

O sistema de registros de ocorrências da PMMG desde o ano de 2010 é de forma totalmente eletrônica para todos os municípios do Estado, através da internet, fazendo parte de um sistema denominado “Sistema Integrado de Defesa Social”, onde os registros são denominados “Registro de Eventos de Defesa Social (REDS)”.

Como todos os registros são eletrônicos, foi criado um módulo para que as ocorrências pudessem ser tabuladas e, conseqüentemente serem realizados estudos dos eventos produzidos

pela Polícia Militar. Esse módulo foi denominado “Armazém de dados - Infoview”.

Esse sistema permite a consulta e filtro dos registros de ocorrências, possibilitando o acesso a planilhas no formato “xls” conforme Figura 5:

Figura 5 - Planilha com os registros de ocorrências retirados do sistema informatizado

	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y
4	Unid Regis	Unid Regis	UF - Sigla	Latitude	Longitude	Município - Município		Bairro	Logradouro	Desc longa	Desc Long	Códig
5	1 PEL RV/6	1 GP/1 PEL MG		-21,2946886	-44,6346682	313450 ITUTINGA		INVÁLIDO	BR 265	ESTRADA/	PREENCHII	T0000
6	1 PEL RV/6	1 GP/1 PEL MG		-21,215624	-45,0659527	313820 LAVRAS		INVÁLIDO	BR 265	ESTRADA/	PREENCHII	T0000
7	1 PEL RV/6	1 GP/1 PEL MG		-21,2633138	-44,954869	313820 LAVRAS		INVÁLIDO	BR 265	ESTRADA/	PREENCHII	T0000
8	1 PEL RV/6	1 GP/1 PEL MG		-21,2905297	-44,6315025	313450 ITUTINGA		INVÁLIDO	BR 265	ESTRADA/	PREENCHII	T0000
9	1 PEL RV/6	1 GP/1 PEL MG		-21,1971169	-45,0944888	313820 LAVRAS		INVÁLIDO	BR 265	ESTRADA/	PREENCHII	T0000
10	1 PEL RV/6	1 GP/1 PEL MG		-21,2960471	-44,6687483	313450 ITUTINGA		INVÁLIDO	BR 265	ESTRADA/	PREENCHII	T0000
11	1 PEL RV/6	1 GP/1 PEL MG		-21,2365933	-45,0264857	313820 LAVRAS		INVÁLIDO	BR 265	ESTRADA/	PREENCHII	T0000
12	1 PEL RV/6	1 GP/1 PEL MG		-21,2120796	-45,0740444	313820 LAVRAS		INVÁLIDO	BR 265	ESTRADA/	PREENCHII	T0000
13	4 PEL/54	4 PEL/54	C MG	-21,2260444	-45,0473525	313820 LAVRAS		INVÁLIDO	BR 265	VIA URBAN	PREENCHII	T0000
14	1 PEL RV/6	1 GP/1 PEL MG		-21,2877111	-44,8258658	313430 ITUMIRIM		INVÁLIDO	BR 265	ESTRADA/	PREENCHII	T0000
15	1 PEL RV/6	1 PEL RV/6	MG	-21,2898618	-44,7785672	313430 ITUMIRIM		INVÁLIDO	BR 265	ESTRADA/	PREENCHII	T0000
16	1 PEL RV/6	1 PEL RV/6	MG	-21,2646094	-45,0043951	313820 LAVRAS		INVÁLIDO	BR 265	ESTRADA/	PREENCHII	T0000
17	1 PEL RV/6	1 GP/1 PEL MG		-21,2610797	-45,0093997	313820 LAVRAS		INVÁLIDO	BR 265	ESTRADA/	PREENCHII	T0000
18	1 PEL RV/6	1 PEL RV/6	MG	-21,1971169	-45,0944888	313820 LAVRAS		INVÁLIDO	BR 265	ESTRADA/	PREENCHII	T0000
19	1 PEL RV/6	1 PEL RV/6	MG	-21,2633138	-44,954869	313820 LAVRAS		INVÁLIDO	BR 265	ESTRADA/	PREENCHII	T0000

Fonte: Armazém SIDS da Polícia Militar de Minas Gerais

Vale ressaltar que se trata de um sistema em constante evolução, logo os dados analisados utilizados no trabalho foram a partir de 2013 devido a consistência dos dados.

### 3.1.3 Separação dos dados

A Polícia Militar de Minas Gerais é dividida em regiões, totalizando dezenove em todo o Estado. Essas planilhas fornecidas pelo “Armazém de dados” são separadas também por essas dezenove regiões. No trecho da BR 265 em análise, intercepta duas Regiões da Polícia Militar (RPM), a 6ª RPM com sede em Lavras que engloba 44 municípios e a 13ª RPM com sede em Barbacena que engloba 61 municípios. Logo, foi necessário efetuar a busca no banco de dados dessas duas regiões.

Foi necessário realizar a busca em três módulos do banco de dados, pois não foi possível encontrar todas as informações necessárias em apenas um módulo.

A consulta então foi realizada no período de 01 de janeiro de 2013 a 31 de dezembro de 2018, na 6ª RPM e 13ª RPM nos módulos de ocorrências registradas, envolvidos em ocorrências e veículos envolvidos em acidentes, sendo obtido os seguintes valores:

- Ocorrências registradas: 1.055.068 ocorrências;

- Envolvidos em ocorrências: 2.070.295 envolvidos;
- Veículos envolvidos em Acidentes: 144.387 veículos.

Os dados citados representam todos os envolvidos, veículos e quantidade de ocorrências registradas dos 105 municípios pertencentes a 6ª RPM e 13ª RPM. Vale salientar que o quantitativo apresentado se refere a todo tipo de ocorrência, tais como furtos, roubos, acidentes, dentre outros. Com esses dados, foi realizado o filtro necessário, ou seja, foram separadas todas as ocorrências pertencentes a BR 265 no trecho do km 0 ao 5 e km 202 ao 364. Depois, foram separadas somente as ocorrências de acidentes de trânsito, obtendo os seguintes valores:

- Ocorrências registradas: 2.430 ocorrências;
- Envolvidos em ocorrências: 3.679 envolvidos;
- Veículos envolvidos em Acidentes: 3.717 veículos.

Dos valores apresentados, poderá ocorrer uma perda em relação a estatística apresentada no trabalho, pois os registros de ocorrência são realizados pelos agentes fiscalizadores, no caso da BR 265, policiais militares do setor de trânsito rodoviário. Em cada registro, há diversos campos a serem preenchidos, sendo uns obrigatórios e outros opcionais. Devido a isso, em alguns registros, campos opcionais podem não ter sido preenchidos pelo agente policial durante a confecção do registro, seja por inobservância, ou devido ao agente não conseguir identificar o termo correto no momento do preenchimento, como o agente não conseguir vislumbrar a causa presumida do acidente.

### **3.2 Método**

Para fazer a análise dos dados será utilizado a teoria da estatística descritiva conforme descrito no item 2.3.

## 4 RESULTADOS

Essa seção tem o objetivo de apresentar os resultados das análises dos acidentes, bem como as suas causas presumidas por trecho de pista, sendo simples, simples com 3ª faixa e dupla, bem como comparar os trechos por tipo de pista e analisar meios para a redução desse fenômeno.

É importante frisar que reduzir os acidentes é fundamental, mas o mais importante é reduzir o número de vítimas e reduzir a gravidade das lesões causadas pelos acidentes. Desta forma, será analisada também, a gravidade das lesões das vítimas envolvidas nos acidentes conforme o tipo de pista.

Caso seja confirmado que o tipo de pista tem influência no número de acidentes e gravidade nas lesões das vítimas, será analisado se a alteração do trecho alvo do estudo para o tipo de pista que se mostrar mais eficiente seria ou não viável em termos socioeconômicos.

### 4.1 Número de Acidentes no período de 2013 a 2018

Primeiro, será visualizado o número total de acidentes no período para se ter uma visão macro do problema.

Conforme mostrado na Tabela 5, no período de 01 de janeiro de 2013 a 31 de dezembro de 2018 foram registrados 2.430 acidentes na BR 265 no trecho entre a BR 040 em Barbacena e a BR 381 em Lavras.

Tabela 5 - Total de acidentes por gravidade no trecho analisado da BR 265 entre 2013 e 2018

Gravidade do acidente	Período analisado (Anos)						Freq. Absol.	Freq. Rel. (%)
	2013	2014	2015	2016	2017	2018		
Com vít. fatal	7	13	15	13	16	7	71	2,92
Com vít. ferida	123	179	182	189	171	187	1031	42,43
Sem vítima	156	267	221	194	253	237	1328	54,65
Freq. Abs.	286	459	418	396	440	431	2430	
Freq. Rel(%)	11,77	18,89	17,20	16,30	18,11	17,74	100,00	

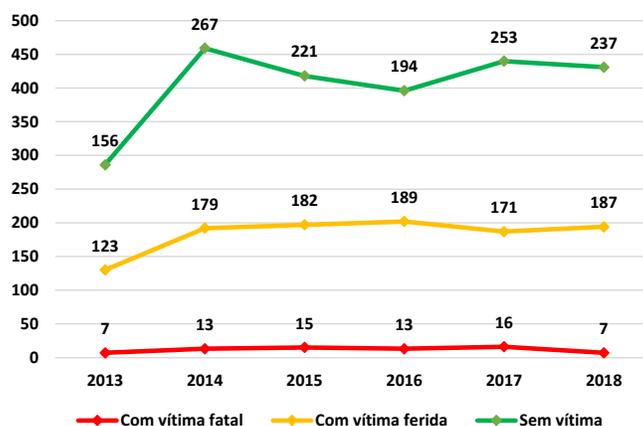
Fonte: Armazém SIDS da Polícia Militar de Minas Gerais

Vale ressaltar que a análise atual é referente ao número de acidentes e não ao número

de vítimas, pois um acidente com vítima fatal, por exemplo, pode resultar em diversas vítimas fatais e/ou com lesões graves ou leves. O acidente é classificado conforme a vítima que teve a maior gravidade de lesões no acidente, por exemplo, se em um acidente houve uma vítima fatal, três vítimas feridas e cinco vítimas sem ferimentos, a classificação dada é de acidente com vítima fatal, pois a maior gravidade resultante do acidente foi uma vítima fatal.

Pode-se observar na Figura 6 que, exceto em 2013, onde o número de acidentes foi menor, nos anos de 2014 a 2018 os registros foram próximos.

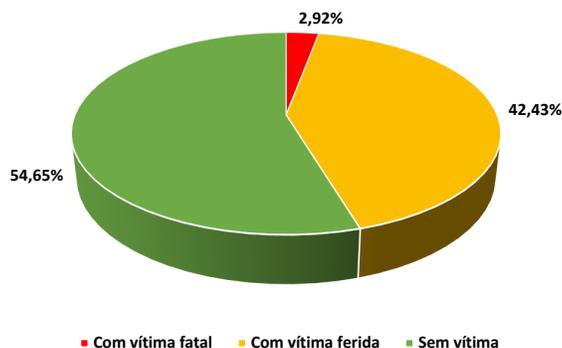
Figura 6 - Acidentes de trânsito por ano na BR 265



Fonte: Armazém SIDS da Polícia Militar de Minas Gerais

Na Figura 7 é possível observar que a maioria dos acidentes não possui vítima, com 54,65%, porém o número de acidentes onde há vítimas é considerável, sendo que a análise buscará meios para avaliar uma possível redução desse número.

Figura 7 - Frequência relativa dos tipos de acidentes de trânsito na BR 265



Fonte: Armazém SIDS da Polícia Militar de Minas Gerais

## 4.2 Causa presumida dos acidentes na BR 265

A causa presumida de um acidente se trata do motivo provável causador do acidente, como uma ultrapassagem em local proibido. É uma informação inserida empiricamente pelo agente policial, conforme sua observação e constatação no local e no momento da ocorrência, por isso é denominada presumida. No entanto, por diversos fatores, tais como local do fato alterado antes da chegada da equipe policial, condições climáticas, evasão dos envolvidos, dentre outros, pode não corresponder à realidade. A causa real do acidente só pode ser verificada após a perícia policial, realizada por peritos oficiais da Polícia Civil, porém tais dados não são disponibilizados e também não teríamos um banco de dados otimizado, pois a perícia só comparece ao local do acidente em casos que ocorra mortes, vítimas em estado grave ou veículo oficial.

Considerando-se as informações, o questionamento principal seria qual a maior causa desses acidentes. Na Tabela 6, é possível observar causas presumidas de acidentes de acordo com o banco de dados utilizado.

Nota-se na Tabela 6, que a maior causa dos acidentes se deve a falta de atenção do condutor, correspondendo a 29,09% dos acidentes. Na sequência, tem-se a derrapagem com 10,99% dos acidentes, seguido de velocidade incompatível com 9,84%. Do total de acidentes, 9,83% não são possíveis avaliar, que são “Outros - causas relacionadas a trânsito” e “Não identificado”.

Com relação a acidentes com vítimas fatais, nota-se na Tabela 6, que as maiores causas presumidas envolvidas são velocidade incompatível e contramão de direção. Já os acidentes com vítimas feridas e acidentes sem vítimas, a principal causa está na falta de atenção do condutor, derrapagens e velocidade incompatível.

Tabela 6 - Causa presumida dos acidentes na BR 265 entre 2013 e 2018

Causa presumida do acidente	Com vít. fatal	Com vít. ferida	Sem vítima	Freq. Absol.	Freq. Rel. (%)
Falta de atenção	8	301	398	707	29,09
Derrapagem	8	112	147	267	10,99
Velocidade incompatível	16	125	98	239	9,84
Outras causas relacionadas a trânsito	5	74	142	221	9,09
Defeito no veículo	4	56	69	129	5,31
Dirigir embriagado/Alcoolizado	3	81	42	126	5,19
Aquaplanagem	0	51	71	122	5,02
Não manter distância de segurança	0	27	83	110	4,53
Animal na pista	1	31	77	109	4,49
Contramão de direção	13	31	21	65	2,67
Má visibilidade	2	26	31	59	2,43
Ultrapassagem proibida	6	26	22	54	2,22
Ultrapassagem forçada	1	18	26	45	1,85
Dormir ao volante	0	21	22	43	1,77
Defeito na via	1	14	22	37	1,52
Carga mal acondicionada	1	9	14	24	0,99
Não identificado	0	3	15	18	0,74
Retorno/Conversão em local proibido	1	10	7	18	0,74
Desobedecer parada obrigatória	0	5	6	11	0,45
Não obedecer a sinalização existente	0	3	5	8	0,33
Não dar preferência	0	2	4	6	0,25
Conduta inadequada do pedestre	0	5	0	5	0,21
Defeito na sinalização	0	0	5	5	0,21
Avanço de sinal	0	0	1	1	0,04
Uso de celular	1	0	0	1	0,04
<b>Total</b>	<b>71</b>	<b>1031</b>	<b>1328</b>	<b>2430</b>	<b>100</b>

Fonte: Armazém SIDS da Polícia Militar de Minas Gerais

Por meio do banco de dados analisado, pode-se elencar cinco fatores associados a ocorrências de acidentes individuais ou coletivos. Esses fatores são: condutor, pista, veículo, condições climáticas e pedestres/proprietários de propriedades em torno da rodovia.

Na Tabela 7 são apresentados informações de acidentes associados aos cinco fatores, sendo que algumas causas presumidas são devido a mais de um fator, logo, eles serão contabilizados mais de uma vez na Tabela 7, tais como “Aquaplanagem” que é causado por uma má estrutura da pista, muita chuva no local e excesso de velocidade do condutor.

Pela Tabela 7 observa-se que a maior causa dos acidentes é por responsabilidade do

condutor, que corresponde a 75,85%. Um número mais alarmante se dá em relação ao número de acidentes com vítimas fatais causadas pelo condutor, que corresponde a 58 acidentes.

Tabela 7 - Fatores responsáveis pelos acidentes na BR 265 entre 2013 e 2018

Fator responsável pelo acidente	Com vít. fatal	Com vít. ferida	Sem vítima	Freq. Absol.	Freq. Rel. (%)
Condutor	58	822	967	1847	75,85
Pista	1	65	98	164	6,74
Veículo	4	56	69	129	5,30
Condições climáticas	2	77	102	181	7,43
Pedestres/Proprietários	1	36	77	114	4,68

Fonte: Armazém SIDS da Polícia Militar de Minas Gerais

Há inúmeras campanhas educativas visando reduzir o número de acidentes no trânsito, bem como normas rígidas para os condutores. Logo, há meios para coibir condutores que não respeitam as regras de trânsito, porém, mesmo assim, elas não têm sido suficientes para que os acidentes deixem de acontecer.

Primeiramente, as campanhas educativas e as normas rígidas de trânsito devem permanecer e ser estimuladas cada vez mais. Porém, mais ações devem ser tomadas para a redução desse fenômeno. Há diversos movimentos solicitando a duplicação ou a instalação da 3ª faixa na rodovia, o mais conhecido da população se trata do movimento “Somos todos vítimas da BR 265”, através do link "<http://somostodosvítimasdabr265.blogspot.com/>" que, por meio de páginas nas redes sociais, buscam melhorias para a rodovia BR 265 no intuito de reduzir os acidentes. Todavia, as sugestões encontram-se no campo das ideias e ainda não há estudo pormenorizado acerca das características e elementos do trecho em questão.

### 4.3 Acidentes na BR 265 separados por tipo de pista

Conforme verificado pelos dados apresentados na Tabela 7, a responsabilidade dos acidentes em sua grande maioria recai sobre o condutor. Um questionamento que poderia ser feito é o quanto o tipo de pista poderia influenciar na causa dos acidentes.

Nesta seção, será feita uma análise dos acidentes por tipo de pista para tentar identificar sua influência nos acidentes e gravidade dos mesmos.

Algumas observações são possíveis de serem determinadas antes mesmo da análise dos dados, como os acidentes causados por ultrapassagem em local proibido, pois esta causa possivelmente não existiria na pista dupla. Porém, há a necessidade de analisar se na pista dupla outras causas de acidentes são mais comuns que na pista simples ou pista com terceira faixa.

Cada rodovia tem uma característica distinta e na BR 265 há um total de 137km de trechos de rodovia com pista simples, 16km de trecho de pista simples com terceira faixa e 16km de trecho de pista dupla, conforme Tabela 8.

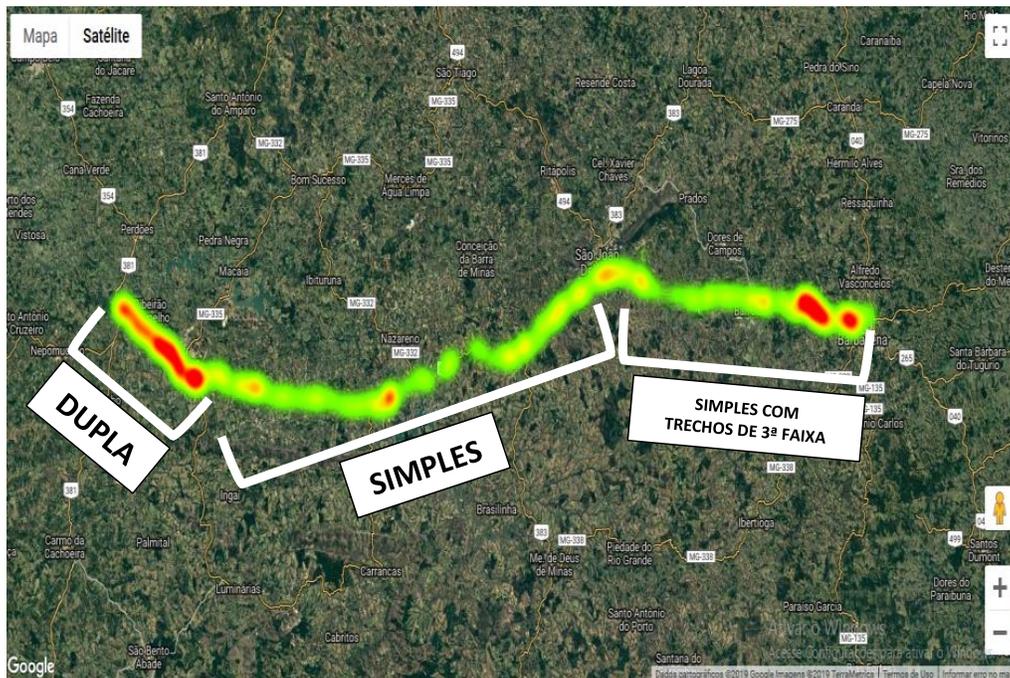
Tabela 8 - Trechos da BR 265 por tipo de pista

Tipo de Pista	Trechos	Total Km
Pista Simples	km 00 ao 05	137km
	km 202 ao 208	
	km 219	
	km 224 ao 252	
	km 255 ao 348	
3ª faixa	km 209 ao 218	16km
	km 220 ao 223	
	km 253 ao 254	
Dupla	km 349 ao 364	16km

Fonte: Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT)

Com a separação dos tipos de pista conforme a Tabela 8, é possível observar os locais de maior incidência dos acidentes ocorridos na pista simples, terceira faixa e dupla, conforme pode ser analisado na Figura 8, onde a cor vermelha representa a maior concentração de acidentes, a cor amarela representa uma quantidade intermediária de acidentes e a cor verde representa menor quantidade de acidentes no local.

Figura 8 - Mapa de Kernel dos acidentes de trânsito na BR 265



Fonte: Armazém SIDS da Polícia Militar de Minas Gerais e Google Imagens

Ao observar a Tabela 9, podemos notar que 65% dos acidentes estão na pista simples e que a pista com terceira faixa possui menos acidentes que a pista dupla. Porém, há outros fatores a serem observados. O primeiro se refere ao tamanho de cada trecho, pois a pista simples tem um trecho oito vezes e meio maior que o trecho correspondente a terceira faixa e o trecho correspondente a pista dupla. Além disso, ainda há o volume médio diário de veículos (VMD) que é diferente nos trechos entre Barbacena/São João del Rei, São João del Rei/Lavras e Lavras/BR 381, conforme explicado na Tabela 4.

Tabela 9 - Acidentes na BR 265 por tipo de pista

Tipo de Pista	Com vít. fatal	Com vít. ferida	Sem vítima	Freq. Absol.	Freq. Rel. (%)
Pista simples	54	705	824	1583	65,14
Pista com 3ª faixa	7	139	253	399	16,42
Pista dupla	10	187	251	448	18,44
Total	71	1031	1328	2430	100,00

Fonte: Armazém SIDS da Polícia Militar de Minas Gerais

#### 4.3.1 Taxa de Acidentes na BR 265 separados por tipo de pista

Como há diversos elementos em cada tipo de pista, tais como tamanho do trecho e volume médio diário de veículos (VMD) diferentes, simplesmente com as informações do banco de dados não seria possível fazer uma comparação justa entre os tipos de pista. Para isso, é necessário criar uma fórmula em que seja possível visualizar o número de acidentes em uma mesma quantidade de quilômetros e com uma mesma quantidade de veículos nos diversos tipos de pista. Logo, vamos criar uma fórmula em que seja possível visualizar um número de acidentes no período de 2013 a 2018, por quilômetro com o mesmo fluxo de veículos. A fórmula da taxa de acidentes é definida pela Equação (4.1).

$$T_a = \frac{X_a * 10.000}{Km * Vmd} \quad (4.1)$$

em que

$T_a$  - taxa que representa o número final que possibilita comparar todos os tipos de pista, por trecho e volume de veículos, de tal forma que ao visualizar essa taxa, com o mesmo fluxo de veículos, quanto maior for esse valor, maior o número de acidentes por quilômetro;

$X_a$  - frequência absoluta de acidentes ocorridos no trecho analisado;

10.000 - representa uma adaptação para facilitar a visualização do número e evitar muitas casas decimais na análise da taxa de acidentes;

$Km$  - quantidade de quilômetros no trecho analisado;

$Vmd$  - volume médio de veículos diário no trecho considerado conforme Tabela 4.

Como o trecho entre Barbacena e São João del Rei possui pista simples e terceira faixa, é necessário uma separação. Além disso, o volume de veículos de pista simples entre Barbacena e São João del Rei é diferente do volume de veículos entre São João del Rei e Lavras, logo também é necessário um tratamento distinto entre eles. Na Tabela 10 é possível observar o número de acidentes separados pelos trechos citados, onde é possível visualizar que o trecho entre Lavras e São João del Rei possui o maior número de registros, com 966 acidentes de trânsito.

Tabela 10 - Acidentes na BR 265 separados por tipos de pista

Tipo de Pista	Com vít. fatal	Com vít. ferida	Sem vítima	Freq. Absol.
Pista simples Barb - SJDR	15	252	350	617
Pista simples SJDR - Lav	39	453	474	966
Pista com 3ª faixa	7	139	253	399
Pista dupla	10	187	251	448
Total	71	1031	1328	2430

Fonte: Armazém SIDS da Polícia Militar de Minas Gerais

Para se ter uma análise comparativa entre os trechos, aplicou-se a Equação (4.1), ao qual torna-se possível analisar o número de acidentes por quilômetro para o mesmo fluxo de veículos. A Tabela 11 refere-se a taxa dos acidentes por tipo de pista.

Sendo assim, é possível analisar e comparar os acidentes conforme o trecho e o tipo de pista. Para entendimento, como exemplo, ao analisar a Tabela 11, podemos dizer que no período de 2013 a 2018 ocorreram 6,76 acidentes com vítimas feridas no trecho de pista dupla por quilômetro considerando o mesmo fluxo de veículos.

Podemos observar, por meio da Tabela 11, que em relação aos acidentes com vítimas fatais, as menores taxas de acidentes estão na rodovia duplicada e no trecho de pista simples entre Barbacena e São João del Rei com o valor de 0,36. Já a maior taxa de acidentes com o valor de 0,81 está no trecho de pista simples entre São João del Rei a Lavras.

Em relação aos acidentes com vítimas feridas, as menores taxas pertencem aos trechos de pista simples entre Barbacena e São João del Rei com 6,08, seguido da pista dupla entre Lavras e a BR 381 com o valor de 6,76. Surpreendentemente a maior taxa de acidentes com vítimas feridas está no trecho de terceira faixa com o valor de 9,65 acidentes. O trecho de pista simples entre São João del Rei a Lavras tem o segundo maior índice de acidentes com vítimas feridas com 9,4 acidentes.

Os acidentes onde não há vítimas têm a maior taxa no trecho de terceira faixa, com o valor de 17,56, sendo praticamente o dobro da pista dupla. Já a sua menor taxa está seguindo os parâmetros dos acidentes com vítimas feridas, no trecho entre Barbacena a São João del Rei com o valor de 8,45.

Observando-se a Tabela 11 em âmbito geral, nota-se que a taxa de acidente na pista

dupla não é menor que na pista simples no trecho entre Barbacena a São João del Rei. Em relação a terceira faixa, a taxa de acidentes é maior que nos outros tipos de pista. Nas pistas simples, há uma grande divergência de acidentes no trecho de Barbacena a São João del Rei, que é bem menor em comparação ao trecho entre São João del Rei a Lavras.

Por meio da coluna Total de acidentes da Tabela 11, verifica-se que as maiores taxas de acidentes estão no trecho de terceira faixa entre Barbacena e São João del Rei, com uma taxa de 27,69 e no trecho de pista simples de São João del Rei a Lavras, com uma taxa de 20,05.

Tabela 11 - Taxa de acidentes na BR 265 por tipo de pista

Tipo de Pista	Trecho (km)	VMD	Com vít. fatal	Com vít. ferida	Sem vítima	Total
Pista simples Barb - SJDR	46	9006	0,36	6,08	8,45	14,89
Pista simples SJDR - Lav	91	5294	0,81	9,40	9,84	20,05
Pista com 3ª faixa	16	9006	0,49	9,65	17,56	27,69
Pista dupla	16	17297	0,36	6,76	9,07	16,19

Pela análise nos três tipos de pista, parece que uma alternativa para a redução de acidentes seria a duplicação da BR 265, pois é possível considerar que a duplicação poderia reduzir o número de acidentes no trecho entre Lavras e São João del Rei e no trecho de pista com 3ª faixa entre Barbacena e São João del Rei. Já no trecho de pista simples entre Barbacena e São João del Rei, a duplicação da rodovia não se mostrou em uma primeira análise tão vantajosa. Logo, ainda não é possível afirmar que a duplicação da rodovia seria a solução mais viável, sendo necessário outras análises.

#### 4.3.2 Acidentes na área urbana e rural dos municípios pertencentes a BR 265

No decorrer do trecho da BR 265 alvo da pesquisa, há diversos trechos de área urbana. Assim é possível analisar separadamente o trecho urbano e o trecho rural pertencente as rodovias, pois assim pode-se observar se a alteração do tipo de pista em trechos urbanos poderia ser viável para a diminuição do número de acidentes.

Primeiro, é preciso separar quais os trechos de rodovias pertencem a área urbana dos municípios, os quais totalizam 28 km de rodovia, sendo 24km de pista simples e 4 km de pista dupla. Conforme exibido na Tabela 12, não há trechos de pista com terceira faixa no perímetro

urbano, porém é possível fazer um comparativo em relação a pista simples e a pista dupla. Assim, os trechos urbanos estão mostrados na Tabela 12.

Tabela 12 - Trechos da BR 265 no perímetro urbano

Tipo de Pista	Trecho em área urbana	Total (Km)
Pista simples	km 1 ao 5	24
	km 202 ao 204	
	km 226 ao 227	
	km 255 ao 258	
	km 276 ao 278	
	km 309 ao 311	
Pista dupla	km 345 ao 348	4
	km 349 ao 352	

Fonte: DNIT

Analogamente a Tabela 11, é possível analisar os acidentes ocorridos na pista simples e pista dupla no trecho urbano, conforme Tabela 13, ao qual pode ser observado que o trecho de pista dupla na área urbana possui o menor número de registros com 159 acidentes registrados.

Tabela 13 - Acidentes no trecho urbano da BR 265

Tipo de Pista no trecho urbano	Com vít. fatal	Com vít. ferida	Sem vítima	Freq. Absol.
Pista simples Barb - SJDR	2	92	154	248
Pista simples SJDR - Lav	2	119	130	251
Pista dupla	1	62	96	159

Fonte: Armazém SIDS da Polícia Militar de Minas Gerais

Considerando os acidentes apresentados na Tabela 13, podemos utilizar a Equação (4.1) para analisar e comparar se há diferença da pista simples para a pista dupla em relação aos acidentes ocorridos na área urbana.

Nota-se, na Tabela 14, que tanto nos acidentes com vítimas fatais, acidentes com vítimas feridas e sem vítimas, as taxas de acidentes no trecho urbano da pista simples entre São João del Rei e Lavras são maiores que a taxa de acidentes no trecho urbano da pista dupla. Porém, no trecho entre Barbacena e São João del Rei, os acidentes com vítimas feridas e os acidentes sem vítimas, com taxas de 7,86 e 13,15 respectivamente, são um pouco menores que o trecho

urbano da pista dupla.

Tabela 14 - Taxa de acidentes no trecho urbano da BR 265

Tipo de Pista no trecho urbano	Trecho (km)	Com vít. fatal	Com vít. ferida	Sem vítima	Total de acidentes
Pista simples Barb - SJDR	13	0,17	7,86	13,15	21,18
Pista simples SJDR - Lav	11	0,34	20,44	22,32	43,10
Pista dupla	4	0,14	8,96	13,88	22,98

É possível, ainda, analisar o número de acidentes ocorridos no trecho pertencente a área rural da BR 265. Para obter o número de acidentes na área rural, deve-se subtrair o número de acidentes ocorridos na área urbana, apresentados na Tabela 13, do número total de acidentes considerados na Tabela 10, obtendo-se os valores apresentados na Tabela 15, ao qual o número de registros na área rural de pista dupla, com 289 acidentes, é menor em comparação aos outros trechos.

Tabela 15 - Acidentes no trecho rural da BR 265

Tipo de Pista no trecho rural	Trecho (km)	Com vít. fatal	Com vít. ferida	Sem vítima	Freq. Absol.
Pista simples Barb - SJDR	33	13	160	196	369
Pista simples SJDR - Lav	80	37	334	344	715
Pista com 3ª faixa	16	7	139	253	399
Pista dupla	12	9	125	155	289

Fonte: Armazém SIDS da Polícia Militar de Minas Gerais

Assim, utiliza-se a Equação (4.1) para comparar os acidentes nos trechos em área rural da BR 265 conforme pode ser visualizado na Tabela 16.

Conforme a Tabela 16, nos acidentes com vítimas fatais, a taxa no trecho rural da pista dupla, que possui o valor de 0,43, é menor que nos trechos de pista simples e pista com terceira faixa. Já nos acidentes com vítimas feridas e acidentes sem vítimas, as menores taxas com valores de 5,55 e 6,8, estão no trecho entre Barbacena e São João del Rei, com valores bem próximos da pista dupla, se destacando negativamente o trecho de pista com 3ª faixa que possui as taxas mais altas.

Tabela 16 - Taxa de acidentes no trecho rural da BR 265

Tipo de Pista no trecho rural	Trecho (km)	Com vít. fatal	Com vít. ferida	Sem vítima	Total de acidentes
Pista simples Barb - SJDR	33	0,45	5,55	6,80	12,80
Pista simples SJDR - Lav	80	0,87	7,89	8,12	16,88
Pista com 3ª faixa	16	0,49	9,65	17,56	27,69
Pista dupla	12	0,43	6,02	7,47	13,92

Observa-se que, em relação aos acidentes com vítimas fatais, ocorre um número praticamente três vezes maior na área rural do que em relação a área urbana. Com relação às vítimas feridas, os acidentes na área urbana são maiores aproximadamente 28%, este fato também ocorre nos casos sem vítimas onde os acidentes na área urbana são praticamente 23% maiores em relação aos acidentes na área rural.

Pelo exposto, observa-se que analisando as taxas de acidentes, há um número maior na área urbana, porém os acidentes com vítimas fatais, ou seja, os de maior gravidade concentram-se na área rural. Embora seja necessário um estudo mais aprofundado em relação a isso, a tendência é que na área urbana, o fluxo de veículos seja maior, devido aos veículos que trafegam dentro do próprio município e que realizam transposições pela rodovia. Além disso há um número maior de trevos, lombadas e entroncamentos fazendo com que a velocidade dos veículos seja menor, provocando assim um maior número de acidentes por falta de atenção do condutor, e devido a velocidade reduzida a tendência é que sejam acidentes com menor gravidade.

Das análises apresentadas, é possível verificar que as maiores taxas de acidentes estão no trecho entre Lavras e São João del Rei. Além disso, foi explicitado que as taxas de acidentes da terceira faixa se mostraram maiores que na maioria das análises em trechos de pista simples, logo a instalação da 3ª faixa não se mostrou uma alternativa plausível até o momento.

#### 4.3.3 Causa presumida dos acidentes na BR 265 por tipo de pista

Nesta seção será apresentado como o tipo de pista pode influenciar diretamente nos acidentes.

Conforme exibido na Tabela 6, foram mencionados 25 causas presumíveis dos acidentes. Devido a muitas causas terem valores muito baixos, iremos elencar as dez causas de

acidentes que se destacaram nos trechos de rodovias de pista simples, pista com 3ª faixa e pista dupla na rodovia BR 265 conforme Tabelas 17, 18 e 19.

A Tabela 17 refere-se a causa presumida de acidentes na BR 265 considerando a pista simples. Por meio desta tabela, nota-se que o maior número de acidentes no trecho de pista simples ocorre devido a falta de atenção do condutor com 29,19% do total de acidentes no trecho. No entanto, o maior número de acidentes com vítimas fatais tem como causa a velocidade incompatível e a contramão de direção.

Tabela 17 - Causa Presumida dos acidentes na BR 265 em pista simples

Trecho de pista simples	Com vít. fatal	Com vít. ferida	Sem vítima	Freq. Absol.	Freq. Rel. (%)
Falta de atenção	4	207	251	462	29,19
Velocidade Incompatível	13	102	73	188	11,88
Derrapagem	5	50	45	100	6,32
Dirigir embriagado/Alcoolizado	2	53	24	79	4,99
Animal na Pista	1	24	61	86	5,43
Aquaplanagem	0	31	41	72	4,55
Defeito no Veículo	3	35	39	77	4,86
Contramão de direção	13	26	17	56	3,54
Não manter distância de segurança	0	23	62	85	5,37
Ultrapassagem proibida	6	24	19	49	3,10

Fonte: Armazém SIDS da Polícia Militar de Minas Gerais

A Tabela 18 representa a causa dos acidentes no trecho de pista com terceira faixa, tendo o maior número de acidentes devido a derrapagem (37,84%), sendo este também a maior causa dos acidentes com vítimas fatais e vítimas feridas.

Tabela 18 - Causa Presumida dos acidentes na BR 265 em pista com terceira faixa

Trecho de pista com terceira faixa	Com vít. fatal	Com vít. ferida	Sem vítima	Freq. Absol.	Freq. Rel. (%)
Falta de atenção	1	33	57	91	22,81
Velocidade incompatível	0	10	12	22	5,51
Derrapagem	3	56	92	151	37,84
Dirigir embriagado/alcoolizado	0	6	2	8	2,01
Animal na pista	0	1	7	8	2,01
Aquaplanagem	0	7	13	20	5,01
Defeito no veículo	1	8	15	24	6,02
Contramão de direção	0	5	4	9	2,26
Má visibilidade	0	3	5	8	2,01
Carga mal acondicionada	1	4	3	8	2,01

Fonte: Armazém SIDS da Polícia Militar de Minas Gerais

As causas presumidas na pista dupla podem ser observadas na Tabela 19. Por meio desta tabela verifica-se que o maior número de acidentes ocorre pela falta de atenção do condutor, representando 34,38% do total de acidentes no trecho, tendo a embriaguez ao volante com 8,71% na sequência. A falta de atenção do condutor juntamente com a velocidade incompatível são os principais responsáveis pelos acidentes com vítimas fatais.

Tabela 19 - Causa Presumida dos acidentes na BR 265 em pista dupla

Trecho de pista dupla	Com vít. fatal	Com vít. ferida	Sem vítima	Freq. Absol.	Freq. Rel. (%)
Falta de atenção	3	61	90	154	34,38
Velocidade incompatível	3	13	13	29	6,47
Derrapagem	0	6	10	16	3,57
Dirigir embriagado/alcoolizado	1	22	16	39	8,71
Animal na pista	0	6	9	15	3,35
Aquaplanagem	0	13	17	30	6,70
Defeito no veículo	0	13	15	28	6,25
Não manter distância de segurança	0	3	15	18	4,02
Má visibilidade	1	3	10	14	3,13
Dormir ao volante	0	7	3	10	2,23

Fonte: Armazém SIDS da Polícia Militar de Minas Gerais

Analisando-se as Tabelas 17, 18 e 19 deve-se levar em consideração que há 137km de pista simples para apenas 16km de pista dupla e 16km de pista simples com 3ª faixa, além do volume de veículos, logo, devemos analisar através da Equação (4.1) para que possamos fazer

a comparação entre os trechos de pista diferentes.

Como as dez causas de acidentes que se destacaram em cada tipo de pista não são iguais, na Tabela 20 estão elencadas todas as causas de cada tipo de pista que constam nas Tabelas 17, 18 e 19, totalizando treze causas.

Ao verificar a Tabela 20, observa-se que, caso fosse implantada a terceira faixa na pista simples, avalia-se que possivelmente teríamos uma redução nos acidentes em alguns quesitos, tais como velocidade incompatível, não manter distância de segurança e ultrapassagem proibida. Porém, seria projetado um aumento considerável nos acidentes por derrapagem, contra-mão de direção e aquaplanagem, logo ao inserir a terceira faixa, é considerado a redução do número de acidentes em uma causa e o aumento em outra.

Ao analisar a duplicação da rodovia, baseado nas taxas apresentadas na Tabela 20, possivelmente teríamos uma redução considerável nos acidentes por velocidade incompatível, derrapagem, não manter distância de segurança, contra-mão de direção e ultrapassagem proibida. Porém, teríamos um aumento de acidentes por aquaplanagem.

Tabela 20 - Taxa de acidentes por causa presumida nos diferentes tipos de pista

Causa presumida do acidente	Simple	3ª Faixa	Dupla
Falta de atenção	4,72	6,32	5,56
Velocidade incompatível	1,92	1,53	1,05
Derrapagem	1,02	10,48	0,58
Dirigir embriagado/alcoolizado	0,81	0,56	1,41
Animal na pista	0,88	0,56	0,54
Aquaplanagem	0,74	1,39	1,08
Defeito no veículo	0,79	1,67	1,01
Não manter distância de segurança	0,87	0,49	0,65
Contra-mão de direção	0,57	0,62	0,00
Ultrapassagem proibida	0,50	0,21	0,07
Má visibilidade	0,38	0,56	0,51
Dormir ao volante	0,28	0,42	0,36
Carga mal acondicionada	0,10	0,56	0,22

Como citado no início do trabalho, o mais importante é a preservação da vida, portanto, a análise da gravidade da lesão dos envolvidos nos acidentes pode ser determinante para a sugestão mais viável para o problema dos acidentes na BR 265, pois até o momento os dados sugerem um número menor de acidentes com maior gravidade na pista dupla.

Então, o novo questionamento passa a ser se o tipo de pista tem relação com a gravidade da lesão dos envolvidos, fato esse que tentaremos demonstrar na próxima seção.

#### 4.4 Grau da lesão dos envolvidos em acidentes conforme o tipo de pista

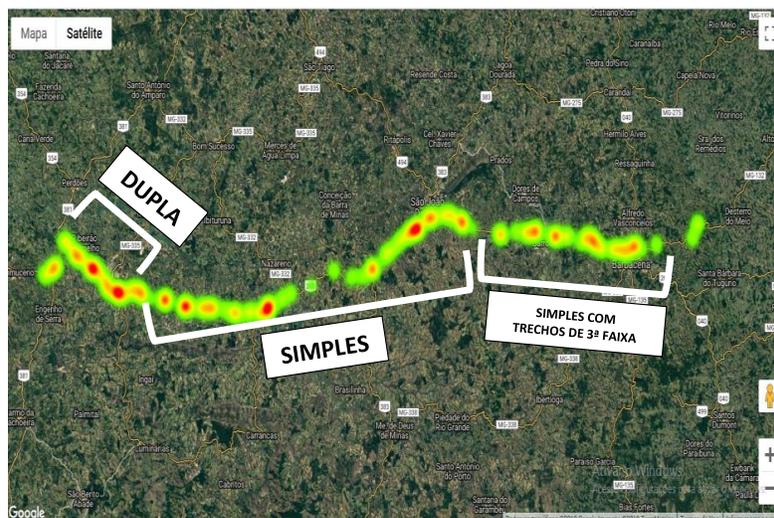
Considerando-se as análises anteriores, pode-se considerar que o número de acidentes sofreria certa alteração com a duplicação ou instalação de terceira faixa em trechos da BR 265. Portanto, nesta seção será feita a análise dos tipos de lesões dos indivíduos envolvidos nos acidentes. Para tanto será definido o grau de lesões apresentadas nos acidentes.

##### 4.4.1 Análise das vítimas por grau da lesão

Ao todo, foram qualificados 3.679 envolvidos em ocorrências de acidentes de trânsito na BR 265 no período de 2013 a 2018. Como os tipos “Grau da lesão - ignorado” e “Preenchimento opcional” possuem apenas 24 envolvidos, o que corresponde a apenas 0,65% do total de envolvidos, estes serão ignorados, ou seja, será levado em consideração 3.655 envolvidos.

Na Figura 9, é possível observar os locais de maior incidência de vítimas fatais e graves ocorridos no trecho da BR 265 analisado, onde as cores vermelho, amarelo e verde representam maior quantidade de vítimas, quantidade intermediária e menor quantidade de vítimas respectivamente.

Figura 9 - Mapa de Kernel das vítimas fatais e graves nos acidentes de trânsito na BR 265



Fonte: Armazém SIDS da Polícia Militar de Minas Gerais e Google Imagens

Na Tabela 21, estão explicitados as vítimas por grau da lesão do envolvido nos acidentes. Verifica-se por esta tabela, em valores absolutos, que na pista simples, tanto no trecho de Barbacena a São João del Rei quanto no trecho de São João del Rei a Lavras, ocorre um número maior de vítimas fatais, graves e leves. Vale destacar que no trecho de pista simples entre São João del Rei a Lavras houve 41 vítimas fatais, 107 vítimas graves e 493 vítimas leves, sendo os maiores valores em comparação aos outros trechos. Porém, deve-se levar em consideração que a pista simples possui um maior trecho em quilômetros ao se comparar com a pista dupla e a pista com terceira faixa.

Tabela 21 - Grau da lesão dos envolvidos em acidentes na BR 265

Tipo de Pista	Fatal	Graves inconc.	Leves	Sem lesões aparentes	Ignorado	Preench. opcional
Pista simples Barb - SJDR	19	70	263	564	3	5
Pista simples SJDR - Lav	41	107	493	957	6	1
Pista com 3ª faixa	9	18	155	358	1	1
Pista dupla	9	21	185	386	6	1
Total	78	216	1096	2265	16	8

Fonte: Armazém SIDS da Polícia Militar de Minas Gerais

Para que a comparação leve em conta as especificidades de cada tipo de pista, foi adaptado a Equação (4.1), onde as variáveis referentes a acidentes foram trocadas por variáveis referentes a vítimas, ficando a taxa de vítimas em acidentes definida pela Equação (4.2).

$$T_v = \frac{X_v * 10.000}{Km * Vmd} \quad (4.2)$$

em que

$T_v$  - taxa que representa o número final que possibilita comparar todos os tipos de pista por grau da lesão, por trecho e volume de veículos, de tal forma que ao visualizar essa taxa, quanto maior for esse valor, maior o número de vítimas referente ao grau da lesão analisado;

$X_v$  - frequência absoluta de vítimas nos acidentes ocorridos por trecho;

10.000 - representa uma adaptação para facilitar a visualização do número e evitar muitas casas decimais na análise da taxa de vítimas;

$Km$  - quantidade de quilômetros no trecho analisado;

$V_{md}$  - volume médio de veículos diário no trecho considerado conforme Tabela 4.

Sendo assim, utilizando a Equação (4.2), os valores das taxas obtidas encontram-se na Tabela 22.

Analisando-se a Tabela 22, com relação a vítimas fatais, percebe-se que na pista dupla há menor taxa de vítimas com o valor de 0,33, em relação aos outros trechos. A maior taxa de vítimas fatais está no trecho de pista simples entre São João del Rei a Lavras com o valor de 0,85.

Em relação as vítimas graves, considerando a Tabela 22, a menor taxa se encontra na pista dupla com 0,76, enquanto o trecho de pista simples entre São João del Rei a Lavras também possui a maior taxa de vítimas graves com o valor de 2,22.

Já com as vítimas leves, a maior taxa com o valor de 10,76, está no trecho de pista com terceira faixa, seguido da taxa com valor de 10,23 pertencente a pista simples no trecho entre São João del Rei a Lavras, tendo o trecho de pista simples entre Barbacena e São João del Rei a menor taxa, 6,49, com valor bem próximo da pista dupla, 6,68.

Em relação as vítimas de acidentes que não sofrem lesões aparentes, a taxa da pista dupla com valor de 13,95 está bem próxima da taxa do trecho de pista simples de Barbacena a São João del Rei com 13,92, sendo o trecho de pista com terceira faixa possuindo a maior taxa com o valor de 24,85.

Tabela 22 - Taxa do Grau da lesão dos envolvidos em acidentes na BR 265

Tipo de Pista	Trecho (km)	VMD	Fatal	Graves inconsc.	Leves	Sem lesões aparentes
Pista simples Barb - SJDR	45	9006	0,47	1,73	6,49	13,92
Pista simples SJDR - Lav	91	5294	0,85	2,22	10,23	19,87
Pista com 3ª faixa	16	9006	0,62	1,25	10,76	24,85
Pista dupla	16	17297	0,33	0,76	6,68	13,95

Do exposto na Tabela 22, foi observado que as lesões provocadas nas vítimas tendem a ser menores quando o acidente ocorre em pista dupla. Já na terceira faixa, essa diferença em relação a pista simples não é percebida. Logo, é possível projetar que a duplicação da rodovia poderia causar uma redução considerável na gravidade das lesões sofridas pelos envolvidos.

Aplicando a taxa da pista dupla para o restante da BR 265, ou seja, caso todo o trecho analisado fosse duplicado, a tendência seria que todos os trechos tivessem a mesma taxa da pista dupla atual, ou seja, por todo o trecho analisado de Barbacena a Lavras, teríamos uma taxa de 0,33 para vítimas fatais, 0,76 para vítimas graves ou inconscientes, 6,68 para vítimas leves e 13,95 para pessoas que não tiveram ferimentos.

Assim, utilizando a Equação (4.2), isolando a variável “ $X_v$ ” e utilizando os valores da taxa da pista dupla, teríamos que o número de vítimas seria conforme o apresentado na Tabela 23 que mostra uma projeção da quantidade de vítimas nos acidentes que teríamos caso toda a rodovia BR 265 fosse duplicada considerando as taxas da pista dupla apresentadas na Tabela 22. Nessa perspectiva, caso a pista fosse duplicada, teriam ocorrido 42 vítimas fatais, 99 vítimas graves, 874 vítimas leves e 1824 vítimas sem lesões aparentes.

Tabela 23 - Projeção do número de lesões dos envolvidos em acidentes na BR 265 mostrando os trechos atuais caso fossem duplicados

Trechos duplicados (Atual)	Trecho (km)	VMD	Fatal	Graves inconsc.	Leves	Sem lesões aparentes
Barb - SJDR (Simples)	45	9006	12	31	271	565
SJDR - Lav (Simples)	91	5294	16	37	322	672
Barb - SJDR (3ª faixa)	16	9006	5	11	96	201
Lav - BR381 (dupla)	16	17297	9	21	185	386
Total			42	99	874	1824

Com isso, na Tabela 24 é apresentada qual seria a alteração no número de vítimas, comparando o resultado de 2013 a 2018 real apresentado na Tabela 21, com a projeção do número de vítimas caso ela fosse duplicada utilizando-se as taxas da pista duplicada com valores apresentados na Tabela 23, ao qual aprecia-se que não teriam ocorrido os óbitos de 36 vítimas envolvidas nos acidentes.

Tabela 24 - Comparativo do número de vítimas em acidentes na BR 265 entre valores reais de 2013 a 2018 em relação aos valores considerados caso o trecho fosse duplicado

Grau da lesão	Valores Atuais 2013 a 2018	Projeção com a duplicação	Diferença (%)
Fatal	78	42	-45,68
Graves ou inconsciente	216	99	-54,23
Leves	1096	874	-20,23
Sem lesões aparentes	2265	1824	-19,46
Total	3655	2839	-22,29

Os dados apresentados na Tabela 24 se referem ao período de 2013 a 2018, logo, para se ter uma noção mais adequada, na Tabela 25 é apresentado a média aritmética anual da Tabela 24 das vítimas nos acidentes de trânsito, tanto em relação aos valores reais quanto aos valores projetados.

Na Tabela 25, com a duplicação do trecho de pista simples e terceira faixa da rodovia BR 265, seguindo a taxa conforme Equação (4.2) da pista dupla já existente, seguindo os parâmetros da pista dupla, teríamos uma redução considerável de 22,29% no número de vítimas anualmente.

Ao observar a Tabela 25, poderia ocorrer uma redução de 45,47% no número de vítimas fatais, ou seja, com a duplicação, anualmente seis vidas seriam preservadas.

Em relação as vítimas graves ou inconscientes, as quais muitas vezes vem a óbito posteriormente ou que ficam debilitadas por um longo período ou permanentemente, possivelmente teríamos uma redução de 54,05%, ou seja, anualmente dezenove pessoas.

Mesmo em lesões aparentemente leves, haveria uma redução de 20,23%, o que corresponderia a trinta e sete vítimas a menos anualmente.

Tabela 25 - Comparativo médio anual do número de vítimas em acidentes na BR 265 entre valores reais em relação aos valores considerados caso o trecho fosse duplicado

Grau da lesão	Média anual com trechos de pistas atuais	Projeção com a duplicação	Diferença (%)
Fatal	13	7	-45,47
Graves ou inconsciente	36	17	-54,05
Leves	183	146	-20,23
Sem lesões aparentes	378	304	-19,46
Total	609	473	-22,29

#### **4.5 Valor socioeconômico para a duplicação da BR 265**

Nesta seção o objetivo é avaliar se a duplicação da rodovia BR 265 é socioeconomicamente viável. Já é evidente que a duplicação, com as avaliações apresentadas seria viável na perspectiva de redução do número de óbitos nos acidentes, bem como redução na gravidade das lesões dos envolvidos nos acidentes. Porém, é possível analisar a viabilidade da duplicação no sentido econômico.

De acordo com Pires (2010), ao se avaliar um projeto de interesse do setor privado, o principal fator a ser analisado é se aquele projeto é lucrativo. Como a duplicação da rodovia BR 265 se trata de responsabilidade do Governo, a análise do lucro é um pouco diferente, ela é substituída pelo valor socioeconômico, ao qual seria o lucro em forma de benefícios para a sociedade que usufruirá daquele projeto. Então, para se verificar se a duplicação é lucrativa na perspectiva sócioeconômica se torna necessário valorar esses benefícios.

Em relação aos custos, deve ser analisado o custo da obra a ser realizada e o custo da manutenção dessa obra.

Em relação aos benefícios de uma possível obra a ser realizada na BR 265, pode ser verificado os seguintes itens:

- Redução das lesões dos envolvidos em acidentes;
- Redução nos custos referente aos veículos envolvidos em acidentes;
- Redução no tempo de viagem;
- Redução nos custos dos veículos que trafegam pela via;
- Redução na emissão de gases poluentes.

Com o custo da obra e os valores dos benefícios definidos, deve-se atualizá-los para um mesmo período. Assim, será verificado o tempo necessário para se recuperar o investimento realizado levando em consideração a variação da frota de veículos, a inflação e o rendimento financeiro, de forma a visualizar se a obra ou reestruturação apontada seria ou não viável para a sua realização.

#### 4.5.1 Custo da duplicação da BR 265

Nessa seção serão ponderados os custos da duplicação conforme dados de novembro do ano de 2016 do Departamento Nacional de Infra Estrutura de Transportes - DNIT (2017). Vale ressaltar que se trata de um relatório do DNIT com previsão de custos médios, a pesquisa foi realizada no ano de 2019, sendo os valores encontrados os mais recentes disponibilizados pelo DNIT. O custo médio para a duplicação pode ser verificado na Tabela 26.

Tabela 26 - Custo médio da duplicação no trecho de 153km da BR 265

Especificações (Tipo de custo)	Média por km	Total - 153km
Duplicação com construção de 2 faixas, restauração da pista existente e do canteiro central	7.638.000,00	1.168.614.000,00
Sinalização horizontal	8.100,00	1.239.300,00
Sinalização vertical	7.500,00	1.147.500,00
Projeto	121.000,00	18.513.000,00
<b>Total</b>	<b>7.774.600,00</b>	<b>1.189.513.800,00</b>

Fonte: DNIT

Além do custo para a duplicação, ainda há o custo para manutenção/conservação da via. Como o objetivo é verificar o aumento em relação aos custos em comparação com a realidade atual, se torna necessário verificar apenas a diferença entre o custo da manutenção da pista dupla em relação ao custo da manutenção da pista simples, a qual teoricamente já é realizada atualmente. Essa diferença pode ser verificada na Tabela 27.

Tabela 27 - Diferença do custo médio de manutenção da via entre pista simples e pista dupla

Manutenção pelo tipo de pista	Valor médio anual por Km	Total médio anual 153 km
Pista simples	50.900,00	7.787.700,00
Pista dupla	93.100,00	14.244.300,00
Diferença	42.200,00	6.456.600,00

Fonte: DNIT

Com as informações das Tabelas 26 e 27, observa-se que o custo para a duplicação dos 153 quilômetros de rodovia que se encontram em pista simples/terceira faixa na BR 265 entre o município de Barbacena e Lavras teriam um custo médio em novembro de 2016 de R\$

1.189.513.800,00 (um bilhão, cento e oitenta e nove milhões, quinhentos e treze mil e oitocentos reais), além de um aumento no custo da manutenção/conservação de R\$ 6.456.600,00 (seis milhões, quatrocentos e cinquenta e seis mil e seiscientos reais) anualmente. Vale ressaltar que serão apresentados valores monetários retirados de pesquisas com períodos distintos, logo todos os valores apresentados nesta seção serão atualizado na seção 4.6.

#### **4.5.2 Benefícios da duplicação da BR 265**

Conforme já citado anteriormente, os benefícios em uma obra governamental são de cunhos sociais, ou seja, não visa o lucro, mas sim em atender as demandas da sociedade, em melhorar as condições de vida das pessoas que se beneficiarão daquela obra. Mesmo assim, é necessário valorar esses benefícios para que ele seja viável. Por exemplo, suponha uma rodovia em que não transita muitos veículos, que dá acesso a apenas um município e que este não se trata de um local turístico ou que não tenha grandes demandas. Duplicar essa rodovia poderia trazer algum tipo de melhora para quem transita por ela, mas seria um benefício muito pequeno comparado aos custos necessários para essa duplicação.

Devido a isso, é necessário valorar os benefícios da duplicação de uma rodovia para verificar se aquela obra realmente trará benefícios consistentes em relação ao custo do projeto. Para a duplicação da BR 265, foram analisados os seguintes benefícios:

- Redução das lesões dos envolvidos em acidentes;
- Redução nos custos referente aos veículos envolvidos em acidentes;
- Redução no tempo de viagem;
- Redução nos custos do veículo que trafegam pela via;
- Redução na emissão de gases poluentes.

Cada um dos benefícios serão explicados nas subseções seguintes.

##### **4.5.2.1 Redução das lesões dos envolvidos em acidentes**

Como já explicitado na seção 4.4, a duplicação da BR 265 poderia ter um efeito extremamente satisfatório na redução da gravidade das lesões nos envolvidos em acidentes. Embora

não seja possível estipular o valor que a falta de um ente querido traz aos familiares, bem como valorar os impactos que uma restrição física permanente cause ao debilitado e aos seus familiares, é possível valorar os impactos financeiros que um acidente causa na questão do atendimento à saúde, dos veículos envolvidos, do tempo em que o acidentado deixará de produzir, dentre outros. Assim, conforme Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - IPEA (2015), na Tabela 28 com valores referentes a dezembro de 2014, os quais são os valores mais recentes disponibilizados pelo IPEA, é possível analisar o impacto financeiro médio dos envolvidos em acidentes de acordo com o grau da lesão.

Na Tabela 28 estão os valores totais médios referentes a atendimento pré-hospitalar, hospitalar, pós-hospitalar, perda de produção e remoção.

Tabela 28 - Custo médio aos cofres públicos por pessoa conforme o grau da lesão

Tipo de Lesão	Valor total médio por pessoa
Fatal	433.286,69
Graves ou inconsciente	125.133,91
Leves	8.469,44
Sem lesões aparentes	1.086,14

Fonte: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA)

Ao aplicar os valores totais por pessoa conforme exibido na Tabela 28 multiplicado pela quantidade de envolvidos em acidentes anualmente em conformidade com a Tabela 25, teremos a situação descrita na Tabela 29.

Ao analisar a Tabela 29, é possível calcular que com a duplicação poderia ocorrer uma economia anual de R\$ 5.389.107,80 (cinco milhões, trezentos e oitenta e nove mil, cento e sete reais e oitenta centavos). Vale ressaltar que esses valores são referente a dezembro de 2014.

Tabela 29 - Comparativo do custo médio anual do número de vítimas em acidentes na BR 265 entre valores reais em relação aos valores considerados caso o trecho fosse duplicado

Grau da lesão	Custo total médio anual com os trechos de pista atuais	Custo Projetado com a duplicação	Diferença
Fatal	5.632.726,97	3.071.455,22	2.561.271,75
Graves ou inconsciente	4.504.820,76	2.069.763,10	2.435.057,66
Leves	1.547.084,37	1.234.106,83	312.977,55
Sem lesões aparentes	410.017,85	330.217,01	79.800,84
Total	12.094.649,95	6.705.542,16	5.389.107,80

#### 4.5.2.2 Redução nos custos referentes aos veículos envolvidos em acidentes

Além dos envolvidos, ainda há custos associados aos veículos, tais como remoção/pátio, danos materiais e perdas de carga. Tais valores foram especificados com valores referente a dezembro de 2014 por IPEA (2015) sendo mostrado na Tabela 30 o valor médio total referente a cada veículo por tipo de acidente. Os valores especificados são os mais recentes disponibilizados pelo IPEA.

Tabela 30 - Custo médio dos veículos envolvidos em acidentes conforme o tipo de lesão da vítima

Tipo de veículo	Custo médio por veículo em acidentes		
	Sem vítima	Ferida	Fatal
Automóveis	7.159,12	12.126,82	19.323,91
Bicicletas	0,00	168,74	124,10
Caminhões	22.313,92	65.656,00	47.825,45
Motocicletas	2.473,21	2.741,02	4.269,83
Ônibus	16.069,30	10.536,86	20.686,09
Outros	10.307,36	80.108,63	81.209,29
Utilitários	10.569,76	20.240,38	35.091,47

Fonte: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA)

Com isso, foi extraído do banco de dados do Armazém SIDS o quantitativo de veículos envolvidos em acidentes na BR 265 no período de 2013 a 2018 conforme Tabela 31. É importante frisar que, em um único acidente, vários veículos podem estar envolvidos. Logo, o número de acidentes e o número de vítimas serão divergentes do número de veículos envolvidos.

Tabela 31 - Total de veículos envolvidos em acidentes na BR 265 no período de 2013 a 2018 conforme o tipo de lesão da vítima

Tipo de veículo	Fatal	Ferida	Sem vítima
Automóveis	50	764	1221
Bicicletas	1	18	4
Caminhões	40	254	463
Motocicletas	18	367	41
Ônibus	4	22	42
Outros	0	6	7
Utilitários	10	124	261
Total	123	1555	2039

Fonte: Armazém SIDS da PMMG

Analogamente ao já realizado para acidentes e vítimas, utilizando a Equação (4.1), é possível obter a taxa de veículos envolvidos em acidentes por tipo de pista. Como o quantitativo de veículos não corresponde exatamente ao número de acidentes e o número de vítimas, ocorrerá valores diferentes para as taxas já encontradas de cada tipo de pista.

Na Tabela 32, pode-se verificar a quantidade média anual de veículos envolvidos em acidentes na BR 265 no trecho de Barbacena a Lavras com os valores reais e a projeção caso a rodovia fosse duplicada.

Tabela 32 - Comparativo médio anual dos veículos envolvidos em acidentes na BR 265 entre o trecho de pista atual e a projeção do trecho de pista caso fosse duplicado

Tipo de veículo	Fatal		Vítimas feridas		Sem vítimas	
	Atual	Dupla	Atual	Dupla	Atual	Dupla
Automóveis	8	2	127	89	204	159
Bicicletas	0	1	3	5	1	1
Caminhões	7	1	42	26	77	85
Motocicletas	3	3	61	52	7	7
Ônibus	1	1	4	1	7	9
Outros	0	0	1	1	1	0
Utilitários	2	2	21	13	44	34
Total	21	10	259	186	340	293

Com as Tabelas 30 e 32, é possível verificar o valor em que possivelmente se economizaria com remoção/pátio, danos materiais e perdas de carga de veículos nos acidentes de trânsito caso seja duplicado a BR 265 de acordo com a Tabela 33.

Na Tabela 33 é possível verificar que a duplicação poderia trazer uma economia de R\$ 2.354.189,61 (dois milhões, trezentos e cinquenta e quatro mil, cento e oitenta e nove reais e sessenta e um centavos) anualmente em relação aos veículos envolvidos nos acidentes, conforme valores de referência do IPEA (2015).

Tabela 33 - Comparativo do custo anual dos veículos envolvidos em acidentes na BR 265 entre o trecho atual e a projeção do trecho caso fosse duplicado

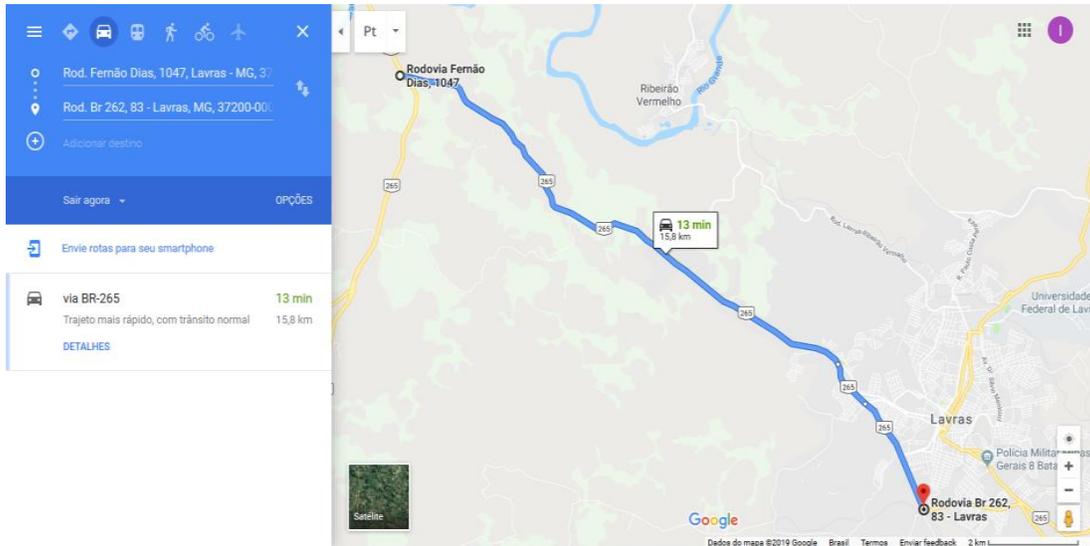
Tipo de veículo	Custo atual	Projeção do custo com a duplicação	Economia
Automóveis	3.162.061,92	2.264.020,10	898.041,82
Bicicletas	526,90	895,18	-368,28
Caminhões	4.820.164,49	3.642.332,13	1.177.832,36
Motocicletas	197.368,82	173.473,62	23.895,20
Ônibus	164.910,98	163.816,96	1.094,02
Outros	92.133,88	63.096,55	29.037,33
Utilitários	936.571,53	711.914,37	224.657,16
Total	9.373.738,52	7.019.548,91	2.354.189,61

#### 4.5.2.3 Redução no tempo da viagem

Para Joaquim (2011), o tempo gasto em viagens no trânsito é um dos componentes mais críticos do “preço” que os usuários pagam. Esse tempo perdido poderia ser dedicado em outras atividades, como aumentar sua renda ou atividades de lazer. Devido a isso, todo o tempo deve ser contabilizado.

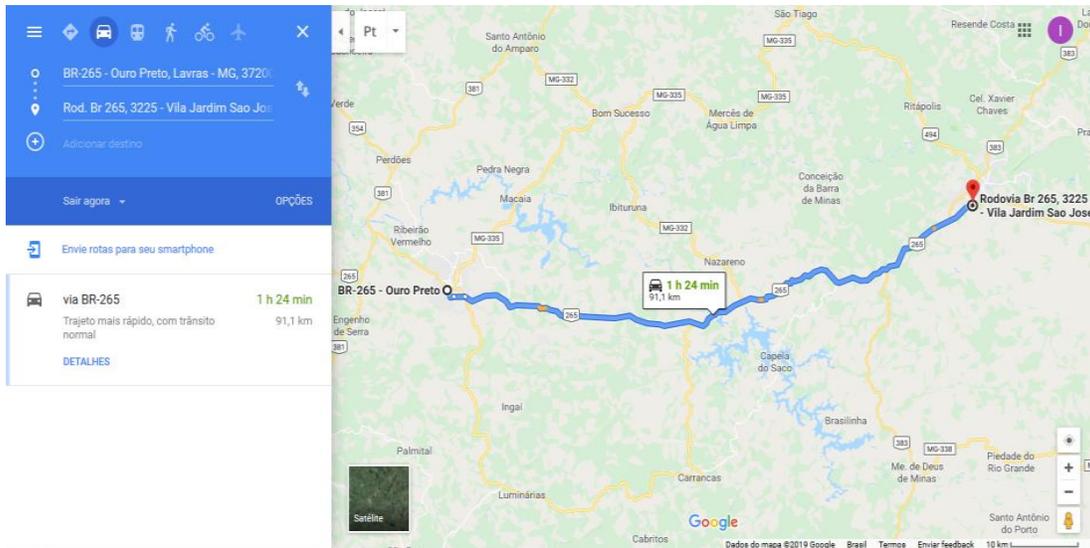
Atualmente, o tempo gasto para percorrer o trecho duplicado entre Lavras e a BR 381, o trecho entre Lavras a São João del Rei e o trecho de São João del Rei a Barbacena, são respectivamente expostos nas Figuras 10, 11 e 12:

Figura 10 - Tempo gasto para percorrer o trecho da BR 381 a Lavras



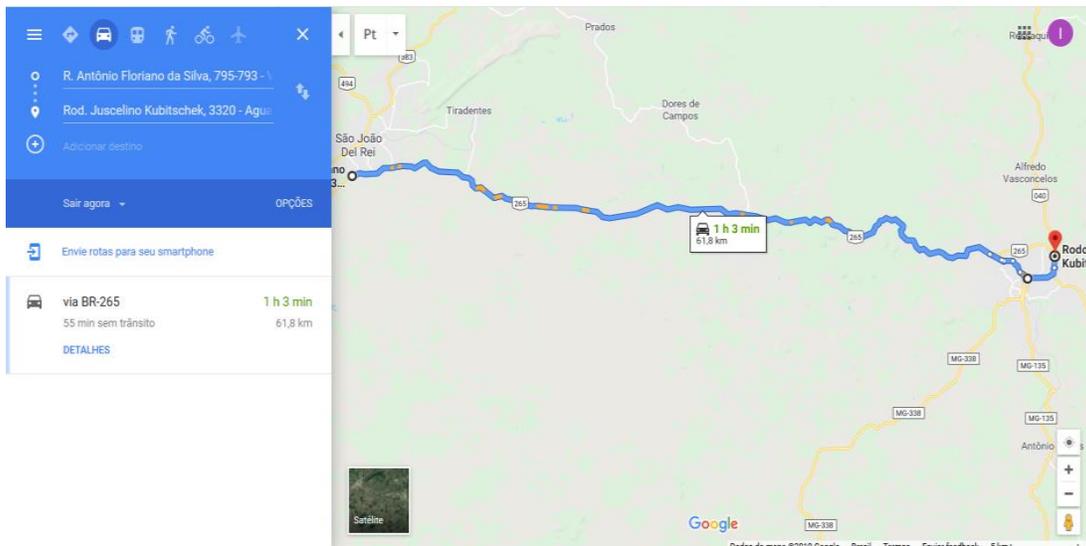
Fonte: Google Maps

Figura 11 - Tempo gasto para percorrer o trecho de Lavras a São João del Rei



Fonte: Google Maps

Figura 12 - Tempo gasto para percorrer o trecho de São João del Rei a Barbacena



Fonte: Google Maps

Vale ressaltar que o tempo calculado foi para automóveis e que a velocidade máxima conforme o Código de Trânsito Brasileiro (CTB), Lei nº 13.281 de 2016, para veículos em rodovias simples é de 100km/h para automóveis, camionetas e motocicletas. Já para os demais veículos a velocidade máxima é de 90km/h. Em rodovias duplicadas, a velocidade máxima para automóveis, camionetas e motocicletas é de 110km/h enquanto para os demais veículos continua sendo 90km/h. Porém, para percorrer o trecho não é possível manter uma única velocidade constante devido a fatores como lombadas, radares, trechos de área urbana, veículos mais lentos a frente, dentre outros.

Devido a isso, para o cálculo de ônibus e caminhões será utilizado a proporção em relação a média de tempo gasto para automóveis em relação a velocidade máxima permitida para a via, ou seja, se para a pista simples a velocidade máxima permitida é de 100km/h para automóveis e de 90km/h para ônibus, então se é gasto 1h3min de Barbacena a São João del Rei de automóvel, para ônibus será gasto 1h10min através do cálculo de regra de três simples inversa conforme Equação (4.4).

O ex-engenheiro do Google Matt Laroche (2014), relata que a previsão de tempo para chegada em um destino no Google Maps é calculada por diversos fatores que incluem: tipos de

estrada, dados de velocidade média sobre determinados períodos de tempo, tempos de viagens reais de outros usuários e situação do trânsito em tempo real. Devido a isso, o cálculo realizado pelo Google Maps se torna a ferramenta disponível mais próxima da realidade em relação a outras análises.

No trecho entre Lavras e a BR 381, para percorrer os 15,8km seria necessário em média 13 minutos. Já o trecho de 91km entre Lavras e São João del Rei seria percorrido em média no período de 1 hora e 24 minutos, enquanto o trecho de aproximadamente 62km de São João del Rei a Barbacena seria percorrido em 1 hora e 3 minutos.

Com os dados apresentados, podemos calcular a velocidade média de cada trecho conforme Equação (4.3). Após isso, para visualizar o tempo aproximadamente que seria gasto caso todo o trecho fosse duplicado, será necessário utilizar a velocidade média do trecho entre Lavras a BR 381 que já se encontra duplicado para os trechos entre Lavras a São João del Rei e de Barbacena a São João del Rei.

$$V_m = \frac{\Delta S}{\Delta t} \quad (4.3)$$

em que

$V_m$  - Velocidade média;

$\Delta S$  - Deslocamento, ou seja, posição no espaço final subtraído da posição no espaço inicial;

$\Delta t$  - Tempo gasto para esse deslocamento.

Utilizando a Equação (4.3), podemos visualizar na Tabela 34 que a velocidade média para percorrer o trecho entre Lavras a BR 381 de automóvel é de 72,9km/h enquanto a velocidade média para percorrer os trechos de Lavras a São João del Rei e de São João del Rei a Barbacena são de 65,1km/h e 58,9km/h, respectivamente. Assim, caso o trecho fosse duplicado, poderíamos utilizar a velocidade média do trecho entre Lavras a BR 381 que já se encontra duplicado para os trechos de Lavras a São João del Rei e São João del Rei a Barbacena onde ocorreria uma economia de 9 minutos e 12,2 minutos nos respectivos trechos.

Tabela 34 - Projeção da economia no tempo de viagem para automóveis com a duplicação do trecho da BR 265

Trecho	Quantidade Km	Tempo gasto atualmente	Vel. Média automóvel	Tempo gasto se duplicado	Economia em minutos
BR381 - Lav	15,8km	13min	72,9km/h	13min	0,0min
Lav - SJDR	91,1km	1h24min	65,1km/h	1h15min	9,0min
SJDR - Barb	61,8km	1h03min	58,9km/h	50,8min	12,2min

Fonte: Google Maps

Em relação a ônibus e caminhões o cálculo seria baseado em uma velocidade média menor, baseada na velocidade média dos automóveis em relação ao limite de velocidade da via conforme Equação (4.4) com a regra de três simples inversa:

$$\Downarrow \left[ \begin{array}{cc} TG_a & LV_a \\ TG_{oc} & LV_{oc} \end{array} \right] \Uparrow \quad (4.4)$$

em que

$TG_a$  - Tempo médio gasto pelo automóvel;

$TG_{oc}$  - Tempo médio gasto pelo ônibus/caminhão - variável que desejo descobrir;

$LV_a$  - Limite de velocidade da via para Automóvel - 110km em vias duplas e 100km em vias simples;

$LV_{oc}$  - Limite de velocidade da via para Ônibus/Caminhão - 90km em vias duplas e simples;

$\Downarrow \Uparrow$  - Representam a Regra de Três Simples Inversa.

Utilizando a Equação (4.4) é possível verificar na Tabela 35 que a velocidade média para percorrer o trecho entre Lavras a BR 381 de ônibus ou caminhão é de 59,7km/h enquanto a velocidade média para percorrer os trechos de Lavras a São João del Rei e de São João del Rei a Barbacena são de 58,6km/h e 53,0km/h respectivamente. Assim, caso o trecho fosse duplicado, analogamente ao utilizado na Tabela 34, utilizando a velocidade média do trecho entre Lavras a BR 381 (que já se encontra duplicado) para os trechos de Lavras a São João del Rei e São João del Rei a Barbacena, ocorreria uma economia de 1,7 minutos e 7,9 minutos nos respectivos trechos.

Tabela 35 - Projeção da economia no tempo de viagem para ônibus/caminhões com a duplicação do trecho da BR 265

Trecho	Quantidade Km	Tempo gasto atualmente	Vel. Média ônibus/caminhão	Tempo gasto se duplicado	Economia em minutos
BR381 - Lav	15,8km	15,9min	59,7km/h	15,9min	0min
Lav - SJDR	91,1km	1h33,3min	58,6km/h	1h31,6min	1,7min
SJDR - Barb	61,8km	1h10min	53km/h	1h02,1min	7,9min

Fonte: Google Maps

Santos (2012) definiu uma média de pessoas por veículo, bem como um valor médio por minuto para cada indivíduo separado por veículo. No estudo ele ainda separou por categorias, tais como automóveis a trabalho ou lazer, porém deixou ainda a possibilidade de uma classificação geral. No nosso caso, será observado a classificação geral, ao qual ele avalia que em média cada automóvel possui 1,6 pessoas, enquanto cada coletivo possui 25 pessoas em média e veículos de carga 1 pessoa em média. Na Tabela 36 foram separados os dados citados por Santos (2012), bem como o volume médio diário citado na Tabela 4. Vale frisar que os valores apresentados referente ao custo do tempo são de janeiro de 2012.

A Tabela 36 mostra que anualmente seriam economizados, caso fosse duplicado a BR 265, o valor de R\$ 11.500.925,22 (onze milhões, quinhentos mil, novecentos e vinte e cinco reais e vinte e dois centavos) em relação ao tempo dos usuários da via, lembrando ser esse um valor referenciado de 2012.

Tabela 36 - Valor avaliado da economia no tempo da viagem com a duplicação da BR 265

Trecho	Tipo de veículo	Pessoas/ veículo	Custo / minuto	Economia em min.	VMD	Economia Total	
						diário	anual
Lav/ SJDR	Passeio	1,6	0,14	9min	3034	6.116,06	2.232.361,36
	Coletivo	25	0,06	1,7min	264	672,30	245.388,72
	Carga	1	0,13	1,7min	1997	441,23	161.049,86
SJDR/ Barb	Passeio	1,6	0,14	12,2min	5297	14.475,84	5.283.681,99
	Coletivo	25	0,06	7,9min	554	6.563,99	2.395.857,06
	Carga	1	0,13	7,9min	3155	3.239,96	1.182.586,24
Total						11.500.925,22	

#### 4.5.2.4 Redução dos custos com os veículos que trafegam pela via

Pires (2010) cita que os custos relacionados aos veículos são importantes na análise da viabilidade de um projeto e que tais custos podem ser subdivididos em fixos e variáveis. Os custos fixos não dependem do grau de utilização do veículo, sendo os valores referente a depreciação, remuneração de capital, licenciamento/seguro obrigatório, seguro opcional, dentre outros. Já os custos variáveis dependem do grau de utilização do veículo, sendo combustível, pneus, óleos, manutenção e lavagem.

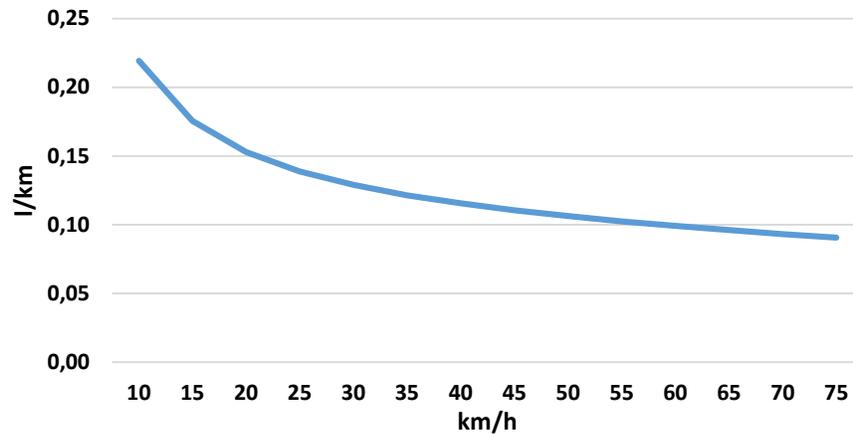
Para a análise da duplicação da rodovia, os custos fixos não tem influência, sendo que os custos variáveis relacionados a pneus, óleos e manutenções seriam relacionados a extensão do trajeto, sendo que no caso da BR 265, a extensão continuaria a mesma. Portanto, a variável a ser estudada seria o consumo de combustível, pois além da extensão, o consumo de combustível é relacionado à velocidade e ao desempenho do veículo durante um trajeto.

No estudo do Instituto Nacional de Transportes Públicos ANTP (1999) é relatado que:

...  
o consumo de combustível, assim como a emissão de poluentes estão relacionados à variação da velocidade. Através de pesquisas realizadas por instituições nacionais e internacionais, foram estabelecidas essas funções, para serem aplicadas à situação de cada cidade. As equações relacionam o consumo de combustível (gasolina e diesel) com a velocidade, ilustrados nos gráficos. As curvas desses gráficos mostram como o consumo de combustíveis varia com o aumento da velocidade.  
...

Nas Figuras 13 e 14 são exibidos a velocidade média de automóveis e ônibus em relação ao consumo de litros por quilômetro.

Figura 13 - Consumo de Gasolina x Velocidade - Automóveis



Fonte: Pires (2010)

A fórmula para o cálculo do consumo de gasolina de acordo com a velocidade é dado conforme Equação (4.5).

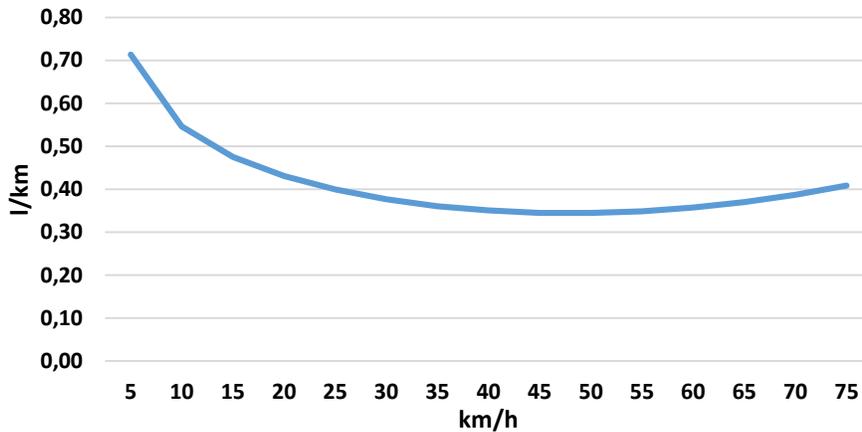
$$C(l/km) = 0,09543 + \frac{(1,26643)}{V} - 0,00029V \quad (4.5)$$

em que

$C(l/km)$  - Consumo de gasolina em litros por quilômetro;

$V$  - Velocidade do veículo em quilômetros por hora.

Figura 14 - Consumo de Gasolina x Velocidade - Ônibus/Caminhões



Fonte: Pires (2010)

A fórmula para o cálculo do consumo de diesel de acordo com a velocidade é dado conforme Equação (4.6).

$$C(l/km) = 0,44428 + 0,00008V^2 - 0,00708V + \frac{(1,37911)}{V} + 0,00107carr \quad (4.6)$$

em que

$C(l/km)$  - Consumo de diesel em litros por quilômetro;

$V$  - Velocidade do veículo em quilômetros por hora;

$carr$  - Motorista e passageiros (sentados + em pé).

Conforme já citado anteriormente, a velocidade permitida pela Lei 13.281 de 2016, para veículos em rodovias simples é de 100km/h para automóveis, camionetas e motocicletas. Já para os demais veículos a velocidade máxima é de 90km/h. Em rodovias duplicadas, a velocidade máxima para automóveis, camionetas e motocicletas é de 110km/h enquanto para os demais veículos continua sendo 90km/h. Nas Tabelas 34 e 35 da seção anterior estão discriminadas as projeções das velocidades médias dos veículos, logo, ao se comparar com o consumo de combustível para automóveis exibido na Figura 13 utilizando a Equação (4.5) teríamos a situação discriminadas nas Tabelas 37 e 38.

Tabela 37 - Projeção do consumo de combustível para automóveis nos trechos atuais da BR 265

Trecho	VMD	Quantidade Km	Vel. Média automóvel	Consumo considerado	
				litros/km	litros/trecho
BR381 - Lav	10991	15,8km	72,9km/h	0,09L/km	1,4L/trecho
Lav - SJDR	3034	91,1km	65,1km/h	0,10L/km	8,7L/trecho
SJDR - Barb	5297	61,8km	58,9km/h	0,10L/km	6,2L/trecho

Para avaliar o consumo de combustível com a duplicação, será utilizada a velocidade média para automóveis no trecho duplicado existente da BR 265 entre Lavras e a BR 381 que possui uma velocidade média de 72,9km/h, sendo esse valor aplicado na Equação (4.5) e multiplicado pelo tamanho do trecho ao qual pode ser analisado na Tabela 38. Vale ressaltar que os valores referente ao litro da gasolina foram retirados de Brasil (2019). Ao analisar os dados de consumo de combustível para veículos, considera-se que ocorrerá uma economia de R\$ 6.134.098,56 (seis milhões cento e trinta e quatro mil, noventa e oito reais e cinquenta e seis centavos) em consumo de combustível por automóveis anualmente com a duplicação da BR 265.

Tabela 38 - Projeção da economia em consumo de combustível para automóveis com a duplicação da BR 265 ao valor de R\$4,33 por litro de gasolina

Trecho	Consumo considerado com a duplicação	Economia em litros			Economia Anual
		por veículo	diária	anual	
BR381 - Lav	1,4L/trecho	0L	0L	0L	0,00
Lav - SJDR	8,4L/trecho	0,4L	1.200L	438.155L	1.897.211,24
SJDR - Barb	5,7L/trecho	0,5L	2.681L	978.496L	4.236.887,32

Analogamente ao considerado para consumo de combustível de automóveis, poderá ser feito em relação ao consumo de combustível de ônibus e caminhões, ao qual deverá ser utilizado a Figura 14 com a Equação (4.6). Na Tabela 39 pode-se verificar a projeção do consumo de combustível atual na BR 265 em relação aos ônibus e caminhões.

Tabela 39 - Projeção do consumo de combustível para ônibus e caminhões nos trechos atuais da BR 265

Trecho	VMD	Quantidade	Vel. Média	Consumo considerado	
		Km	ônibus/caminhões	litros/km	litros/trecho
BR381 - Lav	6306	15,8km	59,7km/h	0,357L/km	5,6L/trecho
Lav - SJDR	2260	91,1km	58,6km/h	0,354L/km	32,3L/trecho
SJDR - Barb	3709	61,8km	53km/h	0,347L/km	21,4L/trecho

Observando a Tabela 40, temos que os ônibus/caminhões teriam um acréscimo de R\$ 3.458.329,85 (três milhões, quatrocentos e cinquenta e oito mil, trezentos e vinte e nove reais e oitenta e cinco centavos). Porém, essa foi uma projeção baseada na proporção da velocidade média dos automóveis em relação a velocidade total da via. Com isso, os condutores de ônibus e caminhões teriam a possibilidade de conduzir seus veículos a uma velocidade mais econômica, pois com a duplicação, eles teriam a possibilidade de conduzir da forma mais adequada a eles sem influenciar na velocidade dos outros veículos.

Tabela 40 - Projeção da economia em consumo de combustível para ônibus e caminhões com a duplicação da BR 265 ao valor de R\$3,44 por litro de diesel

Trecho	Consumo considerado com a duplicação	Economia em litros			Economia
		por veículo	diária	anual	Anual
BR381 - Lav	5,6L/trecho	0L	0L	0L	0,00
Lav - SJDR	32,5L/trecho	-0,2L	-451L	-164495L	-565.863,24
SJDR - Barb	22L/trecho	-0,6L	-2304L	-840833L	-2.892.466,61

Portanto, contabilizando o valor total, ou seja, dos automóveis, ônibus e caminhões, teríamos uma economia de R\$2.675.768,71 (dois milhões, seiscentos e setenta e cinco mil, setecentos e sessenta e oito reais e setenta e um centavos) anualmente em consumo de combustível dos veículos que trafegam no trecho da BR 265 entre Barbacena a Lavras.

#### 4.5.2.5 Redução na Emissão de Gases Poluentes

Pires (2010) diz que a poluição atmosférica é referente as mudanças na atmosfera causada pela contaminação de gases, podendo causar prejuízos a saúde, bem como reduzir a visibilidade ou provocar odores desagradáveis.

De acordo com Porto (2004):

...

O combustível consumido pelos motores dos veículos é transformado em gases que são lançados no ar. Desses, 99,9% são inofensivos, mas 1% é altamente perigoso ao homem e ao meio ambiente (...)

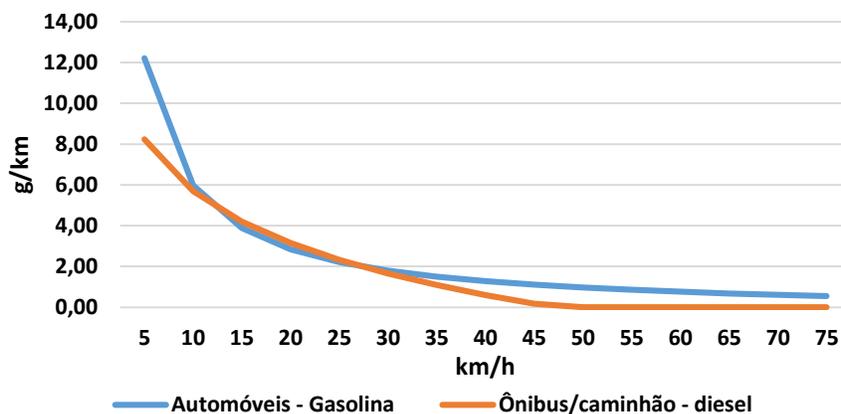
(...) A capacidade poluente dos automóveis é a maior dentre quaisquer outras atividades desenvolvidas pelo homem, pois 50% do total de gases poluentes e, portanto, tóxicos que são expelidos para a atmosfera são provenientes da combustão dos motores dos automóveis.

...

Conforme IPEA (1999), os coeficientes de emissão de poluentes dos veículos automotores variam muito de acordo com os tipos de veículos e combustíveis, sendo listados os quatro principais poluentes nocivos à saúde: monóxido de carbono (CO), hidrocarbonetos (HC), óxido de nitrogênio (NOx) e materiais particulados (MP). O estudo mostrou que a relação entre velocidade e emissão apresentou características semelhantes. Foram definidas equações para o cálculo das emissões de CO, HC, NOx e MP de acordo com a velocidade conforme gráficos e equações separadas por automóveis com combustível a gasolina e ônibus/caminhões com combustível a diesel.

A Figura 15 mostra a emissão de Hidrocarbonetos (HC) em gramas por quilômetro (g/km) conforme a velocidade do veículo em quilômetros por hora (km/h).

Figura 15 - Emissão de HC x Velocidade do Veículo



Fonte: IPEA (1999)

A fórmula para o cálculo da emissão de HC de acordo com a velocidade é dado conforme Equações (4.7) e (4.8).

$$HC_a(g/km) = \frac{(-0,28 + 62,48)}{V} \quad (4.7)$$

$$HC_{oc}(g/km) = 14,14 - 3,67 \times \ln V \quad (4.8)$$

em que

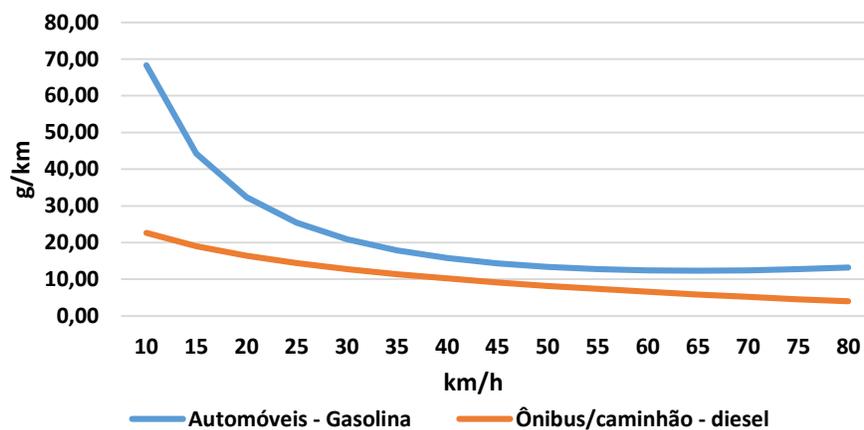
$HC_a$  - Emissão de HC em g/km de automóveis movidos a gasolina;

$HC_{oc}$  - Emissão de HC em g/km de ônibus/caminhões movidos a diesel;

$V$  - Velocidade do veículo.

Na Figura 16 é exibido o quantitativo de emissão de monóxido de carbono (CO) em g/km conforme a velocidade do veículo em km/h.

Figura 16 - Emissão de CO x Velocidade do Veículo



Fonte: IPEA (1999)

A emissão de CO de acordo com a velocidade é calculada conforme as Equações (4.9) e (4.10).

$$CO_a(g/km) = -4,51 + \frac{727}{V} + 1,34 \times 10^{-3}V^2 \quad (4.9)$$

$$CO_{oc}(g/km) = 43,34 - 8,98 \ln V \quad (4.10)$$

em que

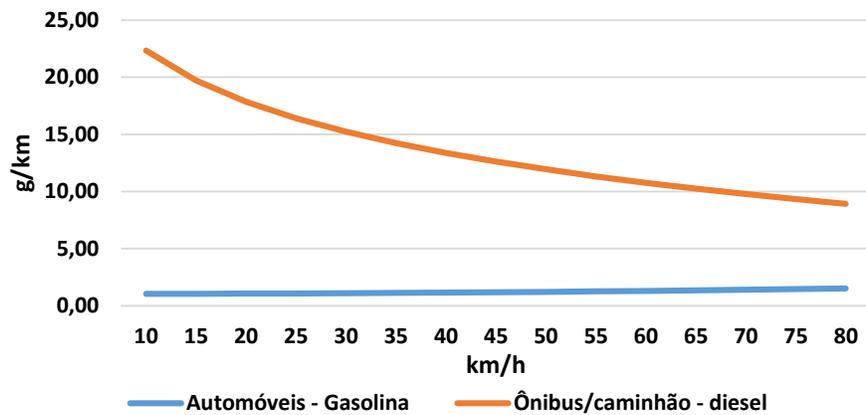
$CO_a$  - Emissão de CO em g/km de automóveis movidos a gasolina;

$CO_{oc}$  - Emissão de CO em g/km de ônibus/caminhões movidos a diesel;

$V$  - Velocidade do veículo.

A Figura 17 exibe a emissão de óxido de nitrogênio (NOx) em g/km conforme a velocidade do veículo em km/h.

Figura 17 - Emissão de NOx x Velocidade do Veículo



Fonte: IPEA (1999)

Em relação a emissão de NOx conforme a velocidade, o cálculo é definido pelas Equações (4.11) e (4.12).

$$NOx_a(g/km) = 1,03 + 7,477 \times 10^{-5} V^2 \quad (4.11)$$

$$NOx_{oc}(g/km) = 37,21 - 6,46 \ln V \quad (4.12)$$

em que

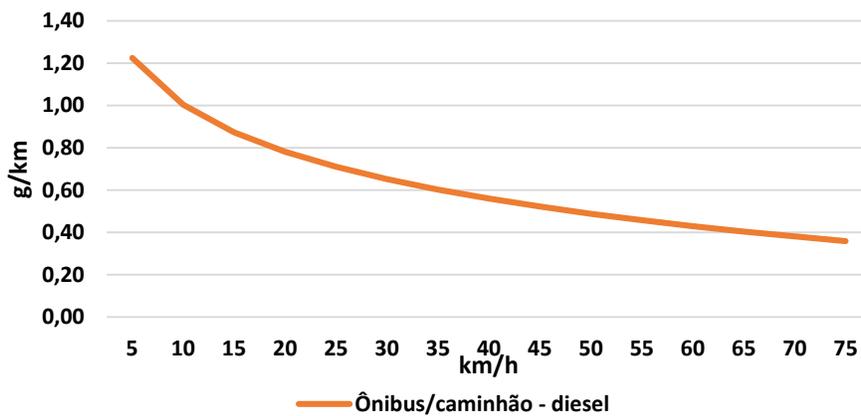
$NOx_a$  - Emissão de NOx em g/km de automóveis movidos a gasolina;

$NOx_{oc}$  - Emissão de NOx em g/km de ônibus/caminhões movidos a diesel;

$V$  - Velocidade do veículo.

Em relação a emissão de materiais particulados (MP), a qual é relevante somente na combustão a diesel, na Figura 18 é exibido a emissão de MP em g/km de acordo com a velocidade do veículo em km/h.

Figura 18 - Emissão de MP x Velocidade do Veículo



Fonte: IPEA (1999)

Na emissão de material particulado (MP), a qual é relevante somente para o consumo a diesel, o cálculo é definido pela Equação (4.13).

$$MP_{oc}(g/km) = 1,74 - 0,32 \ln V \quad (4.13)$$

em que

$MP_{oc}$  - Emissão de MP em g/km de ônibus/caminhões movidos a diesel;

$V$  - Velocidade do veículo.

IPEA (1999) diz que a valoração da poluição ambiental é complexa, pois além dos reflexos da poluição sobre o ser humano, ainda há outros efeitos das fontes de poluição, tais como o monóxido de carbono (CO) que provoca tonturas, dores de cabeça, sono, redução dos reflexos e perda da noção de tempo. Os hidrocarbonetos (HC) causam irritação nos olhos, nariz, pele e parte do sistema respiratório. O óxido de nitrogênio (NOx) provoca irritação das vias respi-

ratórias participando do desenvolvimento do enfizema pulmonar. O material particulado (MP) atinge os alvéolos pulmonares, produzindo alergia, asma, bronquite crônica e agravamento de sintomas produzidos por outros poluentes.

Para valorar os custos dessa poluição, IPEA (1999) relata que utilizaram-se estudos elaborados por várias fontes. Os valores originais eram expressos em US\$/kg de emissão, sendo convertidos em reais. Os valores utilizados no ano da pesquisa foram:

- CO = R\$ 0,19/kg
- HC = R\$ 1,14/kg
- NOx = R\$ 1,12/kg
- MP = R\$ 0,91/kg

Na Tabela 41 é apresentada a emissão dos poluentes nos trechos atuais da BR 265 em relação a cada automóvel por quilômetro em g/km baseado na velocidade média para percorrer o trecho e as Equações (4.7) para HC, (4.9) para CO e (4.11) para NOx.

Tabela 41 - Emissão de gases para cada automóvel com os trechos atuais da BR 265

Trecho	Vel. Média	Emissão de gases por automóvel por km		
	Atual	HC (g/km)	CO (g/km)	NOx (g/km)
BR381 - Lav	72,9km/h	0,58	12,58	1,43
Lav - SJDR	65,1km/h	0,68	12,34	1,35
SJDR - Barb	58,9km/h	0,78	12,48	1,29

Para a análise, será necessário verificar a emissão de poluentes no período de um ano, analisando o total de veículos que percorrem os trechos analisados nesse período, bem como a conversão de gramas para quilogramas. Para tal será utilizado a Equação (4.14).

$$Pol(kg) = \frac{Vmd \times Km \times Em \times 365}{1000} \quad (4.14)$$

em que

$Pol(kg)$  - Emissão de Poluentes em kg/km total no período de um ano conforme o volume médio diário de veículos e o total de quilômetros do trecho analisado;

$Vmd$  - Volume médio diário de veículos no trecho em análise;

$Km$  - Total de quilômetros no trecho analisado;

$Em$  - Emissão de Poluentes diária em g/km de um veículo em um único quilômetro;

365 - Quantidade de dias em 1 ano para que a análise seja anual;

1000 - Valor para converter gramas em quilogramas.

Na Tabela 42 é apresentado a emissão total de poluentes para automóveis em kg/km no período de um ano conforme o VMD e o total de km de cada trecho através da Equação (4.14).

Tabela 42 - Emissão total de gases para automóveis no período de um ano com os trechos atuais da BR 265

Trecho	VMD autom.	Qtde km	Emissão de gases anual (kg/km)		
			HC	CO	NOx
BR381 - Lav	10991	15,8km	36.762,86	797.373,80	90.639,47
Lav - SJDR	3034	91,1km	68.596,39	1.244.822,72	136.184,01
SJDR - Barb	5297	61,8km	93.199,14	1.491.186,22	154.137,04

Com o total de emissão de poluentes de automóveis em kg/km em um ano conforme o trecho e quantidade de veículos apresentados na Tabela 42, é possível avaliar o custo financeiro anual em relação a emissão de poluentes de automóveis na BR 265 de acordo com os trechos atuais, conforme mostrado na Tabela 43, na qual pode ser observado que, anualmente, o custo com emissão de poluentes, com valores de 1999, é de R\$ 1.324.375,06 (um milhão, trezentos e vinte e quatro mil, trezentos e setenta e cinco reais e seis centavos).

Tabela 43 - Custo com a emissão de gases de automóveis no período de um ano com os trechos atuais da BR 265

Trecho	Custo com a emissão de gases anual			
	HC	CO	NOx	Total
BR381 - Lav	41.909,66	151.501,02	101.516,21	294.926,89
Lav - SJDR	78.199,88	236.516,32	152.526,09	467.242,29
SJDR - Barb	106.247,02	283.325,38	172.633,48	562.205,88
Total				1.324.375,06

Para analisar se a duplicação da BR 265 pode gerar uma redução na emissão de gases poluentes em relação a automóveis, é necessário fazer uma análise similar a realizada nas Tabelas 41, 42 e 43 onde devemos alterar a velocidade média dos trechos entre Lavras a São João del Rei e Barbacena a São João del Rei, pois iremos aplicar a velocidade média no trecho já duplicado de Lavras a BR 381, que é de 72,9km/h para os automóveis, e aplicar essa velocidade média aos outros trechos citados. Assim, na Tabela 44 é possível apreciar a emissão de poluentes por veículo por quilômetro nos trechos da BR 265 analisados, caso fossem duplicados.

Tabela 44 - Projeção da emissão de gases para cada automóvel com a duplicação da BR 265

Trecho	Vel. Média duplicação	Emissão de gases por automóvel por km		
		HC (g/km)	CO (g/km)	NOx (g/km)
BR381 - Lav	72,9km/h	0,58	12,58	1,43
Lav - SJDR	72,9km/h	0,58	12,58	1,43
SJDR - Barb	72,9km/h	0,58	12,58	1,43

Com os dados considerados da emissão de poluentes por automóvel a cada quilômetro apresentados na Tabela 44, é possível calcular a emissão de poluentes durante um ano em relação ao total de veículos percorrendo os respectivos trechos.

Na Tabela 45 está a projeção da emissão total de poluentes para automóveis em kg/km no período de um ano utilizando a Equação (4.14).

Tabela 45 - Projeção da emissão total de gases para automóveis no período de um ano com a duplicação da BR 265

Trecho	VMD autom.	Qtde km	Emissão de gases anual (kg/km)		
			HC	CO	NOx
BR381 - Lav	10991	15,8km	36.762,86	797.373,80	90.639,47
Lav - SJDR	3034	91,1km	58.508,69	1.269.033,21	144.254,17
SJDR - Barb	5297	61,8km	69.301,92	1.503.134,83	170.865,09

Conforme apresentado na Tabela 45, onde apresenta a projeção do total de emissão de poluentes de automóveis em kg/km em um ano com a duplicação da BR 265, é possível avaliar o custo financeiro anual em relação a emissão de poluentes de automóveis na BR 265 e a consequente redução em comparação ao estado atual da rodovia. Na Tabela 46, pode ser observado que, anualmente, o custo com emissão de poluentes é de R\$ 1.320.276,48 (um milhão, trezentos

e vinte mil, duzentos e setenta e seis reais e quarenta e oito centavos).

Tabela 46 - Projeção do custo com a emissão de gases para automóveis no período de um ano com a duplicação da BR 265

Trecho	Custo com a emissão de gases anual			
	HC	CO	NOx	Total
BR381 - Lav	41.909,66	151.501,02	101.516,21	294.926,89
Lav - SJDR	66.699,90	241.116,31	161.564,67	469.380,88
SJDR - Barb	79.004,19	285.595,62	191.368,90	555.968,71
Total				1.320.276,48

Com os dados apresentados nas Tabelas 43 e 46, pode-se observar que a economia com a duplicação em relação aos automóveis que utilizam gasolina foi de apenas R\$ 4.098,58 (quatro mil e noventa e oito reais e cinquenta e oito centavos) anualmente.

Analogamente a análise da emissão de poluentes realizada para automóveis, será realizada a mesma análise para ônibus e caminhões. Na Tabela 47, é possível visualizar a emissão dos poluentes nos trechos atuais da BR 265 em relação a cada ônibus ou caminhão por quilômetro em g/km baseado na velocidade média para percorrer o trecho e utilizando as Equações (4.10) para CO, (4.12) para NOx e (4.13) para MP. Vale ressaltar que a emissão de HC é nula, pois a partir de uma velocidade média de 50km/h o valor de emissão de HC é 0,00 conforme Equação (4.8).

Tabela 47 - Emissão de gases para cada ônibus/caminhão com os trechos atuais da BR 265

Trecho	Vel. Média Atual	Emissão de gases por ôni/camin. por km		
		CO (g/km)	NOx (g/km)	MP (g/km)
BR381 - Lav	59,7km/h	12,44	10,79	0,43
Lav - SJDR	58,6km/h	12,50	10,91	0,44
SJDR - Barb	53,0km/h	12,97	11,56	0,47

Analogamente ao realizado na Tabela 42, na Tabela 48 é apresentado a emissão total de poluentes para ônibus e caminhões em kg/km no período de um ano conforme o VMD e o total de km de cada trecho utilizando a Equação (4.14).

Tabela 48 - Emissão total de gases para ônibus/caminhões no período de um ano com os trechos atuais da BR 265

Trecho	VMD ônibus/caminh.	Qtde km	Emissão de gases anual (kg/km)		
			CO	NOx	MP
BR381 - Lav	6306	15,8km	452.377,53	392.375,69	15.636,84
Lav - SJDR	2260	91,1km	939.426,90	819.931,80	33.067,83
SJDR - Barb	3709	61,8km	1.085.035,10	967.078,31	39.318,93

Sabendo o total de emissão de poluentes de ônibus/caminhões em kg/km no período de um ano (Tabela 48), calcula-se que o custo anual referente a emissão de poluentes desses veículos é de R\$ 2.991.613,08 (dois milhões, novecentos e noventa e um mil, seiscentos e treze reais e oito centavos), conforme elucidado na Tabela 49. Ressalta-se que os valores consideram as características atuais da via e são referenciados a dados do IPEA de 1999.

Tabela 49 - Custo com a emissão de gases no período de um ano em relação a ônibus/caminhões nos trechos atuais da BR 265

Trecho	Custo com a emissão de gases anual			
	CO	NOx	MP	Total
BR381 - Lav	85.951,73	439.460,77	14.229,53	539.642,03
Lav - SJDR	178.491,11	918.323,61	30.091,72	1.126.906,45
SJDR - Barb	206.156,67	1.083.127,71	35.780,22	1.325.064,60
Total				2.991.613,08

Da mesma forma realizada para análise da emissão de poluentes com a duplicação da BR 265 para automóveis, será feita para ônibus e caminhões. Para verificar se a duplicação da BR 265 pode gerar uma redução na emissão de gases poluentes em relação a ônibus e caminhões, será feita uma análise similar ao realizado nas Tabelas 44, 45 e 46. Assim, a velocidade média dos trechos entre Lavras a São João del Rei e Barbacena a São João del Rei foram alteradas para a velocidade média no trecho já duplicado (de Lavras a BR 381), que é de 59,7km/h para ônibus e caminhões. Na Tabela 50 é possível avaliar a emissão de poluentes por ônibus/caminhão por quilômetro nos trechos da BR 265, caso houvesse a duplicação.

Tabela 50 - Projeção da emissão de gases para cada ônibus/caminhão com a duplicação da BR 265

Trecho	Vel. Média duplicação	Emissão de gases por ô nib/camin. por km		
		CO (g/km)	NOx (g/km)	MP (g/km)
BR381 - Lav	59,7km/h	12,44	10,79	0,43
Lav - SJDR	59,7km/h	12,44	10,79	0,43
SJDR - Barb	59,7km/h	12,44	10,79	0,43

Na Tabela 51 é apresentado a projeção da emissão total de poluentes para ônibus e caminhões em kg/km no período de um ano utilizando a Equação (4.14).

Tabela 51 - Projeção da emissão total de gases para ônibus/caminhões no período de um ano com a duplicação da BR 265

Trecho	VMD ônib.camin.	Qtde km	Emissão de gases anual (kg/km)		
			CO	NOx	MP
BR381 - Lav	6306	15,8km	4.523.77,53	392.375,69	15.636,84
Lav - SJDR	2260	91,1km	934.917,65	810.913,30	32.316,29
SJDR - Barb	3709	61,8km	1.040.696,73	902.662,20	35.972,64

Nesse contexto, a Tabela 51 demonstra a projeção do total de emissão de poluentes de ônibus e caminhões em kg/km em um ano com a duplicação da BR 265, e assim se torna possível avaliar e comparar o custo financeiro anual em relação a emissão de poluentes de ônibus e caminhões na BR 265.

Na Tabela 52, é possível visualizar que anualmente calcula-se o custo de emissão de poluentes com a duplicação da BR 265 em R\$ 2.896.356,23 (dois milhões, oitocentos e noventa e seis mil, trezentos e cinquenta e seis reais e vinte e três centavos).

Tabela 52 - Projeção do custo com a emissão de gases para ônibus/caminhões no período de um ano com a duplicação da BR 265

Trecho	Custo com a emissão de gases anual			
	CO	NOx	MP	Total
BR381 - Lav	85.951,73	439.460,77	14.229,53	539.642,03
Lav - SJDR	177.634,35	908.222,89	29.407,82	1.115.265,07
SJDR - Barb	197.732,38	1.010.981,66	32.735,10	1.241.449,14
Total				2.896.356,23

Com os valores apresentados nas Tabelas 49 e 52, é possível verificar que a economia em relação aos veículos coletivos e de carga com utilização do diesel seria de R\$ 95.256,84 (noventa e cinco mil, duzentos e cinquenta e seis reais e oitenta e quatro centavos) anualmente. Somando esse valor a economia já citada em relação aos automóveis, calcula-se uma economia anual de R\$ 99.355,42 (noventa e nove mil, trezentos e cinquenta e cinco reais e quarenta e dois centavos). Vale ressaltar que são valores do 1º trimestre de 1999.

#### 4.6 Atualização dos valores monetários para janeiro de 2019

Todos os dados monetários apresentados até o momento foram retirados em pesquisas realizadas em períodos distintos. Devido a isso, foi necessário efetuar uma atualização para que os valores sejam comparados em um mesmo lapso temporal. Com isso, foi utilizado a calculadora do Banco Central do Brasil através do Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo Especial, medido pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, denominado IPCA-E (IBGE), ao qual corrige os valores de tempos distintos para o mesmo lapso temporal. Nesse trabalho todos os valores foram atualizados para o mês de janeiro de 2019. Na Tabela 53, estão os valores referente ao custo da duplicação da BR 265 com a sua atualização para janeiro de 2019.

Tabela 53 - Atualização de valores para janeiro de 2019 referente ao custo com as obras de duplicação e aumento do custo de manutenção da BR 265

Tipo de Custo	Valores de referência		Periodicidade do gasto	Atualização Jan/19
	Data	Valor		
Obras de duplicação	nov/16	1.189.513.800,00	Uma vez	1.281.282.767,50
Aumento do custo com manutenção	nov/16	6.456.600,00	Anual	6.943.137,09
<b>Total</b>				<b>1.288.225.904,59</b>

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística IPCA-E (IBGE)

Na Tabela 54 foram atualizados os valores referente aos benefícios da duplicação da BR 265, conforme correção do Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo Especial, medido pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, IPCA-E (IBGE), para janeiro de 2019.

Tabela 54 - Atualização de valores para janeiro de 2019 referente aos benefícios com a duplicação da BR 265

Benefícios	Valores de referência		Periodicidade do benefício	Atualização Jan/19
	Data	Valor		
Reduções em gastos				
Gravidade das lesões das vítimas de acidentes	dez/14	5.389.107,80	Anual	6.872.585,83
Gastos com veículos envolvidos em acidentes	dez/14	2.354.189,61	Anual	3.002.235,39
Tempo da Viagem	jan/12	11.500.925,22	Anual	17.345.227,33
Custos com o veículo (Combustível)	jan/19	2.675.768,71	Anual	2.675.768,71
Emissão de gases poluentes	mar/99	99.355,42	Anual	344.419,18
<b>Total</b>			<b>TOTAL</b>	<b>30.240.236,44</b>

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística IPCA-E (IBGE)

Com todos os valores atualizados para janeiro de 2019, podemos fazer a projeção para a duplicação da BR 265. Vale frisar que os valores são referentes a duplicação, ou seja, os valores não são de todo o custo ou benefício da rodovia, mas sim em relação a diferença do custo e benefício da duplicação em relação a rodovia no estado em que se encontra atualmente contendo pista simples e terceira faixa.

O valor total médio previsto da obra para a duplicação será de R\$ 1.281.282.767,50 (um bilhão, duzentos e oitenta e um milhões, duzentos e oitenta e dois mil, setecentos e sessenta e sete reais e cinquenta centavos), o qual se refere a todos os valores necessários para a duplicação da BR 265. Além disso há um custo adicional de R\$ 6.943.137,09 (seis milhões, novecentos e quarenta e três mil, cento e trinta e sete reais e nove centavos) que se trata do gasto adicional anual para a manutenção da pista dupla.

Em relação aos benefícios, com a duplicação, é avaliado que anualmente seria economizado R\$ 30.240.236,44 (trinta milhões, duzentos e quarenta milhões, duzentos e trinta e seis reais e quarenta e quatro centavos), referente a redução da gravidade das lesões das vítimas e dos prejuízos em relação aos veículos envolvidos nos acidentes, na redução do tempo de viagem,

na redução do consumo de combustível e na redução da emissão de gases poluentes.

Como a manutenção aumentaria quase 7 milhões anualmente e teríamos uma redução de um pouco mais de 30 milhões anualmente, podemos considerar que efetivamente teríamos uma economia anual de R\$23.297.099,35 (vinte e três milhões, duzentos e noventa e sete mil, noventa e nove reais e trinta e cinco centavos).

#### **4.7 Projeção da recuperação do investimento para a duplicação da BR 265**

O custo para a duplicação é de quase 1 bilhão e 300 milhões e, caso fossemos retirar simplesmente a economia anual com os benefícios do valor total investido para a duplicação, o investimento demoraria aproximadamente 60 anos para ser recuperado. Analisando a quantidade de benefícios que a duplicação traria a população, já valeria a pena, mas há ainda outros fatores a serem considerados, pois o valor investido seria somente uma única vez na duplicação e a economia seria anualmente, assim, há de se ressaltar dois fatores muito importantes, que são a variação anual da frota de veículos e a inflação anual.

Em relação a frota de veículos, foi consultado no site do Denatran (2019) a estatística dos últimos 19 anos da frota de veículos no estado de Minas Gerais, ao qual o resultado pode ser visualizado na Tabela 55.

Com os dados apresentados na Tabela 55, foi possível verificar que a frota tem aumentado anualmente, sendo o menor crescimento no ano de 2016 e o maior crescimento no ano de 2008. Assim, podemos considerar que a frota de veículos no estado de Minas Gerais cresceu nos últimos 19 anos em média 7,20% por ano.

Tabela 55 - Crescimento da frota de veículos (%) em Minas Gerais entre 2000 e 2019

Data de referência	Tipo de veículo			Total de veículos	Crescimento (%)
	Passeio	Coletivo	Carga		
dez/18	9.036.913	199.969	1.950.812	11.187.694	4,48
dez/17	8.682.088	187.856	1.838.408	10.708.352	4,22
dez/16	8.350.700	175.899	1.747.969	10.274.568	4,05
dez/15	8.041.006	166.567	1.666.999	9.874.572	4,67
dez/14	7.694.423	156.956	1.582.514	9.433.893	6,22
dez/13	7.277.726	144.167	1.459.772	8.881.665	7,11
dez/12	6.818.821	131.151	1.342.323	8.292.295	8,26
dez/11	6.314.023	118.795	1.227.083	7.659.901	9,38
dez/10	5.786.056	105.244	1.111.925	7.003.225	9,77
dez/09	5.278.150	94.911	1.006.937	6.379.998	9,36
dez/08	4.813.769	85.645	934.465	5.833.879	10,72
dez/07	4.328.173	75.089	865.713	5.268.975	9,91
dez/06	3.914.198	67.640	812.155	4.793.993	8,27
dez/05	3.596.056	61.252	770.513	4.427.821	7,16
dez/04	3.348.465	56.242	727.118	4.131.825	6,44
dez/03	3.138.874	52.190	690.788	3.881.852	6,70
dez/02	2.928.063	48.974	660.928	3.637.965	6,56
dez/01	2.736.357	45.719	631.851	3.413.927	6,39
dez/00	2.563.505	42.096	603.190	3.208.791	-

Fonte: Departamento Nacional de Trânsito (DENATRAN)

Em relação a inflação, nos últimos 20 anos podemos verificar a inflação anual conforme os dados apresentados na Tabela 56 de acordo com as informações do site Inflation (2019), ao qual, nos últimos 20 anos subiu em média 6,49% anualmente.

Tabela 56 - Inflação (%) no período de 1999 a 2018

Ano de referência	Inflação (%)	Ano de referência	Inflação (%)
2018	3,75	2008	5,90
2017	2,95	2007	4,46
2016	6,29	2006	3,14
2015	10,67	2005	5,69
2014	6,41	2004	7,60
2013	5,91	2003	9,30
2012	5,84	2002	12,53
2011	6,50	2001	7,67
2010	5,91	2000	5,97
2009	4,31	1999	8,94

Fonte: Site Inflation

Assim, com os dados apresentados referente ao aumento da frota de veículos e a inflação, iremos usar esses valores médios para uma projeção dos valores a serem economizados caso a BR 265 seja duplicada.

Supondo que a BR 265 fosse duplicada no ano de 2019, desconsiderando o tempo para a sua duplicação, ou seja, no ano de 2019 seria gasto o valor de R\$1.281.282.767,50 para a duplicação e, a partir de 2019 teríamos uma economia de R\$23.297.099,35, já sendo descontado o valor gasto com o aumento do valor na sua manutenção. Então, anualmente, seria economizado o valor inicial de R\$23.297.099,35 referente ao ano de 2019 (adicionado do valor referente a inflação e o aumento da frota de veículos do ano analisado). Como não é possível afirmar qual será o aumento da frota de veículos e a inflação anual, utilizaremos as médias dos anos anteriores citadas anteriormente, ou seja, aumento de 7,20% anual em relação a frota e um aumento de 6,49% anual em relação a inflação. Assim, teríamos o investimento recuperado conforme a Tabela 57.

A Tabela 57 nos mostra que o investimento seria recuperado no decorrer do ano de 2036, ou seja, aproximadamente 17 anos.

Tabela 57 - Projeção dos valores em benefícios em relação aos custos ao longo dos anos para que o investimento seja recuperado

Data de referência	Lucro/Prejuízo do investimento	Economia anual em benefícios
2019	1.281.282.767,50	23.297.099,35
2020	1.257.985.668,15	26.594.585,70
2021	1.231.391.082,45	30.358.800,38
2022	1.201.032.282,08	34.655.804,41
2023	1.166.376.477,66	39.561.009,15
2024	1.126.815.468,51	45.160.499,70
2025	1.081.654.968,81	51.552.545,74
2026	1.030.102.423,07	58.849.326,05
2027	971.253.097,02	67.178.897,33
2028	904.074.199,69	76.687.441,45
2029	827.386.758,24	87.541.830,99
2030	739.844.927,25	99.932.557,78
2031	639.912.369,48	114.077.075,96
2032	525.835.293,52	130.223.618,30
2033	395.611.675,22	148.655.552,58
2034	246.956.122,64	169.696.354,63
2035	77.259.768,01	193.715.285,27
2036	-116.455.517,26	221.133.870,72

Porém, pode-se dizer que o valor seria investido ao longo do tempo, ou seja, o valor para a obra, caso não fosse realizada, teria um rendimento anual. Conforme consulta na Calculadora do Cidadão disponibilizada pelo Banco Central, o rendimento na caderneta de poupança entre os anos de 2013 a 2018, obteve um rendimento médio anual de 6,15%, ao qual foi utilizado para a projeção nos anos seguintes conforme Tabela 58.

Tabela 58 - Projeção dos valores em benefícios em relação aos custos ao longo dos anos para que o investimento seja recuperado incluindo o rendimento na caderneta de poupança

Data de referência	Lucro/Prejuízo do investimento	Economia anual em benefícios
2019	1.281.282.767,50	23.297.099,35
2020	1.335.414.057,04	26.594.585,70
2021	1.389.376.655,39	30.358.800,38
2022	1.442.664.724,48	34.655.804,41
2023	1.494.671.165,09	39.561.009,15
2024	1.544.671.458,48	45.160.499,70
2025	1.591.805.108,53	51.552.545,74
2026	1.635.054.337,91	58.849.326,05
2027	1.673.219.642,23	67.178.897,33
2028	1.704.891.749,74	76.687.441,45
2029	1.728.419.469,36	87.541.830,99
2030	1.741.872.836,58	99.932.557,78
2031	1.743.000.881,99	114.077.075,96
2032	1.729.183.251,83	130.223.618,30
2033	1.697.374.799,49	148.655.552,58
2034	1.644.042.142,20	169.696.354,63
2035	1.565.091.033,63	193.715.285,27
2036	1.455.783.239,98	221.133.870,72
2037	1.310.641.420,61	252.433.300,31
2038	1.123.340.301,00	288.162.871,20
2039	886.582.183,02	328.949.628,41
2040	591.954.559,53	375.509.369,34
2041	229.767.283,43	428.659.205,80
2042	-211.133.620,75	489.331.904,13

É importante salientar que, levando em consideração os dados apresentados, sendo as projeções confirmadas, em uma visão mais otimista, o investimento será recuperado em aproximadamente 17 anos, após a conclusão da obra. Já em uma perspectiva pessimista, o investimento seria recuperado em aproximadamente 22 anos.

Face ao exposto, essa seção teve como objetivo mostrar a viabilidade da duplicação, embora reconheçamos que seria necessário um projeto realizado por pessoas técnicas, no qual seriam analisadas diversas outras variáveis que poderiam diminuir ou aumentar o tempo para a recuperação do investimento. No entanto, o objetivo da seção foi alcançado ao mostrar que a duplicação não só salvaria vidas, como melhoraria a condição de tráfego dos usuários, reduziria

a emissão de gases poluentes, economizaria combustível aos usuários, bem como se trata de uma obra economicamente viável e exequível.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Brasil possui uma área territorial muito extensa, conseqüentemente uma grande quantidade de malha viária. Isso faz com que ocorra grande demanda na manutenção e melhoria das rodovias, logo devido à escassez dos recursos públicos, torna-se necessário amplo estudo na verificação da viabilidade dos projetos de ampliação e manutenção das rodovias.

Através do banco de dados, com a utilização de ferramentas de estatística descritiva, foi verificado que a maior causa dos acidentes é por responsabilidade do condutor, com 75,85% dos acidentes. Foi verificado se o tipo de pista pode interferir nos acidentes, sendo entendido que há uma relação entre o tipo de pista e o número de acidentes, onde foi observado que a terceira faixa tem uma taxa mais alta de acidentes, com o valor de 27,69, em comparação aos trechos de pista simples que possui os valores de 14,89 e 20,05 e pista dupla que possui uma taxa de 16,19.

Em relação aos acidentes no trecho da BR 265 em área urbana e área rural, foi verificado que as maiores taxas estão na área urbana, porém os acidentes com maior gravidade concentram-se na área rural.

Ao verificar a causa presumida dos acidentes na BR 265 em relação ao tipo de pista, foi observado que a implantação de terceira faixa na pista simples poderia causar a redução nos acidentes por velocidade incompatível, não manter distância de segurança e ultrapassagem proibida, porém poderia aumentar consideravelmente os acidentes por derrapagem, contramão de direção e aquaplanagem. Considerando-se a duplicação da rodovia, avalia-se que ocorreria redução considerável nos acidentes por velocidade incompatível, derrapagem, não manter distância de segurança, contramão de direção e ultrapassagem proibida. Porém, também considera-se que haveria aumento de acidentes por aquaplanagem e dormir ao volante. Além disso, foi observado que a duplicação da rodovia poderia diminuir acidentes com vítimas fatais e possivelmente reduziria várias causas presumidas dos acidentes.

Com os resultados de acidentes alcançados, foi verificado a gravidade das lesões, ao qual foi observado que as lesões provocadas nas vítimas são menores quando o acidente ocorre em pista dupla. Além disso, foi considerado que a duplicação da via poderia causar redução

de 22,29% no número de vítimas anualmente. Desse valor, seria uma redução de 45,47% no número de vítimas fatais, redução de 54,05% em vítimas graves ou inconscientes e 20,23% em lesões aparentemente leves.

Ao concluir que a duplicação do trecho analisado da BR 265 teria a possibilidade de reduzir significativamente a gravidades das lesões dos envolvidos, foi verificado a viabilidade da duplicação em relação ao custo benefício, sendo exibido que o valor total médio previsto da obra para a duplicação seria de R\$1.281.282.767,50 (um bilhão, duzentos e oitenta e um milhões, duzentos e oitenta e dois mil, setecentos e sessenta e sete reais e cinquenta centavos) com um custo adicional anual de R\$6.943.137,09 (seis milhões, novecentos e quarenta e três mil, cento e trinta e sete reais e nove centavos) para a manutenção da pista dupla. Em relação aos benefícios, com a duplicação, foi avaliado uma economia anual de R\$30.240.236,44 (trinta milhões, duzentos e quarenta milhões, duzentos e trinta e seis reais e quarenta e quatro centavos), referente a redução da gravidade das lesões das vítimas e dos prejuízos em relação aos veículos envolvidos nos acidentes, na redução do tempo de viagem, na redução do consumo de combustível e na redução da emissão de gases poluentes.

Levando-se em consideração o aumento médio de 7,20% anualmente da frota de veículos, bem como uma inflação média anual de 6,49% e um rendimento na caderneta de poupança médio anual de 6,15%, foi considerado que o investimento seria recuperado entre 17 a 22 anos após a conclusão da obra.

Conclui-se que a duplicação da BR 265, em uma primeira análise, se trata de uma obra viável socioeconomicamente, pois conforme as análises apresentadas, os seus benefícios ao serem monetizados superam os seus custos em um período de aproximadamente 17 a 22 anos. Além disso, a duplicação da rodovia melhoraria o acesso aos municípios afetados, o que poderia trazer a instalação de novas empresas para esses municípios, acarretando outros benefícios como empregos para a população dessas cidades. No entanto, há a necessidade de complementação do trabalho no que tange ao projeto para a duplicação no intuito de verificar o real custo da obra, pois os valores foram baseados em um relatório do DNIT com informações dos custos médios.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BIFFE, Carina Rejane Fernandes et al. Perfil epidemiológico dos acidentes de trânsito em Marília, São Paulo, 2012. *Epidemiol. Serv. Saude*, Brasília, p. 389-398, abr-jun 2017.

BR 265: Movimento somos todos vítimas da BR 265. [S. l.], 2019. Disponível em: <http://somos-todosvítimasdabr265.blogspot.com/>. Acesso em: 11 mar. 2019.

BRASIL. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis - ANP. Preço do combustível. Brasília, 2019. Disponível em: [www.anp.gov.br/](http://www.anp.gov.br/). Acesso em: 15 abr. 2019.

BRASIL. Associação Nacional dos Transportes Públicos - ANTP. Redução das deseconomias urbanas com a melhoria do transporte público. *Revista dos Transportes Públicos - ANTP*, Brasília, ano 21, p. 35-92, 1999.

BRASIL. Banco Central do Brasil. Calculadora do cidadão: Correção de valor pela Caderneta de Poupança. Internet, 2019. Disponível em: <https://www3.bcb.gov.br/CALCIDADAOPUBLICO/exibirFormCorrecaoValores.do?method=exibirFormCorrecaoValores&aba=3>. Acesso em: 2 jun. 2019.

BRASIL. Banco Central do Brasil. Calculadora do cidadão: Correção de valores IPCA-E (IBGE). Internet, 2019. Disponível em: <https://www3.bcb.gov.br/CALCIDADAOPUBLICO/exibirFormCorrecaoValores.do?method=exibirFormCorrecaoValores>. Acesso em: 22 abr. 2019.

BRASIL. IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística: Área e População dos municípios. Brasília, 2019. Disponível em: <https://ibge.gov.br/>. Acesso em: 5 mar. 2019.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Brasília, 2019. Disponível em: <https://ibge.gov.br/>. Acesso em: 5 mar. 2019.

BRASIL. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Estimativa dos custos dos acidentes de trânsito no Brasil com base na atualização simplificada das pesquisas anteriores do IPEA. Brasília: [s. n.], 2015. 20 p.

BRASIL. Lei nº 12.379, de 6 de janeiro de 2011. Sistema Nacional de Viação. Brasília, 6 jan. 2011.

BRASIL. Lei nº 13.281, de 4 de maio de 2016. Código de Trânsito Brasileiro. Brasília, 4 maio 2016.

BRASIL. Lei nº 5.917, de 10 de setembro de 1973. Plano Nacional de Viação. Brasília, 10 set. 1973.

BRASIL. Ministério da Infraestrutura. Departamento Nacional de Trânsito - DENATRAN: Frota de veículos. Internet, 2019. Disponível em: <https://infraestrutura.gov.br/denatran>. Acesso em: 23 abr. 2019.

FACCIO, Maria da Graça Agostinho. O Estado e a transformação do espaço urbano: a expansão do Estado nas décadas de 60 e 70 e os impactos no espaço urbano de Florianópolis. Orientador: Luís Fugazzola Pimenta. 1997. 186 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1997.

GENNARI, Terezinha Dalocci; KOIZUMI, Maria Sumie. Determinação do nível de gravidade do trauma. Rev. Saúde Pública, Jundiaí, p. 333-341, 1995.

GOOGLE Maps: Trecho entre Lavras e Barbacena. Internet: [s. n.], 2019. Google Maps. Disponível em: <https://www.google.com/maps/>. Acesso em: 5 abr. 2019.

INFLATION: World Wide Inflation Data. Internet, 2019. Disponível em: <https://www.inflation.eu>. Acesso em: 30 abr. 2019.

JOAQUIM, João Paulo Cardoso. Comportamento dos usuários de automóveis diante da tarifação de congestionamentos na rodovia federal BR-116. Orientador: Dr. João Fortini Albano. 2011. 72 f. Dissertação (Pós-graduação em Engenharia de Produção) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

LAROCHE, Matt. Como o Google Maps calcula o tempo para o destino?. Internet, 2 jan. 2014. Disponível em: <http://blog.safetec.com.br/noticias/como-o-google-maps-calcula-o-tempo-para-o-destino/>. Acesso em: 15 abr. 2019.

MINAS GERAIS (MG). Departamento de Edificações e Estradas de Rodagem de Minas Gerais. Volume médio diário de tráfego de veículos nas rodovias. Belo Horizonte, 2008. Disponível em: <http://www.deer.mg.gov.br/transportes/rodovias/16-transportes/#volume-medio-de-trafego-nas-rodovias-do-deer-mg>. Acesso em: 27 fev. 2019.

MINAS GERAIS. 4ª Superintendência Regional de Polícia Rodoviária Federal e Polícia Militar de Minas Gerais. Convênio, 16 de dezembro de 2014. Sexto Termo Aditivo, Contagem, p. 1-6, 16 dez. 2014.

MINAS GERAIS. PMMG. Geosite da Polícia Militar de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2019. Disponível em: <https://geosite.policiamilitar.mg.gov.br/>. Acesso em: 5 mar. 2019.

MINAS GERAIS. Polícia Militar de Minas Gerais. Armazém SIDS. Belo Horizonte, 2019. Disponível em: <https://www1.armazemsids.mg.gov.br/InfoViewApp/logon.jsp>. Acesso em: 10 mar. 2019.

MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES. Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes. Custos médios gerenciais. Brasília: [s. n.], 2017.

MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES. Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes. Manual de Estudos de Tráfego. Rio de Janeiro: [s. n.], 2006. 384 p.

MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES. Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes. Terminologias rodoviárias usualmente utilizadas. Rio de Janeiro: [s. n.], 2007. 17 p.

PIRES, Rafael Fofonka. Avaliação socioeconômica do projeto da rodovia BR-448: Uma abordagem expedita utilizando a análise de custo-benefício. Orientador: PHD Luiz Afonso dos Santos Senna. 2010. 100 f. Dissertação (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

PORTO, Juarez Mendes Ferreira. Reciclagem para condutores infratores do código de trânsito brasileiro. São Paulo: Senac São Paulo, 2004.

SALLUM, Ana Maria Calil; KOIZUMI, Maria Sumie. Natureza e gravidade das lesões em vítimas de acidente de trânsito de veículo a motor. Rev. Esc. Env. USP, São Paulo, v. 33, n. 2, p. 157-164, 1999.

SANTOS, Carlos Cardoso dos. O valor do tempo na avaliação de projetos de transportes. Orientador: PHD Luiz Afonso dos Santos Senna. 2012. 78 f. Dissertação (Pós-graduação em Engenharia de Produção) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

TERRA, Paulo. Como ficará a BR 265?. Barroso: Jornal Barroso em dia, 24 nov. 2014. Disponível em: <https://barrosoemdia.com.br/politica/como-ficara-br265/>. Acesso em: 15 fev. 2019.

TERRA, Paulo. O desafio da BR 265. Barroso: Jornal Barroso em dia, 25 maio 2015. Disponível em: <https://barrosoemdia.com.br/politica/o-desafio-da-br265/>. Acesso em: 15 fev. 2019.

WIKIPEDIA. Mesorregiões e microrregiões de Minas Gerais. Internet, 2019. Disponível em: [https://pt.wikipedia.org/wiki/Lista\\_de\\_mesorregi%C3%B5es\\_e\\_microrregi%C3%B5es\\_de\\_Minhas\\_Gerais#Mesorregi%C3%A3o\\_do\\_Campo\\_das\\_Vertentes](https://pt.wikipedia.org/wiki/Lista_de_mesorregi%C3%B5es_e_microrregi%C3%B5es_de_Minhas_Gerais#Mesorregi%C3%A3o_do_Campo_das_Vertentes). Acesso em: 22 fev. 2019.

WORLD Health Organization: Global status report on road safety 2015. Geneva: World Health Organization, 2015. Disponível em: [http://www.who.int/violence\\_injury\\_prevention/](http://www.who.int/violence_injury_prevention/). Acesso em: 12 fev. 2019.

WORLD Health Organization: Global status report on road safety 2018. Geneva: World Health Organization, 2018. Disponível em: [http://www.who.int/violence\\_injury\\_prevention/road\\_traffic/en/](http://www.who.int/violence_injury_prevention/road_traffic/en/). Acesso em: 11 fev. 2019.