

Índice de Mortes por Bilhão de Quilômetros Percorridos - Metodologia e Memorial de Cálculo

Jorge Tiago Bastos Coca Ferraz Pedro Augusto Borges dos Santos
Louise Fuhrmann Marco Antonio Silva Guibor

2023-11-01

Índice

1	Objetivos e escopo do documento	2
2	Diretrizes iniciais	3
3	Planilha Full Data Auxiliar	3
3.1	Aba ONSV_AUX_<ANO>: Frota de veículos	3
3.1.1	Tabela 1: Frota por tipo de combustível	3
3.1.2	Tabela 2: Sintetização da Tabela 1	3
3.1.3	Tabela 3: Frota por tipo de veículo	4
3.1.4	Fator de correção da frota	4
3.1.5	Tabela 4: Correção da Tabela 3 pelo fator de correção	5
3.2	Aba <ESTADO>: Frota por estado	5
3.2.1	Tabela 5 e Tabela 6: Frota	6
3.2.2	Tabela 7: Veículos elétricos	6
3.2.3	Ônibus, Micro-ônibus, Caminhão e Caminhão Trator	6
3.2.4	Motocicleta e Motoneta	6
3.2.5	Tabela 8: Utilitários	6
3.2.6	Tabela 9: Automóveis	7
3.2.7	Tabela 10: Caminhonetes e Camionetas	8
3.2.8	Tabela 11: Resumo das frotas por tipo e combustível; por estado	8
3.2.9	Aba ONSV_<ANO>: Resultados da frota agregada	8
4	Planilha Full Data	8
4.1	Aba MOR: Mortes no Trânsito	8
4.2	Aba DEN: Frota por tipo de veículo	8
4.3	Aba POP: População Brasileira	8

4.4	Aba COMB: Consumo de combustível	8
4.4.1	Tabela 12: Fatores de Correção - Diesel - CORR-DSL	8
4.4.2	Fator de Correção 1: Valor Nacional - BEN	8
4.4.3	Fator de Correção 2: Transformação - BEN	8
4.4.4	Fator de Correção 3: Setor Energético - BEN	8
4.4.5	Fator de Correção 4: Comercial - BEN	8
4.4.6	Fator de Correção 5: Setor Público - BEN	8
4.4.7	Fator de Correção 6: Setor Industrial - BEN	8
4.4.8	Fator de Correção 7: Diesel Agropecuário - Aba AGRO_DSL	8
4.4.9	Fator de Correção 8: Diesel Ferroviário - Aba FERRO_DSL	9
4.4.10	Fator de Correção 9: Diesel Hidroviário - Aba HIDRO_DSL	9
4.5	Fator de Correção do Álcool: CORR_ALC	9
4.5.1	Fator de Correção 1: Valor Nacional - CORR_ALC	9
4.5.2	Fator de Correção 2: Consumo não energético - CORR_ALC	9
4.5.3	Fatores de Correção: Aba CORR	9
4.6	Aba GNV: Gás Natural Veicular	9
4.7	Aba COMB_CORR: Combustível Corrigidos	9
4.8	Flex	9
4.9	Aba TAX: Taxa de consumo de combustível	9
4.10	Aba KM-ANO: Quilometragem percorrida	9
4.11	Distribuição dos veículos conforme os combustíveis	9
4.11.1	Aba DIST_<COMB>_<VEIC>: Tabela 17	9
4.11.2	Aba DIST_<COMB>_<VEIC>: Tabela 18	9
4.11.3	Aba DIST_<COMB>_TOT: Tabela 19	9
4.12	Aba DIST_FROT_TOT	9
4.13	Aba KMA.FROT: Quilometragem total	9
4.14	Aba KMA: Quilometragem média anual	9
4.15	Aba INDICE: Índice de mortes por bilhão de quilômetros percorridos	9

1 Objetivos e escopo do documento

O presente documento tem como objetivo apresentar a metodologia utilizada para estimar o valor do índice de mortes por quilômetro percorrida pela frota de veículos rodoviários no Brasil e em cada estado da federação durante a 1ª Década de Ação pela Segurança no Trânsito (2011-2021) com o intuito de obter um diagnóstico atualizado e mais preciso acerca da evolução do desempenho da segurança viária no país.

Este índice é composto pelos três indicadores: o número de mortes em sinistros de trânsito a frota de veículos e o volume de vendas por combustível.

2 Diretrizes iniciais

A seguir está apresentado o passo a passo necessário para calcular o índice de mortes por bilhão de quilômetros. Para isto, é necessário utilizar duas planilhas. A primeira é intitulada **Full data auxiliar <ANO> - <ANO>** e está relacionada a frota de veículos. A segunda planilha intitulada **Full data <ANO> - <ANO>** apresenta todos os dados necessários para o cálculo do índice, após a adição das abas **ONSV_ANO** da planilha auxiliar.

Nesta planilha, as células em **vermelho/laranja** devem ser alteradas, isto é, são inputs, as demais são calculadas automaticamente. As palavras em **azul**, neste relatório, referem-se a arquivos em si, abas ou tabelas da planilha.

3 Planilha Full Data Auxiliar

3.1 Aba **ONSV_AUX_<ANO>**: Frota de veículos

Os dados da frota nacional de veículos foram obtidos por meio do Registrado Nacional de Veículos Automotores (RENAVAM) que contém a frota de veículos brasileira de acordo com a Secretaria Nacional de Trânsito (SENATRAN, 2023). Estes dados¹ são divulgados para cada estado da federação de forma desagregada por ano de fabricação, CEP, tipo de combustível, cor, potência, tipo de restrição, marca e modelo ou tipo espécie e eixos. Para este estudo, é necessário conhecer a quantidade da frota agregada por tipo de combustível, por categoria de veículo e por estado. No entanto, como a base de dados apresenta ou a frota por categoria de veículo ou por tipo de combustível para cada estado foram realizados alguns procedimentos para agregar estes dois conjuntos de dados. Inicialmente, deve-se baixar as planilhas “quantidade de veículos por uf município e combustível” e “frota por uf e tipo de veículo” ambas no **mês de junho**.

3.1.1 Tabela 1: Frota por tipo de combustível

Em seguida, deve-se inserir os dados referentes a quantidade de veículos por combustível por estado na **Tabela 1** da planilha.

3.1.2 Tabela 2: Sintetização da Tabela 1

No Quadro 1, estão os tipos de combustíveis disponíveis nos dados do SENATRAN e a sintetização dos combustíveis nas categoriais mais relevantes para esta pesquisa, visto que há uma grande diversidade de combustíveis. Assim, nesta pesquisa foram consideradas as seguintes categorias de combustíveis: veículos à álcool, a gás natural veicular (GNV), a diesel, flex, elétricos e a gasolina. Na planilha, a **Tabela 2** apresenta apenas os dados das categorias citadas anteriormente.

Quadro 1 - Combustíveis considerados na análise:

Tipo de Combustível	Categoria Considerada
ALCOOL	ALCOOL
ALCOOL/GAS NATURAL COMBUSTIVEL	ALCOOL
ALCOOL/GAS NATURAL VEICULAR	GNV
ALCOOL/GASOLINA	FLEX
DIESEL	DIESEL
DIESEL/ELETRICO	ELÉTRICO
DIESEL/GAS NATURAL COMBUSTIVEL	DIESEL
DIESEL/GAS NATURAL VEICULAR	GNV

¹<https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/transito/senatran/estatisticas>

ELETRICO/FONTE EXTERNA	ELÉTRICO
ELETRICO/FONTE INTERNA	ELÉTRICO
ETANOL/ELETRICO	ELÉTRICO
GAS METANO	DESCONSIDERADO
GAS NATURAL VEICULAR	GNV
GAS/NATURAL/LIQUEFEITO	DESCONSIDERADO
GASOGENIO	DESCONSIDERADO
GASOL/GAS NATURAL COMBUSTIVEL	GASOLINA
GASOLINA	GASOLINA
GASOLINA/ALCOOL/ELETRICO	ELÉTRICO
GASOLINA/ALCOOL/GAS NATURAL	GNV
GASOLINA/ELETRICO	ELÉTRICO
GASOLINA/GAS NATURAL VEICULAR	GNV
HÍBRIDO PLUG-IN	DESCONSIDERADO

3.1.3 Tabela 3: Frota por tipo de veículo

Em seguida, utilizou-se os dados do RENAVAM referentes a categoria de veículos para realizar uma seleção das categorias de veículos relevantes para esta pesquisa. No Quadro 2, estão representadas as categorias e quais foram considerados ou desconsiderados. Assim, nesta pesquisa as categorias consideradas são: automóvel, caminhão, caminhão trator, caminhonete, camioneta, micro-ônibus, motocicleta, motoneta, ônibus e utilitário. Na planilha, deve-se preencher a [Tabela 3](#) apenas com as categorias consideradas.

Quadro 2 - Veículos considerados na análise:

Tipo de Veículo SENATRAN	Categoria Considerada
AUTOMÓVEL	CONSIDERADO
BONDE	DESCONSIDERADO
CAMINHÃO	CONSIDERADO
CAMINHÃO TRATOR	CONSIDERADO
CAMINHONETE	CONSIDERADO
CAMIONETA	CONSIDERADO
CHASSI PLATAFORMA	DESCONSIDERADO
CICLOMOTOR	DESCONSIDERADO
MICRO-ÔNIBUS	CONSIDERADO
MOTOCICLETA	CONSIDERADO
MOTONETA	CONSIDERADO
ÔNIBUS	CONSIDERADO
QUADRICICLO	DESCONSIDERADO
REBOQUE	DESCONSIDERADO
SIDE-CAR	DESCONSIDERADO
OUTROS	DESCONSIDERADO
TRATOR ESTEIRA	DESCONSIDERADO
TRATOR RODAS	DESCONSIDERADO
TRICICLO	DESCONSIDERADO
UTILITÁRIO	CONSIDERADO

3.1.4 Fator de correção da frota

Com as duas bases de dados apenas com os dados relevantes para a pesquisa, foi verificado que havia uma diferença no total da frota por categoria e da frota por combustível de modo que foi necessário aplicar um fator de correção para poder calcular a frota agregada por categoria e por

combustível para cada estado, o fator de correção FC_{frota} foi calculado conforme a Equação 1, onde o numerador F_{ct} é o total da frota da Tabela 2 e o denominador F_{vt} é o total da frota da Tabela 3.

$$FC_{frota} = \frac{F_{ct}}{F_{vt}} \quad (1)$$

3.1.5 Tabela 4: Correção da Tabela 3 pelo fator de correção

Para esta pesquisa, os dados da frota por tipo de veículo foram seguidos fielmente e os da frota por combustível foram utilizados apenas como uma referência para os cálculos. Por isso, o fator de correção calculado anteriormente é utilizado para multiplicar cada valor da Tabela 3, resultando na Tabela 4.

3.2 Aba <ESTADO>: Frota por estado

Em seguida, foi necessário considerar algumas premissas para encontrar a quantidade da frota por veículo e por combustível de forma agregada. Para isto, foi considerado, conforme o Quadro 3, os seguintes combustíveis para as seguintes categorias de veículos.

Quadro 3 - Relação tipo de combustível – Categoria de veículo:

Categoria de veículo	Tipo de combustível
AUTOMÓVEL	GNV
	FLEX
	ÁLCOOL
	GASOLINA
	ELÉTRICO
CAMINHÃO	DIESEL
CAMINHÃO TRATOR	DIESEL
CAMINHONETE	GASOLINA
	DIESEL
	ELÉTRICO
CAMIONETA	GASOLINA
	DIESEL
	ELÉTRICO
MICRO-ÔNIBUS	DIESEL
MOTOCICLETA	GASOLINA
MOTONETA	GASOLINA
ÔNIBUS	DIESEL
UTILITÁRIO	FLEX
	GASOLINA
	ELÉTRICO

Foi realizado alguns procedimentos e verificou-se que com estas premissas, é possível calcular a frota. Nas próximas seções, encontra-se a metodologia que deve ser utilizada para determinar a frota por tipo de combustível e por tipo de veículo para cada estado. A variação que pode haver de estado para estado é a presença ou não da gasolina nos veículos de passeio². Assim, cada estado em cada ano possui uma Caixa de Texto na planilha onde está especificado conforme o uso ou não dos combustíveis para cada tipo de veículo.

3.2.1 Tabela 5 e Tabela 6: Frota

As Tabelas 5 e 6 correspondem, respectivamente, a frota por combustível (Tabela 2) e a frota corrigida por tipo de veículo (Tabela 4) de cada ano e estado. Na Tabela 6, há uma terceira coluna que representa a quantidade de veículos desconsiderando os veículos elétricos, calculados na Tabela 7, para poder determinar a quantidade de veículos para cada combustível.

3.2.2 Tabela 7: Veículos elétricos

Nesta pesquisa, apenas o automóvel, a caminhonete, a camioneta e o utilitário apresentaram a modalidade elétrica. Assim, para determinar a quantidade destes veículos, deve-se calcular, primeiramente, a quantidade total de veículos de passeio VP_t , ou seja, todos os veículos que possuem uma parcela elétrica (Equação 2).

$$VP_t = Automoveis + Caminhonetes + Camionetas + Utilitrios \quad (2)$$

Em seguida, deve-se extrair a proporção destes veículos, isto é, calcular a porcentagem que cada categoria possui do resultado da Equação 2 por meio da Equação 3. Aqui, P_{tipo} representa essa proporção, F_{tipo} representa o tamanho da frota *tipo* e F_{elec} representa o tamanho da frota de veículos elétricos.

$$P_{tipo} = \frac{F_{tipo}}{F_{elec}} \quad (3)$$

Assim, ao multiplicar os resultados da Equação 3 com o valor da frota elétrica (Tabela 5), tem-se a quantidade de veículos elétricos para cada categoria. A quantidade de veículos para cada categoria desconsiderando os modelos elétricos é determinada pela subtração da segunda coluna da Tabela 6 pelo resultado da multiplicação da Equação 2 pela frota elétrica (Tabela 5) para cada categoria, apresentando o resultado na terceira coluna da Tabela 6.

3.2.3 Ônibus, Micro-ônibus, Caminhão e Caminhão Trator

A frota de ônibus, micro-ônibus, caminhão e caminhão-trator foi considerada apenas com o combustível óleo diesel, portanto não foi necessário nenhum procedimento de cálculo.

3.2.4 Motocicleta e Motoneta

A frota de motocicleta e motoneta foi considerada apenas com a gasolina, portanto não foi necessário nenhum procedimento de cálculo.

3.2.5 Tabela 8: Utilitários

Os veículos utilitários foram divididos em flex e gasolina. Como os automóveis também foram considerados flex, é necessário incluir os dados dos automóveis para determinar a quantidade de utilitários flex. O primeiro passo consiste em calcular o total de automóveis e utilitários. Em seguida, deve-se calcular a proporção de automóveis e utilitários em relação a soma de ambos.

Dependendo do estado, esta proporção pode ou não ser utilizada para determinar a quantidade de utilitários flex. Há algumas condições que devem ser impostas para não haver um resultado negativo para a quantidade de veículos flex: se a multiplicação da porcentagem de utilitários pela frota flex (álcool/gasolina) for superior a quantidade total de utilitários, deve-se considerar que a quantidade total de utilitários é totalmente flex, sem a parcela da gasolina. Caso contrário, se a multiplicação da porcentagem de utilitários pela frota flex (álcool/gasolina) for inferior a

quantidade total de utilitários, deve-se utilizar o resultado desta multiplicação para a quantidade de utilitários flex. Este cálculo está representado na Equação 4.

$$U_{flex} = \begin{cases} U, & \text{se } (flex \times P_U) > U \\ flex \times P_U, & \text{caso contrário} \end{cases} \quad (4)$$

Em que U_{flex} é a frota de utilitários flex, U é a frota de utilitários, $flex$ é a frota de veículos flex e P_U é a proporção de utilitários em comparação com a frota automóveis + utilitários.

Por fim, para determinar a quantidade de utilitários à gasolina, basta subtrair os utilitários flex dos utilitários. Lembrando que como os veículos flex operam em álcool e gasolina, ao não haver nenhum veículo à gasolina, isto significa que não há nenhum veículo a gasolina pura.

3.2.6 Tabela 9: Automóveis

Os automóveis foram divididos em quatro categorias, sendo que todos os veículos à álcool e a GNV foram considerados como automóveis. Para determinar a quantidade de automóveis flex, deve-se realizar o cálculo conforme a Equação 5, em que algumas condições foram estabelecidas para que não haja uma quantidade superior de automóveis flex do que o disponível em automóveis.

Na Equação 5, caso a multiplicação da proporção de automóveis pela frota flex resultar maior que a quantidade de automóveis (Tabela 6) ou se a soma da quantidade de automóveis a álcool, a GNV e flex resultar superior a quantidade de automóveis, em ambos os casos, haveria um aumento na quantidade da frota. Por isso, nestes dois casos, a quantidade de veículos flex é determinada pela subtração da frota de automóveis (Tabela 6) pela frota de automóveis a álcool e a GNV. Dessa forma, não há nenhum automóvel repetido ou faltando e, portanto, não há nenhum automóvel a gasolina pura.

Caso essas condições resultem em um valor inferior a quantidade de automóveis, a quantidade de automóveis flex é determinada pela multiplicação da proporção de automóveis pela frota flex.

$$A_{flex} = \begin{cases} A - A_{alcool} - A_{GNV}, & \text{se } (P_A \times flex > A) \vee (A_{alcool} + A_{GNV} + P_A \times flex > A) \\ flex \times P_A, & \text{caso contrário} \end{cases} \quad (5)$$

Notação:

- A : Frota total de automóveis
- A_{flex} : Frota de automóveis flex
- A_{alcool} : Frota de automóveis à álcool
- A_{GNV} : Frota de automóveis à GNV
- P_A : Proporção de automóveis em comparação com a frota automóveis + utilitários

O valor de automóveis à gasolina é obtido por meio da Equação 6, podendo retornar positivo ou nulo. O cálculo apresenta a seguinte condição, caso subtração da quantidade de automóveis pela quantidade da frota de automóveis a álcool, a GNV e flex resulte negativa, não há automóveis a gasolina. No entanto, caso o resultado seja positivo, este valor representa a quantidade de automóveis a gasolina.

$$A_{gasolina} = \begin{cases} 0, & \text{se } A - A_{alcool} - A_{flex} - A_{GNV} < 0 \\ A_{alcool} - A_{flex} - A_{GNV}, & \text{caso contrário} \end{cases} \quad (6)$$

3.2.7 Tabela 10: Caminhonetes e Camionetas

As caminhonetes e as camionetas foram divididas em elétricas, a gasolina e a diesel. Na [Tabela 10](#), inicialmente, é necessário determinar a frota de diesel disponível ($diesel_{disp}$), visto que outros veículos utilizam apenas diesel (caminhão, caminhão trator, micro-ônibus e ônibus; presentes na [Tabela 6](#)), isto é calculado pela Equação 7, com a subtração entre a frota total a *diesel* e os tipos previamente descritos

$$diesel_{disp} = diesel - caminhao - caminhao-trator - micro-onibus - onibus \quad (7)$$

Em seguida, é realizada a mesma proporção que foi realizada anteriormente (para os automóveis e utilitários), para caminhonetes e camionetas já descontando a parcela que é elétrica de ambos os veículos. O próximo passo consiste em determinar a quantidade de caminhonetes e camionetas que são à gasolina, subtraindo a frota total destes tipos pelas quantias que são à diesel.

3.2.8 Tabela 11: Resumo das frotas por tipo e combustível; por estado

A [Tabela 11](#) apresenta o resultado de cada tipo de veículo por tipo de combustível em cada estado e ano.

3.2.9 Aba ONSV_<ANO>: Resultados da frota agregada

Nesta aba, encontra-se os resultados agrupados pela categoria veicular e tipo de combustível por estado. Deve-se inserir esta aba na Planilha **Full Data**.

4 Planilha Full Data

4.1 Aba MOR: Mortes no Trânsito

4.2 Aba DEN: Frota por tipo de veículo

4.3 Aba POP: População Brasileira

4.4 Aba COMB: Consumo de combustível

4.4.1 Tabela 12: Fatores de Correção - Diesel - CORR-DSL

4.4.2 Fator de Correção 1: Valor Nacional - BEN

4.4.3 Fator de Correção 2: Transformação - BEN

4.4.4 Fator de Correção 3: Setor Energético - BEN

4.4.5 Fator de Correção 4: Comercial - BEN

4.4.6 Fator de Correção 5: Setor Público - BEN

4.4.7 Fator de Correção 6: Setor Industrial - BEN

4.4.8 Fator de Correção 7: Diesel Agropecuário - Aba AGRO_DSL

4.4.9 Fator de Correção 8: Diesel Ferroviário - Aba FERRO_DSL

4.4.10 Fator de Correção 9: Diesel Hidroviário - Aba HIDRO_DSL

4.5 Fator de Correção do Álcool: CORR_ALC

4.5.1 Fator de Correção 1: Valor Nacional - CORR_ALC

4.5.2 Fator de Correção 2: Consumo não energético - CORR_ALC

4.5.3 Fatores de Correção: Aba CORR

4.6 Aba GNV: Gás Natural Veicular

4.7 Aba COMB_CORR: Combustível Corrigidos

4.8 Flex

4.9 Aba TAX: Taxa de consumo de combustível

4.10 Aba KM-ANO: Quilometragem percorrida

4.11 Distribuição dos veículos conforme os combustíveis

4.11.1 Aba DIST_<COMB>_<VEIC>: Tabela 17

4.11.2 Aba DIST_<COMB>_<VEIC>: Tabela 18

4.11.3 Aba DIST_<COMB>_TOT: Tabela 19

4.12 Aba DIST_FROT_TOT

4.13 Aba KMA.FROT: Quilometragem total

4.14 Aba KMA: Quilometragem média anual

4.15 Aba INDICE: Índice de mortes por bilhão de quilômetros percorridos