

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
ESCOLA DE ENGENHARIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

**Caroline Mello Kopplin**

**ANÁLISE DOS DADOS DE ACIDENTALIDADE DA BR-392  
ENTRE O PORTO DE RIO GRANDE E O MUNICÍPIO DE  
PELOTAS**

Porto Alegre  
novembro 2015

**CAROLINE MELLO KOPPLIN**

**ANÁLISE DOS DADOS DE ACIDENTALIDADE DA BR-392  
ENTRE O PORTO DE RIO GRANDE E O MUNICÍPIO DE  
PELOTAS**

Projeto de Pesquisa do Trabalho de Diplomação a ser apresentado ao Departamento de Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Civil

**Orientadora: Christine Tessele Nodari**

Porto Alegre  
novembro 2015

**CAROLINE MELLO KOPPLIN**

**ANÁLISE DOS DADOS DE ACIDENTALIDADE DA BR-392  
ENTRE O PORTO DE RIO GRANDE E O MUNICÍPIO DE  
PELOTAS**

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRA CIVIL e aprovado em sua forma final pela Professora Orientadora e pela Coordenadora da disciplina Trabalho de Diplomação Engenharia Civil II (ENG01040) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, 30 de novembro de 2015.

Prof.<sup>a</sup> Christine Tessele Nodari  
Dra. em Engenharia de Transportes pela UFRGS  
Orientadora

**BANCA EXAMINADORA**

**Prof.<sup>a</sup> Christine Tessele Nodari (UFRGS)**  
Dra. em Engenharia de Transportes pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

**Prof. Daniel Sérgio Presta Garcia (UFRGS)**  
Dr. em Engenharia de Transportes pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

**Prof.<sup>a</sup> Raquel da Fonseca Holz (UFPEL)**  
Dra. em Engenharia de Transportes pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Dedico este trabalho à pequena Vicky, minha adorável  
companheira de quatro patas.

## **AGRADECIMENTOS**

Nesta página desejo expressar minha enorme gratidão à Deus, pela minha saúde, pela minha capacidade de reflexão, de cautela e de discernimento de condutas éticas; por ter tido a chance de conhecer pessoas que somaram em minha vida e durante a minha graduação; por mostrar-me o caminho certo, por mais que o trajeto tenha sido sofrido ou não.

À professora orientadora Christine Tessele Nodari, pelo esforço em me oferecer uma orientação de qualidade, construindo com valiosas críticas e incentivos para o desenvolvimento deste trabalho.

Aos componentes da banca professores Raquel da Fonseca Holz e Daniel Sérgio Presta Garcia pelo tempo dedicado à análise do meu trabalho e pelas importantes contribuições.

Aos meus colegas de aula e amigos de longa data que durante muito tempo compartilhamos momentos de angústias, mas também de alegrias, em particular à Caroline Penteado, Rafael Scaramussa, Taís Vicenzi e Guilherme Fuhrmeister, provando que todas as pessoas que passam em nossa vida, sempre passam por algum propósito, por mais breve que seja, eles sempre nos deixam algum aprendizado.

Aos meus avós Yolanda e Wilson Mello, pela infância maravilhosa que me proporcionaram, a qual vem a tona através das minhas lembranças para me confortar em momentos difíceis; minha mãe Gislaine, pelo carinho e incentivo de nunca desistir dos meus sonhos; aos meus tios Gilvana e José Diniz pelo conforto que me forneceram nos momentos difíceis; e à toda a minha família que sempre torceu pelas minhas conquistas.

## RESUMO

O objetivo desse trabalho de conclusão foi analisar graficamente a frequência absoluta de acidentes, o volume de tráfego e a taxa de acidentalidade em um trecho de rodovia, a fim de discutir sobre o índice que melhor possa representar a acidentalidade de uma via. Elucidou-se problemas usuais de interpretação dos dados, como o uso exclusivo da frequência absoluta de acidentes quando não se leva em conta a exposição ao acidente. Por outro lado, as análises evidenciaram que, devido a presença da aleatoriedade, a análise a partir da frequência absoluta de acidentes e da taxa de acidentalidade podem levar a conclusões diferentes sobre o risco de acidentes. Assim, é necessário considerar também outros fenômenos como o da sazonalidade e da regressão à média que usualmente são descritas na literatura. Utilizou-se séries de longos períodos para mostrar que o levantamento de acidentes após um tratamento de segurança viária pode não ser proveniente deste, por mais que o resultado tenha sido menor que o do período anterior. Através dos gráficos também foi possível identificar padrões de comportamento das variáveis, como tendência, ciclo, sazonalidade e aleatoriedade. Foi aplicado o método das Médias Móveis a fim de demonstrar que é possível isolar a componente da sazonalidade da série histórica, suavizando as flutuações de modo a tornar a série mais estável para futuras previsões. Além de identificar dados que oscilam em torno de seu valor médio, sugerindo a presença do fenômeno da regressão à média. Conforme afirma a literatura, ressaltou-se da importância de se determinar os locais e características críticas de uma via para que se tenha uma avaliação mais cuidadosa da sua segurança.

Palavras-chave: Análise de Dados de Acidentalidade. Segurança Viária. Médias Móveis. Sazonalidade.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Série de frequência absoluta de acidentes de trânsito.....	13
Figura 2 – Etapas da pesquisa .....	16
Figura 3 – Padrões de comportamento da série histórica.....	24
Figura 4 – Possibilidades de existência do FRM.....	26
Figura 5 – Trecho da BR-392 entre o Porto de Rio Grande e o município de Pelotas.....	27
Figura 6 – FAA registrados no ano de 2006.....	30
Figura 7 – Série anual da FAA registrados entre 2006 e 2014.....	31
Figura 8 – Taxa de Acidentalidade, FAA, quantidade de viagens, no período do ano de 2006 à 2014, na rodovia BR-392, no trecho entre o Porto de Rio Grande (km 0,0) e Pelotas (km 68,4).....	33
Figura 9 – Análise dos dados entre outubro de 2013 e maio de 2014.....	34
Figura 10 – Análise dos dados entre junho de 2010 a fevereiro de 2011.....	36
Figura 11 – Série histórica real da FAA e tendência linear.....	48
Figura 12 – Série histórica artificial da MMS e tendência linear.....	48
Figura 13 – Índice de sazonalidade mensal da FAA.....	50
Figura 14 – Análise da presença do FRM.....	51
Figura 15 – Movimentação de carga no Porto de Rio Grande em 2014 e o índice de sazonalidade da FAA da BR-392.....	53

## LISTA DE FIGURAS DOS ANEXOS

Figura C.1 – Série histórica real de volume de tráfego e sua tendência linear.....	88
Figura C.2 – Série histórica artificial da MMS dos volumes de tráfego e tendência linear do MMS.....	88
Figura C.3 – Índice de sazonalidade do volume de veículos.....	89

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Dados utilizados na fórmula 4 para determinação das taxas de acidentalidade .....	33
Tabela 2 – Dados de outubro de 2013 a maio de 2014.....	34
Tabela 3 – Dados de junho de 2010 a fevereiro de 2011.....	37
Tabela 4 – Cálculo da coluna (2): soma móvel de 12 meses.....	39
Tabela 5 – Cálculo da coluna (3): soma móvel de 2 períodos.....	41
Tabela 6 – Cálculo da coluna (4): MMS.....	43
Tabela 7 – Cálculo da coluna (5): índice de sazonalidade de todos os períodos da série.	44
Tabela 8 – Cálculo da coluna (6): índice de sazonalidade mensal.....	45
Tabela 9 – cálculo da coluna (7): série dessazonalizada.....	46
Tabela 10 – Descrição das colunas planilha de cálculo da MMS.....	47
Tabela 11 – Índice de sazonalidade.....	49

## LISTA DE TABELAS DOS ANEXOS

Tabela A.1 – Banco de dados da série histórica.....	58
Tabela B.1 – Categorias de veículos utilizadas na praça de pedágio.....	64
Tabela B.2 – Dados de volume de tráfego registrados na praça de pedágio.....	65
Tabela C.1 – Planilha de cálculo da MMS para a sazonalidade da FAA.....	70
Tabela C.2 – Planilha de cálculo da MMS para a sazonalidade do volume de tráfego....	79
Tabela C.3 – Índice de sazonalidade do volume de veículos.....	89



## **LISTA DE SIGLAS**

FAA – Frequência Absoluta de Acidentes

FRM – Fenômeno de Regressão à Média

MMS – Média Móvel Simples

UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul

VDM – Volume Diário Médio

VDMA – Volume Diário Médio Anual

VQP – Veículos-Quilômetro Percorrido

VT – Volume Total

## LISTA DE SÍMBOLOS

E – extensão do trecho

F – frota de veículos

$Q_t$  – quantidade de viagens

D – quilometragem média percorrido pelo veículo

N – número de acidentes, de feridos ou de vítimas fatais

N – número de acidentes em um ponto

A – número de acidentes em um trecho

P – período de tempo

Q – população do local, frota de veículos, volume de tráfego, extensão da via

$T_a$  – taxa de acidentalidade

$T_{a_p}$  – taxa de acidentalidade em um ponto

$T_{a_t}$  – taxa de acidentalidade em um trecho

V – VDMA que passa no ponto

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	12
<b>2 DIRETRIZES DA PESQUISA</b> .....	14
2.1 QUESTÃO DA PESQUISA .....	14
2.2 OBJETIVOS DA PESQUISA .....	14
<b>2.2.1 Objetivo Principal</b> .....	14
<b>2.2.2 Objetivos Secundários</b> .....	14
2.3 PRESSUPOSTO .....	15
2.4 DELIMITAÇÕES .....	15
2.5 LIMITAÇÕES .....	15
2.6 DELINEAMENTO .....	15
<b>3. ANÁLISES DE SEGURANÇA VIÁRIA</b> .....	18
3.1 DADOS FUNDAMENTAIS PARA ANÁLISE DE ACIDENTE.....	18
3.2 MEDIDAS DE ACIDENTALIDADE.....	19
<b>3.2.1 Frequência Absoluta de Acidentes (FAA)</b> .....	19
<b>3.2.2 Volume de Tráfego: Medida de Exposição à Acidentalidade</b> .....	20
<b>3.2.3 Taxas de Acidentalidade (<math>Ta</math>): Medida de Risco de Acidentalidade</b> .....	20
3.3 A IMPORTÂNCIA DA ANÁLISE DE LONGOS PERÍODOS.....	23
<b>3.3.1 Padrões de Comportamento da Série Histórica</b> .....	23
<b>3.3.2 O Fenômeno da Regressão à Média (FRM)</b> .....	25
<b>4 METODOLOGIA</b> .....	27
<b>5 ANÁLISE DOS DADOS DE ACIDENTALIDADE DA BR-392 ENTRE O PORTO DE RIO GRANDE E O MUNICÍPIO DE PELOTAS</b> .....	29
5.1 ANÁLISE DA TAXA DE ACIDENTALIDADE, FREQUÊNCIA ABSOLUTA DE ACIDENTES, VOLUME DE TRÁFEGO E IDENTIFICAÇÃO DOS PADRÕES DE COMPORTAMENTO.....	29
<b>5.1.1 Análise da Frequência Absoluta de Acidentes (FAA)</b> .....	30
<b>5.1.2 Análise da Relação entre FAA, <math>Ta</math> e Volume de Tráfego</b> .....	32
5.2 ANÁLISE DA SAZONALIDADE, USANDO O MÉTODO DA MÉDIA MÓVEL SIMPLES (MMS).....	37
<b>5.2.1 Etapas de Cálculo do Índice de Sazonalidade Através da MMS</b> .....	38
5.2.1.1 Coluna (2): Soma Móvel de 12 Meses.....	38
5.2.1.2 Coluna (3): Soma Móvel de 2 Períodos (24 Meses).....	40
5.2.1.3 Coluna (4): Média Móvel Simples (MMS).....	41
5.2.1.4 Coluna (5): Índice de Sazonalidade para Todos os Períodos da Série.....	43

5.2.1.5 Coluna (6): Índice de Sazonalidade Mensal.....	44
5.2.1.6 Coluna (7): Série Desazonalizada.....	45
<b>5.2.2 Análise da Sazonalidade da FAA.....</b>	<b>47</b>
5.3 ANÁLISE DO FRM.....	50
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>52</b>
REFERÊNCIAS.....	55
ANEXO A.....	57
ANEXO B.....	63
ANEXO C.....	69

## 1 INTRODUÇÃO

Segundo o levantamento do Departamento de Polícia Rodoviária Federal (BRASIL, [2010]), somente no ano de 2010 ocorreram 14.476 acidentes nas estradas federais do Rio Grande do Sul, gerando elevados custos para a sociedade. As causas que apontam estes números são diversas, sejam elas humanas, viário ambientais ou devido aos próprios veículos ou ao conjunto de dois ou mais destes. Entretanto, é a partir da identificação correta destes fatores contribuintes e do planejamento de ações baseadas nestas informações que a minimização dos acidentes pode ser mais eficiente (CHAGAS, 2015).

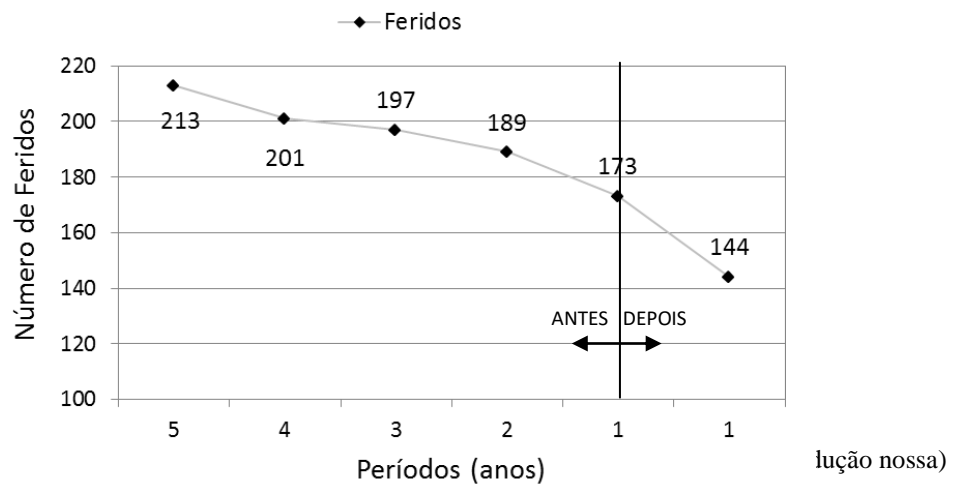
De acordo com Ferraz et al. (2008), antigamente, os acidentes eram considerados eventos aleatórios, que ocorriam independente de qualquer fator. No entanto, com o maior empenho de alguns países na diminuição dos seus números de acidentes, através de medidas sustentadas cientificamente, as pesquisas apontam que parte dos acidentes de trânsito podem ser medidos, previsíveis e evitáveis.

Ainda que a disponibilidade de dados de acidentes de trânsito seja precária, acredita-se que uma das formas mais eficientes de tratar a insegurança viária seja de maneira reativa, ou seja, utilizando-se informações históricas dos acidentes com a finalidade de identificar pontos críticos de segurança em uma determinada via e, então, ser possível a adequada adoção de medidas corretivas nestes locais (NODARI, 2003). Logo, conclui-se que os dados de acidentes são os melhores indicadores de problemas na segurança viária.

Entretanto, muitas vezes, estes dados não são tratados de forma adequada antes de serem informados à sociedade. Com o objetivo de passar uma informação de maneira simples, constantemente a mídia falha quando se compara o número de acidentes registrados antes e depois de um programa de educação no trânsito ou de uma melhoria na via. Para ilustrar esta situação, a figura 1 apresenta os números de feridos, provenientes de um tipo de acidente de trânsito, durante o período de 7 anos registrados em um local da cidade de Toronto. Em um determinado ano, foi implementado um programa para melhorar a segurança no trânsito, conforme indicado na figura. Um ano antes do programa, 173 pessoas ficaram feridas e, após o primeiro ano de atuação do programa, registrou-se 144 pessoas feridas no mesmo tipo de acidente (VINGILIS et al., 1979, tradução nossa). A redução foi 29 lesões (com um desvio

padrão de 18). Entretanto, caso o programa não fosse praticado naquele ano, não é adequado supor que o resultado seria o mesmo do ano anterior, somente analisando os números de antes e depois. Analisando-se os registros à um longo período, a série histórica já apresenta uma tendência decrescente do número de feridos (HAUER, 1997, tradução nossa).

Figura 1 – série histórica do número de feridos em acidentes de trânsito



A finalidade de analisar corretamente os dados de acidentes é identificar com precisão os pontos críticos em uma via, fornecer subsídios para a adoção de melhorias e avaliar se, após determinado tratamento, houve efetiva melhoria na segurança viária.

Ainda que os números absolutos de acidentes de trânsito tenham sofrido redução em um período, em uma determinada via, não se pode afirmar que esta apresentou maior segurança que no período do ano anterior. Deste modo, para mostrar que a escolha de um determinado índice de acidentalidade pode ser equivocada sem analisar os demais dados, este trabalho apresenta análises de acidentalidade no trecho da BR-392 compreendido entre os quilômetros km 0,0 e km 68,4, entre o Porto de Rio Grande e o município de Pelotas, por meio de gráficos de dados levantados no período de 2006 a 2014.

## **2 DIRETRIZES DA PESQUISA**

As diretrizes para desenvolvimento do trabalho são descritas nos próximos itens.

### **2.1 QUESTÃO DE PESQUISA**

A questão de pesquisa do trabalho é: a forma de análise dos dados de acidentalidade pode influenciar na avaliação da segurança viária no trecho da rodovia em estudo?

### **2.2 OBJETIVOS DA PESQUISA**

Os objetivos da pesquisa estão classificados em principal e secundários e são descritos a seguir.

#### **2.2.1 Objetivo Principal**

O objetivo principal deste trabalho é a demonstração das diferentes conclusões que se pode chegar ao avaliar dados de acidentalidade e de volumes de tráfego registrados no período do ano de 2006 a 2014, no trecho entre o km 0,0 e o km 68,4 da rodovia BR-392.

#### **2.2.2 Objetivos Secundários**

Entre os objetivos secundários deste trabalho de diplomação pode-se citar:

- a) comparação de análise de acidentalidade com uso da frequência absoluta de acidentes e com a taxa de acidentalidade;
- b) demonstração da importância de se utilizar dados de acidentalidade de longos períodos para uma avaliação eficiente da segurança viária;
- c) identificação da presença da sazonalidade e do fenômeno da Regressão à Média na acidentalidade.

## 2.3 PRESSUPOSTO

Os dados sobre os números de acidentes não analisados de forma adequada e em um curto período de tempo podem expressar equivocadamente o real risco de acidentalidade que uma via possui. Por isso, deve-se decidir entre o que é mais apropriado: a utilização da taxa de acidentalidade ou da frequência absoluta de acidentes, ou ainda ambos.

## 2.4 DELIMITAÇÕES

O trabalho delimita-se ao trecho entre os quilômetros km 0,0 e km 68,4 da BR-392, entre os municípios de Rio Grande e Pelotas, no período de 2006 a 2014.

## 2.5 LIMITAÇÕES

O trabalho limita-se às variáveis quantitativas provenientes dos dados de número de acidentes e do volume do tráfego, ambos registrados pela Ecosul – Empresa Concessionária de Rodovias do Sul S.A., na praça de pedágio do município de Capão Seco, km 52,18 da BR-392. As demais variáveis qualitativas influentes, como a presença de chuva e obras na rodovia considerada não são isoladas e controladas no estudo.

Este trabalho também não visa avaliar a acidentalidade da rodovia, o qual necessitaria de um estudo mais amplo e complexo, mas analisar problemas mais usuais de interpretação dos dados de acidentes.

## 2.6 DELINEAMENTO

O trabalho foi realizado através das etapas apresentadas a seguir que estão representadas na figura 2 e são descritas nos próximos parágrafos:

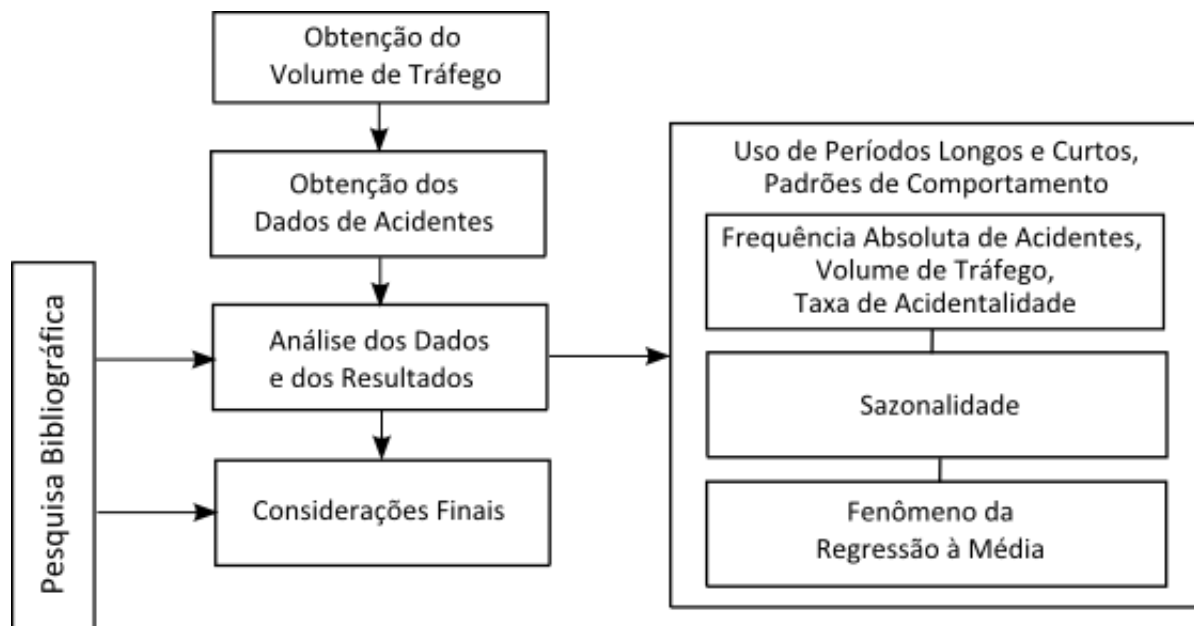
- a) pesquisa bibliográfica;
- b) obtenção do volume diário de veículos da rodovia;
- c) levantamento dos dados de acidentes na rodovia;
- d) análise dos dados selecionados,



- demonstração gráfica e discussão teórica sobre a diferença de interpreta o entre a frequência absoluta de acidentes e a taxa de acidentalidade;
- demonstração gráfica e discussão teórica sobre a importância de se utilizar uma base de dados de acidentalidade de longos períodos;
- identifica o dos tipos de oscila es e do fenômeno da Regressão   Média na acidentalidade através de gráficos;

e) considera es finais.

Figura 2 – etapas da pesquisa



(fonte: elaborado pela autora)

Ao longo da análise dos dados e dos resultados, bem como para as considera es finais deste trabalho, realizou-se uma **pesquisa bibliográfica**, essencial para a execu o do trabalho, a fim de promover o entendimento a cerca do assunto. Tanto as informa es sobre segurança viária quanto os seus métodos de análise originaram-se da leitura de livros, artigos científicos, teses de doutorado e disserta es de mestrado.

Inicialmente, foi **escolhida uma rodovia para ser analisada**, do estado do Rio Grande do Sul, a qual se condicionou   obten o do seu volume de veículos e dos acidentes de trânsito nela ocorridos. O **volume de veículo** foi obtido da empresa concessionária da rodovia, registrado diariamente pela sua praça de pedágio, em um determinado período. Concomitantemente, foram solicitadas as **informa es sobre os acidentes de trânsito** com a própria concessionária.

A partir das etapas anteriores, foram feitas as análises de relacionamento da **frequência absoluta de acidentes, das taxas de acidentalidade ( $Ta$ ) e dos volumes de tráfego**. Também foi analisado a presença dos fenômenos da **sazonalidade e da Regressão à Média (FRM)**. Ao longo de todos os casos discutidos, foi analisado o uso das variáveis do banco de dados em **curtos e longos períodos** e a identificação dos **padrões de comportamento** dos dados. Estas análises foram dadas a partir do desenvolvimento de gráficos e discutidas teoricamente.

Foram **analisados os resultados** com embasamento da pesquisa bibliográfica e do conhecimento prévio de estatística e da análise de gráficos. Por fim, foram feitas as **considerações finais**, baseadas da análise dos resultados, bem como por meio das referências estudadas para a realização do trabalho.

### 3 ANÁLISES DE SEGURANÇA VIÁRIA

O conhecimento histórico dos dados associados à acidentalidade é importante devido à análise de possíveis relações entre as variáveis ao longo do tempo ou para prognóstico estatístico. Para o embasamento e entendimento do presente estudo, este capítulo abordará a importância de determinadas medidas de acidentalidade e os métodos de análise através da sua série histórica e discutirá as distorções mais comuns que ocorrem nas análises de acidentalidade.

#### 3.1 DADOS FUNDAMENTAIS PARA ANÁLISE DE ACIDENTES

Para quantificar e analisar a acidentalidade em um local de tráfego, é de suma importância a constituição de um banco de dados. Alguns destes dados são registrados nos boletins de ocorrência da polícia militar ou rodoviária e pelas concessionárias de rodovias, quando estas estão concedidas ao sistema público-privado. Outros, como volume de tráfego, geralmente encontram-se nos bancos de dados de órgãos estaduais ou nos registros das concessionárias.

Segundo a American Association of State Highway and Transportation Officials (2010), estes dados incluem, principalmente, as seguintes informações:

- a) dados sobre o acidente: são os elementos que descrevem as características gerais do acidente, como
  - o local,
  - data e hora,
  - gravidade,
  - tipo do acidente,
  - veículos e as pessoas envolvidas;
- b) dados das características do local: consiste nas informações físicas do local do acidente, como
  - a classificação da via,
  - número de faixas,
  - presença de canteiros ou barreiras,
  - largura da pista e do acostamento;
- c) dados de volume de tráfego

- Volume Diário Médio Anual, VDMA de veículos,
- Veículos-Quilômetro Percorrido (VQP) em um segmento de via, e outros tipos de volume.

Além destes dados, é importante ressaltar que para a análise da acidentalidade de uma determinada via é importante a identificação dos locais críticos, ou seja, onde é maior a concentração dos acidentes. A determinação dos locais críticos e das características críticas constitui o estudo de acidentalidade mais importante em relação à futuras medidas corretivas, adequadas e possíveis de serem implementadas (FERRAZ ET AL., 2008).

No entanto, para que isso ocorra, é necessário o processamento/ sistematização dos dados informados, objetivando a quantificação dos acidentes e a sua totalização mediante às suas similaridades, como tipo de acidente, gravidade, entre outras características.

## 3.2 MEDIDAS DE ACIDENTALIDADE

A segurança viária é medida fundamentalmente através da frequência, do tipo e da gravidade dos acidentes, em um determinado período, a qual pode ser observada em uma via, em um trecho da via, em uma interseção ou outros conjuntos geométricos e condições operacionais de tráfego (AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS, 2010, tradução nossa).

Neste item, serão abordadas as medidas de quantificação de acidentalidade utilizadas para o objetivo principal deste estudo.

### 3.2.1 Frequência Absoluta de Acidentes (FAA)

De acordo com Hauer (1997, p. 47, tradução nossa) “a FAA é a matéria-prima a partir da qual as avaliações de tratamento são formadas”. Ela permite comparar, de uma forma simples, os períodos antes e depois de um tratamento de segurança viária.

### **3.2.2 Volume de Tráfego: Medida de Exposição à Acidentalidade**

A probabilidade de ocorrência de um acidente pode estar associada a fatores aleatórios e não aleatórios. A probabilidade de ocorrência de acidentes, devido a fatores aleatórios, em diferentes segmentos, tendem a possuir valores muito próximos. Por outro lado, quando se compara dois segmentos e a probabilidade de ocorrência de acidentes de um segmento for maior do que a probabilidade de ocorrência no outro, quer dizer que no primeiro há uma maior exposição a acidentes sob influência de fatores não aleatórios (DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA E TRANSPORTES, 2009).

De acordo com Ogden (1996, p. 106, tradução nossa) “em princípio, o conceito de exposição é relativamente simples: quanto mais uma pessoa está envolvida no tráfego rodoviário (quantidade de viagens), é mais provável que a pessoa se envolverá em um acidente.”. Isto quer dizer que o número de acidentes está relacionado à exposição e geralmente aumenta com o aumento da exposição.

A medida de exposição pode ser definida como a quantidade de viagens de veículos ou de usuários. Uma vez que a FAA é conhecida, o risco pode ser calculado e, neste caso, pode ser utilizado para melhorar as condições da segurança viária (HAKKERT; BRAIMASTER, 2002, tradução nossa).

Portanto, conforme os conceitos abordados acima, no presente trabalho a exposição deve ser interpretada como a exposição do veículo ao risco de acidente, ou seja, a probabilidade de ocorrer um acidente. Logo, neste trabalho, a medida de exposição será interpretada através do volume de tráfego.

### **3.2.3 Taxas de Acidentalidade ( $Ta$ ): Medida de Risco de Acidentes**

O risco de acidentalidade, tratado no contexto da segurança viária, pode ser deduzido a partir da razão entre a FAA ou o número de vítimas ou fatalidades provenientes do trânsito e de medida de exposição que pode estar relacionada com o fluxo de tráfego (HAKKERT; BRAIMASTER, 2002, tradução nossa). Esta razão é chamada de taxa de acidentalidade ( $Ta$ ) a qual representa a probabilidade da ocorrência de acidente, conforme a fórmula 1:

$Ta = \text{Número de acidentes ao longo de um determinado período de tempo} /$  (fórmula 1)

Valor da exposição durante o mesmo período de tempo.

Sendo:

$Ta$  = taxa de acidentalidade ou de vítimas.

Segundo Ferraz et al. (2008, p. 65), a segurança viária não é avaliada apenas pela FAA, mas também pela  $Ta$ , a qual, entre outros índices, permite a comparação adequada da acidentalidade viária entre locais de tráfego similares, assim como com outras causas que ocasionam lesões e mortes, como doenças, homicídios e outros. O autor ainda salienta que:

[...] os índices mais apropriados para avaliar a segurança no trânsito de um país, estado, município ou região, ou a segurança de um ou outro tipo de veículo, são as taxas anuais de mortes em relação à quilometragem percorrida pela frota de veículos (veículos-quilômetro percorridos) [...]

Conforme Nodari (2003), as taxas de acidentalidade geram análises mais efetivas pois agregam à análise o nível de exposição que os pontos críticos da via estão submetidos. Também é razoável esperar que uma via onde há um maior volume de tráfego possua mais acidentes.

O cálculo das taxas de acidentalidade, segundo Ferraz et al. (2008), é expressa pela fórmula 2:

$$Ta = N/Q \quad \text{(fórmula 2)}$$

Sendo:

$Ta$  = taxa de acidentalidade ou de vítimas;

$N$  = número de acidentes, de feridos ou de vítimas fatais;

$Q$  = população do local, frota de veículos, volume de tráfego, extensão da via ou a quantidade de transporte ( $Q_t$ ) que é expressa em veículos-quilômetros percorrido ou passageiros-quilômetro percorridos.

A quantidade de transporte em um local, seja ele um país, estado, cidade, via, ou outro, é expressa pela fórmula 2, segundo Ferraz et al. (2008):

$$Q_t = F \times D \quad (\text{fórmula 3})$$

Sendo:

$Q_t$ = quantidade de transporte;

$F$ = frota de veículos;

$D$ = quilometragem média percorrido pelo veículo.

O cálculo da  $Ta$  em um ponto da via em relação ao volume de tráfego, a cada milhão de veículos que passam, de acordo com Ferraz et al. (2008), é:

$$Ta_p = (N \times 10^6) / (P \times V) \quad (\text{fórmula 4})$$

Sendo:

$Ta_p$ = taxa de acidentalidade em um ponto;

$N$ = número de acidentes no ponto no período  $P$ ;

$P$ = período de tempo;

$V$ = VDMA que passa no ponto.

Para determinar a  $Ta$  em um trecho de via, a cada milhão de veículos-quilômetro que percorre o trecho, segundo Ferraz et al. (2008), utiliza-se fórmula 4:

$$Ta_t = (A \times 10^6) / (P \times V \times E) \quad (\text{fórmula 5})$$

Sendo:

$Ta_t$ = taxa de acidentalidade em um trecho;

$A$ = número de acidentes no trecho no período  $P$ ;

$P$ = período de tempo;

$V$ = VDMA que passa no trecho;

$E$ = extensão do trecho.

### 3.3 A IMPORTÂNCIA DAS ANÁLISES DE LONGOS PERÍODOS

Para avaliar a eficácia de um tratamento de segurança viária, na redução da frequência de acidentes, deve-se considerar, preferencialmente, o histórico de acidentes em um longo período da rodovia. A avaliação da segurança viária é mais complexa do que simplesmente comparar os períodos antes e depois de um tratamento, pois mudanças na frequência de acidentes podem ocorrer nos locais em tratamento entre os períodos antes e depois, mesmo se este não houvesse sido implementado. Logo, há muitos fatores que podem afetar a frequência dos acidentes ao longo do tempo, incluindo mudanças em volumes de tráfego, clima e comportamento dos condutores (AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS, 2010, tradução nossa).

Muitos métodos de avaliação de segurança viária podem induzir o avaliador a uma distorção dos resultados. O Estudo Antes-Depois, por exemplo, é usado para prever o número de acidentes esperado para o período “depois” do tratamento, se este não tivesse sido implementado. Porém, em muitos casos, este método simplista “[...] reflete uma ingênua e geralmente irrealista crença de que com o passar do tempo[...]” os resultados não estariam associados com outras mudanças, além do tratamento, que poderiam também afetar a segurança viária (HAUER, 1997, p. 73, tradução nossa).

Segundo Ogden (1996, tradução nossa) este também é o método menos satisfatório, devido à falta de controle de fatores externos. Por exemplo, ao longo da década dos anos oitenta, vários países experimentaram uma redução muito substancial dos acidentes totais com vítimas. Se um tratamento implementado no meio da década foi avaliado utilizando, por exemplo, de 3 a 5 períodos (anos) antes e depois, seria muito provável a apresentação de uma redução significativa em acidentes no período “depois”, quando comparado com o período “antes”. Entretanto, isso pode ter sido apenas uma tendência refletida em todo o país, tendo pouco a ver com o tratamento efetuado.

#### 3.3.1 Padrões de Comportamento da Série Histórica

Existe um sistema de componentes que exerce influência sobre o modo como um determinado dado varia, ao longo do tempo de uma série histórica, caracterizando um certo comportamento. Ao avaliar as séries históricas pode-se identificar padrões desse



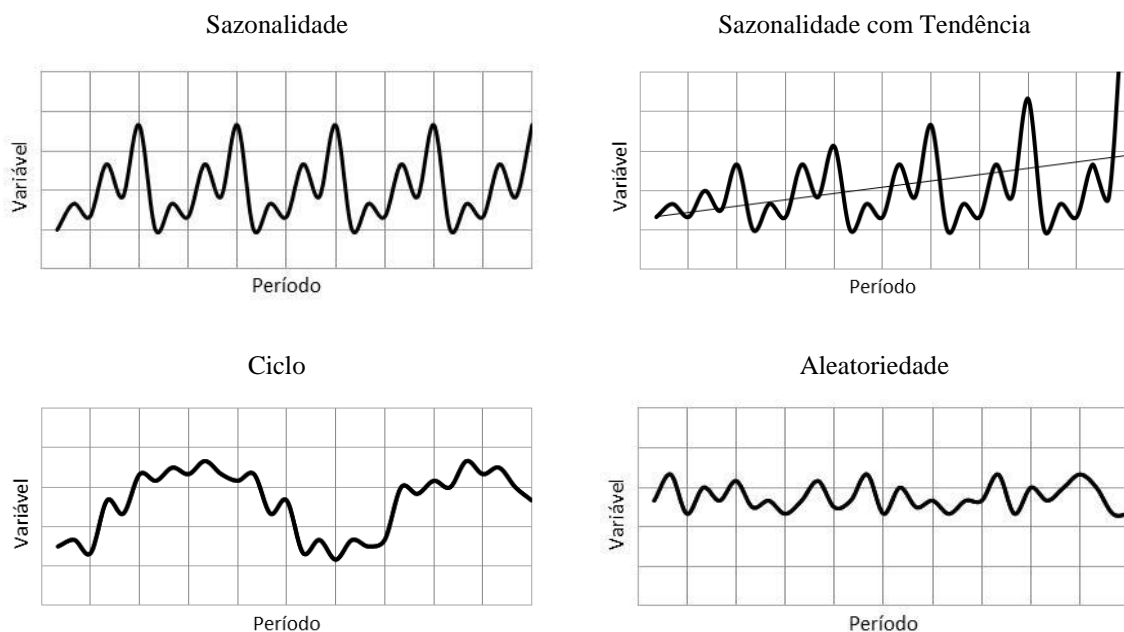
comportamento de uma variável de interesse possibilitando prever como ela se comportará no futuro e, portanto, orientar a uma tomada de decisão (REIS; LINO, 2015).

Segundo Framarim (2003), há quatro componentes que estão presentes em uma série histórica, os quais representam os movimentos da série em curto e longo prazos:

- a) tendência (T): representa o crescimento ou declínio da série a longo prazo, em movimento não oscilatório, usada para previsões;
- b) ciclo (C): é um movimento oscilatório, cujo comprimento de onda é maior que um ano geralmente identificado em séries de longo prazo;
- c) sazonalidade ou estacionalidade (E): importante para séries de curto prazo, a sazonalidade caracteriza-se pela oscilação que segue um padrão anual, cujo comprimento de onda é menor que um ano, e está relacionada com variações sazonais (por exemplo, variações mensais do volume de tráfego);
- d) aleatoriedade (A): representada por pequenas oscilações e sempre presente ao longo de uma série histórica.

Os gráficos da figura 3 representam o comportamento destes padrões.

Figura 3 – padrões de comportamento da série histórica



(fonte: adaptada de REIS; LINO, 2015)

### 3.3.2 O Fenômeno da Regressão à Média (FRM)

O geógrafo e antropólogo inglês Francis Galton foi o primeiro cientista a aplicar métodos estatísticos para estudar as diferenças entre as pessoas e percebeu que se qualquer processo não apresentasse o FRM, iria acabar fora de controle. Galton notou que pais muito altos tendiam a ter filhos altos, porém mais baixos do que eles próprios. Ao contrário, pais muito baixos tendiam a ter filhos baixos, mas mais altos do que eles. O cientista percebeu então que, a altura dos filhos tende a ficar entre a altura dos pais e a altura média da população geral. Ou seja, a altura dos filhos regride à média. Caso este fenômeno não ocorresse, os filhos de pais altos teriam, em média, a mesma altura dos pais. Alguns deles teriam altura maior que de seus pais e, desta forma, com o passar das gerações, as pessoas seriam cada vez mais altas. O mesmo aconteceria com os filhos de pais baixos, gerando pessoas cada vez mais baixas (MLODINOW, 2009).

O mesmo se verifica nos dados de acidentalidade. Existe uma tendência aleatória dos acidentes oscilarem ao longo dos anos. Muitas vezes, não existe uma causa que se possa justificar o aumento ou a diminuição do número de acidentes quando não houver mudanças físicas ou de tráfego em um local. O FRM provém desta aleatoriedade a qual é identificada na série histórica dos registros de acidentes (FRAMARIM, 2003).

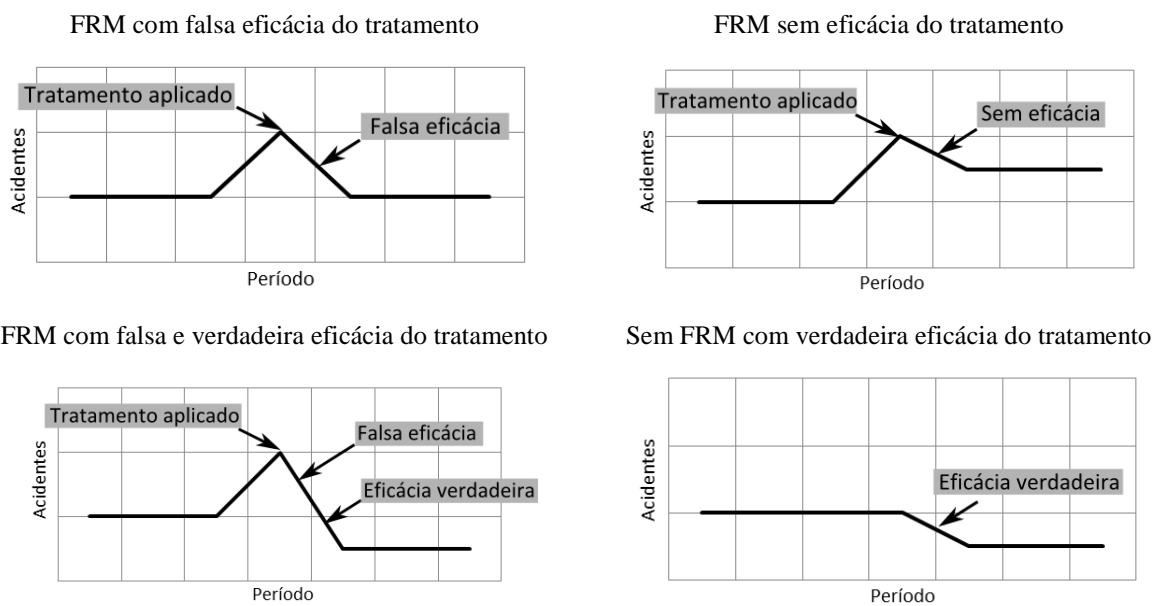
Neste caso, a frequência dos acidentes por unidade de tempo tenderá a flutuar sobre um valor médio devido ao acaso natural da ocorrência de acidentes. Como os locais são geralmente selecionados para o tratamento com base na frequência de acidentes em comparação a todos os outros locais, há uma grande possibilidade de que os locais a serem escolhidos serão aqueles cuja contagem de acidente for mais elevada do que a média a longo prazo. Mesmo sem tratamento, a taxa de acidentes nestes locais está propensa a sofrer uma taxa inferior no ano seguinte (OGDEN, 1996).

A partir da implementação de melhorias de segurança em um local, faz-se necessário o seu monitoramento para avaliar a sua real eficácia. Em algumas situações é verificado que houve redução de acidentes em um determinado ano, mas no ano posterior esse número de acidentes volta a um patamar médio de acidentes de acordo com a série histórica. Estas flutuações aleatórias ano por ano não estão relacionadas especificamente à um tratamento, logo não se pode afirmar que ele é o fator determinante para a redução dos acidentes, pois esta redução

pode estar associada ao FRM, causando conflito na avaliação dos resultados e superestimando a eficácia do tratamento (HAUER, 1997).

O objetivo principal de entender e identificar o FRM é fazer a correta avaliação dos benefícios de um determinado tratamento de segurança viária ou até mesmo, a tomada de decisão para a necessidade dele não ser implantado. Para ilustrar o FRM, os gráficos da figura 4 apresentam as possibilidades da existência deste fenômeno (D'AVILA et al., 2014).

Figura 4 – possibilidades de existência do FRM



(fonte: adaptada de D'ÁVILA; et al., 2014)

## 4 METODOLOGIA

O estudo desenvolvido é de natureza aplicada, pois é voltada à análise de problemas específicos da avaliação da acidentalidade viária. Envolve procedimentos de levantamento bibliográfico das principais técnicas de análise e suas limitações e a análise de um conjunto de dados para evidenciar a ocorrência das possíveis distorções identificadas no referencial teórico. Quanto aos seus objetivos, classifica-se como exploratória, uma vez que visa proporcionar maior familiaridade com o problema usando a análise de exemplos que estimulem a compreensão, e descritiva, na medida que visa descrever as características de determinada população ou fenômeno ou o estabelecimento de relações entre variáveis. A abordagem do problema se dá através de análises quantitativas dos problemas identificados. O desenvolvimento deste estudo foi realizado conforme etapas descritas na seção de delineamento deste trabalho.

Figura 5 – trecho da BR-392 entre o Porto de Rio Grande e o município de Pelotas



(fonte: adaptada de Google Earth, 2011)

A rodovia em estudo compreende um trecho de 68,4 km da BR-392, com início na entrada do Porto de Rio Grande, no município de Rio Grande, e finalizando na rótula de acesso à BR-116, no município de Pelotas. De acordo com a figura 5, observa-se que neste intervalo da rodovia, há dois trechos de pista simples e, dentre eles, o trecho já duplicado com, aproximadamente, 50 km de extensão. Neste trecho está instalada a praça de pedágio onde é registrado o volume de tráfego em ambos os sentidos da rodovia. Os acidentes ocorridos no mesmo período também foram registrados e fornecidos pela concessionária.

As análises de relacionamento da FAA, das *Tas* e dos volumes de tráfego foram realizadas, fundamentalmente, sobre a quantidade de transporte no trecho da rodovia BR-392. Os cálculos foram executados a partir das fórmulas do item 3.2.3 e com o uso do *software* Microsoft Excel 2010, e estão expostos na tabela A.1 do anexo A, bem como suas variáveis.

Também com o auxílio do programa Excel, as três variáveis foram organizadas a partir do gráfico da série histórica dos dados. Na sequência, outros gráficos foram feitos, à medida que particularidades fossem observadas na série histórica, permitindo que algumas análises fossem realizadas em diferentes períodos, dependendo do caso. Desta forma, e com o embasamento teórico, foi possível analisar os dados, apontando quais variáveis apresentam indícios de melhor representar a acidentalidade, caso a caso, discutindo-se também o comportamento dos dados apresentados ao longo da série.

Posteriormente, analisou-se o fenômeno da sazonalidade. Para isto, o trabalho aprofundou-se na decomposição da série histórica para analisar individualmente a sazonalidade das ocorrências de acidentes. O método utilizado foi o das Médias Móveis Simples (MMS), o qual suavizou a variação dos dados originais devido à sazonalidade e produziu uma série artificial sem este padrão de comportamento. Posteriormente, através de cálculos básicos, a componente sazonal foi isolada a fim de determinar o seu índice, mês a mês, que contribui para os números de acidentes da série original. Os valores da MMS estão presentes da tabela C.2 do anexo C.

Além disso, foi identificada a presença do FRM em um determinado período. Ao se excluir as possibilidades da existência de um índice de acidentalidade, e conseqüentemente, de causas para o acréscimo e o decréscimo da frequência e da *Ta*, foi calculada a média aritmética da *Ta* para confirmar a existência do FRM, através deste método.

## **5 ANÁLISE DOS DADOS DE ACIDENTALIDADE DA BR-392 ENTRE O PORTO DE RIO GRANDE E O MUNICÍPIO DE PELOTAS**

De acordo com Framarim (2003), a avaliação do efeito de um tratamento de segurança viária pode ser distorcida devido às conjunturas qualitativas (alterações do comportamento dos motoristas, fenômenos de compensação de riscos e migração de acidentes) e quantitativas. Esta última, alvo de discussão deste trabalho, são distorções provenientes de influências estatísticas e fenômenos temporais descritos nos itens anteriores.

A análise de acidentalidade dos dados do trecho da BR-392 visa relacionar todas as variáveis do banco de dados, apresentados na tabela A.1 do Anexo A, de forma a identificar possíveis distorções de interpretação da segurança. O item 5.1 compõe a análise da FAA, da *Ta* e do volume de tráfego, na tentativa de identificar os indicadores de segurança do período destacado. Simultaneamente, serão avaliados os fenômenos temporais através dos gráficos dos dados estatísticos e se esclarecerá a importância de se avaliar séries de longos períodos em detrimento das séries de curtos períodos. O item 5.2 abordará o fenômeno da sazonalidade, com mais profundidade, e o item 5.3 apresentará a presença do FRM em um determinado período.

### **5.1 ANÁLISE DA TAXA DE ACIDENTALIDADE, FREQUÊNCIA ABSOLUTA DE ACIDENTES, VOLUME DE TRÁFEGO E IDENTIFICAÇÃO DOS PADRÕES DE COMPORTAMENTO**

Primeiramente, esta seção abordará a análise sobre os dados de FAA de dois períodos da série histórica, sem levar em consideração outras informações, como a exposição à acidentalidade. O primeiro caso discutirá a interpretação da variação do número de acidentes a fim de se determinar se é possível, desta forma, afirmar qual período é mais e menos seguro. No segundo caso, será suposta a existência de um tratamento de segurança viária, em um determinado tempo, a fim de avaliar se é plausível concluir que a queda do número de acidentes é devido ou não à medida de segurança.

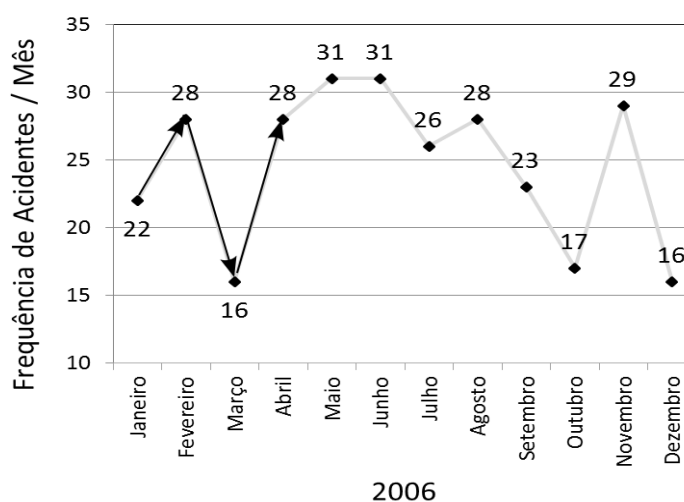
Na sequência, as análises serão realizadas sobre os dados da FAA e da *Ta*. Estas análises apontarão para as possíveis conclusões a cerca da segurança viária quando uma medida de exposição é considerada na avaliação, dando mais credibilidade à mesma.

### 5.1.1 Análise da Frequência Absoluta de Acidentes (FAA)

Embora a segurança e a FAA estejam relacionadas, elas não são sinônimos. Isso significa dizer que o número de acidentes que ocorre em um determinado local pode não ser um bom indicador da real condição de segurança deste local. Para que as contagens de acidentes sejam utilizadas como indicadores de segurança, elas devem ser adequadamente analisadas, levando em consideração outros fatores, como por exemplo, a intensidade do fluxo de veículos no local.

Os dados do ano de 2006 retratam bem esta situação. Analisando-se a acidentalidade deste período somente por meio da FAA ocorridos, dados estes apresentados no gráfico da figura 6, observa-se o quanto o número de acidentes variou na rodovia.

Figura 6 – FAA registrados no ano de 2006



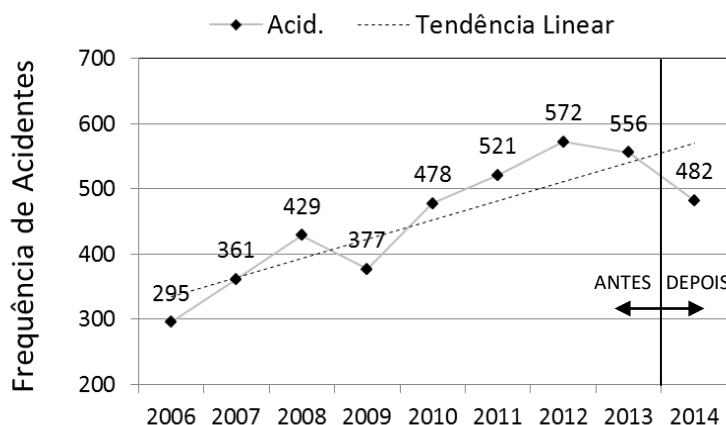
(fonte: elaborada pela autora)

Sabe-se que não se pode equiparar segurança com a FAA. Fazer isso significaria dizer que a segurança desta rodovia piorou do mês de janeiro para fevereiro, e melhorou de fevereiro para

o março, porque a FAA subiu de 22 para 28 e, logo, diminuiu para 16 e, em seguida, a segurança deteriorou-se nos meses 4 e 5 e assim por diante. Nesta lógica, meses com acidentes seriam considerados inseguros, meses sem acidentes, totalmente seguros. O que se pode observar é a presença da aleatoriedade, já que estas flutuações não podem ser atribuídas a alguma causa específica, nem podem estar ligadas a tratamentos de segurança, visto que a avaliação de acidentalidade foi feita somente através da FAA.

A figura 8 apresenta a variação anual da FAA, no período de 2006 a 2014. Com o intuito de se abordar a importância da análise de um longo período, supõe-se, após o ano de 2013, fosse implementado um tratamento de segurança no trecho em estudo da rodovia BR-392, como ilustra a figura 7.

Figura 7 – série anual da FAA registrados entre 2006 e 2014



(fonte: elaborada pela autora)

Ao se comparar a quantidade de acidentes que ocorreram depois do tratamento, com a última FAA antes dele, é possível que uma pessoa leiga no assunto conclua, de maneira ingênua, que a diminuição dos acidentes seja atribuída ao tratamento feito naquele trecho. No entanto, de acordo com os alertas feitos na revisão bibliográfica deste trabalho, é necessário avaliar um longo período antes do tratamento para que se chegue à uma conclusão sobre a sua eficácia.

Na série apresentada, observa-se que no ano de 2012 foram registrados 572 acidentes, ou seja 18 acidentes a mais que o ano de 2013. Além disso, no período entre 2006 e 2010, os registros anuais de acidentes apresentaram-se abaixo do número de acidentes em 2014. Estas oscilações



se comportam como um ciclo pois, o número de acidentes cresce por alguns anos, tem um ligeiro decréscimo e torna a crescer com mais intensidade que anteriormente, refletindo também uma tendência linear crescente nesta série histórica.

Desta forma, é incorreto concluir que a queda no número de acidentes de 2013 para 2014 foi mérito do tratamento, pois analisando os dados em um longo período, o comportamento da série histórica revela que mesmo sem o tratamento esta queda poderia ocorrer independente da sua magnitude.

### **5.1.2 Análise da Relação entre FAA, $Ta$ e Volume de Tráfego**

As taxas de acidentalidade calculadas para o banco de dados sobre os acidentes no trecho da rodovia BR-392, foram determinadas conforme os dados disponíveis e as fórmulas do item 3.2 deste trabalho. Primeiramente, decidiu-se que neste trabalho a  $Ta$  seria obtida pela quantidade de transportes, conforme a fórmula 5. A partir dos resultados, foram elaborados gráficos, sobre os quais foram analisadas as taxas de acidentalidade, a FAA e o volume de tráfego, descritos na sequência do trabalho.

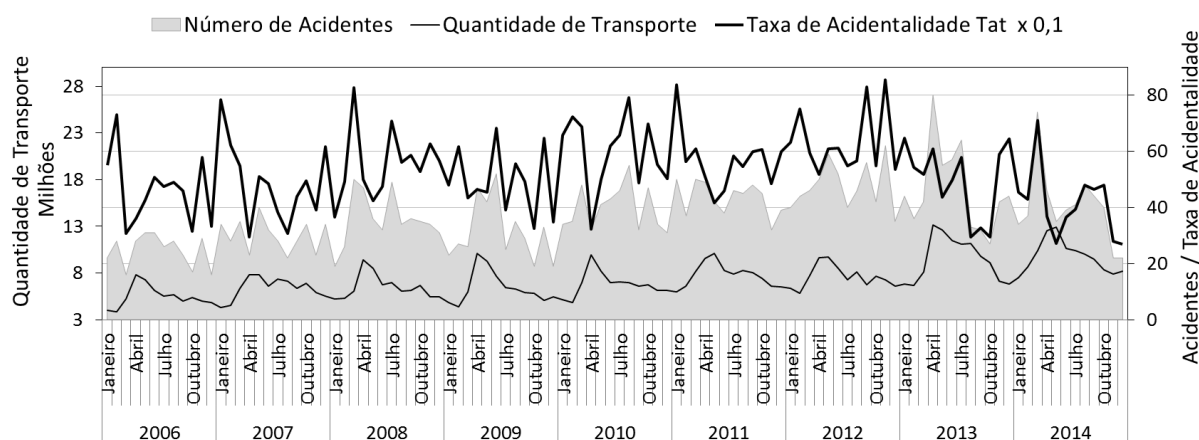
Através da fórmula 5 foram calculadas as Taxas de Acidentalidade para a quantidade de transporte presente em toda a extensão do trecho da BR-392. Isto significa dizer que o número de acidentes ocorridos em um determinado mês, dividido pelo volume de veículos registrado e distribuído uniformemente ao longo dos 68,4 km da rodovia, multiplicado por 1 milhão de veículos, representa a taxa de acidentes ocorridos a cada 1 milhão de veículos que trafegam ao longo deste trecho. A tabela 1 serve para elucidar algumas compatibilizações realizadas entre as variáveis da fórmula 4 e os dados utilizados neste cálculo.

Tabela 1 – dados utilizados na fórmula 4 para determinação das taxas de acidentalidade

Variáveis da Fórmula 4	Dados utilizados
A= número de acidentes	Frequência absoluta de acidentes no mês
P= período de tempo	1 Mês
V= VDMA que passa no trecho	Frequência absoluta de veículos que passam na praça de pedágio no mês
E= extensão do trecho	68,4 km

(fonte: elaborada pela autora)

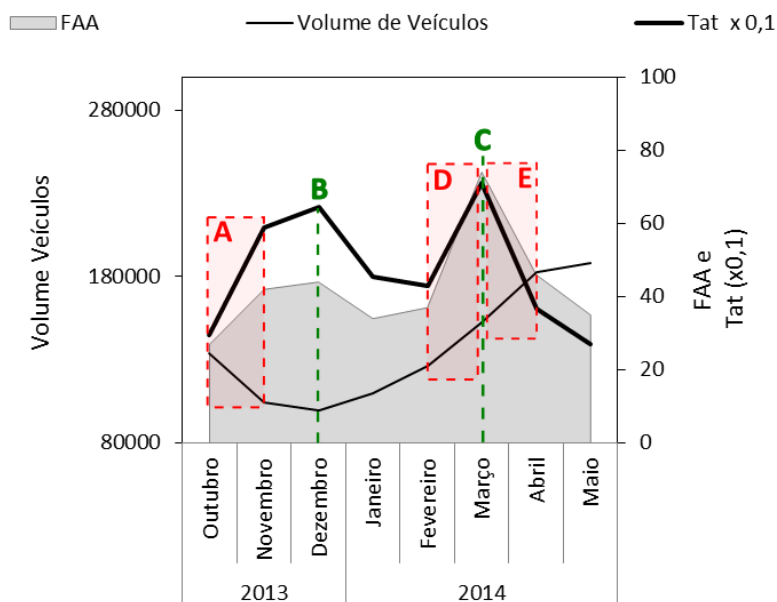
Assim, o gráfico da figura 9 representa os resultados obtidos por este cálculo, bem como a quantidade de transporte e a FAA, mês a mês, do ano de 2006 a 2014. Nele, é possível perceber algumas particularidades que são ilustradas nos gráficos seguintes.

Figura 8 –  $Ta$ , FAA, quantidade de transporte, no período do ano de 2006 à 2014, na rodovia BR-392, no trecho entre o Porto de Rio Grande (km 0,0) e Pelotas (km 68,4)

(fonte: elaborada pela autora)

O período de outubro de 2013 a maio de 2014, o qual é ilustrado na figura 10, retrata algumas peculiaridades nas oscilações dos dados. Os retângulos indicados pelas letras A, D e E e as retas indicadas por B e C referem-se aos dados de volume de veículo, FAA e  $Ta$  dos períodos apresentados na Tabela 2.

Figura 9 – análise dos dados entre outubro de 2013 e maio de 2014



(fonte: elaborada pela autora)

Tabela 2 – dados de outubro de 2013 a maio de 2014

	Período	Volume de veículos	FAA	Ta
A	outubro	133.666	27	3,0
	novembro	104.542	42	5,9
B	dezembro	99.869	44	6,4
C	março	152.241	74	7,1
D	fevereiro	126.163	37	4,3
	março	152.241	74	7,1
E	março	152.241	74	7,1
	abril	182.926	46	3,7

(fonte: elaborada pela autora)

Os dados de acidentalidade dos meses de dezembro e março (indicados pelas retas B e C, respectivamente) evidenciam que a ocorrência de acidentes está relacionada ao nível de exposição da via. Este nível de exposição está relacionado à sazonalidade de veículos que trafegam nesta via. Isto reafirma o que a literatura profere: quanto maior o volume de veículos, maior é a frequência esperada de acidentes. No mês de dezembro, o volume de veículos foi menor que no mês de março, logo esperava-se menos acidentes em dezembro. Portanto, a  $Ta$  é aproximadamente igual para os dois meses, embora a FAA seja diferente. A  $Ta$  similar destes dois meses indica que o risco de acidentes é praticamente o mesmo em dezembro de 2013 e em março de 2014. Caso fosse avaliada a segurança destes meses apenas pela FAA, o mês de abril seria considerado um mês mais inseguro que dezembro. Isto destaca a importância de considerar o nível de exposição na análise da acidentalidade.

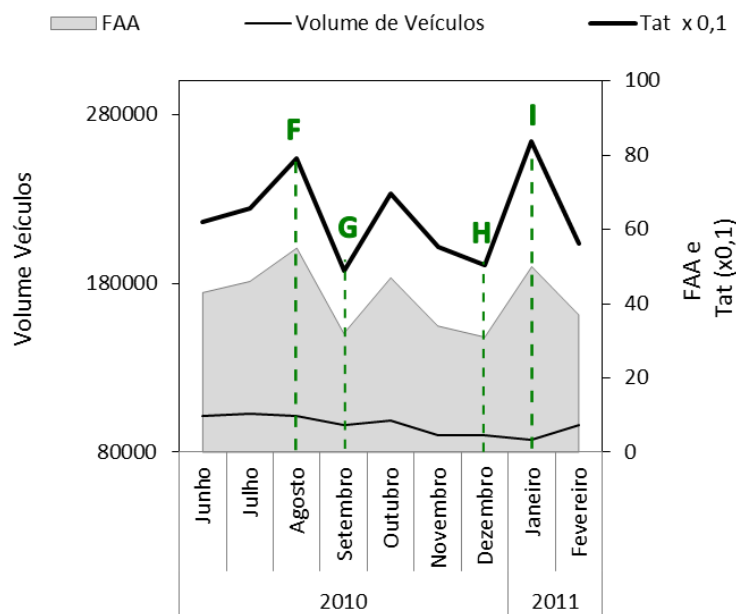
Os dados do período indicado por D, evidenciam uma concordância entre a ocorrência de acidentes e a exposição à ela. O aumento da FAA acompanha a tendência de acréscimo do volume de veículos, elucidando que quanto maior o volume de veículos, mais acidentes ocorrerão. No entanto, a  $Ta$  também acompanhou este acréscimo, ao contrário do caso anteriormente analisado, em que a  $Ta$  apresentou-se aproximadamente o mesmo valor. A grande diferença da  $Ta$  entre fevereiro e março pode ser devido, às FAAs do período apresentarem uma taxa de variação maior que a taxa de variação do volume de veículos. Isto também é percebido na figura 10, no período delimitado pelo retângulo D. A inclinação da reta da FAA é notadamente maior que a inclinação da reta do volume de veículos, evidenciando que ocorreram mais acidentes além daqueles relacionados à exposição.

Os dados referentes aos períodos indicados pelos retângulos A e E não seguem a mesma lógica. Em A, enquanto o volume de veículos decresce, a FAA aumenta. Em E, o volume de veículos evolui, enquanto que a FAA diminui. Estes dois casos sugerem que os acidentes não ocorreram devido ao volume de veículos. Ou seja, partindo do pressuposto que quanto maior a exposição ao volume de veículos, maior será o número de acidentes, neste caso, não se pode ter nem a  $Ta$ , nem a FAA como indicadores de acidentalidade, sendo necessária uma investigação mais detalhada do local, pois não há como concluir, desta forma, qual período foi mais ou menos seguro de se trafegar.

O gráfico da figura 11 retrata uma situação onde o volume de tráfego é aproximadamente constante ao longo dos meses, enquanto que o número de acidentes ora diminui, ora aumenta.

Naturalmente, as *Tas* acompanham mesma oscilação. Baseando-se na lógica de que a FAA deveria ser proporcional ao volume de veículos, o gráfico deveria apresentar todas as linhas aproximadamente constantes. Logo, neste caso, a FAA e a *Ta* não apresentam uma relação com o volume de veículos e estão indicando que a variação do risco de acidentalidade revelado pelos dados não decorre do nível de exposição, podendo ser obra do acaso ou de causas específicas que ocorreram os períodos de pico. Certamente, com uma investigação mais aprofundada, seria possível levantar qual a causa dos períodos de maior frequência de acidentes ou associar esta oscilação ao fenômeno da aleatoriedade e, por conseguinte, da Regressão à Média. Esta análise será realizada no item 5.3.

Figura 10 – análise dos dados entre junho de 2010 a fevereiro de 2011



(fonte: elaborada pela autora)

Os dados analisados da série de junho de 2010 a fevereiro de 2011 estão resumidamente apresentados na tabela 3.

Tabela 3 – dados de junho de 2010 a fevereiro de 2011

Mês	Volume de veículos	FAA	Ta
F	101.691	55	7,9
G	95.828	32	4,9
H	90.182	31	5,0
I	87.478	50	8,4

(fonte: elaborada pela autora)

## 5.2 ANÁLISE DA SAZONALIDADE, USANDO O MÉTODO DA MÉDIA MÓVEL SIMPLES (MMS)

A análise de uma série histórica requer a decomposição da série para se analisar individualmente um ou mais componentes da série original. Para decompor a série histórica de ocorrência de acidentes da rodovia em estudo, Framarim (2013) supõe que o valor dos dados originais é o produto dos quatro componentes que relacionam-se entre si, cujas causas são distintas, sendo elas:

- a) tendência;
- b) ciclo;
- c) estacionalidade ou sazonalidade;
- d) aleatoriedade.

A análises de tendência e da sazonalidade permitem determinar se os dados da série se comportam de maneira sistemática e a identificação deste comportamento pode ser útil para se ter expectativas do comportamento futuro da série. Porém, é importante observar que, segundo Reis e Lino (2015), “para se obter as variações sazonais recomenda-se que a série temporal tenha, no mínimo, quatro anos completos (16 trimestres, 48 meses, por exemplo). Caso contrário, será mais difícil confirmar a existência da regularidade inerente às variações sazonais [...]”.

Sendo uma série de no mínimo quatro anos, isolando-se a componente sazonal dos dados originais, é possível comparar dados de diferentes meses de forma a determinar a ocorrência do acréscimo ou decréscimo dos acidentes, conforme as expectativas.

### **5.2.1 Etapas de Cálculo do Índice de Sazonalidade Através da MMS**

A seguir, serão apresentadas as etapas de cálculo para se chegar no índice de sazonalidade, com o objetivo que se poder analisar uma série histórica de dados, sem a influência da sazonalidade, originando uma série de dados artificial e a sua tendência. Como exemplo, serão utilizados os dados da FAA podendo ser substituído por outros dados como o voume de veículos, como será visto posteriormente. Por fim, a comparação entre a série real e a série artificial poderá ser ser visualizada através de gráficos.

As etapas referem-se método utilizado para se chegar aos resultados presentes em cada coluna da planilha de calculo, neste caso, da tabela C.2 do Anexo C. No decorrer das etapas, parte desta planilha será apresentada para melhor elucidar o desenvolvimento dos cálculos.

#### **5.2.1.1 Coluna (2): Soma Móvel de 12 Meses**

Como a série é registrada mensalmente, e a tendência deve ser obtida por MMS, é preciso calcular MMS de 12 períodos, pois há 12 meses no ano. Entretanto, como este número de períodos é par, MMS de 2 períodos, calculadas a partir daquelas de 12 períodos, precisam ser obtidas para se obter resultados centrados.

As linhas mais escuras na tabela 4, indicam os períodos "centrais" das MMSs de ordem 12, que não têm correspondente na série original. A mesma tabela apresentará os dados utilizados nos cálculos seguintes, resultando nos dados da coluna (2).

Para facilitar o trabalho, calculam-se apenas as somas móveis de 12 meses da seguinte forma:

- a) os primeiros 12 períodos são os 12 meses de 2006: 2006-1, 2006-2, 2006-3, até 2006-12. A soma móvel deles (igual a 295) deve ficar no centro destes períodos, ou seja, 2006-5 e 2006-6, que é um período inexistente na série original;

b) em seguida ignora-se 2006-1 e inclui-se 2007-1: 2006-2, 2006-3,..., 2006-12, 2007-1. A soma móvel (igual a 307) deve ficar entre 2006-6 e 2009-7, novamente inexistente na série original;

c) prossegue-se até os 12 últimos períodos: 2014-1, 2014-2, 2014-3, até 2014-12. A soma móvel (igual a 482) deve ficar entre 2014-5 e 2014-6.

Tabela 4 – cálculo da coluna (2): soma móvel de 12 meses

Coluna	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	
Ano	Mês	FAA	Soma Móvel 12 meses	Soma Móvel 2 períodos	MMS 12 meses	Índice de Sazonalidade de todos os períodos da série	Índice de Sazonalidade Mensal	Série Desazonalizada
2006	Janeiro	22						
	2006-1							
	Fevereiro	28						
	2006-2							
	Março	16						
	2006-3							
	Abril	28						
	2006-4							
	Maio	31						
	2006-5		295					
	Junho	31						
	2006-6		307					
	Julho	26						
	2006-7		307					
	Agosto	28						
	2006-8		326					
	Setembro	23						
	2006-9		321					
	Outubro	17						
	2006-10		330					
	Novembro	29						
	2006-11		331					
	Dezembro	16						
	2006-12		333					

(fonte: elaborada pela autora)



### 5.2.1.2 Coluna (3): Soma Móvel de 2 Períodos (24 Meses)

A tabela 5 apresentará os dados utilizados nos cálculos seguintes, resultando nos dados da coluna (3). A próxima etapa é calcular as somas móveis de 2 períodos, agrupando-se 2 somas móveis de 12 meses calculados anteriormente:

- a) o total móvel de 12 meses que está entre 2006-5 e 2006-6, com o que está entre 2006-6 e 2006-7, cujo resultado (602) deverá ficar em 2006-Junho (passando a ter correspondente na série original);
- b) o total móvel de 12 meses que está entre 2006-6 e 2006-7, com o que está entre 2006-7 e 2006-8, cujo resultado (614) deverá ficar em 2006-Julho (passando a ter correspondente na série original);
- c) prossegue-se até as últimos 2 somas móveis de 12 períodos: entre 2014-4 e 2014-5 e entre 2014-5 e 2014-6, cujo resultado (986) deverá ficar em 2014-Maio.

Tabela 5 – cálculo da coluna (3): soma móvel de 2 períodos

	Coluna	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Ano	Mês	FAA	Soma Móvel 12 meses	Soma Móvel 2 períodos	MMS 12 meses	Índice de Sazonalidade de todos os períodos da série	Índice de Sazonalidade Mensal	Série Desazonalizada
2006	Janeiro	22						
	2006-1							
	Fevereiro	28						
	2006-2							
	Março	16						
	2006-3							
	Abril	28						
	2006-4							
	Maio	31						
	2006-5		295					
	Junho	31		602				
	2006-6		307					
Julho	26		614					
2006-7		307						
Agosto	28		633					
2006-8		326						
Setembro	23		647					
2006-9		321						
Outubro	17		651					
2006-10		330						
Novembro	29		661					
2006-11		331						
Dezembro	16		664					
2006-12		333						

(fonte: elaborada pela autora)

### 5.2.1.3 Coluna (4): Média Móvel Simples (MMS)

Calculou-se a MMS, conforme a fórmula 6, para o período de 12 meses da série, posicionando o resultado no 6º mês. Progressivamente, acrescentou-se o valor do mês seguinte, desprezando-se o primeiro da média imediatamente anterior, e calculando novas médias, que vão se movendo até o fim da série, apresentados na coluna (4) da tabela 6.

$$\text{MMS} = (x_1 + x_2 + \dots + x_{n-1} + x_n) / n \quad (\text{fórmula 6})$$

Sendo:

MMS= média móvel simples;

N= número de períodos escolhidos;

x= valor real observado no período.

Observe que ao se calcular as MMSs alguns períodos ficam sem tendência, porque os resultados das médias são postos no centro dos períodos, conforme se verifica na coluna (4) da tabela 6.

Agora, divide-se as somas móveis de 2 períodos por 24 (pois foram agrupados dois conjuntos de 12 meses cada), e obtém-se as MMS centradas na coluna (4). Nota-se que faltam MMSs para 6 meses no início da série e para 6 no final, pois as MMSs iniciais envolvem 12 períodos. Se a série fosse trimestral faltariam 2 períodos no início e 2 no final.

Tabela 6 – cálculo da coluna (4): MMS

	Coluna	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Ano	Mês	FAA	Soma Móvel 12 meses	Soma Móvel 2 períodos	MMS 12 meses	Índice de Sazonalidade de todos os períodos da série	Índice de Sazonalidade Mensal	Série Desazonalizada
2006	Janeiro	22						
	2006-1							
	Fevereiro	28						
	2006-2							
	Março	16						
	2006-3							
	Abril	28						
	2006-4							
	Maio	31						
	2006-5		295					
	Junho	31		602	25,08			
	2006-6		307					
Julho	26		614	25,58				
2006-7		307						
Agosto	28		633	26,38				
2006-8		326						
Setembro	23		647	26,96				
2006-9		321						
Outubro	17		651	27,13				
2006-10		330						
Novembro	29		661	27,54				
2006-11		331						
Dezembro	16		664	27,67				
2006-12		333						

(fonte: elaborada pela autora)

#### 5.2.1.4 Coluna (5): Índice de Sazonalidade para Todos os Períodos da Série

Para se obter os índices sazonais, pode-se determiná-lo pelo método aditivo ou multiplicativo. Neste trabalho escolheu-se utilizar o método multiplicativo. Logo, para encontrar os 12 índices sazonais, já que há 12 meses no ano, pelo método escolhido, deve-se dividir os valores originais da série, ou seja, os valores da coluna (1), pelas médias centradas presentes na coluna (4), dando origem aos índices sazonais mensais do período de 2006 a 2014

apresentados na coluna (5) da tabela 7. Os índices foram calculados somente para os períodos onde haviam a média centrada de 2 períodos.

Tabela 7 – cálculo da coluna (5): índice de sazonalidade de todos os períodos da série

	Coluna	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Ano	Mês	FAA	Soma Móvel 12 meses	Soma Móvel 2 períodos	MMS 12 meses	Índice de Sazonalidade de todos os períodos da série	Índice de Sazonalidade Mensal	Série Desazonalizada
2006	Janeiro	22						
	2006-1							
	Fevereiro	28						
	2006-2							
	Março	16						
	2006-3							
	Abril	28						
	2006-4							
	Maio	31						
	2006-5		295					
	Junho	31		602	25,08	1,24		
	2006-6		307					
Julho	26		614	25,58	1,02			
2006-7		307						
Agosto	28		633	26,38	1,06			
2006-8		326						
Setembro	23		647	26,96	0,85			
2006-9		321						
Outubro	17		651	27,13	0,63			
2006-10		330						
Novembro	29		661	27,54	1,05			
2006-11		331						
Dezembro	16		664	27,67	0,58			
2006-12		333						

(fonte: elaborada pela autora)

#### 5.2.1.5 Coluna (6): Índice de Sazonalidade Mensal

Agora, é necessário calcular a média dos índices de sazonalidade de cada mês, presentes na coluna (5) para resultar no índice de sazonalidade mensal, cujos resultados encontram-se na

coluna (6) da tabela 8, assim como são apresentados em forma de gráfico na figura 13 e também na tabela 9.

Tabela 8 – cálculo da coluna (6): índice de sazonalidade mensal

Coluna	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	
Ano	Mês	FAA	Soma Móvel 12 meses	Soma Móvel 2 períodos	MMS 12 meses	Índice de Sazonalidade de todos os períodos da série	Índice de Sazonalidade Mensal	Série Desazonalizada
2006	Janeiro	22					0,90	
	2006-1							
	Fevereiro	28					0,87	
	2006-2							
	Março	16					1,19	
	2006-3							
	Abril	28					1,18	
	2006-4							
	Maio	31					1,12	
	2006-5		295					
	Junho	31		602	25,08	1,24	1,13	
	2006-6		307					
	Julho	26		614	25,58	1,02	1,08	
	2006-7		307					
	Agosto	28		633	26,38	1,06	0,97	
	2006-8		326					
	Setembro	23		647	26,96	0,85	0,93	
	2006-9		321					
	Outubro	17		651	27,13	0,63	0,89	
	2006-10		330					
Novembro	29		661	27,54	1,05	0,92		
2006-11		331						
Dezembro	16		664	27,67	0,58	0,83		
2006-12		333						

(fonte: elaborada pela autora)

#### 5.2.1.6 Coluna (7): Série Desazonalizada

Para se remover a sazonalidade da série, divide-se os valores originais de cada mês da coluna (1) pelo índice sazonal do seu respectivo mês, presentes na coluna (6), resultando em uma

série artificial, cujos dados apresenta-se na coluna (7), permitindo que estes sejam também visualizados no gráfico da figura 13.

Tabela 9 – cálculo da coluna (7): série desazonalizada

	Coluna	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Ano	Mês	FAA	Soma Móvel 12 meses	Soma Móvel 2 períodos	MMS 12 meses	Índice de Sazonalidade de todos os períodos da série	Índice de Sazonalidade Mensal	Série Desazonalizada
2006	Janeiro	22					0,90	24
	2006-1							
	Fevereiro	28					0,87	32
	2006-2							
	Março	16					1,19	13
	2006-3							
	Abril	28					1,18	24
	2006-4							
	Maio	31					1,12	28
	2006-5		295					
	Junho	31		602	25,08	1,24	1,13	28
	2006-6		307					
Julho	26		614	25,58	1,02	1,08	24	
2006-7		307						
Agosto	28		633	26,38	1,06	0,97	29	
2006-8		326						
Setembro	23		647	26,96	0,85	0,93	25	
2006-9		321						
Outubro	17		651	27,13	0,63	0,89	19	
2006-10		330						
Novembro	29		661	27,54	1,05	0,92	32	
2006-11		331						
Dezembro	16		664	27,67	0,58	0,83	19	
2006-12		333						

(fonte: elaborada pela autora)

Por fim, estas etapas estão resumidas na tabela 10.

Tabela 10 – descrição das colunas planilha de cálculo da MMS

Coluna	Denominação	Descrição
1	Série Histórica Real	Dados originais
2	Soma Móvel 12 meses	Soma móvel de 12 meses dos elementos da coluna (1)
3	Soma Móvel 2 períodos	Soma móvel de 2 períodos dos elementos da coluna (2)
4	Média Móvel Simples Centrada – 12 meses	MMS centrada dos 12 meses, dividindo-se a coluna (3) por 24
5	Sazonalidade de todos os períodos da série	Coluna (1) dividido por coluna (4)
6	Sazonalidade Mensal	Média aritmética de cada mês, na coluna (5), de toda a série histórica.
7	Série Histórica Desazonalizada	(1) dividido por (5)

(fonte: adaptada de FRAMARIM, 2003)

### 5.2.2 Análise da Sazonalidade da FAA

A figura 12 apresenta a série histórica dos dados de acidentes do trecho da rodovia BR-392 durante 9 anos de registros e a linha de tendência linear. No gráfico é possível observar a semelhança nos padrões das oscilações ao longo de todo o período, sugerindo um comportamento sazonal dos dados.

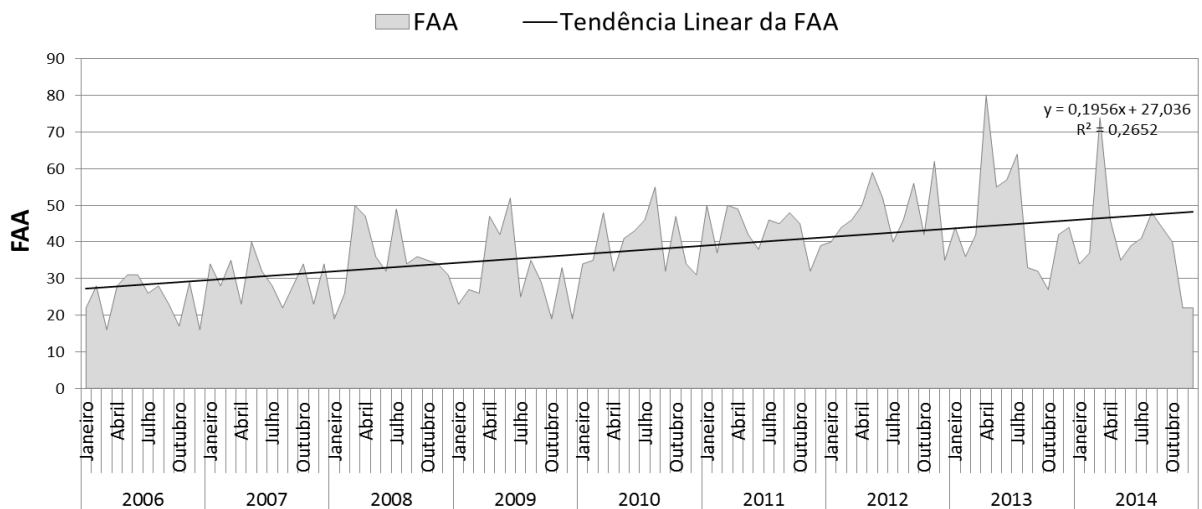
A série histórica da FAA dos 9 anos foi isolada pelo método das Médias Móveis Simples (MMS), como mostra o gráfico da figura 12. De acordo com a figura 12, verifica-se que o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) da linha de tendência da série artificial apresenta um valor mais elevado que o da linha de tendência da série real da figura 11.

O coeficiente de determinação indica o quanto a linha de tendência explica o ajuste da reta. Assim, a qualidade da linha de tendência é indicada por este coeficiente. É importante notar que  $R^2$  varia entre 0 (zero) e 1 (um). Evidentemente, quanto mais próximo da unidade for o coeficiente de determinação, tanto maior será a validade da linha de tendência (BUSSAB;



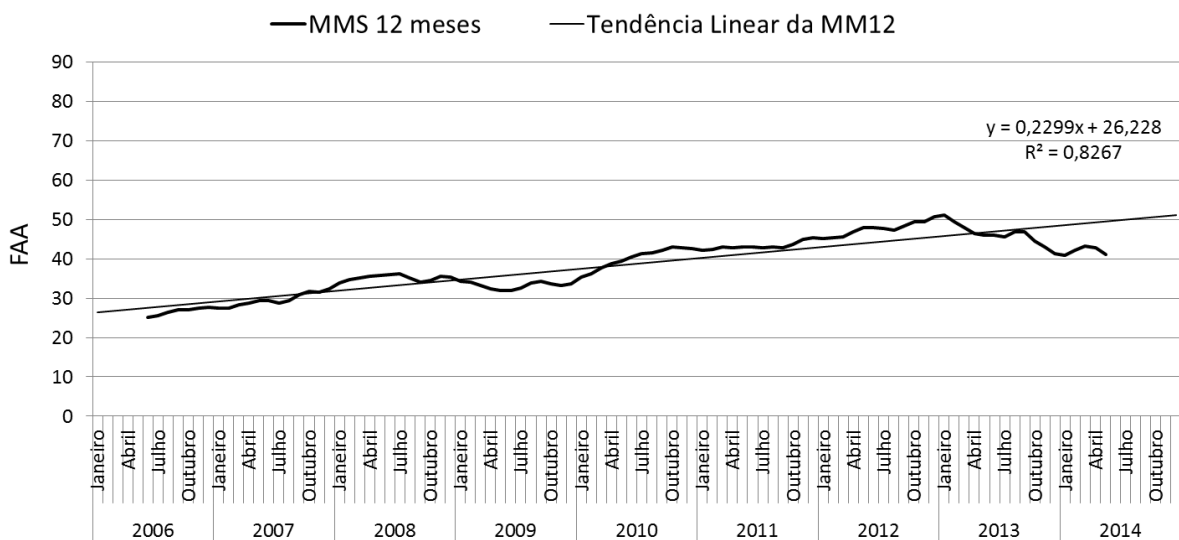
MORETTIN, 2004). Assim, o coeficiente de determinação da linha de tendência da série real (0,2652), o modelo explica 26,52% da variabilidade da FAA. Enquanto que o o coeficiente de determinação da linha de tendência da série artificial (0,8267), indica que ao modelo utilizado para isolar a componente sazonal explica 82,67% das variações da FAA do presente gráfico.

Figura 11 – série histórica real da FAA e tendência linear



(fonte: elaborada pela autora)

Figura 12 – série histórica artificial da MMS e tendência linear



(fonte: elaborada pela autora)

A componente sazonal, calculada pelo método das MMS e identificada pelo índice de sazonalidade associado a cada mês, apresentados na tabela 11, representa o percentual de cada mês em relação à tendência da série. Se todos os índices sazonais forem aproximadamente iguais a 1 então as componentes sazonais parecem não exercer grande efeito sobre a série; se os índices forem substancialmente diferentes de 1, pelo menos 5% acima ou abaixo em alguns dos meses, o valor da tendência será modificado por eles, indicando que as componentes sazonais afetam a série.

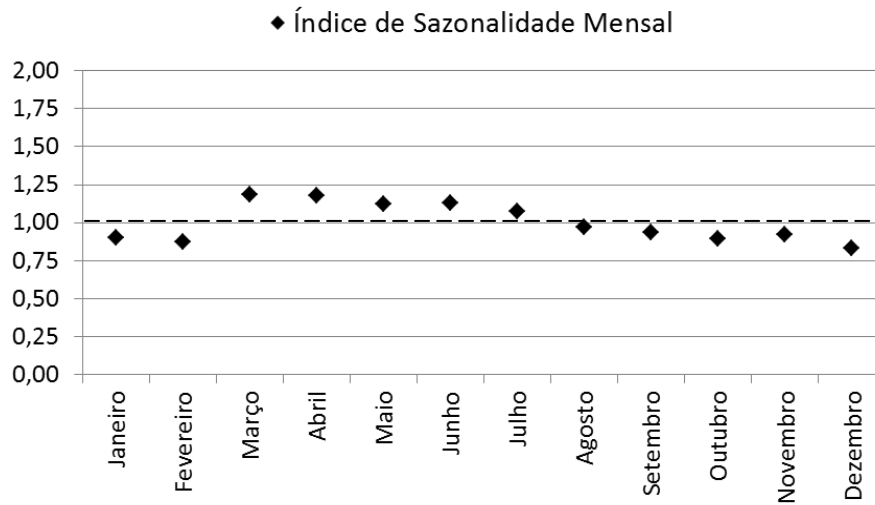
Tabela 11 – índice de sazonalidade

Mês	Índice de Sazonalidade
Janeiro	0,90
Fevereiro	0,87
Março	1,19
Abril	1,18
Maiο	1,12
Junho	1,13
Julho	1,08
Agosto	0,97
Setembro	0,93
Outubro	0,89
Novembro	0,92
Dezembro	0,83

(fonte: elaborada pela autora)

O gráfico da figura 14 apresenta os índices de sazonalidade o qual permite observar que um índice de 0,9 indica que nos meses de janeiro, a sazonalidade está exercendo um efeito de 10% abaixo da tendência. Da mesma forma, o índice de 1,19 indica que a sazonalidade afetaram 19% acima da tendência da FAA, nos meses de março.

Figura 13 – Índice de sazonalidade mensal da FAA

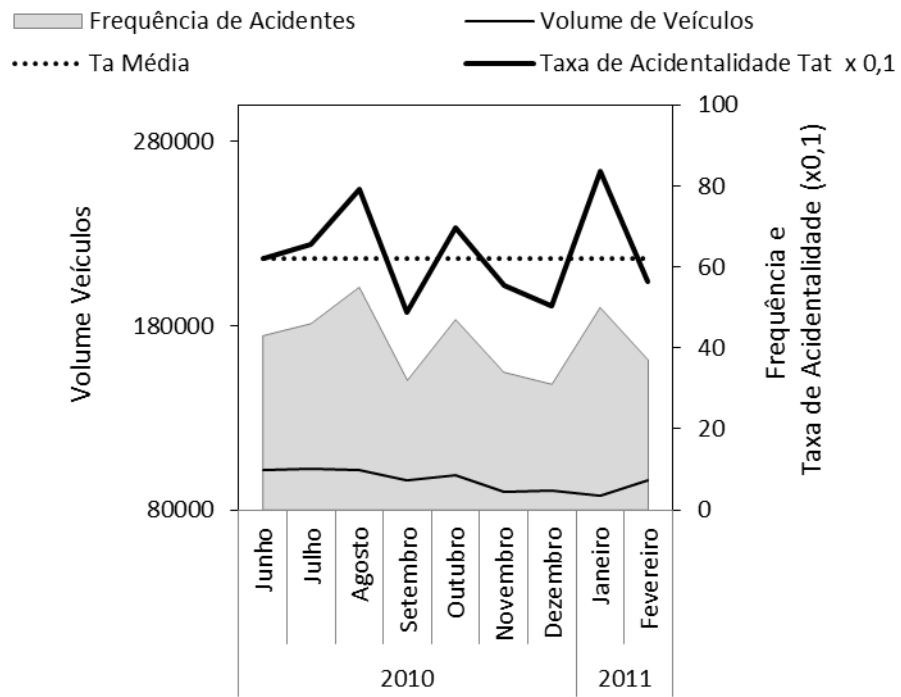


(fonte: elaborada pela autora)

### 5.3 ANÁLISE DO FRM

Para verificar se o FRM ocorre na série ilustrada pela figura 11, calculou-se a média aritmética das *Ta's* e chegou-se ao valor de 6,2 acidentes por 1 milhão de veículos-quilômetro, como mostra o gráfico da figura 15. Observa-se que os períodos com mais e menos acidentes são simplesmente frutos do acaso, partindo-se do princípio de que não houve mudanças significativas no volume de veículos e nas condições físicas do local. Assim, as *Tas* flutuam em torno da média delas, sugerindo a presença do FRM.

Figura 14 – análise da presença do FRM



(fonte: elaborada pela autora)

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

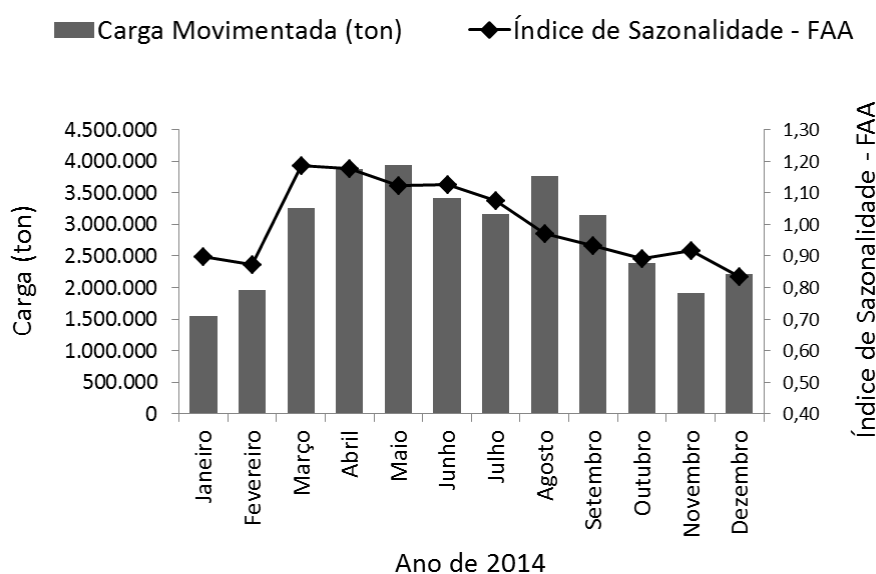
Este trabalho se propôs a avaliar graficamente os dados de acidentalidade de uma rodovia, demonstrar possíveis distorções nas conclusões a partir de diferentes análises e, através da literatura, apontar indícios da variável que melhor representa risco de acidentalidade, ressaltando a importância de se utilizar uma série histórica de longo período, embora não se tenha encontrado na literatura utilizada o tempo mínimo para que uma série histórica seja considerada de um longo período. Segundo a revisão bibliográfica, a FAA é o dado fundamental para se iniciar uma análise. No entanto, mostrou-se que, somente com estes dados, não se pode afirmar o quão insegura é uma via, pois o número de acidentes pode estar fortemente contaminado pela aleatoriedade inerente dos dados de acidentes. Além disso, ilustrou-se que não é possível afirmar que a queda da frequência absoluta de acidentes, após a implementação de um tratamento, é mérito deste se a análise for feita comparando-se os dados curtos períodos, de antes e depois de uma intervenção.

As análises evidenciaram que relacionar a FAA com uma medida de exposição e calcular o risco de acidentalidade pode dar mais credibilidade às avaliações. Entretanto, verificou-se que, com a aleatoriedade presente na série histórica, esta relação torna-se incoerente, não sendo possível considerar a  $Ta$  como principal índice de segurança sem levar em conta fenômenos como a sazonalidade e o FRM.

Ao longo das análises, também foram identificados e discutidos os padrões de comportamento das variáveis de interesse. A sazonalidade presente nos dados da FAA foi analisada com mais profundidade que os demais padrões e calculados os índices de sazonalidade para cada mês. Para isto, foi utilizado o método das MMS para isolar a série da influência sazonal, auxiliando na análise histórica e na previsão do valor médio de acidentes para períodos futuros. A desazonalização da série dos dados da FAA, revelou que o período de março a abril, a sazonalidade influencia a ocorrer mais acidentes em relação à tendência da FAA. Os meses de janeiro e fevereiro, bem como de outubro a dezembro, a sazonalidade influencia a ocorrência de acidentes a ficarem abaixo da tendência. Por este método de análise, é possível afirmar que o período de março a julho, é o período que tende a ocorrer mais acidentes na rodovia da BR-392. Diversos motivos podem estar associados à tendência de ocorrer mais acidentes neste

período. Analisando-se a movimentação de carga (em toneladas) no Porto de Rio Grande no ano de 2014 (SUPERINTENDÊNCIA DO PORTO DO RIO GRANDE, 2015), pelo gráfico da figura 16, nota-se que de março a setembro é o período em que há mais movimentação, seja de chegada ou de saída de produtos. Observa-se também que os índices de sazonalidade da FAA sugerem acompanhar a variação da movimentação de carga no Porto, indicando uma relação entre elas.

Figura 15 – movimentação de carga no Porto de Rio Grande em 2014 e o índice de sazonalidade da FAA da BR-392



(fonte: elaborada pela autora)

Outro fenômeno observado nos dados foi o da regressão à média. Ao se observar o comportamento aleatório da série histórica de acidentes, calculou-se a o valor médio no qual as taxas de acidentalidade oscilavam. Neste contexto, segundo Hauer (1997) e Ogden (1996), a avaliação dos dados poderiam causar conflito na interpretação dos resultados, caso a regressão à média fosse desconsiderada.

De acordo com a revisão bibliográfica, ressalta-se a importância de se determinar os locais críticos de uma via, bem como suas características críticas, para se constituir um completo estudo da acidentalidade de uma via. Assim, sugere-se que, para estudos mais aprofundados, esta etapa seja executada a fim de que os tratamentos de segurança atinjam efetivamente a queda de acidentalidade.

Por fim, ao longo deste trabalho, notou-se que para implementar com eficácia medidas mitigadoras de acidentes de trânsito, a avaliação de acidentalidade de uma via traz consigo uma série de demandas para engenharia, no que diz respeito aos métodos de diagnóstico da segurança viária. Os métodos estatísticos surgem neste contexto com o objetivo de auxiliar na análise da acidentalidade de uma via, exercendo forte influência para as tomadas de decisão. Entretanto, os dados de acidentalidade escolhidos e analisados de forma simplória, podem gerar problemas de interpretação e expressar equivocadamente o verdadeiro potencial de acidentalidade que uma via possui.

## REFERÊNCIAS

AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS. **Highway Safety Manual**. 1st ed. Washington, USA: 2010. v. 1.

BRASIL. Ministério de Infraestrutura e Transporte. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Ministério da Justiça. Departamento de Polícia Rodoviária Federal. **Anuário Estatístico das Rodovias Federais 2010: acidentes de trânsito e ações de enfrentamento ao crime**. [S. l.]: [2010]. Disponível em: <<http://www.dnit.gov.br/rodovias/operacoes-rodoviaras/estatisticas-de-acidentes/anuario-2010.pdf>>. Acesso em: 21 abr 2015.

BUSSAB, W.O; MORETTIN, P.A. **Estatística básica**. 5<sup>a</sup>.ed. São Paulo: SARAIVA, 2004. 526p.

CHAGAS, D. M. **Estudo sobre fatores contribuintes de acidentes de trânsito urbano**. 114f. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Curso de Pós Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

\_\_\_\_\_. **Método para análise de acidentes de trânsito com a identificação de fatores causais**. 215f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.

D'AVILA, R., DA COSTA, T. G., & BARBOSA, H. M. O efeito da regressão a media no processo de previsão de acidentes em interseções urbanas da área central de belo horizonte. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTES, 28., 2014, Curitiba. **Anais...** Curitiba: ANPET, 2014. Não paginado. Disponível em: <<http://www.anpet.org.br/xxviiiianpet/anais/documents/AC478.pdf>>. Acesso em: 9 nov. 2015.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Elaboração de ações preventivas e corretivas de segurança rodoviária, por meio de identificação e mapeamento dos segmentos críticos da malha viária do DNIT: Fase 1 – identificação e proposição de melhorias em segmentos críticos da malha rodoviária federal do DNIT: Produto 1 - metodologia para identificação de segmentos críticos**. [Brasília], 2009. 66p. Disponível em: < <http://www.dnit.gov.br/download/rodovias/operacoes-rodoviaras/convenios-com-a-ufsc/do1282nea-fase-1-produto-1.pdf>>. Acesso em: 07 nov 2015.

FERRAZ, A. C. P. “Coca”; RAIA JR., A. A.; BEZERRA, B. S. **Segurança no trânsito**. São Carlos: NEST, 2008. 280p.

FRAMARIM, C. S. **Procedimento para monitorar medidas voltadas à redução dos acidentes no sistema viário**. 154f. 2003. Dissertação (Mestrados em Engenharia de Produção) – Curso de Pós-graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2003.

HAKKERT, A. S. ; BRAIMASTER, L. **The use of exposure and risk in road safety studies**. The Netherlands: SWOV Institute for Road Safety Research, 2002. R-2002-12, 56p.



HAUER, E. **Observation before-after studies in road safety**: estimating the effect of highway and traffic engineering measures on road safety. Oxford, U.K.: PERGAMON, 1997. 281p.

MLODINOW, L. **O andar do bêbado**. Rio de Janeiro: ZAHAR, 2009. 261p.

NODARI, C. T. **Método de avaliação da segurança potencial de segmentos rodoviários rurais de pista simples**. 210f. 2003. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Curso de Pós-graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2003.

OGDEN, K. W. **Safer roads**: a guide to roadsafety engineering. Melbourn, AU: ASHGATE PUBLISHING LIMITED, 1996. 516p.

REIS, M. M.; LINO, M. O. Análise de séries temporais. In: \_\_\_\_\_. **INE 7001 Estatística para administradores I**. Florianópolis: UFSC, [2015]. p. 1-38. (Apostila). Disponível em: <<http://www.inf.ufsc.br/~marcelo/INE7001.html>>. Acesso em: 22 nov 2015.

RUMAR, K. Road safety and benchmarking. In: EUROPEAN CONFERENCE OF MINISTERS OF TRANSPORT, 1999, Paris. **Proceedings...** Paris: nov. 1999. 205p.

SUPERINTENDÊNCIA DO PORTO DO RIO GRANDE. **Movimentação total**. Rio Grande: 2015. Disponível em: <[http://www.portoriogrande.com.br/site/consultas\\_estatisticas.php](http://www.portoriogrande.com.br/site/consultas_estatisticas.php)>. Acesso em: 15 dez 2015.

VINGILIS, E.; SALUTIN, L.; CHAN, G. (1979). **R.I.D.E.**: A driving-while-impaired countermeasure program. One-year evaluation. ISBN 0-88868-036-8, Addiction Research Foundation, Toronto.

## **ANEXO A – Banco de dados da série histórica**

Tabela A.1 – banco de dados da série histórica

Ano Mês	2006											
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maior	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Volume de Veículos	58.375	56.022	75.959	113.697	106.256	89.493	80.346	83.475	73.082	78.828	73.245	70.232
Quantidade de Viagens (x 10 <sup>6</sup> veículos-quilômetro)	4,0	3,8	5,2	7,8	7,3	6,1	5,5	5,7	5,0	5,4	5,0	4,8
FAA	22	28	16	28	31	31	26	28	23	17	29	16
Ta (acidentes para cada milhão de veículos-quilômetro)	376,9	499,8	210,6	246,3	291,7	346,4	323,6	335,4	314,7	215,7	395,9	227,8
Ano Mês	2007											
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maior	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Volume de Veículos	63.415	65.857	93.214	114.152	114.593	96.790	107.100	104.658	93.041	100.289	86.122	80.510
Quantidade de Viagens (x 10 <sup>6</sup> veículos-quilômetro)	4,3	4,5	6,4	7,8	7,8	6,6	7,3	7,2	6,4	6,9	5,9	5,5
FAA	34	28	35	23	40	32	28	22	28	34	23	34
Ta (acidentes para cada milhão de veículos-quilômetro)	536,2	425,2	375,5	201,5	349,1	330,6	261,4	210,2	300,9	339,0	267,1	422,3

continua

continuação

Ano Mês	2008											
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Volume de Veículos	76.284	77.369	88.495	137.464	124.437	98.364	101.375	88.573	89.845	97.037	79.504	80.116
Quantidade de Viagens (x 10 <sup>6</sup> veículos-quilômetro)	5,2	5,3	6,1	9,4	8,5	6,7	6,9	6,1	6,1	6,6	5,4	5,5
FAA	19	26	50	47	36	32	49	34	36	35	34	31
Ta (acidentes para cada milhão de veículos-quilômetro)	249,1	336,1	565,0	341,9	289,3	325,3	483,4	383,9	400,7	360,7	427,7	386,9
Ano Mês	2009											
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Volume de Veículos	70.290	64.018	87.702	147.967	135.314	111.471	93.787	91.911	86.233	85.196	74.563	79.642
Quantidade de Viagens (x 10 <sup>6</sup> veículos-quilômetro)	4,8	4,4	6,0	10,1	9,3	7,6	6,4	6,3	5,9	5,8	5,1	5,4
FAA	23	27	26	47	42	52	25	35	29	19	33	19
Ta (acidentes para cada milhão de veículos-quilômetro)	327,2	421,8	296,5	317,6	310,4	466,5	266,6	380,8	336,3	223,0	442,6	238,6

continua

continuação

Ano Mês	2010											
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maior	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Volume de Veículos	75.581	70.823	102.186	145.408	119.955	101.518	102.538	101.691	95.828	98.474	89.852	90.182
Quantidade de Viagens (x 10 <sup>6</sup> veículos-quilômetro)	5,2	4,8	7,0	9,9	8,2	6,9	7,0	7,0	6,6	6,7	6,1	6,2
FAA	34	35	48	32	41	43	46	55	32	47	34	31
<i>Ta</i> (acidentes para cada milhão de veículos-quilômetro)	449,8	494,2	469,7	220,1	341,8	423,6	448,6	540,9	333,9	477,3	378,4	343,7
Ano Mês	2011											
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maior	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Volume de Veículos	87.478	96.195	119.999	140.282	147.668	121.201	115.290	120.601	117.130	108.619	96.512	95.381
Quantidade de Viagens (x 10 <sup>6</sup> veículos-quilômetro)	6,0	6,6	8,2	9,6	10,1	8,3	7,9	8,2	8,0	7,4	6,6	6,5
FAA	50	37	50	49	42	38	46	45	48	45	32	39
<i>Ta</i> (acidentes para cada milhão de veículos-quilômetro)	571,6	384,6	416,7	349,3	284,4	313,5	399,0	373,1	409,8	414,3	331,6	408,9

continua

continuação

Ano Mês	2012											
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Volume de Veículos	92.460	85.671	113.290	141.203	141.864	124.526	106.499	119.047	98.813	111.865	105.986	95.827
Quantidade de Viagens (x 10 <sup>6</sup> veículos-quilômetro)	6,3	5,9	7,7	9,7	9,7	8,5	7,3	8,1	6,8	7,7	7,2	6,6
FAA	40	44	46	50	59	52	40	46	56	42	62	35
<i>Ta</i> (acidentes para cada milhão de veículos-quilômetro)	432,6	513,6	406,0	354,1	415,9	417,6	375,6	386,4	566,7	375,5	585,0	365,2
Ano Mês	2013											
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Volume de Veículos	99.569	97.181	118.940	191.832	184.344	167.277	162.084	163.426	142.866	133.666	104.542	99.868
Quantidade de Viagens (x 10 <sup>6</sup> veículos-quilômetro)	6,8	6,6	8,1	13,1	12,6	11,4	11,1	11,2	9,8	9,1	7,2	6,8
FAA	44	36	42	80	55	57	64	33	32	27	42	44
<i>Ta</i> (acidentes para cada milhão de veículos-quilômetro)	441,9	370,4	353,1	417,0	298,4	340,8	394,9	201,9	224,0	202,0	401,8	440,6

continua

continuação

Ano Mês	2014											
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maior	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Volume de Veículos	109.746	126.163	152.241	182.926	188.368	155.870	152.581	146.423	138.768	122.250	115.525	119.557
Quantidade de Viagens (x 10 <sup>6</sup> veículos-quilômetro)	7,5	8,6	10,4	12,5	12,9	10,7	10,4	10,0	9,5	8,4	7,9	8,2
FAA	34	37	74	46	35	39	41	48	44	40	22	22
Ta (acidentes para cada milhão de veículos-quilômetro)	309,8	293,3	486,1	251,5	185,8	250,2	268,7	327,8	317,1	327,2	190,4	184,0

(fonte: elaborada pela autora)

**ANEXO B – Dados de volumes de tráfego registrados na praça de pedágio  
na BR-382, km 53,18, no município de Capão Seco, entre 2006 e 2014**



Tabela B.1 – categorias de veículos utilizadas na praça de pedágio

Categoria	Quant. de Eixos do Veículo
C2	2 eixos
C4	3 eixos
C6	4 eixos
C7	5 eixos
C8	6 eixos
C9	Ônibus
C10	7 eixos
C11	8 eixos
C12	9 eixos
C15	10 eixos
Outras	acima 7 eixos (até o ano de 2010)

(fonte: elaborada pela autora)

Tabela B.2 – dados de volume de tráfego registrados na praça de pedágio

2006												
Categoria	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maiο	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
C2	13871	12916	14838	12823	13059	12897	12076	13580	12553	13644	13780	14710
C4	17745	15514	19757	20896	20245	19245	18398	19978	18758	20286	19369	18084
C6	1328	1317	1929	1471	1966	1703	1558	1431	1297	1564	2254	2765
C7	14356	16318	22352	34064	34618	29513	25978	27034	23142	25216	21474	20794
C8	8083	8084	12261	20689	17960	15171	14448	14998	13022	14201	12910	12066
C9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Outros	2992	1873	4822	23754	18408	10964	7888	6454	4310	3917	3458	1813
<b>Total</b>	<b>58375</b>	<b>56022</b>	<b>75959</b>	<b>113697</b>	<b>106256</b>	<b>89493</b>	<b>80346</b>	<b>83475</b>	<b>73082</b>	<b>78828</b>	<b>73245</b>	<b>70232</b>
2007												
Categoria	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maiο	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
C2	13797	12700	14625	13340	13585	12644	12928	13588	12958	14292	14188	14739
C4	16829	16612	21268	20158	22238	17439	20023	20429	19342	23411	21700	19418
C6	1572	1979	2389	1930	2040	2725	2614	2883	2743	3372	2883	3439
C7	17490	18487	27401	32583	35914	31387	33581	32501	27798	29172	23897	21633
C8	11623	13278	20105	22983	23243	20029	22777	21675	19859	20492	16473	14963
C9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Outros	2104	2801	7426	23158	17573	12566	15177	13582	10341	9550	6981	6318
<b>Total</b>	<b>63415</b>	<b>65857</b>	<b>93214</b>	<b>114152</b>	<b>114593</b>	<b>96790</b>	<b>107100</b>	<b>104658</b>	<b>93041</b>	<b>100289</b>	<b>86122</b>	<b>80510</b>
2008												
Categoria	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maiο	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
C2	13643	13020	13997	14579	13764	13391	13781	13479	13709	14801	13339	15189
C4	19424	18658	21338	22823	21442	18511	20764	19199	20839	22230	19492	19247
C6	2664	2399	2846	3046	4024	3387	3163	3882	3881	4186	2788	3022
C7	20874	20856	23454	34276	32114	27688	28071	24622	25714	27402	22425	20978
C8	14985	16728	19877	33879	29257	22667	24346	20220	19839	21083	16767	16832
C9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Outros	4694	5708	6983	28861	23836	12720	11250	7171	5863	7335	4693	4848
<b>Total</b>	<b>76284</b>	<b>77369</b>	<b>88495</b>	<b>137464</b>	<b>124437</b>	<b>98364</b>	<b>101375</b>	<b>88573</b>	<b>89845</b>	<b>97037</b>	<b>79504</b>	<b>80116</b>

continua

continuação

Categoria	2009											
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
C2	13169	12177	13977	13432	13190	13147	12281	13671	13451	14487	13742	15647
C4	16990	15181	19423	20993	19474	17676	17780	17413	18062	18042	16309	17584
C6	2877	2643	3399	4204	4878	4335	3231	3404	3186	3672	3345	3928
C7	16709	16560	22025	31413	30423	27434	24393	22204	21760	21182	17524	17738
C8	14933	13836	20921	42788	37924	30964	25132	25048	22217	21171	18259	19348
C9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Outros	5612	3621	7957	35137	29425	17915	10970	10171	7557	6642	5384	5397
<b>Total</b>	<b>70290</b>	<b>64018</b>	<b>87702</b>	<b>147967</b>	<b>135314</b>	<b>111471</b>	<b>93787</b>	<b>91911</b>	<b>86233</b>	<b>85196</b>	<b>74563</b>	<b>79642</b>
Categoria	2010											
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
C2	14446	13990	15855	13927	14002	13965	14074	14449	14219	14863	15086	17361
C4	17551	15305	20510	18618	18443	16562	17897	19558	18755	19869	18530	18251
C6	3695	3044	3116	3639	3240	3180	3454	3500	3695	3689	3960	4751
C7	16069	14804	19655	23822	22849	20699	22066	20633	19271	20741	17330	16944
C8	17988	17541	27666	45703	36951	30376	30514	30429	28091	27821	24763	23316
C9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Outros	5832	6139	15384	39699	24470	16736	14533	13122	11797	11491	10183	9559
<b>Total</b>	<b>75581</b>	<b>70823</b>	<b>102186</b>	<b>145408</b>	<b>119955</b>	<b>101518</b>	<b>102538</b>	<b>101691</b>	<b>95828</b>	<b>98474</b>	<b>89852</b>	<b>90182</b>

continua

continuação

Categoria	2011											
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
C2	15924	15858	16841	16340	16347	16258	15092	15383	14826	15784	16546	17505
C4	16319	16625	18371	19259	19978	17849	17982	18990	19920	19224	18853	18458
C6	4492	4913	4173	5079	4993	4627	4445	4300	4372	4582	4533	4524
C7	15729	16449	19624	21108	24894	22910	22447	22584	21874	20390	17491	16861
C8	24281	28115	38277	46139	49272	39302	37179	40430	38670	33869	28146	26978
C10	9983	13251	21258	30252	29605	18324	16293	16784	15311	12410	9274	9059
C11	22	32	52	110	117	109	58	115	99	95	50	83
C12	728	950	1402	1994	2462	1822	1794	2014	2055	2263	1619	1912
C15	0	2	1	1	0	0	0	1	3	2	0	1
<b>Total</b>	<b>87478</b>	<b>96195</b>	<b>119999</b>	<b>140282</b>	<b>147668</b>	<b>121201</b>	<b>115290</b>	<b>120601</b>	<b>117130</b>	<b>108619</b>	<b>96512</b>	<b>95381</b>
Categoria	2012											
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
C2	16586	15656	17476	15870	16728	15697	15840	17000	16192	19019	18744	18548
C4	17816	16196	20081	20127	19535	17725	17992	19813	18087	21075	19797	17804
C6	4352	3214	3841	4253	4365	4430	3900	4712	4126	4595	4297	3962
C7	16086	15530	18980	20475	23592	20260	18950	22045	18408	20222	16489	15010
C8	26560	25081	36028	51003	52449	43845	34357	39885	30943	34368	34032	29114
C10	9057	8044	14350	25756	22034	19460	12947	12998	9088	10275	10414	9490
C11	62	68	130	206	151	153	130	108	48	155	109	67
C12	1941	1881	2404	3512	3010	2955	2381	2485	1921	2153	2102	1830
C15	0	1	0	1	0	1	2	1	0	3	2	2
<b>Total</b>	<b>92460</b>	<b>85671</b>	<b>113290</b>	<b>141203</b>	<b>141864</b>	<b>124526</b>	<b>106499</b>	<b>119047</b>	<b>98813</b>	<b>111865</b>	<b>105986</b>	<b>95827</b>

continua

continuação

2013												
Categoria	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maió	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
C2	19470	18043	19418	19515	20057	18994	19115	19664	19074	21125	20042	21177
C4	18171	15819	19609	20609	21919	18942	19899	21985	21996	22299	18784	18207
C6	3869	3290	4172	5116	5430	5999	5643	6301	6543	6496	4856	5120
C7	15669	15182	17672	22750	23403	22226	22521	22842	22049	21833	16600	15971
C8	30091	31560	39241	72782	71141	62644	60495	60354	50448	44120	32481	29282
C10	10131	11250	16146	44664	36961	33179	29583	27147	19509	14811	9659	8229
C11	94	103	120	336	286	233	236	188	173	123	48	75
C12	2074	1934	2561	6042	5145	5053	4591	4945	3071	2858	2072	1803
C15	0	0	1	18	2	7	1	0	3	1	0	4
<b>Total</b>	<b>99569</b>	<b>97181</b>	<b>118940</b>	<b>191832</b>	<b>184344</b>	<b>167277</b>	<b>162084</b>	<b>163426</b>	<b>142866</b>	<b>133666</b>	<b>104542</b>	<b>99868</b>
2014												
Categoria	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maió	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
C2	20885	20142	20079	20776	20484	18704	20451	19698	20379	21315	20500	20945
C4	18431	16882	18002	19678	19169	16207	18003	18075	18606	18065	17013	17220
C6	4603	3785	4263	4432	4809	4375	4383	4326	4659	4901	4643	4902
C7	15413	14955	15789	19413	21288	17264	17721	17881	18856	17107	14750	13958
C8	34992	42836	54533	70028	73562	59160	56505	54663	49301	41420	38242	39156
C10	12683	22932	32597	40741	41171	33944	29622	26557	22170	15597	16677	19073
C11	135	116	187	105	158	168	152	46	52	47	123	113
C12	2588	4508	6787	7746	7723	6033	5737	5175	4745	3795	3559	4148
C15	16	7	4	7	4	15	7	2	0	3	18	42
<b>Total</b>	<b>109746</b>	<b>126163</b>	<b>152241</b>	<b>182926</b>	<b>188368</b>	<b>155870</b>	<b>152581</b>	<b>146423</b>	<b>138768</b>	<b>122250</b>	<b>115525</b>	<b>119557</b>

(fonte: elaborada pela autora)

## **ANEXO C – Cálculo da MMS da série histórica**

Tabela C.1 – planilha de cálculo da MMS para a sazonalidade da FAA

Coluna	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	
Ano	Mês	FAA	Soma Móvel 12 meses	Soma Móvel 2 períodos	MMS 12 meses	Índice de Sazonalidade de todos os períodos da série	Índice de Sazonalidade Mensal	Série Desazonalizada
2006	Janeiro	22					0,90	24
	2006-1							
	Fevereiro	28					0,87	32
	2006-2							
	Março	16					1,19	13
	2006-3							
	Abril	28					1,18	24
	2006-4							
	Maio	31					1,12	28
	2006-5		295					
	Junho	31		602	25,08	1,24	1,13	28
	2006-6		307					
Julho	26		614	25,58	1,02	1,08	24	
2006-7		307						
Agosto	28		633	26,38	1,06	0,97	29	
2006-8		326						
Setembro	23		647	26,96	0,85	0,93	25	
2006-9		321						
Outubro	17		651	27,13	0,63	0,89	19	
2006-10		330						
Novembro	29		661	27,54	1,05	0,92	32	
2006-11		331						
Dezembro	16		664	27,67	0,58	0,83	19	
2006-12		333						

continua

continuação

	Coluna	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Ano	Mês	FAA	Soma Móvel 12 meses	Soma Móvel 2 períodos	MMS 12 meses	Índice de Sazonalidade de todos os períodos da série	Índice de Sazonalidade Mensal	Série Desazonalizada
2007	Janeiro	34		660	27,50	1,24		38
	2007-1		327					
	Fevereiro	28		659	27,46	1,02		32
	2007-2		332					
	Março	35		681	28,38	1,23		30
	2007-3		349					
	Abril	23		692	28,83	0,80		20
	2007-4		343					
	Mai	40		704	29,33	1,36		36
	2007-5		361					
	Junho	32		707	29,46	1,09		28
	2007-6		346					
Julho	28		690	28,75	0,97		26	
2007-7		344						
Agosto	22		703	29,29	0,75		23	
2007-8		359						
Setembro	28		742	30,92	0,91		30	
2007-9		383						
Outubro	34		762	31,75	1,07		38	
2007-10		379						
Novembro	23		758	31,58	0,73		25	
2007-11		379						
Dezembro	34		779	32,46	1,05		41	
2007-12		400						

continua



continuação

	Coluna	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Ano	Mês	FAA	Soma Móvel 12 meses	Soma Móvel 2 períodos	MMS 12 meses	Índice de Sazonalidade de todos os períodos da série	Índice de Sazonalidade Mensal	Série Desazonalizada
2008	Janeiro	19		812	33,83	0,56		21
	2008-1		412					
	Fevereiro	26		832	34,67	0,75		30
	2008-2		420					
	Março	50		841	35,04	1,43		42
	2008-3		421					
	Abril	47		853	35,54	1,32		40
	2008-4		432					
	Mai	36		861	35,88	1,00		32
	2008-5		429					
	Junho	32		862	35,92	0,89		28
	2008-6		433					
Julho	49		867	36,13	1,36		46	
2008-7		434						
Agosto	34		844	35,17	0,97		35	
2008-8		410						
Setembro	36		820	34,17	1,05		39	
2008-9		410						
Outubro	35		826	34,42	1,02		39	
2008-10		416						
Novembro	34		852	35,50	0,96		37	
2008-11		436						
Dezembro	31		848	35,33	0,88		37	
2008-12		412						

continua

continuação

	Coluna	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Ano	Mês	FAA	Soma Móvel 12 meses	Soma Móvel 2 períodos	MMS 12 meses	Índice de Sazonalidade de todos os períodos da série	Índice de Sazonalidade Mensal	Série Desazonalizada
2009	Janeiro	23		825	34,38	0,67		26
	2009-1		413					
	Fevereiro	27		819	34,13	0,79		31
	2009-2		406					
	Março	26		796	33,17	0,78		22
	2009-3		390					
	Abril	47		779	32,46	1,45		40
	2009-4		389					
	Mai	42		766	31,92	1,32		37
	2009-5		377					
	Junho	52		765	31,88	1,63		46
	2009-6		388					
Julho	25		784	32,67	0,77		23	
2009-7		396						
Agosto	35		814	33,92	1,03		36	
2009-8		418						
Setembro	29		821	34,21	0,85		31	
2009-9		403						
Outubro	19		805	33,54	0,57		21	
2009-10		402						
Novembro	33		795	33,13	1,00		36	
2009-11		393						
Dezembro	19		807	33,63	0,57		23	
2009-12		414						

continua

continuação

	Coluna	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Ano	Mês	FAA	Soma Móvel 12 meses	Soma Móvel 2 períodos	MMS 12 meses	Índice de Sazonalidade de todos os períodos da série	Índice de Sazonalidade Mensal	Série Desazonalizada
2010	Janeiro	34		848	35,33	0,96		38
	2010-1		434					
	Fevereiro	35		871	36,29	0,96		40
	2010-2		437					
	Março	48		902	37,58	1,28		40
	2010-3		465					
	Abril	32		931	38,79	0,82		27
	2010-4		466					
	Mai	41		944	39,33	1,04		37
	2010-5		478					
	Junho	43		972	40,50	1,06		38
	2010-6		494					
Julho	46		990	41,25	1,12		43	
2010-7		496						
Agosto	55		994	41,42	1,33		57	
2010-8		498						
Setembro	32		1.013	42,21	0,76		34	
2010-9		515						
Outubro	47		1.031	42,96	1,09		53	
2010-10		516						
Novembro	34		1.027	42,79	0,79		37	
2010-11		511						
Dezembro	31		1.022	42,58	0,73		37	
2010-12		511						

continua

continuação

	Coluna	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Ano	Mês	FAA	Soma Móvel 12 meses	Soma Móvel 2 períodos	MMS 12 meses	Índice de Sazonalidade de todos os períodos da série	Índice de Sazonalidade Mensal	Série Desazonalizada
2011	Janeiro	50		1.012	42,17	1,19		56
	2011-1		501					
	Fevereiro	37		1.018	42,42	0,87		42
	2011-2		517					
	Março	50		1.032	43,00	1,16		42
	2011-3		515					
	Abril	49		1.028	42,83	1,14		42
	2011-4		513					
	Mai	42		1.034	43,08	0,97		37
	2011-5		521					
	Junho	38		1.032	43,00	0,88		34
	2011-6		511					
Julho	46		1.029	42,88	1,07		43	
2011-7		518						
Agosto	45		1.032	43,00	1,05		46	
2011-8		514						
Setembro	48		1.029	42,88	1,12		51	
2011-9		515						
Outubro	45		1.047	43,63	1,03		51	
2011-10		532						
Novembro	32		1.078	44,92	0,71		35	
2011-11		546						
Dezembro	39		1.086	45,25	0,86		47	
2011-12		540						

continua

continuação

	Coluna	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Ano	Mês	FAA	Soma Móvel 12 meses	Soma Móvel 2 períodos	MMS 12 meses	Índice de Sazonalidade de todos os períodos da série	Índice de Sazonalidade Mensal	Série Desazonalizada
2012	Janeiro	40		1.081	45,04	0,89		44
	2012-1		541					
	Fevereiro	44		1.090	45,42	0,97		50
	2012-2		549					
	Março	46		1.095	45,63	1,01		39
	2012-3		546					
	Abril	50		1.122	46,75	1,07		43
	2012-4		576					
	Mai	59		1.148	47,83	1,23		53
	2012-5		572					
	Junho	52		1.148	47,83	1,09		46
	2012-6		576					
Julho	40		1.144	47,67	0,84		37	
2012-7		568						
Agosto	46		1.132	47,17	0,98		47	
2012-8		564						
Setembro	56		1.158	48,25	1,16		60	
2012-9		594						
Outubro	42		1.184	49,33	0,85		47	
2012-10		590						
Novembro	62		1.185	49,38	1,26		68	
2012-11		595						
Dezembro	35		1.214	50,58	0,69		42	
2012-12		619						

continua

continuação

	Coluna	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Ano	Mês	FAA	Soma Móvel 12 meses	Soma Móvel 2 períodos	MMS 12 meses	Índice de Sazonalidade de todos os períodos da série	Índice de Sazonalidade Mensal	Série Desazonalizada
2013	Janeiro	44		1.225	51,04	0,86		49
	2013-1		606					
	Fevereiro	36		1.188	49,50	0,73		41
	2013-2		582					
	Março	42		1.149	47,88	0,88		35
	2013-3		567					
	Abril	80		1.114	46,42	1,72		68
	2013-4		547					
	Maio	55		1.103	45,96	1,20		49
	2013-5		556					
	Junho	57		1.102	45,92	1,24		51
	2013-6		546					
Julho	64		1.093	45,54	1,41		60	
2013-7		547						
Agosto	33		1.126	46,92	0,70		34	
2013-8		579						
Setembro	32		1.124	46,83	0,68		34	
2013-9		545						
Outubro	27		1.070	44,58	0,61		30	
2013-10		525						
Novembro	42		1.032	43,00	0,98		46	
2013-11		507						
Dezembro	44		991	41,29	1,07		53	
2013-12		484						

continua

continuação

	Coluna	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Ano	Mês	FAA	Soma Móvel 12 meses	Soma Móvel 2 períodos	MMS 12 meses	Índice de Sazonalidade de todos os períodos da série	Índice de Sazonalidade Mensal	Série Desazonalizada
2014	Janeiro	34		983	40,96	0,83		38
	2014-1		499					
	Fevereiro	37		1.010	42,08	0,88		42
	2014-2		511					
	Março	74		1.035	43,13	1,72		62
	2014-3		524					
	Abril	46		1.028	42,83	1,07		39
	2014-4		504					
	Mai	35		986	41,08	0,85		31
	2014-5		482					
	Junho	39						35
	2014-6							
Julho	41						38	
2014-7								
Agosto	48						49	
2014-8								
Setembro	44						47	
2014-9								
Outubro	40						45	
2014-10								
Novembro	22						24	
2014-11								
Dezembro	22						26	
2014-12								

(fonte: elaborada pela autora)

Tabela C.2 – planilha de cálculo da MMS para a sazonalidade do volume de tráfego

Coluna	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	
Ano	Mês	Volume de Veículos	Soma Móvel 12 meses	Soma Móvel 2 períodos	MMS 12 meses	Índice de Sazonalidade de todos os períodos da série	Índice de Sazonalidade Mensal	Série Desazonalizada
2006	Janeiro	58.375					0,78	75.265
	2006-1							
	Fevereiro	56.022					0,78	72.188
	2006-2							
	Março	75.959					1,00	76.193
	2006-3							
	Abril	113.697					1,37	83.151
	2006-4							
	Maio	106.256					1,30	81.528
	2006-5		959.010					
	Junho	89.493		1.923.060	80.127,50	1,12	1,09	81.917
	2006-6		964.050					
Julho	80.346		1.937.935	80.747,29	1,00	1,05	76.843	
2006-7		973.885						
Agosto	83.475		1.965.025	81.876,04	1,02	1,04	80.576	
2006-8		991.140						
Setembro	73.082		1.982.735	82.613,96	0,88	0,95	77.154	
2006-9		991.595						
Outubro	78.828		1.991.527	82.980,29	0,95	0,96	82.151	
2006-10		999.932						
Novembro	73.245		2.007.161	83.631,71	0,88	0,83	88.551	
2006-11		1.007.229						
Dezembro	70.232		2.041.212	85.050,50	0,83	0,81	87.151	
2006-12		1.033.983						

continua



continuação

	Coluna	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Ano	Mês	Volume de Veículos	Soma Móvel 12 meses	Soma Móvel 2 períodos	MMS 12 meses	Índice de Sazonalidade de todos os períodos da série	Índice de Sazonalidade Mensal	Série Desazonalizada
2007	Janeiro	63.415		2.089.149	87.047,88	0,73		81.763
	2007-1		1.055.166					
	Fevereiro	65.857		2.130.291	88.762,13	0,74		84.861
	2007-2		1.075.125					
	Março	93.214		2.171.711	90.487,96	1,03		93.501
	2007-3		1.096.586					
	Abril	114.152		2.206.049	91.918,71	1,24		83.484
	2007-4		1.109.463					
	Mai	114.593		2.229.204	92.883,50	1,23		87.925
	2007-5		1.119.741					
	Junho	96.790		2.252.351	93.847,96	1,03		88.596
	2007-6		1.132.610					
Julho	107.100		2.276.732	94.863,83	1,13		102.431	
2007-7		1.144.122						
Agosto	104.658		2.283.525	95.146,88	1,10		101.024	
2007-8		1.139.403						
Setembro	93.041		2.302.118	95.921,58	0,97		98.225	
2007-9		1.162.715						
Outubro	100.289		2.335.274	97.303,08	1,03		104.516	
2007-10		1.172.559						
Novembro	86.122		2.346.692	97.778,83	0,88		104.119	
2007-11		1.174.133						
Dezembro	80.510		2.342.541	97.605,88	0,82		99.905	
2007-12		1.168.408						

continua

continuação

	Coluna	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Ano	Mês	Volume de Veículos	Soma Móvel 12 meses	Soma Móvel 2 períodos	MMS 12 meses	Índice de Sazonalidade de todos os períodos da série	Índice de Sazonalidade Mensal	Série Desazonalizada
2008	Janeiro	76.284		2.320.731	96.697,13	0,79		98.355
	2008-1		1.152.323					
	Fevereiro	77.369		2.301.450	95.893,75	0,81		99.695
	2008-2		1.149.127					
	Março	88.495		2.295.002	95.625,08	0,93		88.767
	2008-3		1.145.875					
	Abril	137.464		2.285.132	95.213,83	1,44		100.533
	2008-4		1.139.257					
	Maió	124.437		2.278.120	94.921,67	1,31		95.478
	2008-5		1.138.863					
	Junho	98.364		2.271.732	94.655,50	1,04		90.037
	2008-6		1.132.869					
Julho	101.375		2.252.387	93.849,46	1,08		96.955	
2008-7		1.119.518						
Agosto	88.573		2.238.243	93.260,12	0,95		85.497	
2008-8		1.118.725						
Setembro	89.845		2.247.953	93.664,71	0,96		94.851	
2008-9		1.129.228						
Outubro	97.037		2.269.333	94.555,54	1,03		101.127	
2008-10		1.140.105						
Novembro	79.504		2.293.317	95.554,87	0,83		96.118	
2008-11		1.153.212						
Dezembro	80.116		2.298.836	95.784,83	0,84		99.416	
2008-12		1.145.624						

continua

continuação

	Coluna	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Ano	Mês	Volume de Veículos	Soma Móvel 12 meses	Soma Móvel 2 períodos	MMS 12 meses	Índice de Sazonalidade de todos os períodos da série	Índice de Sazonalidade Mensal	Série Desazonalizada
2009	Janeiro	70.290		2.294.586	95.607,75	0,74		90.627
	2009-1		1.148.962					
	Fevereiro	64.018		2.294.312	95.596,33	0,67		82.491
	2009-2		1.145.350					
	Março	87.702		2.278.859	94.952,46	0,92		87.972
	2009-3		1.133.509					
	Abril	147.967		2.262.077	94.253,21	1,57		108.214
	2009-4		1.128.568					
	Mai	135.314		2.256.662	94.027,58	1,44		103.824
	2009-5		1.128.094					
	Junho	111.471		2.261.479	94.228,29	1,18		102.035
	2009-6		1.133.385					
Julho	93.787		2.273.575	94.732,29	0,99		89.698	
2009-7		1.140.190						
Agosto	91.911		2.294.864	95.619,33	0,96		88.720	
2009-8		1.154.674						
Setembro	86.233		2.306.789	96.116,21	0,90		91.038	
2009-9		1.152.115						
Outubro	85.196		2.288.871	95.369,63	0,89		88.787	
2009-10		1.136.756						
Novembro	74.563		2.263.559	94.314,96	0,79		90.144	
2009-11		1.126.803						
Dezembro	79.642		2.262.357	94.264,88	0,84		98.828	
2009-12		1.135.554						

continua

continuação

	Coluna	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Ano	Mês	Volume de Veículos	Soma Móvel 12 meses	Soma Móvel 2 períodos	MMS 12 meses	Índice de Sazonalidade de todos os períodos da série	Índice de Sazonalidade Mensal	Série Desazonalizada
2010	Janeiro	75.581		2.280.888	95.037,00	0,80		97.449
	2010-1		1.145.334					
	Fevereiro	70.823		2.300.263	95.844,29	0,74		91.260
	2010-2		1.154.929					
	Março	102.186		2.323.136	96.797,33	1,06		102.501
	2010-3		1.168.207					
	Abril	145.408		2.351.703	97.987,63	1,48		106.343
	2010-4		1.183.496					
	Maiο	119.955		2.377.532	99.063,83	1,21		92.039
	2010-5		1.194.036					
	Junho	101.518		2.399.969	99.998,71	1,02		92.924
	2010-6		1.205.933					
Julho	102.538		2.437.238	101.551,58	1,01		98.068	
2010-7		1.231.305						
Agosto	101.691		2.480.423	103.350,96	0,98		98.160	
2010-8		1.249.118						
Setembro	95.828		2.493.110	103.879,58	0,92		101.167	
2010-9		1.243.992						
Outubro	98.474		2.515.697	104.820,71	0,94		102.625	
2010-10		1.271.705						
Novembro	89.852		2.563.093	106.795,54	0,84		108.628	
2010-11		1.291.388						
Dezembro	90.182		2.595.528	108.147,00	0,83		111.907	
2010-12		1.304.140						

continua

continuação

	Coluna	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Ano	Mês	Volume de Veículos	Soma Móvel 12 meses	Soma Móvel 2 períodos	MMS 12 meses	Índice de Sazonalidade de todos os períodos da série	Índice de Sazonalidade Mensal	Série Desazonalizada
2011	Janeiro	87.478		2.627.190	109.466,25	0,80		112.788
	2011-1		1.323.050					
	Fevereiro	96.195		2.667.402	111.141,75	0,87		123.953
	2011-2		1.344.352					
	Março	119.999		2.698.849	112.452,04	1,07		120.368
	2011-3		1.354.497					
	Abril	140.282		2.715.654	113.152,25	1,24		102.594
	2011-4		1.361.157					
	Mai	147.668		2.727.513	113.646,38	1,30		113.303
	2011-5		1.366.356					
	Junho	121.201		2.737.694	114.070,58	1,06		110.941
	2011-6		1.371.338					
Julho	115.290		2.732.152	113.839,67	1,01		110.264	
2011-7		1.360.814						
Agosto	120.601		2.714.919	113.121,63	1,07		116.413	
2011-8		1.354.105						
Setembro	117.130		2.709.131	112.880,46	1,04		123.656	
2011-9		1.355.026						
Outubro	108.619		2.704.248	112.677,00	0,96		113.197	
2011-10		1.349.222						
Novembro	96.512		2.701.769	112.573,71	0,86		116.680	
2011-11		1.352.547						
Dezembro	95.381		2.696.303	112.345,96	0,85		118.359	
2011-12		1.343.756						

continua

continuação

	Coluna	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Ano	Mês	Volume de Veículos	Soma Móvel 12 meses	Soma Móvel 2 períodos	MMS 12 meses	Índice de Sazonalidade de todos os períodos da série	Índice de Sazonalidade Mensal	Série Desazonalizada
2012	Janeiro	92.460		2.685.958	111.914,92	0,83		119.211
	2012-1		1.342.202					
	Fevereiro	85.671		2.666.087	111.086,96	0,77		110.393
	2012-2		1.323.885					
	Março	113.290		2.651.016	110.459,00	1,03		113.639
	2012-3		1.327.131					
	Abril	141.203		2.663.736	110.989,00	1,27		103.267
	2012-4		1.336.605					
	Maiο	141.864		2.673.656	111.402,33	1,27		108.850
	2012-5		1.337.051					
	Junho	124.526		2.681.211	111.717,13	1,11		113.985
	2012-6		1.344.160					
Julho	106.499		2.699.830	112.492,92	0,95		101.856	
2012-7		1.355.670						
Agosto	119.047		2.716.990	113.207,92	1,05		114.913	
2012-8		1.361.320						
Setembro	98.813		2.773.269	115.552,88	0,86		104.319	
2012-9		1.411.949						
Outubro	111.865		2.866.378	119.432,42	0,94		116.580	
2012-10		1.454.429						
Novembro	105.986		2.951.609	122.983,71	0,86		128.134	
2012-11		1.497.180						
Dezembro	95.827		3.049.945	127.081,04	0,75		118.912	
2012-12		1.552.765						

continua

continuação

	Coluna	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Ano	Mês	Volume de Veículos	Soma Móvel 12 meses	Soma Móvel 2 períodos	MMS 12 meses	Índice de Sazonalidade de todos os períodos da série	Índice de Sazonalidade Mensal	Série Desazonalizada
2013	Janeiro	99.569		3.149.909	131.246,21	0,76		128.377
	2013-1		1.597.144					
	Fevereiro	97.181		3.238.341	134.930,88	0,72		125.224
	2013-2		1.641.197					
	Março	118.940		3.304.195	137.674,79	0,86		119.306
	2013-3		1.662.998					
	Abril	191.832		3.324.552	138.523,00	1,38		140.294
	2013-4		1.661.554					
	Mai	184.344		3.327.149	138.631,21	1,33		141.444
	2013-5		1.665.595					
	Junho	167.277		3.341.367	139.223,63	1,20		153.117
	2013-6		1.675.772					
Julho	162.084		3.380.526	140.855,25	1,15		155.018	
2013-7		1.704.754						
Agosto	163.426		3.442.809	143.450,38	1,14		157.751	
2013-8		1.738.055						
Setembro	142.866		3.467.204	144.466,83	0,99		150.826	
2013-9		1.729.149						
Outubro	133.666		3.462.322	144.263,42	0,93		139.300	
2013-10		1.733.173						
Novembro	104.542		3.454.939	143.955,79	0,73		126.388	
2013-11		1.721.766						
Dezembro	99.868		3.434.029	143.084,54	0,70		123.927	
2013-12		1.712.263						

continua

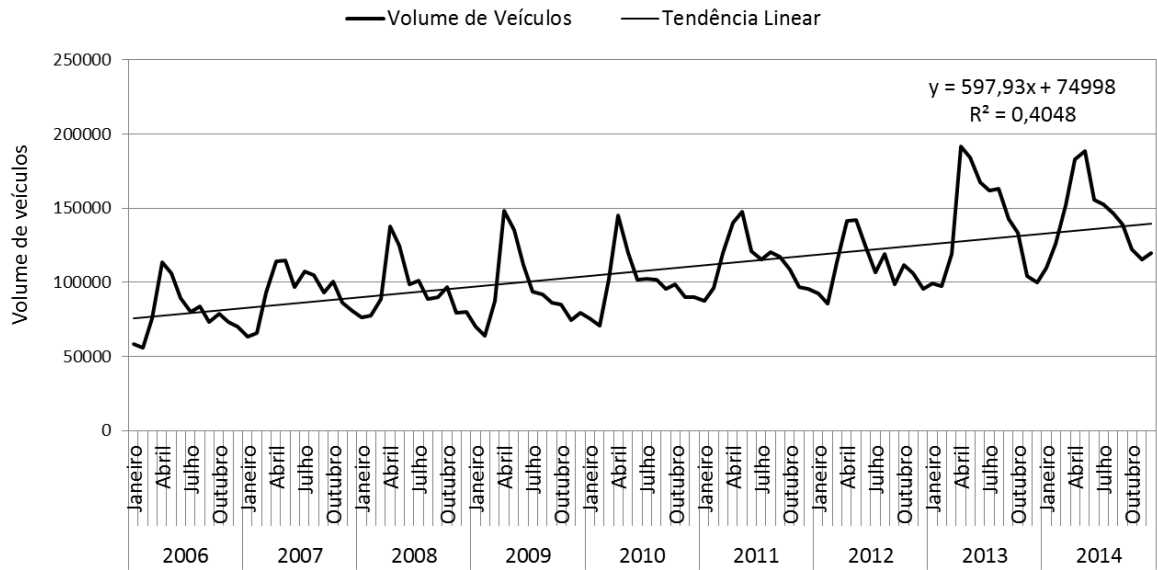
continuação

	Coluna	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Ano	Mês	Volume de Veículos	Soma Móvel 12 meses	Soma Móvel 2 períodos	MMS 12 meses	Índice de Sazonalidade de todos os períodos da série	Índice de Sazonalidade Mensal	Série Desazonalizada
2014	Janeiro	109.746		3.407.523	141.980,13	0,77		141.499
	2014-1		1.695.260					
	Fevereiro	126.163		3.386.422	141.100,92	0,89		162.569
	2014-2		1.691.162					
	Março	152.241		3.370.908	140.454,50	1,08		152.710
	2014-3		1.679.746					
	Abril	182.926		3.370.475	140.436,46	1,30		133.781
	2014-4		1.690.729					
	Mai	188.368		3.401.147	141.714,46	1,33		144.532
	2014-5		1.710.418					
	Junho	155.870						142.675
	2014-6							
Julho	152.581						145.929	
2014-7								
Agosto	146.423						141.339	
2014-8								
Setembro	138.768						146.500	
2014-9								
Outubro	122.250						127.403	
2014-10								
Novembro	115.525						139.666	
2014-11								
Dezembro	119.557						148.359	
2014-12								

(fonte: elaborada pela autora)

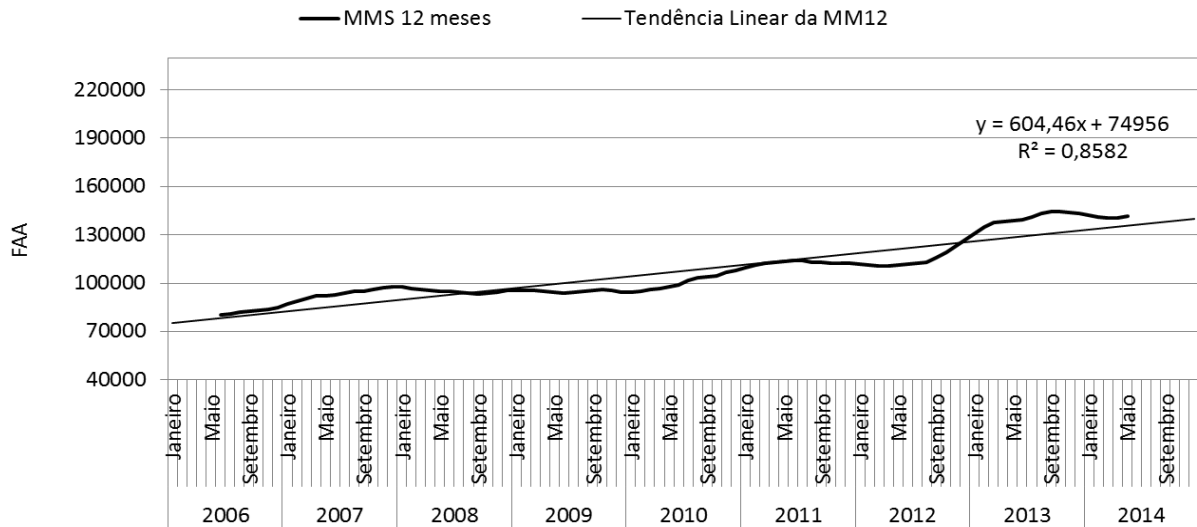


Figura C.1 – série histórica real de volume de tráfego e sua tendência linear



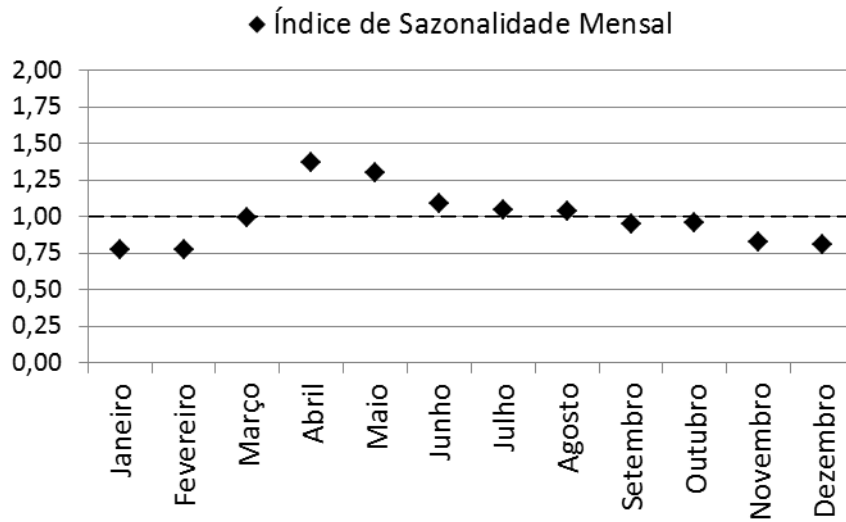
(fonte: elaborada pela autora)

Figura C.2 – série histórica artificial da MMS do volume de tráfego e tendência linear do MMS



(fonte: elaborada pela autora)

Tabela C.3 – índice de sazonalidade do volume de veículos



(fonte: elaborada pela autora)