

**UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL  
ÁREA DO CONHECIMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS E ENGENHARIAS  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**NILSON JANTSCH**

**CONTAGEM VOLUMÉTRICA DE VEÍCULOS: COMPARAÇÃO ENTRE  
CONTADOR PNEUMÁTICO E CONTAGEM MANUAL**

**CAXIAS DO SUL  
DEZEMBRO DE 2019**

**NILSON JANTSCH**

**CONTAGEM VOLUMÉTRICA DE VEÍCULOS: COMPARAÇÃO ENTRE  
CONTADOR PNEUMÁTICO E CONTAGEM MANUAL**

Trabalho de Conclusão apresentado ao curso de Engenharia Civil da Universidade de Caxias do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Civil.

**Aprovado em 27/11/2019**

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Ma. Jaqueline Bonatto  
Universidade de Caxias do Sul – UCS

---

Prof. Ma. Carolina Becker Pôrto Fransozi  
Universidade do Vale do Taquari – Univates

---

Prof. Msc. Matheus Lemos Nogueira - Orientador  
Universidade de Caxias do Sul - UCS

**UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL**  
**ÁREA DO CONHECIMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS E ENGENHARIAS**  
**CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**NILSON JANTSCH**

**CONTAGEM VOLUMÉTRICA DE VEÍCULOS: COMPARAÇÃO ENTRE  
CONTADOR PNEUMÁTICO E CONTAGEM MANUAL**

Trabalho de Conclusão II apresentado como parte dos requisitos para a aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão II em Engenharia Civil pela Universidade de Caxias do Sul.

Orientador: Prof. M.Sc. Eng. Matheus Lemos Nogueira

**CAXIAS DO SUL**  
**DEZEMBRO DE 2019**

## RESUMO

Com algumas tecnologias de contadores automáticos de veículos já presentes no mercado, este trabalho se constitui de um estudo prático com os objetivos de avaliar o desempenho de um protótipo de contador de veículos por tubos pneumáticos e avaliar o seu desempenho em termos da precisão dos dados gerados. Foram abordadas as formas com que o equipamento opera, questões associadas à sua instalação e como foi fixado na via. Simultaneamente às contagens automáticas, foram realizadas contagens manuais, com o auxílio de um aplicativo e de filmagens.

Os erros foram classificados de forma horária, diária e semanal. O erro do equipamento em relação a contagem manual ao final do dia de segunda-feira ficou em 3,24%, ao final da terça em 3,52%, na quarta em 3,1%, na quinta em 2,94%, na sexta em 4,58%, no sábado em 4,18% e ao final do domingo o erro ficou em 7,06%. Também foi identificado o erro no volume total de veículos ao final de uma semana, este ficou em 2,37%. Com esses dados obtidos percebe-se que o erro do equipamento diminui conforme aumenta o número de veículos, e onde o volume é menor, ou seja, no volume diário, o erro é maior.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Exemplo de um laço indutivo .....	22
Figura 2 – Protótipo de um contador pneumático na cidade de Estrela/RS....	23
Figura 3 – Detalhe do fechamento do tubo.....	24
Figura 4 – Rua João Lino Braun Esquina com Miguel Friedrich, estrela/RS. .	27
Figura 5 – Sala onde foi alocado o computador. ....	27
Figura 6 – Sentido Sul-Norte. ....	29
Figura 7 – Tubo instalado em apenas um lado da via. ....	29
Figura 8 – Contador por tubo pneumático na RSC-453, Farroupilha/RS.....	30
Figura 9 – Fixação por parafusos e borrachas do equipamento da RSC-453..	30
Figura 10 – Circuito eletrônico e sensor do equipamento na RSC-453. ....	31
Figura 11 – Sinalização no momento de Instalação do tubo na via. ....	32
Figura 12 – Tubo instalado. ....	32
Figura 13 – Detalhe da fixação. ....	32
Figura 14 – Caixa plástica dentro da caixa de proteção. ....	34
Figura 15 – Caixas de proteção e acrílico instaladas .....	34
Figura 16 – Conjunto mangueira, sensor e microcontrolador. ....	35
Figura 17 – Início da junta.....	36
Figura 18 – Cabo USB pela extensão da junta de dilatação.....	37
Figura 19 – Linha de comando do algoritmo que congela o programa .....	38
Figura 20 – Circuito eletrônico de contador de veículos. ....	41
Figura 21 – Interface de programação Arduino IDE. ....	43
Figura 22 – Contador pneumático montado em caixa plástica (aberto).....	45
Figura 23 – Contador pneumático montado em caixa plástica (fechado). ....	45
Figura 24 – Esquema de conexões do sistema de contagem. ....	46
Figura 25 – Contador pneumático montado em caixa plástica .....	46
Figura 26 – Interface de leitura dos dados coletados. ....	47
Figura 27 – Imagem de câmera utilizada para as contagens manuais. ....	48
Figura 28 – Reprodutor multimídia VLC.....	48
Figura 29 – Local onde ficou instalada a câmera. ....	49
Figura 30 – Imagem durante o dia.....	50
Figura 31 – Imagem durante à noite.....	51

Figura 32 – Arquivos de Vídeos divididos em períodos de dez minutos.....	52
Figura 33 – Aplicativo utilizado inicialmente de nome “contador”. .....	53
Figura 34 – Classes de veículos no TCounter. ....	54
Figura 35 – Configurações TCounter.....	55
Figura 36 – Interface de observação do Arduino, dados iniciais.....	59
Figura 37 – Interface de observação do Arduino, dados finais. ....	59
Figura 38 – Dados repassados para arquivo txt. ....	61
Figura 39 – Veículo estacionado causando erro.....	65
Figura 40 – Bicicletas influenciando no erro do equipamento.....	66
Figura 41 – Veículo na contra a mão.....	74
Figura 42 – Pessoa pisando na mangueira .....	75
Figura 43 – Cachorro tocando a mangueira e contabilizando uma passada. .	76

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Fatores de equivalência de veículos em relação a carros de passeio.....	14
Tabela 2 – Vantagens e desvantagens dos métodos de contagem. ....	20
Tabela 3 – Contagens de Segunda-feira.....	67
Tabela 4 - Contagens de Terça-feira.....	69
Tabela 5 – Contagens de Quarta-feira .....	70
Tabela 6 – Contagens de Quinta-feira. ....	71
Tabela 7 – Tabela das contagens de Sexta-feira.....	71
Tabela 8 – Contagens de Sábado.....	72
Tabela 9 – Contagens de Domingo.....	72
Tabela 10 – Tabela compilada da semana e erro no volume total. ....	73

## Sumário

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>9</b>
1.1 OBJETIVOS.....	9
1.1.1 <i>Objetivo principal</i> .....	9
1.1.2 <i>Objetivos específicos</i> .....	10
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>11</b>
2.1 TRÂNSITO.....	11
2.2 VIAS.....	11
2.2.1 <i>Vias urbanas</i> .....	12
2.2.1.1 <i>Vias de Trânsito Rápido</i> .....	12
2.2.1.2 <i>Vias Arteriais</i> .....	12
2.2.1.3 <i>Vias Coletoras</i> .....	12
2.2.1.4 <i>Vias Locais</i> .....	13
2.2.2 <i>Vias rurais</i> .....	13
2.3 VOLUME DE TRÁFEGO.....	13
2.3.1 <i>Volume médio diário</i> .....	15
2.3.2 <i>Volume horário</i> .....	15
2.3.3 <i>Composição do tráfego</i> .....	16
2.3.4 <i>Variações do volume de tráfego</i> .....	16
2.3.4.1 <i>Variação ao longo do dia</i> .....	17
2.3.4.1.1 <i>Horas de pico</i> .....	17
2.3.4.1.2 <i>Variações dentro da hora de pico</i> .....	17
2.4 CONTAGENS VOLUMÉTRICAS .....	18
2.4.1 <i>Classificação</i> .....	18
2.4.1.1 <i>Contagens Globais</i> .....	18
2.4.1.2 <i>Contagens Direcionais</i> .....	19
2.4.1.3 <i>Contagens Classificatórias</i> .....	19
2.4.2 <i>Métodos de contagem</i> .....	19
2.4.2.1 <i>Contagens manuais</i> .....	19
2.4.2.2 <i>Contagens automáticas</i> .....	20
2.4.2.3 <i>Vantagens e desvantagens das contagens manuais e automáticas</i> .....	20

2.5	CONTADORES AUTOMÁTICOS DE VEÍCULOS.....	20
2.5.1	<i>Tipos de contadores</i> .....	21
2.5.1.1	Laços indutivos .....	21
2.5.1.2	Tubos pneumáticos.....	22
2.5.1.2.1	Operação básica .....	22
2.5.1.2.2	Instalação do equipamento.....	24
<b>3.</b>	<b>MÉTODO.....</b>	<b>26</b>
3.1	LOCAL DE ESTUDO.....	26
3.2	TIPO DE CONTAGEM .....	28
3.3	CONTAGENS AUTOMÁTICAS.....	30
3.3.1	<i>Instalação do equipamento in loco</i> .....	31
3.3.2	<i>Modo de operação do equipamento</i> .....	38
3.3.2.1	Efeito da passagem de um veículo .....	38
3.3.3	<i>Realização das contagens automáticas</i> .....	39
3.4	CONTADOR A SER COMPARADO.....	40
3.4.1	<i>Escopo</i> .....	40
3.4.2	<i>Circuito</i> .....	41
3.4.3	<i>Algoritmo</i> .....	42
3.4.4	<i>Montagem e operação</i> .....	44
3.5	CONTAGENS MANUAIS .....	47
3.5.1	<i>Instalação da câmera</i> .....	49
3.5.2	<i>Contagem dos veículos por vídeo</i> .....	51
3.5.3	<i>Uso do aplicativo</i> .....	52
3.6	COMPARAÇÃO ENTRE OS RESULTADOS .....	56
3.7	CÁLCULO DO ERRO.....	57
3.7.1	<i>Erro horário</i> .....	57
3.7.2	<i>Erro diário</i> .....	57
3.7.3	<i>Erro no volume total de veículos de uma semana</i> .....	58
<b>4.</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>59</b>
4.1	DADOS RECEBIDOS DO CONTADOR AUTOMÁTICO .....	59
4.2	RESULTADO DO ERRO EM FUNÇÃO DO VOLUME HORÁRIO .....	61
4.3	RESULTADOS DO ERRO PARA CADA DIA DA SEMANA.....	67
4.4	RESULTADOS DO ERRO DA SEMANA.....	72

4.5	ERROS OBSERVADOS NA MEDIÇÃO .....	73
4.5.1	<i>Erros significativos</i> .....	74
4.5.2	<i>Erros não significativos</i> .....	75
5.	<b>CONCLUSÕES</b> .....	<b>76</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>78</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A contagem volumétrica de veículos é indispensável para a engenharia de tráfego e também de suma importância para mensurar o dimensionamento de vias, possibilitar a implantação de semáforos, verificar a necessidade de rotatórias, inclusão de acessos, estabelecer parâmetros de operação, dentre outros fatores que possam garantir um fluxo contínuo e seguro para os veículos. O procedimento de contar veículos é um fragmento de alguns problemas que necessitam não só de um bom equipamento para captura destas informações, mas também bons métodos para lidar com elas.

Cada tipo de contador de veículo tem seus pontos fortes e limitações que o tornam adequado para algumas finalidades, mas não para outras. Em grande escala, o sucesso na aplicação dessas tecnologias depende de uma escolha adequada do dispositivo de detecção para atender os requisitos específicos de um projeto. O método de seleção considera fatores como a escolha dos dados a serem coletados, a precisão dos mesmos, facilidade de instalação e calibração, custos, confiabilidade e manutenção.

Este trabalho apresenta um estudo realizado em um protótipo de contador de veículos, criado e desenvolvido por Silvestre (2017). Serão apresentadas informações específicas do equipamento, seu desempenho em questão da confiabilidade dos dados, informações de sua instalação e manutenção e por fim sua validação em termos precisão dos dados coletados. Também serão apresentadas, ao final, sugestões de estudos para aperfeiçoamento do equipamento.

### 1.1 OBJETIVOS

#### 1.1.1 Objetivo principal

O objetivo principal deste trabalho é comparar dois métodos de contagem de veículos.

### **1.1.2 Objetivos específicos**

Os objetivos específicos são:

- a) realizar contagens de tráfego, manuais e automáticas no período de uma semana;
- b) identificar potencialidades e limitações do equipamento de contagem automática;
- c) comparar os resultados das contagens automáticas com as manuais.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 TRÂNSITO

Conforme o Código de Trânsito Brasileiro (CTB, 2008), considera-se trânsito a utilização das vias por pessoas, veículos e animais, isolados ou em grupos, conduzidos ou não, para fins de circulação, parada, estacionamento e operação de carga ou descarga. O termo trânsito também é definido como: movimentação e imobilização de veículos, pessoas e animais na via terrestre. Observa-se que adicionado ao termo imobilização, disciplina também os veículos estacionados, atendendo de igual forma aqueles estacionados em lugares proibidos.

Em sua complexidade, o trânsito deve ser suficiente para atender, em tempo hábil e sob condições econômicas aceitáveis, a vários requisitos de demanda de um país que cresce para dentro e para fora, dentre as quais se podem citar: circulação interna de bens e pessoas, nos âmbitos urbano, suburbano, metropolitano e interurbano, em todas as modalidades; circulação de bens, nos sentidos centrífugo e centrípeto, tendo como origem ou destino o exterior, segundo corredores que desembocam em portos marítimos ou em cidades fronteiriças (MELLO, 1975 apud DNIT, 2007).

### 2.2 VIAS

São vias terrestres urbanas e rurais as ruas, as avenidas, os logradouros, os caminhos, as passagens, as estradas e as rodovias, que terão o seu uso regulamentado pelo órgão ou entidade com circunscrição sobre elas, de acordo com as peculiaridades locais e as circunstâncias especiais (CTB, 2008). Por definição, segundo DETRAN/PR (2002) “via é a superfície por onde transitam veículos, pessoas e animais, compreendendo a pista de rolamento, a calçada, o acostamento, ilha, canteiro central, passeio, passarela, calçadão, praça, túnel, viaduto e ponte”.

Existem dois tipos de vias: vias rurais e vias urbanas. As rurais compreendem as estradas e rodovias, e as urbanas compreendem ruas, avenidas, vielas, ou caminhos e similares abertos para a circulação pública, situados na área urbana,

caracterizados principalmente por possuírem imóveis edificadas ao longo de sua extensão (CTB, 2008).

### **2.2.1 Vias urbanas**

No que diz respeito a vias urbanas, são diferenciadas em quatro categorias: vias de trânsito rápido, vias arteriais, vias coletoras e vias locais.

#### **2.2.1.1 Vias de Trânsito Rápido**

Segundo o CTB (2008) via de trânsito rápido é “aquela caracterizada por acessos especiais com trânsito livre, sem interseções em nível, sem acessibilidade direta aos lotes lindeiros e sem travessia de pedestres em nível”. Uma grande característica das vias de trânsito rápido é que elas não possuem semáforos, cruzamentos ou retorno. Quando não sinalizada, a velocidade permitida é de 80km/h.

#### **2.2.1.2 Vias Arteriais**

Via arterial é “aquela caracterizada por interseções em nível, geralmente controlada por semáforo, com acessibilidade aos lotes lindeiros e às vias secundárias e locais, possibilitando o trânsito entre as regiões da cidade”. Elas fazem a ligação de um bairro a outro em uma cidade, por exemplo. Quando não sinalizada, a velocidade permitida é de 60km/h (CTB, 2008).

#### **2.2.1.3 Vias Coletoras**

Via coletora é “aquela destinada a coletar e distribuir o trânsito que tenha necessidade de entrar ou sair das vias de trânsito rápido ou arteriais, possibilitando o trânsito dentro das regiões da cidade”. Elas estão caracterizadas por facilitar a movimentação de uma região a outra em uma cidade, pois estão ligadas às vias arteriais e de trânsito rápido. Quando não sinalizada, a velocidade permitida é de 40km/h (CTB, 2008).

#### 2.2.1.4 Vias Locais

Ainda de acordo com o CTB (2008), via local é “aquela caracterizada por interseções em nível não semaforizadas, destinada apenas ao acesso local ou a áreas restritas”. Esta tem como característica não possuir nenhum tipo de ligação, sendo usadas apenas por veículos restritos ou com algum interesse, as ruas de um condomínio fechado, por exemplo. Quando não sinalizada, a velocidade permitida é de 30km/h.

#### 2.2.2 Vias rurais

Vias rurais são as estradas e rodovias, situadas fora das áreas urbanas. As rodovias são consideradas via rural pavimentada, enquanto que as estradas são consideradas via rural não pavimentada. Em rodovias, as velocidades máximas permitidas variam: para automóveis, camionetas e motocicletas a velocidade é de 110km/h; e para os demais veículos a velocidade é de 80km/h. Nas estradas é permitido uma velocidade máxima de 60km/h (CTB, 2008).

### 2.3 VOLUME DE TRÁFEGO

Dados de tráfego são coletados por muitos órgãos rodoviários para subsidiar os estudos na área de planejamento e operação de transportes, por meio de programas de monitoramento. A importância desses dados se dá em virtude do processo de tomada de decisão que envolve, frequentemente, a alocação de recursos financeiros para a execução de melhorias na infraestrutura das rodovias (AASHTO, 1992 apud GOMES, 2004).

Uma das mais importantes variáveis coletadas pelos programas é o volume de tráfego. A falta dessa informação ou a incerteza quanto à representatividade do dado, que por ventura exista, geram distorções nos estudos rodoviários, pois esse volume constitui-se de elemento básico à elaboração de planos diretores rodoviários, estudos de viabilidade técnico-econômica, projetos geométricos, projetos de pavimentos, programas de conservação, análise de segurança de tráfego, capacidade das vias, entre outros (DNIT, 2007).

Goldner (2016) expressa volume de tráfego como sendo a quantidade de veículos que atravessa um local estudado em um período pré-definido. O local estudado pode ser uma seção transversal da pista ou um segmento. Os valores de volume podem ser para todas as faixas ou para uma separada. É o mais básico de todos os parâmetros do tráfego e o mais amplamente e frequentemente usado como parte central de qualquer esforço ou engenharia de tráfego.

Segundo DNIT (2006), volume de tráfego inclui todos os veículos que circulam pela via em um só sentido ou em ambos, ou ainda, os que circulam por uma só faixa. Quando o volume for representado pela soma dos veículos, independentemente de suas categorias, ele será expresso em “Unidades de Tráfego Misto”, abreviado pela sigla UTM. Por outro lado, se os veículos componentes daquela soma forem convertidos em números equivalentes de carro de passeio, o volume será expresso em “Unidades de Carro de Passeio”, abreviado de UCP. Essa conversão é feita por meio de fatores de equivalência apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Fatores de equivalência de veículos em relação a carros de passeio.

<b>Tipo de veículo</b>	<b>Fator de equivalência</b>
Carro de passeio	1
Caminhão médio ou pesado	1,75
Caminhão leve	1
Ônibus	2,25
Caminhão conjugado	2,5
Moto	0,33
Bicicleta	0,2

Fonte: Denatran (1984)

Os principais valores de volume de tráfego são: o volume horário (VH) e o volume médio diário (VMD) expressos, respectivamente, em veículos por hora (vph) e veículos por dia (vpd). É comum também trabalhar com veículos a cada 15 minutos (v/15min) (GOLDNER, 2016).

### 2.3.1 Volume médio diário

Como consta em DNIT (2006), a média dos volumes de veículos que circulam durante 24 horas em um trecho de via, é dada a designação de “Volume Médio Diário” (VMD). Ele é computado para um período representativo, o qual, salvo indicação contrária, é de um ano. Esse volume, que melhor representa a utilização ou serviço prestado pela via, é usado para indicar a necessidade de novas vias ou melhorias das existentes, estimar benefícios esperados de uma obra viária, determinar as prioridades de investimentos, calcular taxas de acidentes, prever as receitas de postos de pedágio, dentre outros.

DNIT (2006) ainda afirma que é de uso corrente os seguintes conceitos de volume médio diário:

- a) volume médio diário anual (VMDa): número total de veículos trafegando em um ano dividido por 365;
- b) volume médio diário mensal (VMDm): número total de veículos trafegando em um mês dividido pelo número de dias do mês. É sempre acompanhado pelo nome do mês a que se refere;
- c) volume médio diário semanal (VMDs): número total de veículos trafegando em uma semana dividido por 7. É sempre acompanhado pelo nome do mês a que se refere. É utilizado como uma amostra do VMDm;
- d) volume médio diário em um dia da semana (VMDd): número total de veículos trafegando em um dia de semana. Deve ser sempre acompanhado pela indicação do dia de semana e do mês correspondente.

Para todos esses casos, a unidade é veículo por dia (vpd). O VMDa é o de maior importância. Os demais são geralmente utilizados como amostras a serem ajustadas e expandidas para o VMDa (GOLDNER, 2016).

### 2.3.2 Volume horário

Para analisar as variações do fluxo de tráfego durante o dia, adota-se a hora para unidade de tempo, chegando-se ao conceito de Volume horário (VH), que é o número total de veículos trafegando em uma determinada hora (DNIT, 2006). De acordo com Goldner (2016), o conceito de volume horário é importante para o

dimensionamento da capacidade de rodovias. Considera-se que não se justifica economicamente investir em melhorias para atender umas poucas horas do ano em que se tem volumes mais elevados. A rodovia é projetada então para um volume menor do que o máximo volume horário que pode ocorrer.

O volume horário de projeto (VHP) é o volume adotado para dimensionamento dos detalhes geométrico das vias e interseções, determinação de nível de serviço, planejamento da operação da via, sinalização e regulamentação do trânsito. Normalmente é utilizado o volume da 30ª ou da 50ª hora com maior volume (VH30 ou VH50), sendo as horas de um ano inteiro colocadas em ordem decrescente de volume e expressas em percentagem de VMD (GOLDNER, 2016).

Tradicionalmente o volume da 30ª hora tem sido usado nos Estados Unidos para base de muitas rodovias rurais. O Brasil é mais tolerante e costuma adotar o volume da 50ª hora (GOLDNER, 2016).

### **2.3.3 Composição do tráfego**

Segundo o DNIT (2006), a corrente do tráfego é composta por veículos que diferem entre si quanto ao tamanho, peso e velocidade. O conhecimento da composição dos volumes é essencial pelas seguintes razões:

- a) os efeitos que exercem os veículos entre si dependem de suas características. A composição da corrente de veículos que passa por uma via influi na sua capacidade;
- b) as percentagens de veículos de grandes dimensões determinam as características geométricas que devem ter as vias, e os seus pesos as características estruturais;
- c) os recursos que podem ser obtidos dos usuários de uma via dependem, entre outros fatores, da composição do seu tráfego.

### **2.3.4 Variações do volume de tráfego**

As mudanças contínuas dos valores dos volumes de tráfego ao longo dos meses são, primeiramente, em função do tipo de rodovia (rural, urbana ou turística) e

do tipo de atividades sócio-econômicas da área servida pela via. De maneira geral, a variação mensal é mais intensa nas rodovias rurais do que nas vias urbanas, sendo que nessas últimas as alterações dos volumes são mais significativas durante os períodos de férias escolares. No caso de rodovias rurais, as variações decorrem de influências de safras, de épocas de comercializações, dentre outros. Quanto às rodovias turísticas, existem as influências de estações do ano e de férias escolares, provocando variação volumétrica mais severa ao longo do ano (GOMES, 2004).

Uma das características mais importantes do fluxo de tráfego é sua variação generalizada: varia dentro da hora, do dia, da semana, do mês e do ano, além de, no mesmo local, variar segundo a faixa de tráfego analisada e o sentido do tráfego (DNIT, 2006).

#### 2.3.4.1 Variação ao longo do dia

De acordo com o DNIT (2006), os volumes horários variam ao longo do dia, apresentando pontos máximos acentuados, designados por picos. A compreensão destas variações é de fundamental importância, uma vez que é no horário de pico que necessariamente deverão ocorrer os eventos mais relevantes. Na expansão de contagens de algumas horas para o dia todo, a precisão da estimativa dependerá sempre do conhecimento dos padrões de flutuação dos volumes.

##### 2.3.4.1.1 Horas de pico

As horas de pico, contendo os maiores volumes de veículos de uma via em um determinado dia, variam de local para local, mas tendem a se manter estáveis em um mesmo local, no mesmo dia da semana. Enquanto a hora de pico em um determinado local tende a se manter estável, o seu volume varia dentro da semana e ao longo do ano (DNIT, 2006).

##### 2.3.4.1.2 Variações dentro da hora de pico

O volume de veículos que passa por uma seção de uma via não é uniforme no tempo. A comparação de contagens de quatro períodos consecutivos de quinze minutos mostra que são diferentes entre si. Essa variação leva ao estabelecimento do “Fator Horário de Pico” (FHP), que mede justamente esta flutuação e mostra o grau

de uniformidade do fluxo (DNIT, 2006). O FHP é calculado por meio da seguinte equação.

$$\text{FHP} = \frac{\text{VHP}}{4 \cdot \text{V}_{15\text{máx}}}$$

Onde:

FHP = fator horário de pico;

Vhp = volume da hora de pico;

V15máx = volume do período de quinze minutos com maior fluxo de tráfego dentro da hora de pico.

## 2.4 CONTAGENS VOLUMÉTRICAS

As contagens volumétricas visam determinar a quantidade, o sentido e a composição do fluxo de veículos que passam por um ou vários pontos selecionados do sistema viário, numa unidade de tempo. Essas informações serão usadas na análise de capacidade, na avaliação das causas de congestionamento e de elevados índices de acidentes, no dimensionamento do pavimento, nos projetos de canalização do tráfego e outras melhorias (DNIT, 2006).

### 2.4.1 Classificação

#### 2.4.1.1 Contagens Globais

As contagens globais são aquelas em que é registrado o número de veículos que circulam por um trecho de via, independentemente de seu sentido, agrupando-os geralmente pelas suas diversas classes. São empregadas para o cálculo de volumes diários, preparação de mapas de fluxo e determinação de tendências do tráfego (GOLDNER, 2016).

#### 2.4.1.2 Contagens Direcionais

São aquelas em que é registrado o número de veículos por sentido do fluxo e são empregadas, por exemplo, para cálculos de capacidade, determinação de intervalos de sinais, estudos de acidentes e previsão de faixas adicionais em rampas ascendentes (GOLDNER, 2016).

#### 2.4.1.3 Contagens Classificatórias

Nessas contagens, são registrados os volumes para os vários tipos ou classes de veículos. São empregadas para o dimensionamento estrutural e projeto geométrico de rodovias e interseções, cálculo de capacidade, cálculo de benefícios aos usuários e determinação dos fatores de correção para as contagens mecânicas GOLDNER, 2016).

### 2.4.2 Métodos de contagem

A seguir são abordados dois métodos de contagem, ou seja, algumas formas de obtenção do volume de tráfego, diferenciando em métodos manuais e métodos automatizados.

#### 2.4.2.1 Contagens manuais

Na contagem manual, os veículos são contados e classificados sendo observados diretamente por pessoas, que anotam os dados em planilhas. Embora haja variação da percepção entre as pessoas, que pode influenciar na classificação dos veículos, as contagens manuais normalmente permitem que seja utilizado um maior número de classes. Os períodos de contagens são normalmente divididos de 5 a 15 minutos (GOLDNER, 2016).

Ainda de acordo com Goldner (2016), um pesquisador pode observar em média até 1000 veículos por hora ou 200 pedestres por hora, quando o período de contagem é inferior a 8 ou 10 horas. Os observadores necessitam ser trocados a cada 2 ou 3 horas, por motivo de fadiga.

### 2.4.2.2 Contagens automáticas

Este método é utilizado em casos em que a contagem manual não é possível ou se torna muito onerosa. Há uma grande variedade de métodos, cada um com suas vantagens e desvantagens, assim como limitações. Muitos dos equipamentos a serem utilizados dependem do tipo de medição que se deseja obter e da existência ou possibilidade de desenvolver uma estrutura adequada ao contador (PennDOT, 2017).

### 2.4.2.3 Vantagens e desvantagens das contagens manuais e automáticas

Na Tabela 2 são apresentadas as principais vantagens e desvantagens no que diz respeito as contagens manuais e contagens automáticas de veículos:

Tabela 2 – Vantagens e desvantagens dos métodos de contagem.

<b>Método</b>	<b>Vantagens</b>	<b>Desvantagens</b>
Contagem manual	- boa precisão - maior detalhamento de informações - maior flexibilidade, simplicidade e rapidez.	- limitação da cobertura - custo
Contagem automática	- baixo custo por hora - amplitude do tempo d cobertura - boa precisão conforme o tipo de equipamento	- baixo nível de detalhamento as informações - investimento inicial alto

Fonte: Goldner (2016).

## 2.5 CONTADORES AUTOMÁTICOS DE VEÍCULOS

Encontra-se na atualidade contadores automáticos de diversos tipos, em que os veículos são detectados por meio de tubos pneumáticos ou dispositivos magnéticos, sonoros, radar, células fotoelétricas, dentre outros. Atualmente são usados contadores registradores acoplados a computadores, que fornecem um registro permanente dos volumes e podem ser programados para outros objetivos específicos (DNIT, 2066).

Existem diversas classificações para os equipamentos de contagem de veículos. Dentre elas estão a função do equipamento, podendo coletar dados de volume de tráfego, classificação dos veículos e análise do peso. Ainda, é possível classificar o equipamento quanto a sua portabilidade, separando em equipamentos fixos, que precisam de uma estrutura específica para poder operar, ou equipamentos

portáteis, que necessitam de poucos recursos para sua utilização. Também é possível a classificação de acordo com a necessidade de destruir o pavimento, separando em equipamentos invasivos, onde é necessária a abertura do pavimento para a instalação, e equipamentos não invasivos, onde é precisa-se destruir o pavimento para a sua utilização (FHWA, 2007).

### **2.5.1 Tipos de contadores**

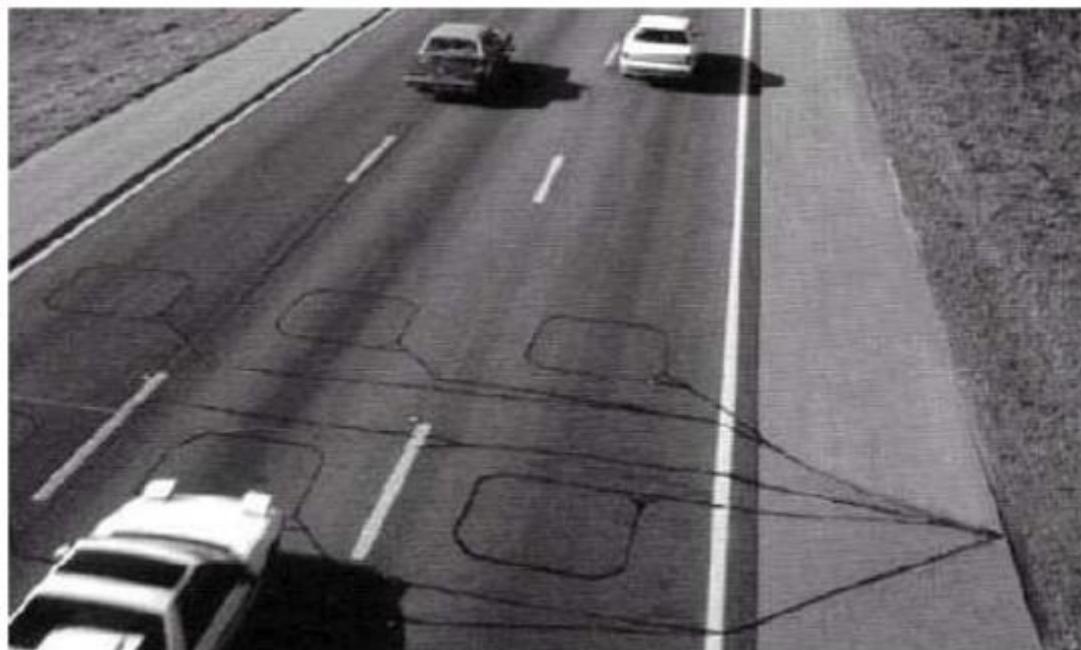
É possível utilizar diversos tipos e técnicas na aplicação de contagem e classificação dos veículos. Porém algumas ganharam mais espaços que outras, visto que são mais fáceis de aplicar, que geram melhores resultados ou que têm o menor custo (FHWA, 2007). Existem diversos sensores que podem realizar a contagem e classificação de veículos. Neste trabalho são abordados:

- a) laços indutivos;
- b) tubos pneumáticos.

#### **2.5.1.1 Laços indutivos**

Os detectores por laços indutivos (*loops*) são os sensores mais utilizados para a coleta de dados de tráfego. Seus principais componentes são um detector oscilador que serve como uma fonte de energia ao detector, um cabo para o controlador e um ou mais laços de metal enrolados sobre si mesmos instalados dentro do pavimento. A Figura 1 mostra um laço indutivo instalado em uma pista com três faixas de tráfego (MARTIN, 2003).

Figura 1 – Exemplo de um laço indutivo



Fonte: Goldner (2016)

O laço é constantemente alimentado com uma tensão com frequência fixa. Um cabo enrolado formando uma bobina por onde passa uma tensão elétrica, gera uma indutância. Quando um outro metal está perto do laço, a indutância diminui, o que aumenta a frequência de oscilação. Esse aumento faz com que a unidade de controle gere um pulso, acusando a passagem de um veículo. O laço indutivo pode fornecer dados sobre a passagem de veículos, presença, ocupação e velocidade. Também pode realizar a classificação de veículos (GOLDNER, 2016).

#### 2.5.1.2 Tubos pneumáticos

Martin (2003) relata que o tubo pneumático foi a primeira tecnologia de detector de tráfego do tipo intrusivo e foi inventado na década de 1920. Devido ao seu baixo custo e à facilidade de instalação, ele ainda é amplamente utilizado.

##### 2.5.1.2.1 Operação básica

Ilustrado na Figura 2, seu funcionamento é de simples compreensão. O equipamento detecta a pressão no momento que o veículo passa pelo tubo de

borracha, o impulso da pressão aciona um sensor que mede a diferença de pressão e um veículo sendo contabilizado

Figura 2 – Protótipo de um contador pneumático na cidade de Estrela/RS.



Fonte: o Autor.

Também chamados de *Pneumatic Road Tubes*, conseguem detectar o volume, velocidade e classificação pelo número de eixos e espaçamento. Normalmente são utilizados para levantamentos de curto prazo (MARTIN, 2003). A instalação de um tubo na via permite realizar a contagem volumétrica não classificada, enquanto a instalação de dois tubos permite realizar a classificação dos veículos (PennDOT, 2015).

### 2.5.1.2.2 Instalação do equipamento

Para realizar a instalação do equipamento na via, é necessário primeiro encontrar um local adequando. PennDOT (2015) recomenda evitar:

- a) proximidades com interseções;
- b) áreas de baixa visibilidade;
- c) pavimento deteriorado;
- d) locais de redução de velocidade;
- e) pavimentos molhados ou com neve;
- f) áreas próximas de construções.

Para o bom funcionamento do equipamento, existem certas condições que devem ser observadas. Se ignoradas durante a instalação em campo, a confiabilidade e a precisão dos dados ficarão comprometidas. Portanto, é importante que os tubos sejam instalados em locais em que a pista seja plana, sem a presença de buracos ou ondulações. Também é necessário ser observado que o local de instalação do equipamento não haja congestionamentos ou locais de parada (SILVESTRE, 2017).

PennDOT (2015) indica que os tubos sempre sejam instalados na via em sentido perpendicular ao tráfego. Para sua fixação são utilizados pregos que são inseridos no revestimento asfáltico, concreto ou outra superfície que estiver disponível no local e amarra-se o tubo aos pregos. Estes são inseridos nas extremidades do tubo. O objetivo é que o tubo fique um pouco tracionado. Se a rodovia possuir muitas faixas, deve-se fixar o tubo no meio da mesma com o uso de uma tira de nylon ou outro material similar. Caso a rodovia seja muito movimentada, utilizam-se também fitas, fixando trechos intermediários do tubo ao pavimento. O uso das fitas é extremamente importante em rodovias movimentadas. A ideia geral é evitar que o tubo se movimente, salte ou solte durante o uso (PennDOT, 2015).

PennDOT (2015) também ressalta que em uma das pontas do tubo deve ser fechada ao lado oposto que se encontra o medidor eletrônico, podendo ser utilizado um parafuso com rosca apropriada ou um tampão específico, conforme ilustra a Figura 3.

Figura 3 – Detalhe do fechamento do tubo



Fonte: PennDOT (2015)

O equipamento funciona por meio de baterias, não necessitando de conexões elétricas para seu funcionamento. Dependendo do equipamento, os dados coletados podem ser retirados por meio de um computador, pen drive ou de forma sem fio, possibilitando a transmissão de dados de forma remota (SILVESTRE, 2017).

Um aspecto importante é que sua eficácia fica comprometida em estradas com baixa velocidade ou onde ocorra parada dos veículos. Para contagem dentro de centros urbanos com grande densidade semaforica, este método não é o mais eficiente, devido ao aspecto da parada de veículos (FHWA, 2007).

### 3. MÉTODO

Este trabalho aborda duas formas distintas de contagens volumétricas, são elas: contagem manual e contagem automática de veículos. Para que o objetivo do trabalho se concretizasse, as contagens foram realizadas simultaneamente, ou seja, começaram e terminaram na mesma data e hora, no período entre os dias 27/05/2019 e 02/06/2019, correspondendo ao período de uma semana. O equipamento contador de veículos utilizado no estudo foi o um protótipo de contador de veículos do tipo tubo pneumático, desenvolvido no âmbito acadêmico por Silvestre (2017).

Com a contagem volumétrica realizada de duas maneiras, pode-se fazer uma comparação entre os dados. Os volumes de tráfego medidos na seção da via foram transpostos em gráficos e tabelas para uma melhor compreensão. Este capítulo apresenta todas as etapas realizadas para se chegar a um comparativo entre as duas tecnologias de contagem. Em primeiro momento é descrito o local onde ocorreu o estudo, em seguida é demonstrado como foi desenvolvido o equipamento por Silvestre (2017). Após, é descrito como foi realizada a instalação do equipamento *in loco* na via. Além disso, é descrito de que forma foi realizada a contagem manual.

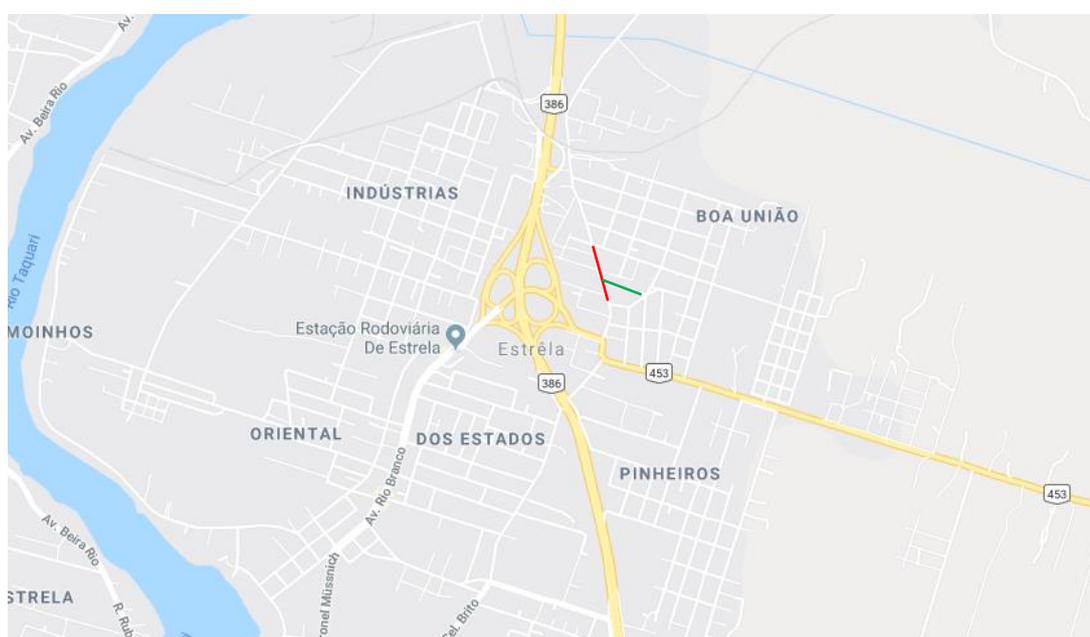
Observa-se de antemão que, o contador automático não realiza a classificação dos veículos. Já a contagem manual foi feita em primeiro momento sem a classificação, mas no decorrer do estudo optou-se por realizar a classificação dos veículos que com mais frequência passaram pela seção. Foi observada a necessidade da classificação por parte da contagem manual a fim de identificar os possíveis erros que viessem a acontecer com a contagem automática em relação a contagem manual.

#### 3.1 LOCAL DE ESTUDO

De forma a encontrar um local adequado, o equipamento precisou ser instalado em uma via onde o fluxo de veículos fosse elevado e constante, ou seja, sem paradas ocasionadas por semáforos e outros fatores que pudessem levar a um trânsito estático ou congestionado. Outro fator considerado para a escolha do local se deu pela praticidade no acompanhamento dos dados gerados, isto é, um local onde o computador responsável pela análise e manipulação dos dados pudesse ser instalado.

Por questão de ser prático e acessível, optou-se por utilizar a própria residência do autor deste trabalho para alocar o computador e os demais equipamentos necessários para se realizar as contagens automática e manual de veículos. Como ilustra a Figura 11, o local situa-se no bairro Boa União, na rua João Lino Braun, equina com a rua Miguel Friedrich, Estrela/RS. Da mesma forma, a Figura 12 mostra onde o equipamento foi instalado na via, o mesmo fica em frente a sala utilizada para dispor do computador.

Figura 4 – Rua João Lino Braun Esquina com Miguel Friedrich, estrela/RS.



Fonte – Google Earth Pro (2019).

Figura 5 – Sala onde foi alocado o computador.



Fonte – o Autor (2019).

### 3.2 TIPO DE CONTAGEM

As contagens volumétricas foram realizadas apenas em um lado da via, a imagem esquemática da Figura 13 mostra que os veículos foram contabilizados no sentido Sul-Norte, sentido este que representa chegada ao bairro. Sendo assim, os gráficos apresentados no capítulo 4 mostram valores de pico que representam a entrada no bairro. De forma geral, o âmbito da pesquisa gira em torno de avaliar o desempenho em questão da confiabilidade dos dados gerados pelo equipamento contador de veículos e não na forma como se comporta o trânsito na região escolhida para o estudo.

Figura 6 – Sentido Sul-Norte.



Fonte – Google Earth Pro (2019).

Deste modo, o tubo do contador pneumático foi instalado em apenas um sentido da via e a Figura 14 apresenta a sua configuração final.

Figura 7 – Tubo instalado em apenas um lado da via.



Fonte: o Autor.

### 3.3 CONTAGENS AUTOMÁTICAS

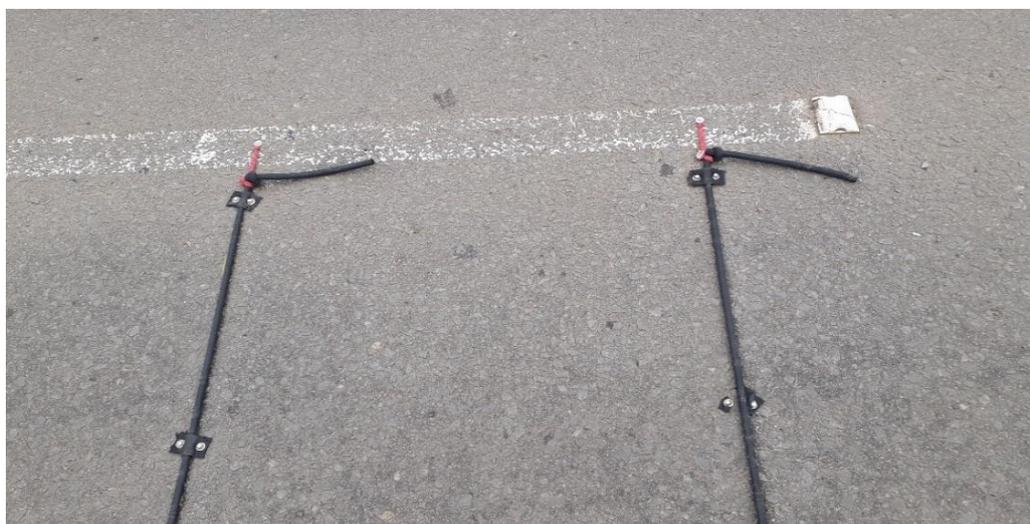
Para a realização das contagens automáticas, o primeiro passo foi instalar o equipamento na via. A forma com que a instalação foi realizada seguiu basicamente um modelo de contador pneumático encontrado na RSC-453 Rodovia Rota do Sol, próximo ao acesso da Rodovia dos Romeiros. Nota-se que o material utilizado e a forma na qual é feita é muito simples, o que levou a escolha da fixação da mangueira na via apenas por parafusos e borrachas.

Figura 8 – Contador por tubo pneumático na RSC-453, Farroupilha/RS.



Fonte – o Autor.

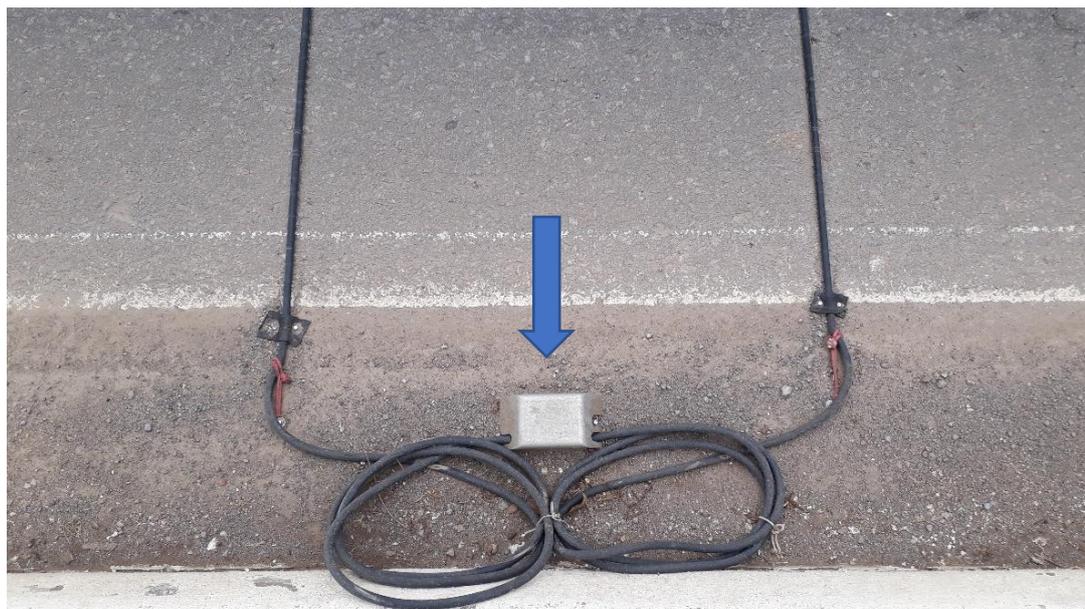
Figura 9 – Fixação por parafusos e borrachas do equipamento da RSC-453.



Fonte – o Autor.

A parte que compreende o circuito eletrônico e o sensor deste equipamento situa-se junto à via de tráfego ao lado da própria mangueira, como demonstrado na Figura 17.

Figura 10 – Circuito eletrônico e sensor do equipamento na RSC-453.



Fonte: o Autor.

### 3.3.1 Instalação do equipamento *in loco*

Para que o equipamento de estudo pudesse ser instalado em via pública, o primeiro passo foi protocolar um pedido de autorização na prefeitura municipal de Estrela. Com o caráter de auxiliar no desenvolvimento do trabalho, foi disponibilizado pela prefeitura municipal uma equipe de apoio para sinalizar o trânsito nos dias das instalações e retirada do equipamento. Dessa maneira, com o auxílio da Secretária Municipal do Trânsito do município de Estrela, realizou-se a instalação do equipamento na via.

Como mostra a Figura 18, o trânsito foi sinalizado de modo a não comprometer seu bom andamento e nem causar acidentes. Rapidamente o tubo foi esticado perpendicularmente a via. As ferramentas utilizadas para a instalação foram furadeira, chave de boca, parafusos e borrachas de câmara de caminhão para fixar o tubo na

via. Todo o processo levou em torno de 10 minutos. Assim como ilustra a Figura 19, o tubo ficou disposto na via e o detalhe da fixação pode ser observado na Figura 20.

Figura 11 – Sinalização no momento de Instalação do tubo na via.



Fonte: o Autor.

Figura 12 – Tubo instalado.



Fonte: o Autor.

Figura 13 – Detalhe da fixação.



. Fonte: o Autor.

Dando continuação ao processo, o próximo passo foi fixar a caixa de plástico que contém o circuito eletrônico e o sensor do sistema na via. Também com o auxílio de uma furadeira e uma chave de boca, fixou-se a caixa de acrílico juntamente com uma proteção de aço galvanizado na beirada do meio fio, lugar este que compreende parte da calçada. A Figura 21 mostra como a caixa plástica ficou disposta dentro da proteção e a Figura 22 mostra como ficou a instalação dessa parte do equipamento na calçada. Na Figura 23 é mostrado o conjunto: tubo, sensor e circuito, os dois últimos alocados na caixa de proteção utilizada para evitar serem danificados por vandalismos e também protegidos das adversidades climáticas.

Figura 14 – Caixa plástica dentro da caixa de proteção.



Fonte: o Autor.

Figura 15 – Caixas de proteção e acrílico instaladas



Fonte: o Autor.

Figura 16 – Conjunto mangueira, sensor e microcontrolador.



Fonte: o Autor.

O último passo para a instalação do equipamento foi fazer a conexão via cabo USB entre o circuito e o computador. Além de alimentar o circuito, o cabo serve para o envio dos dados. Nota-se na imagem da Figura 24 que ao lado da caixa de proteção há uma junta de dilatação na calçada. Nela que o cabo USB foi “escondido” até chegar

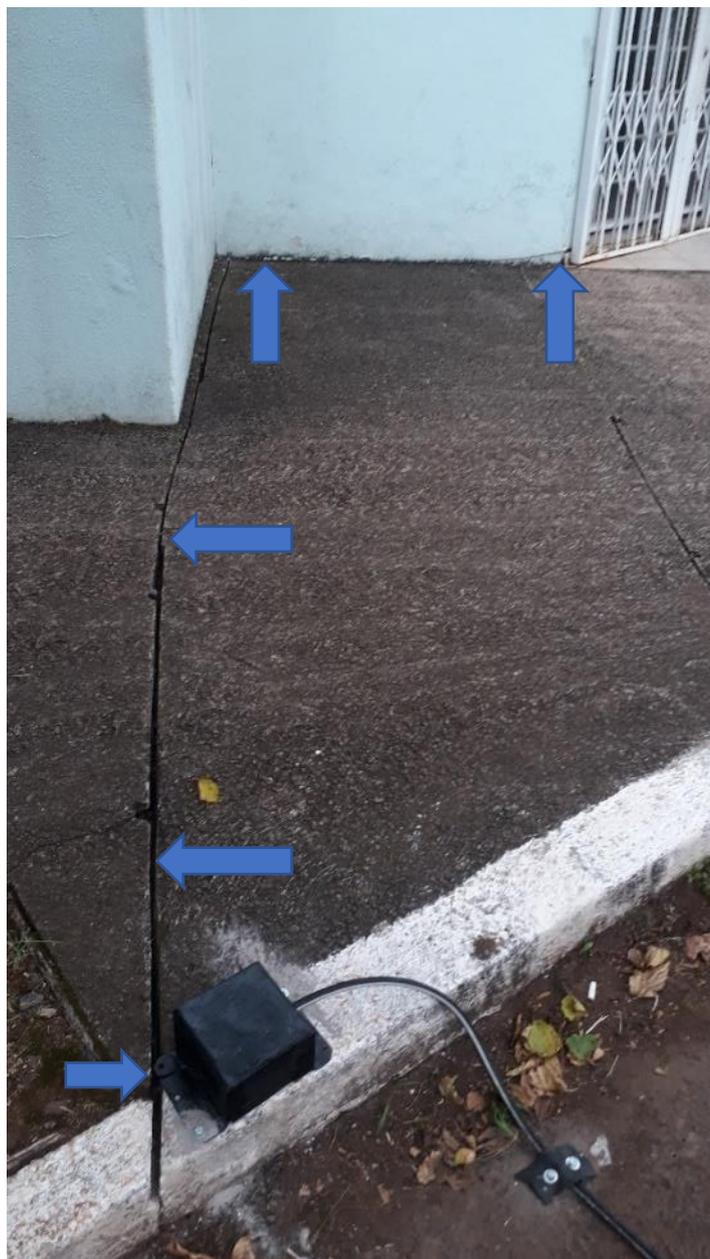
ao local mais próximo da parede da edificação, só então ele seguiu para dentro da sala onde se localiza o computador. Ao todo foram utilizados 2 cabos extensores de USB, cada um com 5 metros de comprimento. Todo esse cuidado foi necessário porque como o período de estudo foi longo, nada poderia ter sido interrompido. A Figura 25 mostra a junta de dilatação por totalidade, que foi por onde o cabo USB ficou escondido.

Figura 17 – Início da junta.



Fonte: o autor.

Figura 18 – Cabo USB pela extensão da junta de dilatação.



Fonte: o autor.

Com toda a parte física já instalada, foram feitos testes no computador para verificar se o contador já realizava as contagens. As contagens oficiais automáticas tiveram início às 00:00:00 horas do dia 27/05/2019.

Todas as partes que compõe o equipamento e utilizadas neste estudo foram as próprias criadas por Silvestre (2017), não sendo utilizadas cópias ou nem mesmo foram improvisadas peças semelhantes. Portanto, nesse momento pode-se concluir

que todas as partes que compõe o projeto original resistiram ao período de estudo, inclusive a mangueira, a caixa plástica que contém o sensor e o circuito e o cabo USB.

Embora a resistência dos materiais que compõe todo sistema não faça parte do objetivo principal deste trabalho, a integridade dos mesmos foi importante para que o estudo chegasse ao seu final. Todos os dados gerados pelo equipamento em campo e a forma que foram tratados são apresentados nos próximos subcapítulos.

### 3.3.2 Modo de operação do equipamento

A forma com que o equipamento realiza as contagens automaticamente é de simples compreensão. Por exemplo, no momento em que o pneu do veículo passa pelo tubo é realizado uma contagem, logo em seguida o equipamento “congela” durante o período de 1000 milésimos de segundos, o que corresponde a 1 segundo. Somente após esse período é que o contador está liberado para receber uma nova informação, ou seja, o contador não irá realizar duas contagens no intervalo de um segundo. A linha de comando que realiza essa etapa do algoritmo pode ser visualizada na Figura 26.

Figura 19 – Linha de comando do algoritmo que congela o programa

```

if(sensorValue > averageValue + 4) //Se a variação for maior que 4
{
    contagem++; //Soma 1 na contagem de veículos
    Serial.println(contagem); //Envia o novo valor da contagem
    averageValue = sensorValue + 10; //Soma valor para a média de leitura
    digitalWrite(ledOut,HIGH); //Liga LED indicando a contagem
    delay(1000); //Tempo em espera
}
else //Se a variação não for suficiente para caracterizar veículo

```

Fonte: Silvestre (2017)

#### 3.3.2.1 Efeito da passagem de um veículo

Como resultado de uma pesquisa feita no site da fabricante de automóveis da marca HONDA, verificou-se que a distância entre eixo de um carro do modelo Honda Civic tem um espaçamento de 2,70 metros. Visualmente este carro pode ser

considerado comprido, ou até ter uma maior distância entre eixos do que a maioria dos veículos que trafegam nas vias brasileiras.

Utilizando a distância entre eixos deste modelo de automóvel, ou seja, 2,70 metros, pode-se chegar a algumas conclusões por meio da seguinte equação.

$$V = \frac{D}{t}$$

$$V = \frac{2,7}{1001} \times 3.600$$

$$V = 9,7 \text{ Km/h}$$

Onde:

V = velocidade (Km/h)

D = distância entre eixos (m)

t = tempo (ms)

Para um veículo com medidas de entre eixo de 2,70 metros e para um período de 1001 milésimos de segundos, isto é, o primeiro milésimo de segundo após o congelamento do equipamento, chega-se a uma velocidade de 9,7km/h. Então, para que o equipamento faça uma dupla contagem de um veículo, o mesmo tem que estar trafegando em uma velocidade igual ou abaixo deste valor. Percebe-se na equação o fator de 3.600, utilizado para fazer a conversão de metros por milésimos de segundos para quilômetros por hora.

### **3.3.3 Realização das contagens automáticas**

Essa parte do trabalho se mostrou simples, pois se tratou de apenas observar os dados sendo gerados pelo contador automático e inspecionar as suas partes físicas. As observações realizadas foram:

- a) verificar pelo menos duas vezes ao dia se a cada passagem de veículo o contador registra uma contagem;

- b) verificar o estado da mangueira na via, por exemplo, furos na mesma e se as fixações estavam em bom estado;
- c) certificar-se que o computador estivesse ligado e funcionando;
- d) observar a sensibilidade do equipamento perante a ruídos, tremores, ventos e chuva.

As contagens automáticas foram realizadas conforme a limitação do próprio equipamento, ou seja, as contagens aconteceram toda vez que algo passasse sobre o tubo, causando assim uma diferença de pressão e conseqüentemente acionando o sensor e realizando uma contagem. É importante salientar que tudo que toca o tubo ao ponto de gerar uma diferença de pressão é contabilizado como sendo uma passagem de veículo.

No caso de caminhões, os erros na contagem ocorreram quando este demorou mais de 1 segundo para passar com todos seus eixos. Como são muito extensos e também por possuírem vários eixos, seria um problema se houvesse grande fluxo desses veículos pela seção estudada. Com a contagem manual de forma classificada ficou evidente que o local de estudo não possui tráfego elevado de caminhões.

### 3.4 CONTADOR A SER COMPARADO

Com o objetivo de analisar diferentes modelos de equipamentos eletrônicos que realizam a contagem de veículos em vias terrestres, Silvestre (2017) desenvolveu, no âmbito acadêmico, um equipamento contador de veículos a partir do uso de tubos pneumáticos. Por ser uma tecnologia pouco usada no Brasil, trata-se de um grande campo a ser explorado. A razão da escolha por esta tecnologia se deve a diversos fatores: simples operação, custo reduzido de operação e manutenção, portabilidade do equipamento e um princípio simples de funcionamento.

#### 3.4.1 Escopo

De forma geral, o contador de veículos a partir de tubos pneumáticos consiste no processo de: coleta da informação pelo sensor, processamento da informação e transmissão para interface de leitura. Inicialmente é realizada a leitura de variação de pressão dentro do tubo por meio de um sensor que identifica diferencial de pressão

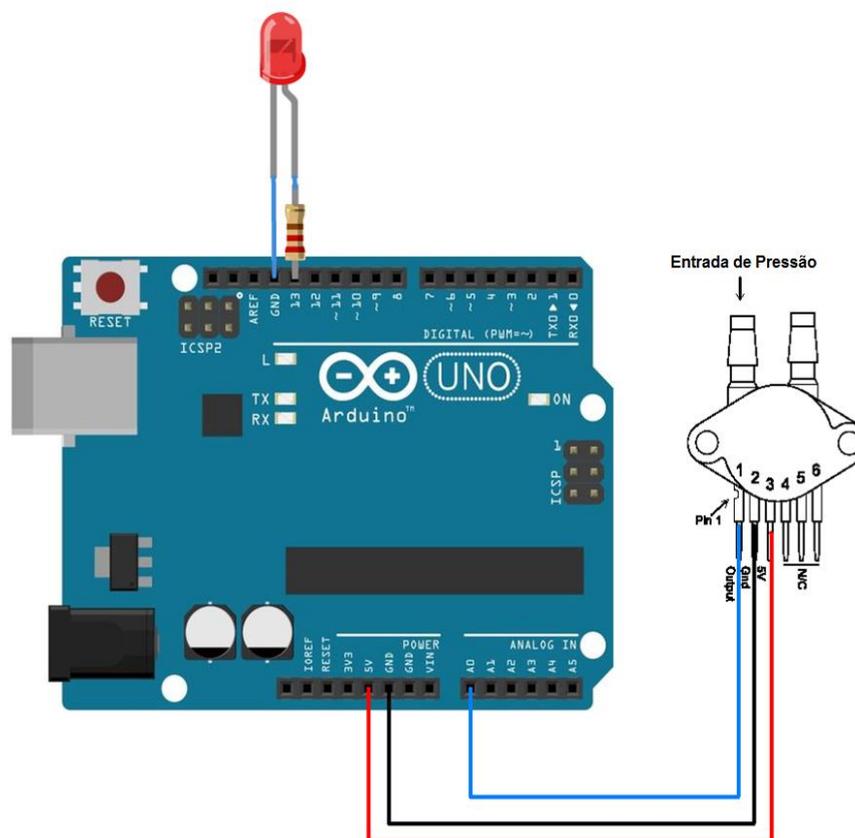
entre dois pontos. O sensor utilizado no projeto é o MPX5010DP do fabricante *freescale*, que possui dois pontos de leitura de pressão atmosférica e apresenta por meio de um sinal elétrico um valor que representa a variação de pressão entre as duas tomadas de leitura (SILVESTRE, 2017).

Ainda de acordo com Silvestre (2017), o sinal enviado pelo sensor de pressão precisa ser interpretado por um circuito lógico, a fim de identificar se a variação entre as duas tomadas é ampla o suficiente para caracterizar a contagem de um eixo de veículo. O circuito lógico ainda tem como função executar filtros a fim de definir que no mínimo dois eixos definem a presença de um veículo. Foi utilizada a plataforma Arduino devido por ser mais acessível e possuir muito material disponível. O modelo utilizado para teste em bancada é o Arduino Rev3. A leitura e interpretação dos dados utilizada é a interface da própria plataforma a partir de um computador, que também é a fonte de alimentação do circuito (SILVESTRE, 2017).

### **3.4.2 Circuito**

Devido ao fato da utilização de uma plataforma pronta, o esquema eletrônico se limita a um circuito muito simplificado, consistindo no sensor, placa de programação e LED indicador ligado em série com um resistor para proteger o LED. Na Figura 4 é possível observar o esquema de montagem do contador de veículos com tubo pneumático.

Figura 20 – Circuito eletrônico de contador de veículos.



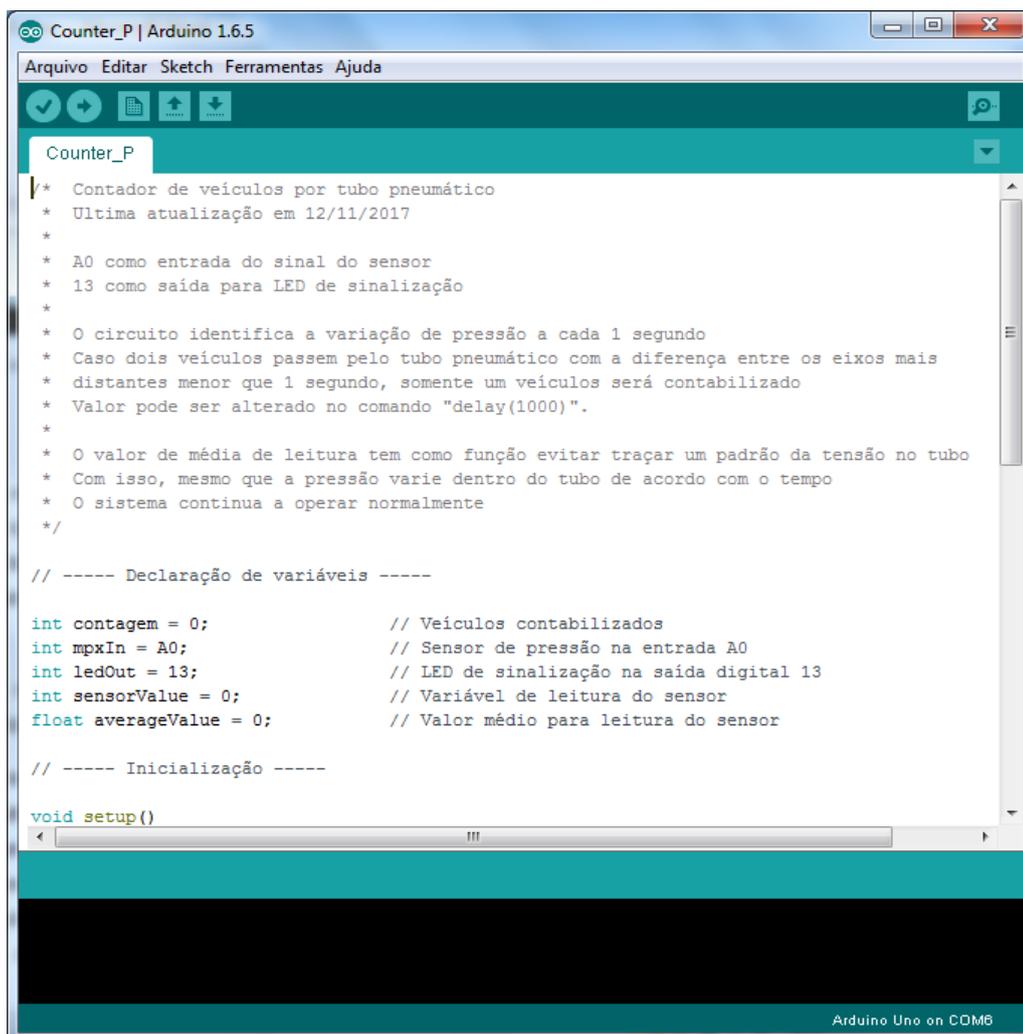
Fonte: Silvestre (2017).

A alimentação, comunicação e programação do circuito foi toda feita via conexão USB, nativa do circuito Arduino Uno. Com isto, fora o circuito apresentado na Figura 4, se fez necessário somente o uso de um computador ou outro dispositivo com conexão USB.

### 3.4.3 Algoritmo

Como relata Silvestre (2017), o algoritmo de programação foi escrito na interface do próprio Arduino, oferecida pelo fabricante. Isto faz com que diversas bibliotecas estejam prontas para o uso, evitando a necessidade de diversas linhas de programação que exige conhecimento mais aprofundado para sua compreensão. A Figura 5 mostra a interface de programação.

Figura 21 – Interface de programação Arduino IDE.



```

Counter_P
/* Contador de veículos por tubo pneumático
 * Última atualização em 12/11/2017
 *
 * A0 como entrada do sinal do sensor
 * 13 como saída para LED de sinalização
 *
 * O circuito identifica a variação de pressão a cada 1 segundo
 * Caso dois veículos passem pelo tubo pneumático com a diferença entre os eixos mais
 * distantes menor que 1 segundo, somente um veículo será contabilizado
 * Valor pode ser alterado no comando "delay(1000)".
 *
 * O valor de média de leitura tem como função evitar traçar um padrão da tensão no tubo
 * Com isso, mesmo que a pressão varie dentro do tubo de acordo com o tempo
 * O sistema continua a operar normalmente
 */

// ----- Declaração de variáveis -----

int contagem = 0;           // Veículos contabilizados
int mpxIn = A0;           // Sensor de pressão na entrada A0
int ledOut = 13;          // LED de sinalização na saída digital 13
int sensorValue = 0;      // Variável de leitura do sensor
float averageValue = 0;   // Valor médio para leitura do sensor

// ----- Inicialização -----

void setup()

```

Fonte: Silvestre (2017).

O algoritmo utilizado no contador de veículos pode ser conferido na sequência, juntamente com algumas notas de programação a fim de facilitar a compreensão do mesmo:

```

/* Contador de veículos por tubo pneumático
 * Última atualização em 12/11/2017
 *
 * A0 como entrada do sinal do sensor
 * 13 como saída para LED de sinalização
 *
 * O circuito identifica a variação de pressão a cada 1 segundo
 * Caso dois veículos passem pelo tubo pneumático com a diferença entre os eixos mais
 * distantes menor que 1 segundo, somente um veículo será contabilizado
 * Valor pode ser alterado no comando "delay(1000)".
 *
 * O valor de média de leitura tem como função evitar traçar um padrão da tensão no tubo
 * Com isso, mesmo que a pressão varie dentro do tubo de acordo com o tempo
 * O sistema continua a operar normalmente

```

```

*/
// ----- Declaração de variáveis -----

int contagem = 0;           // Veículos contabilizados
int mpxIn = A0;           // Sensor de pressão na entrada A0
int ledOut = 13;          // LED de sinalização na saída digital 13
int sensorValue = 0;      // Variável de leitura do sensor
float averageValue = 0;   // Valor médio para leitura do sensor

// ----- Inicialização -----

void setup()
{
  Serial.begin(9600);      //Abertura da comunicação serial
  pinMode(ledOut, OUTPUT); //Declaração de saída do pino "ledOut"
  digitalWrite(mpxIn, HIGH); //Entrada mpxIn em nível alto
}

// ----- Programa principal -----

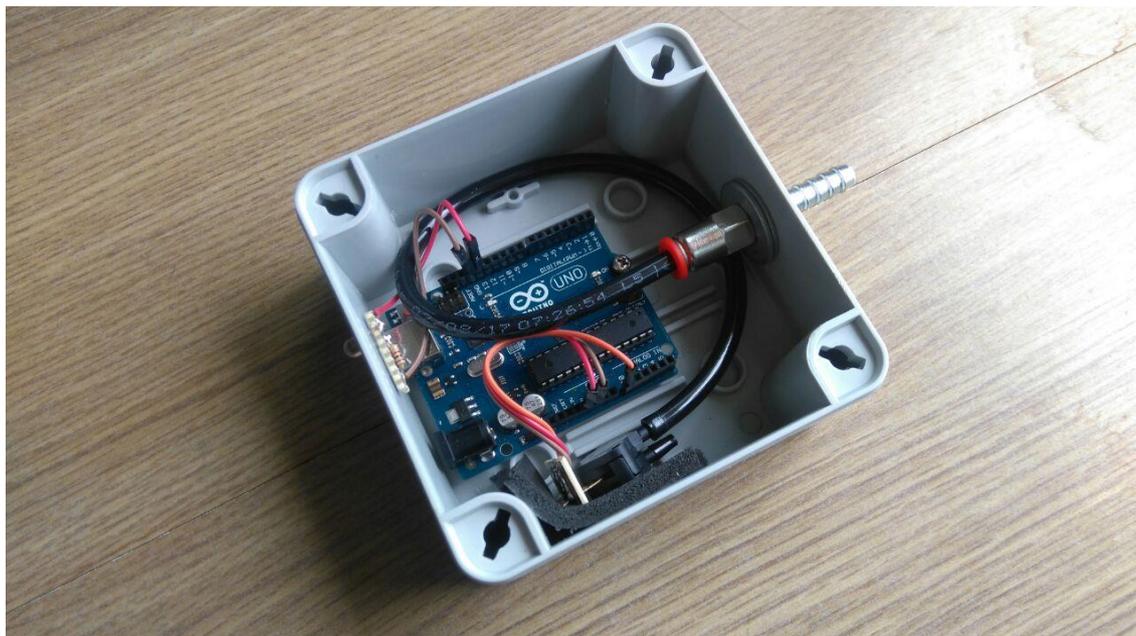
void loop()
{
  sensorValue = analogRead(mpxIn); //Leitura de valor do sensor
  if(millis() < 2000)             //Loop de programação de média inicial
  {
    averageValue += ((float)sensorValue - averageValue) / 10.f;
    digitalWrite(ledOut,HIGH);
  }
  else //Loop de teste de variação de pressão na linha
  {
    if(sensorValue > averageValue + 4) //Se a variação for maior que 4
    {
      contagem++;                //Soma 1 na contagem de veículos
      Serial.println(contagem);  //Envia o novo valor da contagem
      averageValue = sensorValue + 10; //Soma valor para a média de leitura
      digitalWrite(ledOut,HIGH);  //Liga LED indicando a contagem
      delay(1000);                //Tempo em espera
    }
    else //Se a variação não for suficiente para caracterizar veículo
    {
      digitalWrite(ledOut,LOW);
      averageValue += ((float)sensorValue - averageValue) / 100.f;
    }
  }
}
}

```

#### 3.4.4 Montagem e operação

A fim de facilitar o seu uso, montou-se o equipamento em uma caixa plástica, facilitando o seu transporte e protegendo os seus componentes. As Figuras 6 e 7 mostram o contador montado em caixa plástica.

Figura 22 – Contador pneumático montado em caixa plástica (aberto).



Fonte: Silvestre (2017)

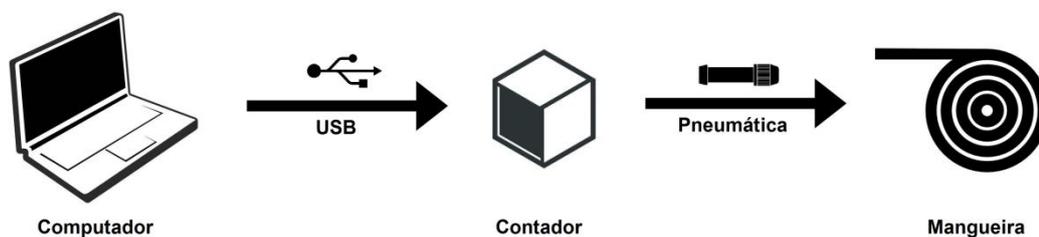
Figura 23 – Contador pneumático montado em caixa plástica (fechado).



Fonte: Silvestre (2017).

A Figura 8 apresenta um esquema de como devem ser feitas as conexões elétricas e pneumáticas para a operação do equipamento. Já a Figura 9 mostra como o sistema fica quando montado.

Figura 24 – Esquema de conexões do sistema de contagem.



Fonte: Silvestre (2017).

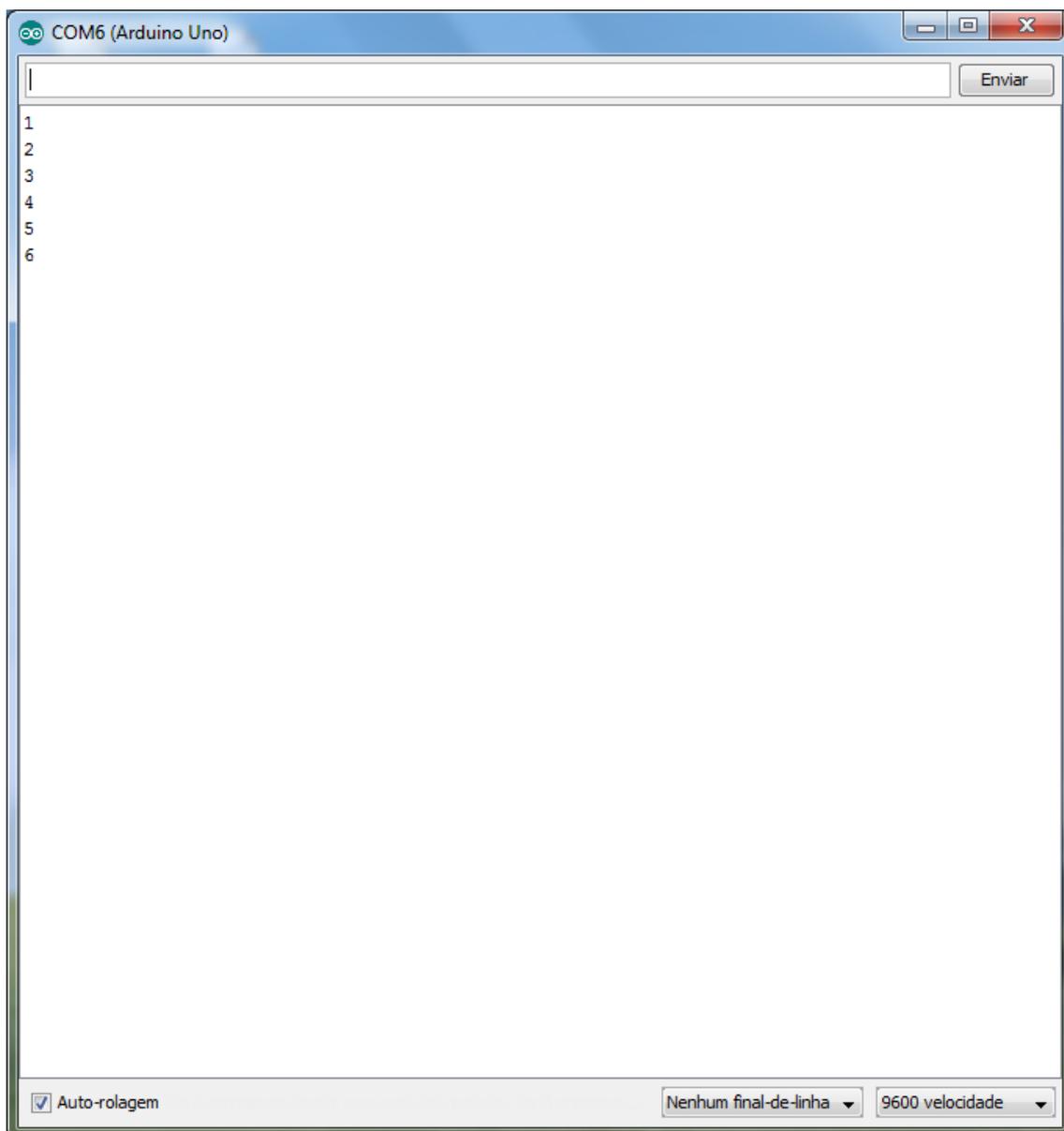
Figura 25 – Contador pneumático montado em caixa plástica



Fonte: Silvestre (2017).

Com todas as conexões realizadas e a mangueira de borracha disposta sobre a faixa onde se deseja fazer a leitura, se torna possível a utilização do equipamento. A Figura 10 mostra a interface de leitura das informações, utilizando o Monitor Serial da Arduino IDE.

Figura 26 – Interface de leitura dos dados coletados.



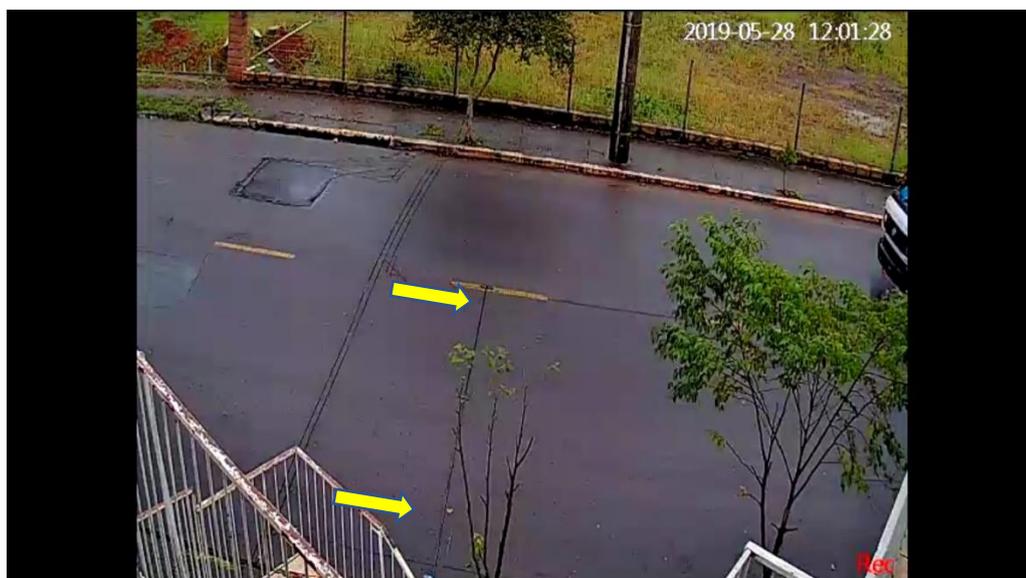
Fonte: Silvestre (2017)

### 3.5 CONTAGENS MANUAIS

As contagens manuais foram realizadas concomitantemente às contagens automáticas, porém foram feitas por meio de filmagens. Utilizou-se uma câmera que ficou direcionada para o local onde o tubo pneumático esteve instalado. Desse modo,

os veículos que passaram por essa seção da via foram contabilizados manualmente. A Figura 27 mostra como ficou o enquadramento da imagem em relação ao tubo.

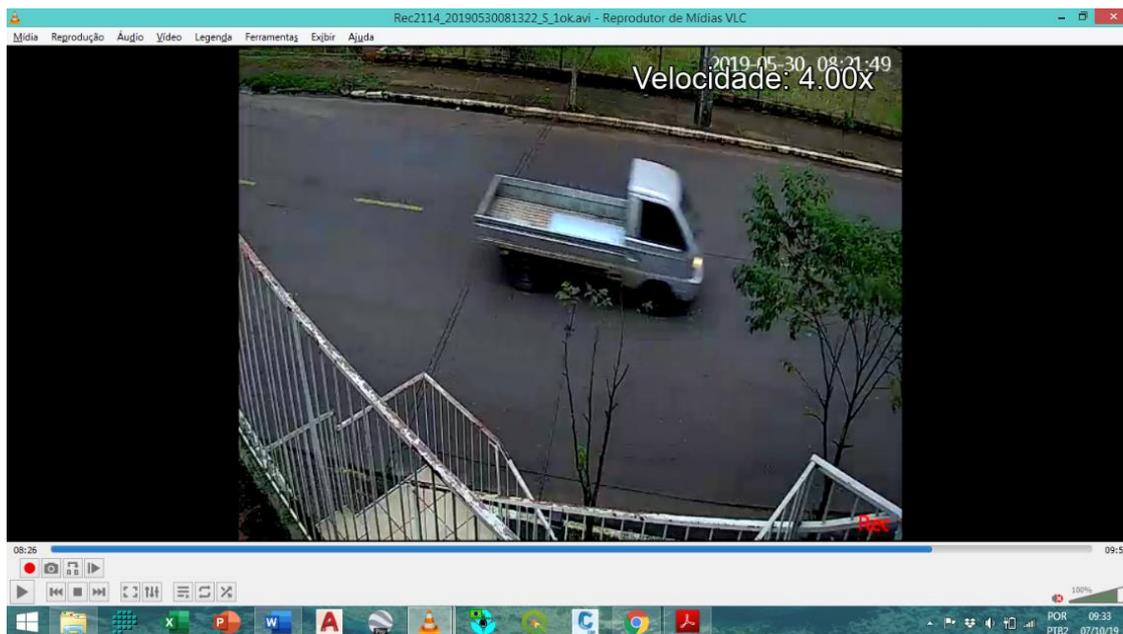
Figura 27 – Imagem de câmera utilizada para as contagens manuais.



Fonte – o Autor.

Após uma semana de gravações, se deu início as contagens manuais. A forma com que foi realizado esse tipo de contagem procurou ser a mais rápida possível, pois o período de vídeos a serem assistidos somaram 168 horas. Para que fosse viável as contagens, as imagens foram aceleradas em 4 vezes, o que resultou em um processo menos cansativo para o operador. Para assistir as imagens utilizou-se do reprodutor multimídia de código aberto VLC, como demonstrado na Figura 28.

Figura 28 – Reprodutor multimídia VLC.



Fonte – o Autor.

### 3.5.1 Instalação da câmera

Na Figura 29 é mostrado o local que a câmera ficou instalada e as Figuras 30 e 31 mostram como ficou a imagem da câmera direcionada para o tubo pneumático durante o dia e a noite, respectivamente.

Figura 29 – Local onde ficou instalada a câmera.



Fonte: o Autor.

Figura 30 – Imagem durante o dia.



Fonte: o Autor.

Figura 31 – Imagem durante à noite.



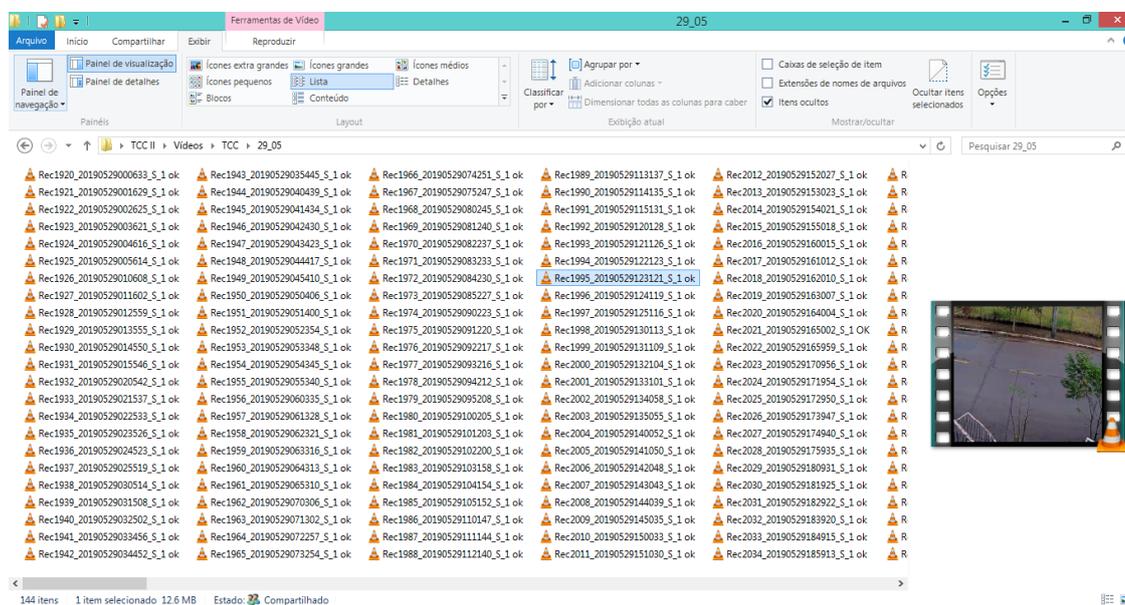
Fonte: o Autor.

### 3.5.2 Contagem dos veículos por vídeo

As contagens foram realizadas por meio das imagens captadas pela câmera de monitoramento, para isso foi necessário alocar na câmera um cartão de memória contendo espaço suficiente para armazenar no mínimo 15GB. Ao final das gravações, as imagens somaram um total de 12,2GB. Como demonstrado na Figura 32, a câmera

gera automaticamente vídeos de 10 minutos de duração, assim sendo, ao final dos sete dias de estudo foram gerados um total de 1008 vídeos, aproximadamente.

Figura 32 – Arquivos de Vídeos divididos em períodos de dez minutos.



Fonte: o autor.

### 3.5.3 Uso do aplicativo

Outra ferramenta importante para a realização das contagens manuais foi o uso de aplicativo contador de veículos. Essa forma de gravar a passagem de veículos foi em substituição e simulação às pranchetas físicas e contadores mecânicos de mão. Com esse aplicativo, as contagens puderam ser executadas.

Para auxiliar nas contagens, durante a análise de imagens foi utilizado o Smartphone Samsung J7 Prime, e inicialmente utilizou-se de um aplicativo contador para auxiliar no processo. O aplicativo utilizado inicialmente com o nome de “contador” foi encontrado de forma gratuita no Play Store do sistema Android. Esse aplicativo contador foi utilizado nas primeiras 55 horas de estudo, pois ele não realiza a classificação do tráfego em diferentes classes. Por esta razão, ele precisou ser substituído por outro que efetuasse uma contagem classificada. Na Figura 33 pode-se visualizar a interface do aplicativo que foi utilizado inicialmente.

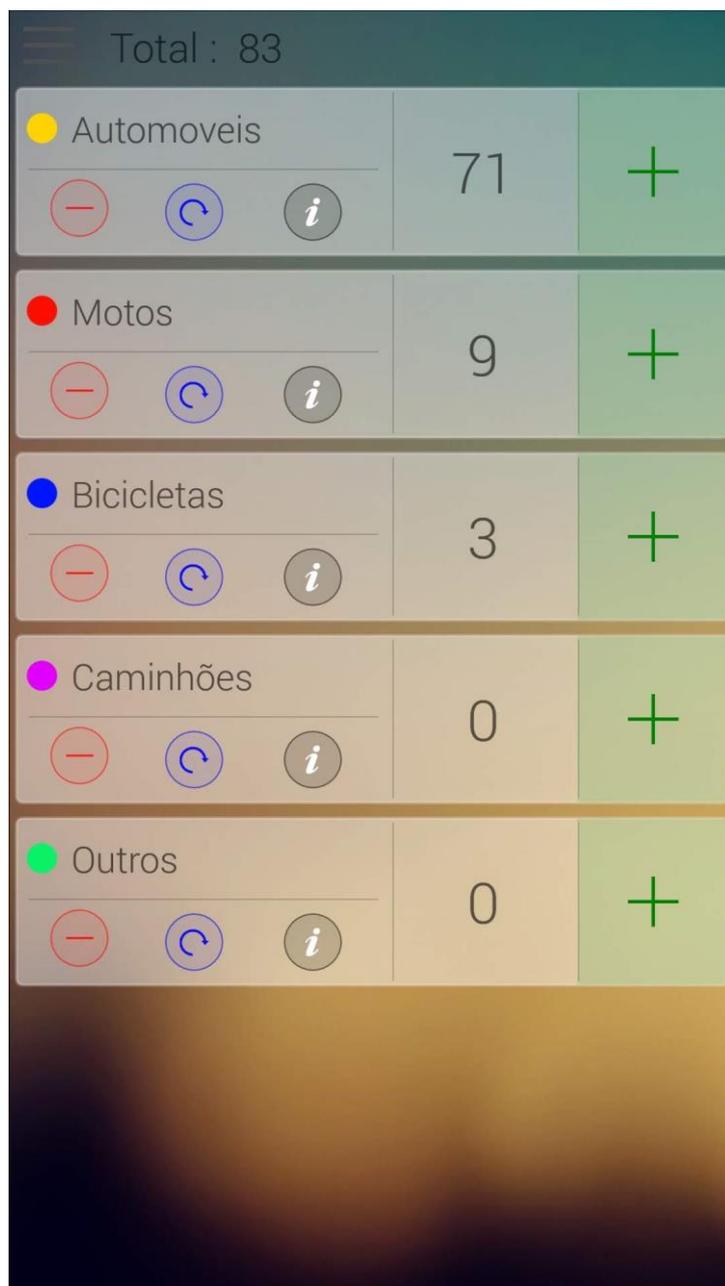
Figura 33 – Aplicativo utilizado inicialmente de nome “contador”.



Fonte: o Autor.

Para o restante das horas, ou seja, 113 horas, foi utilizado outro aplicativo, o TCounter fornecido pelo Play Store do sistema Android também de forma gratuita. Assim as contagens manuais foram feitas de forma classificada e os possíveis erros do contador automático puderam ser identificados. A Figura 34 mostra a interface do aplicativo utilizado. Nota-se que foi criado uma classe para automóveis, uma para motocicletas, uma para caminhões, uma para as bicicletas e uma classe denominada de outros, que no caso foi utilizado para contabilizar catadores de material reciclável, conhecidos como carroceiros.

Figura 34 – Classes de veículos no TCounter.



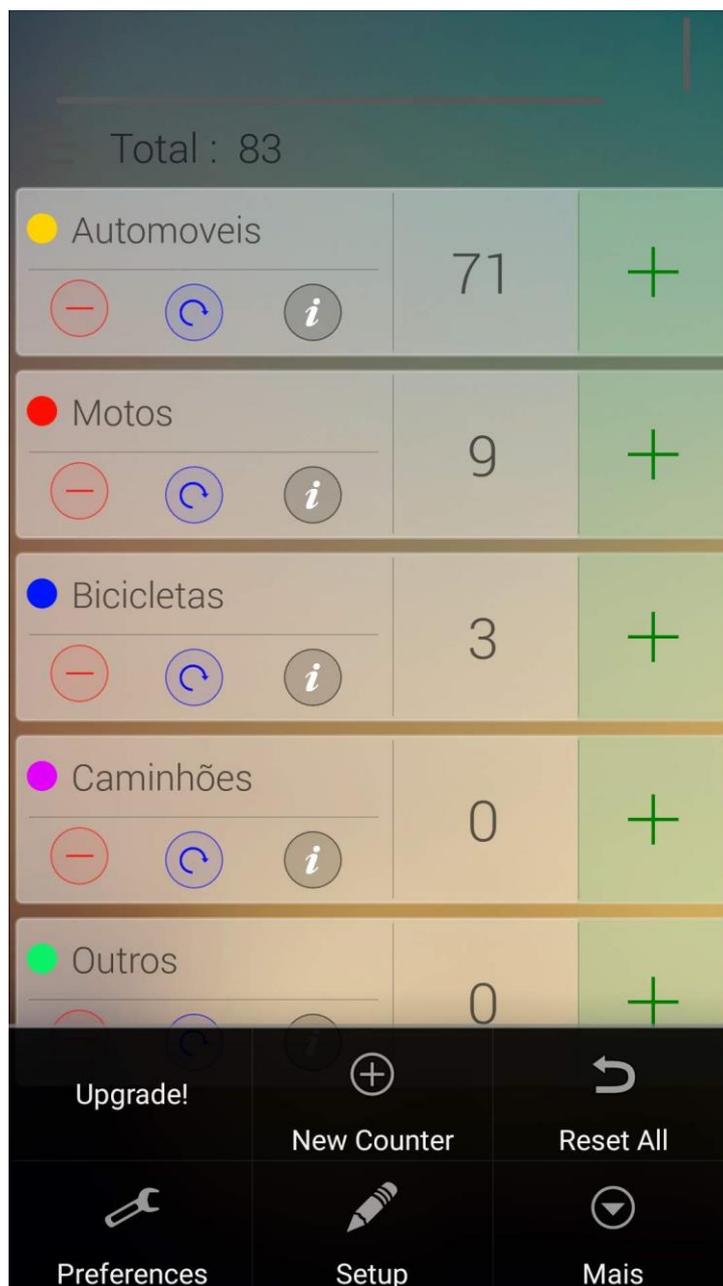
The screenshot shows a mobile application interface for TCounter. At the top, it displays 'Total : 83'. Below this, there is a list of five vehicle classes, each with a colored dot, a name, a count, and a set of control buttons (minus, refresh, info, and plus).

Class	Count
Automoveis	71
Motos	9
Bicicletas	3
Caminhões	0
Outros	0

Fonte – o Autor.

O aplicativo TCounter é uma ferramenta simples de ser utilizada. Na parte inferior da Figura 35 são apresentadas as suas configurações.

Figura 35 – Configurações TCounter.



Fonte: o Autor.

Como mostrado na Figura 35, são seis botões existentes nas configurações:

- Upgrade: utilizado para quem deseja adquirir a versão paga do aplicativo;
- New Counter: adiciona uma nova classe para contagem;
- Reset All: retorna em zero todos os valores das classes já contabilizadas;

- Preferences: contém configurações de sinal sonoro ao tocar nos botões das contagens, vibração ao toque, quantos tipos de classe podem ser mostrados na tela horizontal, dentre outros;
- Setup: local onde é possível editar os nomes e as cores das classes;
- Mais: esse botão contém configurações em relação a ajuda do uso do aplicativo, além de contar com uma opção de enviar o relatório de cada conjunto de contagens por e-mail.

Além dos botões da configuração geral do aplicativo, cada classe possui um conjunto de quatro botões, sendo eles:

- botão de sinal de menos: é utilizado para fazer uma contagem negativa, ou seja, voltar uma unidade de contagem. Ele está representado por um sinal de menos na cor vermelha de cada classe;
- botão com seta de retorno: esse botão quando apertado retorna o valor de zero na classe desejada, e se apertado novamente ele retorna ao valor da última contagem. Ele está representado em azul e com o símbolo de retorno;
- botão *i*: o botão com a letra *i* quando apertado abre uma tela de configuração da classe. Nessas configurações pode-se editar o nome da classe, cor e também a classe pode ser deletada através dessa configuração;
- botão com sinal de mais: serve para realizar as contagens propriamente ditas. Ele está representado por um sinal de mais na cor verde.

### 3.6 COMPARAÇÃO ENTRE OS RESULTADOS

Após os 7 dias de coleta de dados do contador automático, se deu início a análise das imagens da câmera. Assim sendo, os valores foram todos repassados para uma planilha. Os dados, tanto do equipamento automático quanto das contagens manuais, foram dispostos em forma de veículos/hora (vph), veículos/dia (VDM) e também foram realizados a soma de todos os veículos que passaram pela seção durante a semana de contagens. Conseqüentemente, obteve-se o volume horário de sete dias da semana e também o volume diário médio referente ao período.

### 3.7 CÁLCULO DO ERRO

Foram calculados os erros horários que ocorreram em cada dia, num período de uma semana. Também foram calculados os erros diários e o erro no volume total de veículos que passaram na seção da via em 7 dias. É importante ressaltar que o escopo dessa pesquisa gira em torno do erro percentual de um equipamento automático contador de veículos de tubo pneumático. Assim sendo, a coleta dos dados iniciou na segunda-feira de uma semana e terminou no domingo da semana seguinte, completando um ciclo de 7 dias.

#### 3.7.1 Erro horário

Para o cálculo do erro do volume horário foram consideradas as passagens de veículos durante o período de cada hora do dia. Comparou-se as contagens automáticas em relação as contagens manuais. A seguinte equação foi utilizada para encontrar o erro percentual no volume horário.

$$\text{ErroH}_{(t)} = \left( \frac{A_{(t)}}{M_{(t)}} - 1 \right) \times 100$$

Onde:

ErroH = erro do volume horário (%);

A = número de veículos registrado pelo contador automático em uma hora do dia (vph);

M = número de veículos registrado pela contagem manual em uma hora do dia (vph);

t = hora do dia.

#### 3.7.2 Erro diário

Para o cálculo do erro diário, foi considerado o volume total de veículos que trafegaram pela seção da via em um dia da semana, ou seja, num período de total de 24 horas do mesmo dia. Para isso adotou-se o conceito de erro no volume médio

diário em um dia da semana. Da mesma forma que foi feito para o cálculo do erro do volume horário, foi feito para o cálculo do erro do volume diário médio em um dia da semana, apenas se somou todos os veículos das 24 horas de um dia. A seguinte equação mostra como foi realizado este cálculo.

$$\text{ErroD} = \left( \frac{\sum A}{\sum M} - 1 \right) \times 100$$

Onde:

ErroD = erro do volume médio diário em um dia da semana (%);

$\sum A$  = somatório dos veículos registrados pelo contador automático no período de 24 horas de um dia da semana (vpd);

$\sum M$  = somatório dos veículos registrados pela contagem manual no período de 24 horas de um dia da semana (vpd);

### **3.7.3 Erro no volume total de veículos de uma semana**

Para encontrar o erro, foram contabilizados todos os veículos que passaram pela seção da via durante 24 horas de um dia, somando-se 7 dias consecutivos, no caso, de segunda a domingo. Resumindo, foram comparados os dados do contador automático com os dados da contagem manual num período de 168 horas.

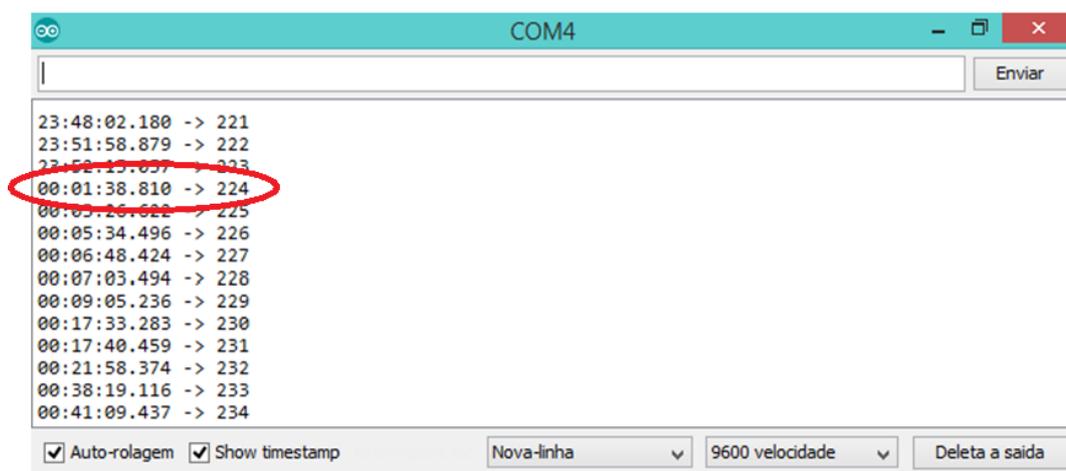
## 4. RESULTADOS

Neste capítulo são apresentados os resultados das contagens automáticas e manuais, além do cálculo do erro percentual do equipamento de forma horária, diária e semanal.

### 4.1 DADOS RECEBIDOS DO CONTADOR AUTOMÁTICO

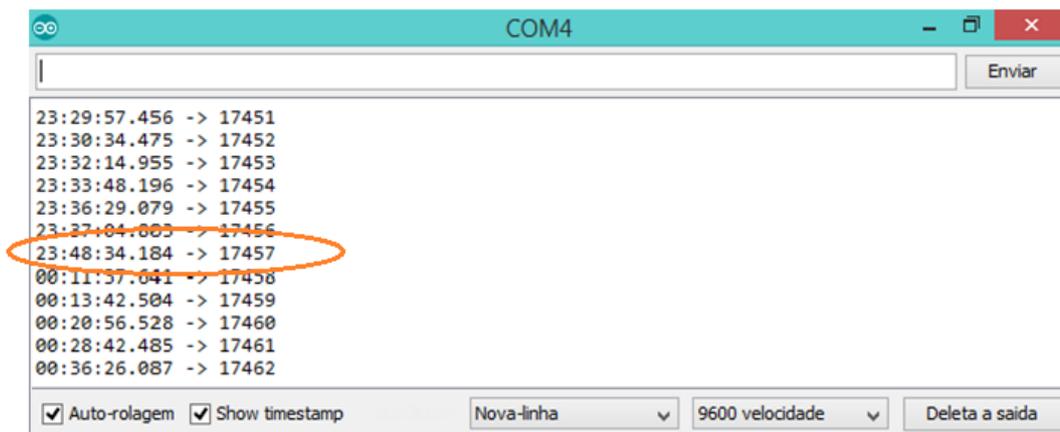
A Figura 36 mostra a forma com que os dados são apresentados pelo Monitor Serial da plataforma Arduino e também indica o horário da primeira ocorrência que foi as 00:01:38 do dia 27/05/2019. Na Figura 37 é mostrado o término das contagens no dia 02/06/2019 no horário das 23:48:34.

Figura 36 – Interface de observação do Arduino, dados iniciais.



Fonte: o autor.

Figura 37 – Interface de observação do Arduino, dados finais.

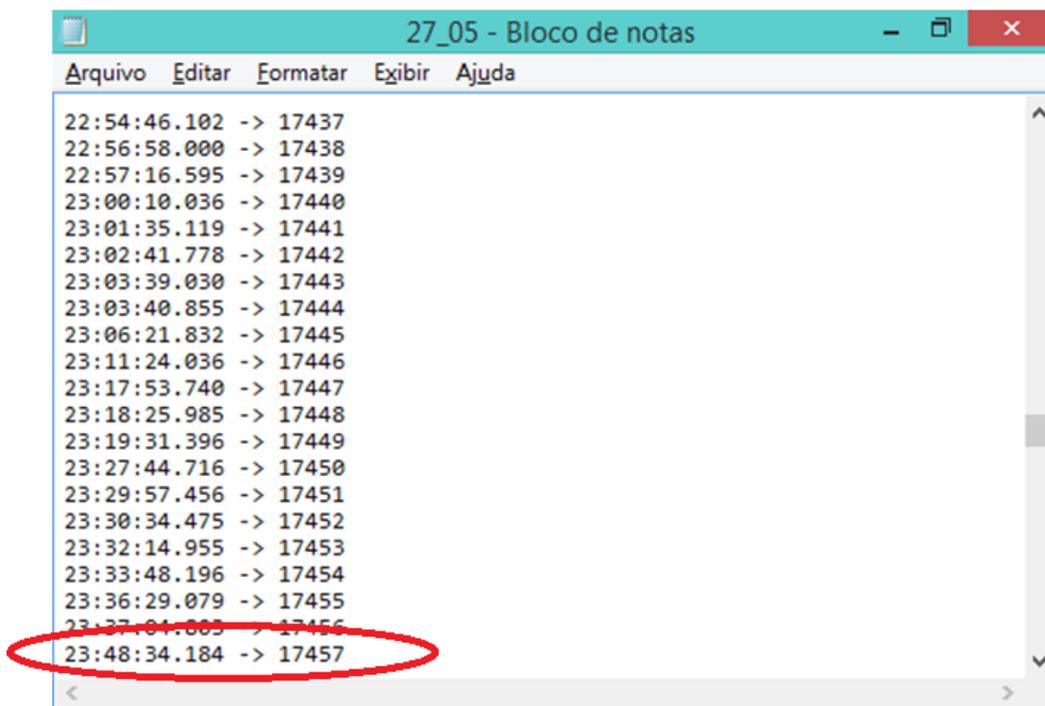


Fonte: o autor.

Como ilustra a Figura 36, o valor que aparece após o horário da primeira ocorrência é 224, que indica o número de veículos já registrados até o momento, sendo que o estudo se iniciou exatamente as 00:00:00 horas. A informação gerada juntamente com o horário exato da ocorrência foi irrelevante para a organização dos dados na planilha, pois para a contabilização do número de veículos que passaram pela seção da via em intervalos de uma hora foi utilizada uma célula da planilha para fazer a contagem conforme a hora de ocorrência, não pelo número de veículos que passaram até o momento.

Na Figura 38 é possível observar o resultado das contagens automáticas após 7 dias de coleta de dados. Nota-se que as informações foram copiadas do Monitor Serial da plataforma Arduino para um arquivo .txt para garantir a segurança dos dados, pois uma vez fechado a tela do Monitor Serial toda a informação é perdida.

Figura 38 – Dados repassados para arquivo txt.

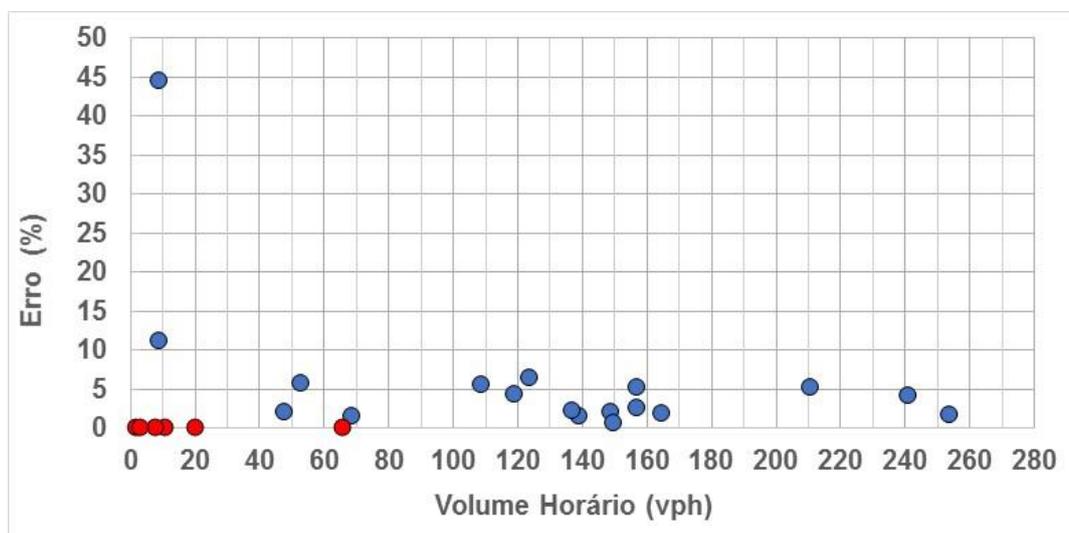


Fonte: o autor.

#### 4.2 RESULTADO DO ERRO EM FUNÇÃO DO VOLUME HORÁRIO

O Gráfico 1 mostra o erro percentual em função do volume horário da segunda-feira. Com os gráficos gerados dos 7 dias, pode-se chegar a um padrão no comportamento do erro do equipamento em função do volume horário.

Gráfico 1 – Erro em função do volume horário, Segunda-feira.



Fonte: o Autor.

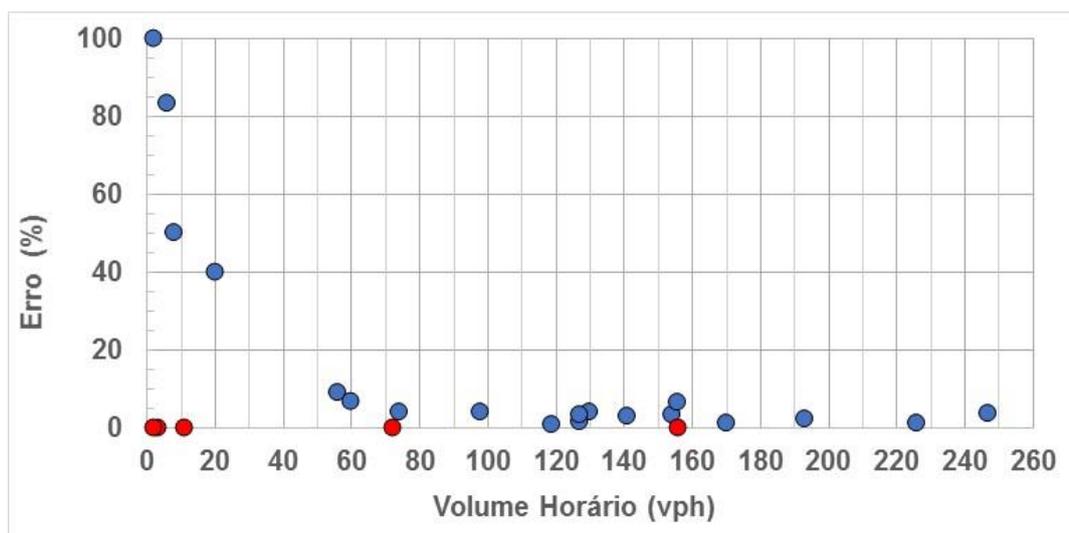
Cada círculo no gráfico representa o volume horário de cada hora do dia, as azuis representam as horas em que houveram erros e as vermelhas foram as horas onde esses não ocorreram. Contudo, a análise do gráfico não levou em consideração os horários de ocorrência dos erros, mas sim em qual volume horário que esses erros foram maiores ou menores.

Com o Gráfico 1, é possível identificar que, onde o número de veículos por hora foi menor, o erro percentual foi maior. Pode-se então concluir que onde o número de veículos por hora é elevado, o erro é menor, e consequentemente onde o volume por hora é menor, o erro é elevado. No caso da segunda-feira, observa-se que em 18 horas do dia houve erro nas contagens, ou seja, 75%. Nas 6 horas restantes o erro foi nulo.

Na terça-feira, conforme pode ser observado no Gráfico 2, observa-se que em 19 horas do dia ocorreram erros no contador automático e em 5 horas não.

Também pode ser observado no gráfico 2 um erro de 100%. Esse erro se justifica pelo volume de veículos ter sido baixo. No caso o contador registrou 4 veículos, e a contagem manual 2.

Gráfico 2 – Erro em função do volume horário, Terça-feira.

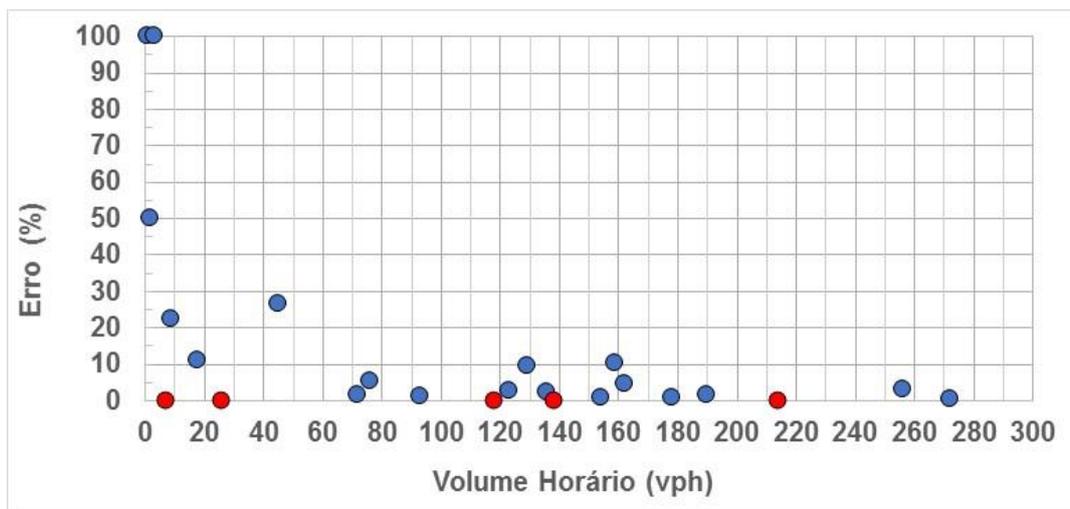


Fonte: o Autor.

A quarta-feira, como mostra o Gráfico 3, nenhum volume elevado apresentou um erro elevado. Também pode-se perceber que ocorreram erros de 100%, assim

como também ocorreu no Gráfico 2. No caso dessa quarta-feira o volume horário registrado pela contagem manual em uma certa hora do dia foi de 1 veículo e o contador automático registrou 2 veículos, usando a equação utilizada para calcular o erro horário, chega-se a 100%. Portanto, no gráfico o volume horário que registrou 1 veículo apresentou os 100% de erro.

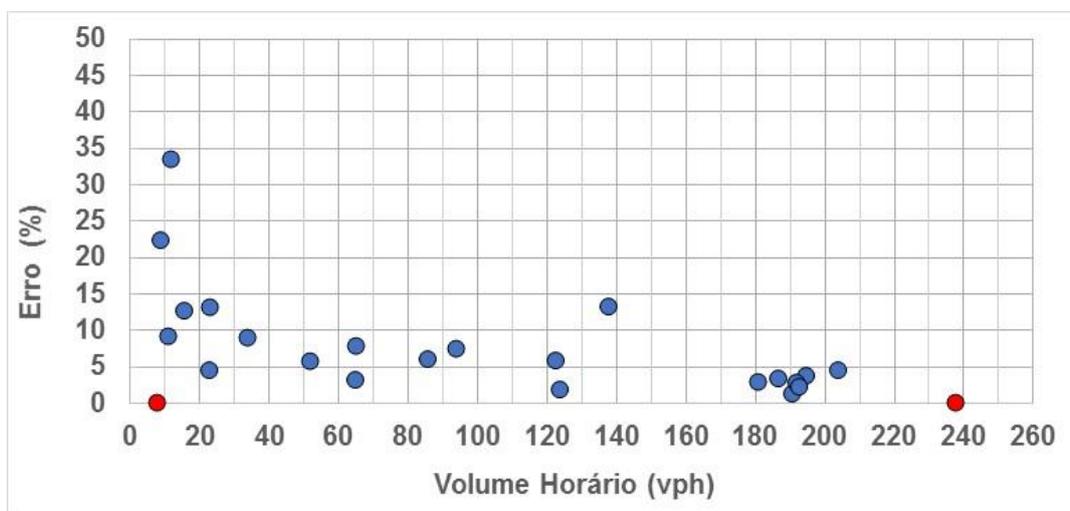
Gráfico 3 - Erro em função do volume horário, Quarta-feira.



Fonte: o Autor

O Gráfico 4, que corresponde ao da quinta-feira, se mostrou padrão em comparação aos demais.

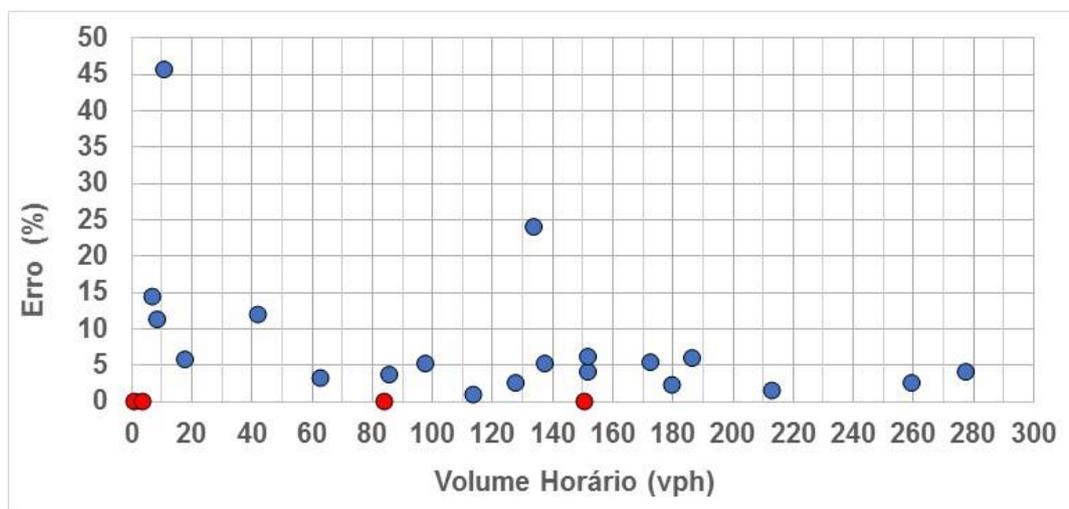
Gráfico 4 - Erro em função do volume horário, Quinta-feira.



Fonte: o Autor.

Como ilustra o Gráfico 5, que corresponde ao da sexta-feira, pode-se perceber que existe um erro grande devido ao para volume horário elevado. Com esta constatação, foi necessário verificar mais a fundo esta situação.

Gráfico 5 - Erro em função do volume horário, Sexta-feira.

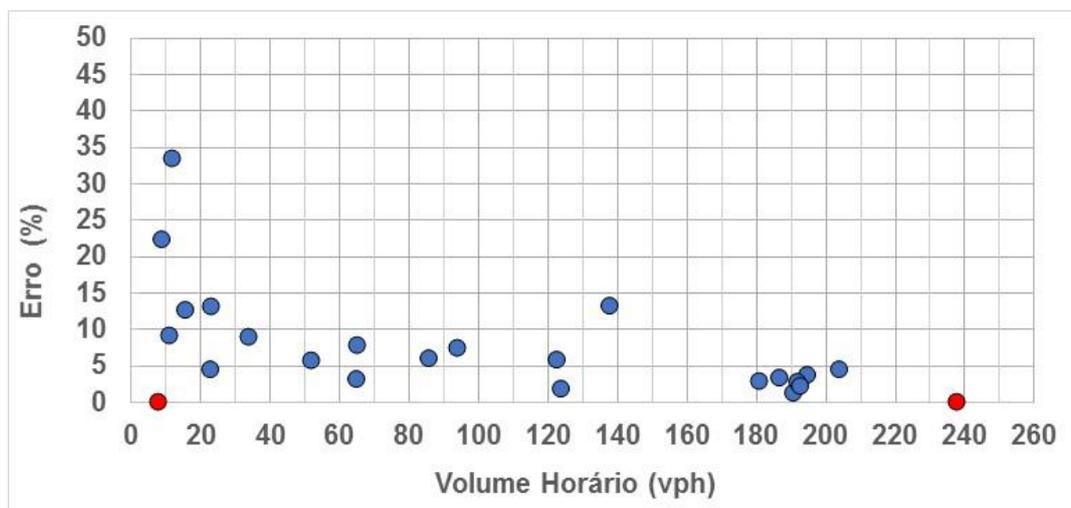


Fonte: o Autor.

Após a verificação, foi constatado que, por motivo técnico, faltaram as imagens da câmera das 15:36 às 15:44 horas. Desta forma, se perderam 8 minutos de contagens manuais de veículos. Pode-se concluir, então, que este erro horário foi o único que não esteve relacionado ao equipamento durante todo o período de estudo.

O Gráfico 6, que corresponde ao sábado, também apresentou uma anormalidade. O volume horário que corresponde a aproximadamente 138 vph apresentou um erro de 13%. Assim sendo, verificou-se as imagens e, então, o erro foi esclarecido pelo fato de muitos veículos que estavam trafegando na pista contrária acabaram passando na contra-mão e foram contabilizados no contador automático. Como esses veículos não foram contabilizados na contagem manual, o erro foi elevado.

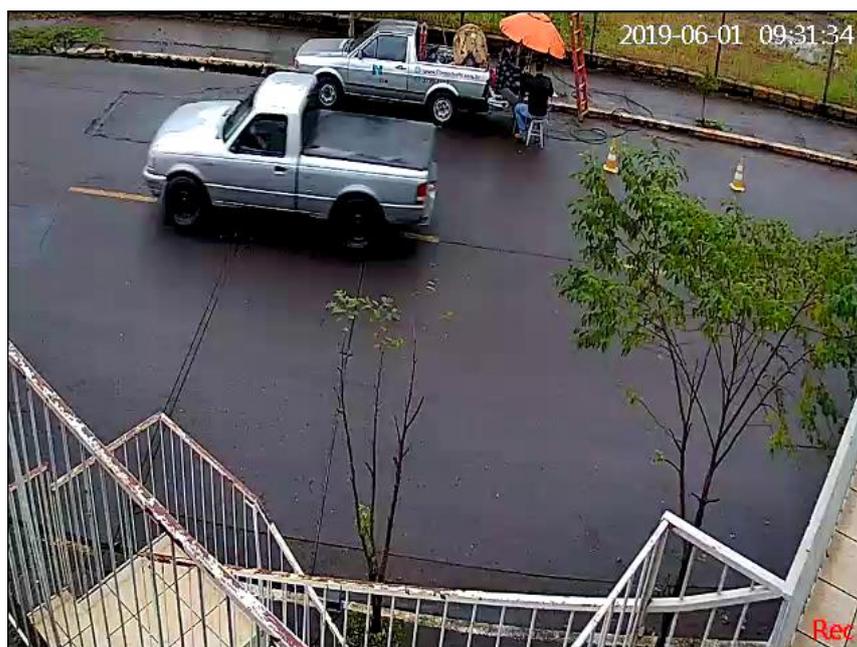
Gráfico 6 - Erro em função do volume horário, Sábado.



Fonte: o Autor.

A Figura 39 ilustra o motivo pelo qual os veículos passaram pela contra-mão, fazendo com que o equipamento os contabilizasse. Houve uma manutenção na rede de fibra óptica que passa ao lado da via, assim os operários estacionaram o seu veículo perto onde o contador estava instalado. Deste modo, ocorreu um erro elevado das 9:00 às 10:00 horas, o que corresponde ao décimo horário do dia.

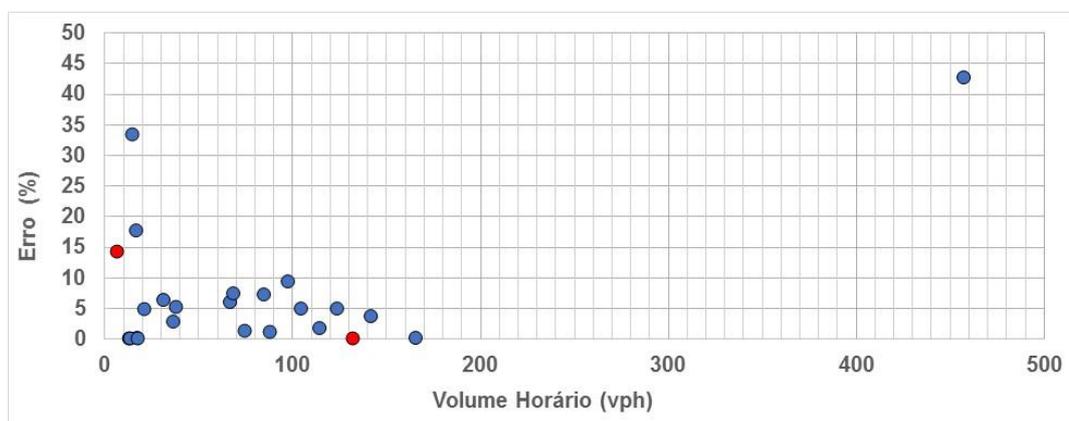
Figura 39 – Veículo estacionado causando erro.



Fonte: o Autor.

No domingo ocorreu um erro elevado, como ilustra o Gráfico 7. O erro do equipamento no décimo horário do dia foi de 42%, sendo que o volume horário também foi elevado. O volume total contabilizado na décima hora do dia pelas contagens manuais foi de 458 veículos e o da contagem automática foi de 263. Analisando as imagens, verificou-se que passaram pela seção da via 358 bicicletas nesse horário. O equipamento contador de veículos não registrou todas essas passagens, pois as bicicletas passaram por sua maior totalidade lado a lado na seção onde estava sendo efetuado o estudo. No mesmo gráfico é possível visualizar esse erro em destaque, onde mostra que o volume foi elevado e o erro também. Na figura 40 pode-se observar as bicicletas passando pela seção da via.

Gráfico 7 - Erro em função do volume horário, Domingo.



Fonte: o Autor.

Figura 40 – Bicicletas influenciando no erro do equipamento.



Fonte: o Autor

### 4.3 RESULTADOS DO ERRO PARA CADA DIA DA SEMANA

Como apresentado na Tabela 3 as contagens da segunda-feira, os volumes horários estão dispostos conforme a faixa horária. Por exemplo, a hora 1 se inicia as 00:00:00 e vai até as 00:59:59, a hora 2 se inicia as 01:00:00 e termina as 01:59:59, e assim sucessivamente.

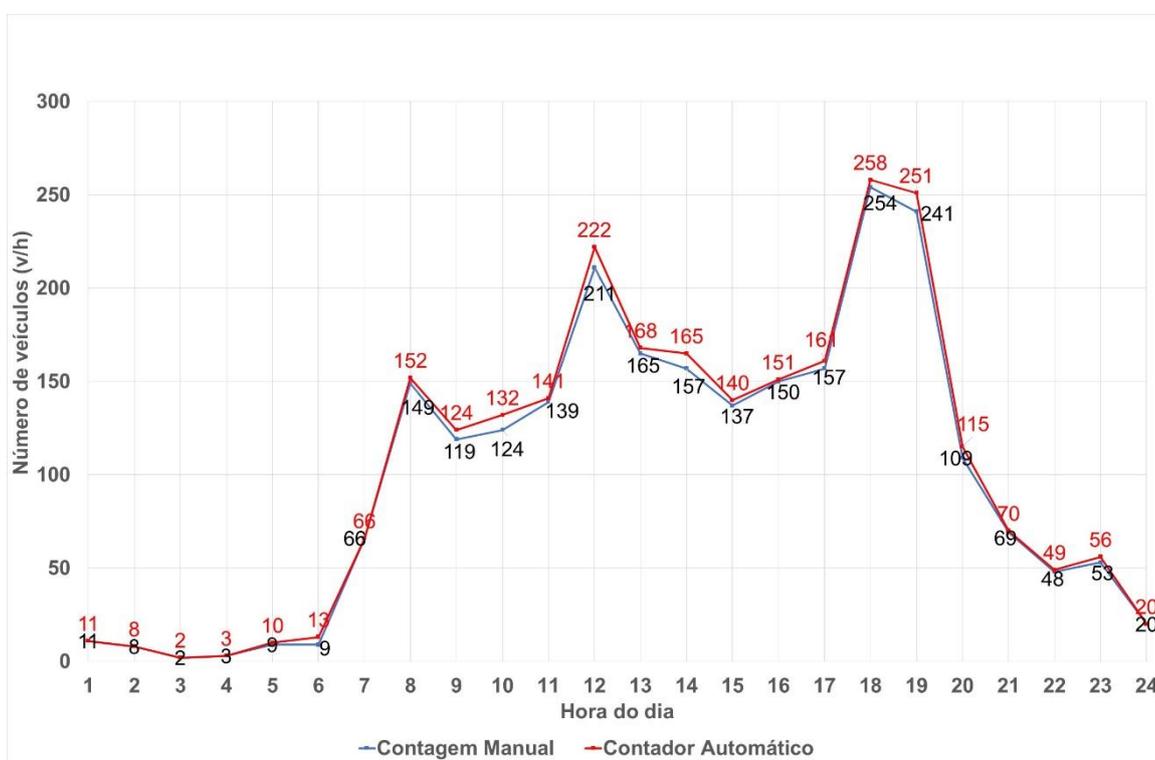
Tabela 3 – Contagens de Segunda-feira.

Contagem volumétrica de veículos (27/05)							
Hora do dia	Faixa Horária	Total Contagem manual (vph)	Total Contador automático (vph)	Erro entre as contagens (%)	Contagem manual Ac. (veículos)	Contador Automático Ac. (veículos)	Erro entre as contagens Ac.(%)
1	00:00 as 01:00	11	11	0,00	11	11	0,00
2	01:00 as 02:00	8	8	0,00	19	19	0,00
3	02:00 as 03:00	2	2	0,00	21	21	0,00
4	03:00 as 04:00	3	3	0,00	24	24	0,00
5	04:00 as 05:00	9	10	11,11	33	34	3,03
6	05:00 as 06:00	9	13	44,44	42	47	11,90
7	06:00 as 07:00	66	66	0,00	108	113	4,63
8	07:00 as 08:00	149	152	2,01	257	265	3,11
9	08:00 as 09:00	119	124	4,20	376	389	3,46
10	09:00 as 10:00	124	132	6,45	500	521	4,20
11	10:00 as 11:00	139	141	1,44	639	662	3,60
12	11:00 as 12:00	211	222	5,21	850	884	4,00
13	12:00 as 13:00	165	168	1,82	1015	1052	3,65
14	13:00 as 14:00	157	165	5,10	1172	1217	3,84
15	14:00 as 15:00	137	140	2,19	1309	1357	3,67
16	15:00 as 16:00	150	151	0,67	1459	1508	3,36
17	16:00 as 17:00	157	161	2,55	1616	1669	3,28
18	17:00 as 18:00	254	258	1,57	1870	1927	3,05
19	18:00 as 19:00	241	251	4,15	2111	2178	3,17
20	19:00 as 20:00	109	115	5,50	2220	2293	3,29
21	20:00 as 21:00	69	70	1,45	2289	2363	3,23
22	21:00 as 22:00	48	49	2,08	2337	2412	3,21
23	22:00 as 23:00	53	56	5,66	2390	2468	3,26
24	23:00 as 00:00	20	20	0,00	<b>2410</b>	<b>2488</b>	<b>3,24</b>

Fonte: o Autor.

As contagens manuais ao final da segunda-feira totalizaram 2410 vpd e as contagens automáticas registraram 2488 vpd. Percebe-se que o erro total, ao final do primeiro dia de contagem, ficou na margem de 3,2%. No Gráfico 8 pode-se ter uma melhor visualização de como se comportou o erro do volume horário.

Gráfico 8 – Contagem manual x Contador automático Segunda-feira



Fonte: o Autor.

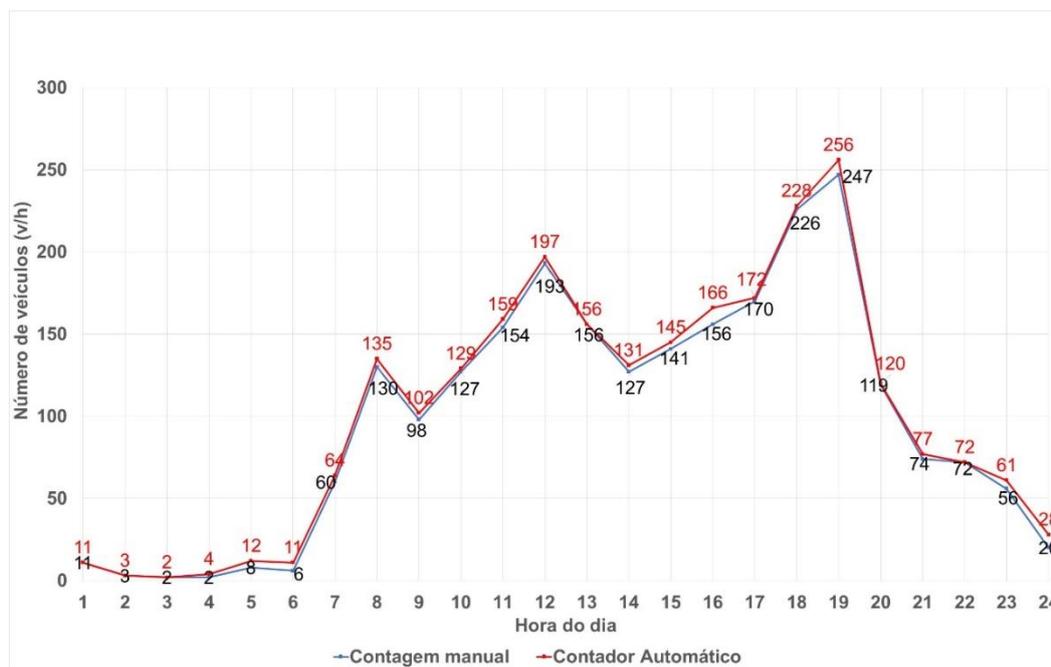
Para a terça-feira o processo foi o mesmo, sendo que o erro total ao final do dia foi de 3,5 %, como mostra a Tabela 4. Em seguida, pode-se visualizar o Gráfico 9, que corresponde aos erros dos volumes horários deste mesmo dia.

Tabela 4 - Contagens de Terça-feira.

Contagem volumétrica de veículos(28/05)							
Hor a do dia	Faixa Horária	Total Contagem manual (vph)	Total Contador automático (vph)	Erro entre as contagens (%)	Contagem manual Ac. (veículos)	Contador Automático Ac. (veículos)	Erro entre as contagens Ac.(%)
1	00:00 as 01:00	11	11	0,00	11	11	0,00
2	01:00 as 02:00	3	3	0,00	14	14	0,00
3	02:00 as 03:00	2	2	0,00	16	16	0,00
4	03:00 as 04:00	2	4	100,00	18	20	11,11
5	04:00 as 05:00	8	12	50,00	26	32	23,08
6	05:00 as 06:00	6	11	83,33	32	43	34,38
7	06:00 as 07:00	60	64	6,67	92	107	16,30
8	07:00 as 08:00	130	135	3,85	222	242	9,01
9	08:00 as 09:00	98	102	4,08	320	344	7,50
10	09:00 as 10:00	127	129	1,57	447	473	5,82
11	10:00 as 11:00	154	159	3,25	601	632	5,16
12	11:00 as 12:00	193	197	2,07	794	829	4,41
13	12:00 as 13:00	156	156	0,00	950	985	3,68
14	13:00 as 14:00	127	131	3,15	1077	1116	3,62
15	14:00 as 15:00	141	145	2,84	1218	1261	3,53
16	15:00 as 16:00	156	166	6,41	1374	1427	3,86
17	16:00 as 17:00	170	172	1,18	1544	1599	3,56
18	17:00 as 18:00	226	228	0,88	1770	1827	3,22
19	18:00 as 19:00	247	256	3,64	2017	2083	3,27
20	19:00 as 20:00	119	120	0,84	2136	2203	3,14
21	20:00 as 21:00	74	77	4,05	2210	2280	3,17
22	21:00 as 22:00	72	72	0,00	2282	2352	3,07
23	22:00 as 23:00	56	61	8,93	2338	2413	3,21
24	23:00 as 00:00	20	28	40,00	<b>2358</b>	<b>2441</b>	<b>3,52</b>

Fonte: o Autor.

Gráfico 9 – Contagem manual x Contador automático Terça feira



Fonte: o Autor.

Diferentemente da segunda e terça-feira, nos demais dias de estudo as contagens manuais foram feitas de forma classificada. Desta forma, as planilhas desses dias possuem 5 colunas a mais. Na Tabela 5 é mostrado como ficaram alocados os valores da quarta-feira que, após a 7 hora do dia, foi realizada a contagem manual classificada dos veículos.

Tabela 5 – Contagens de Quarta-feira

Contagem volumétrica de veículos (29/05)											
Hora do dia	Faixa Horária	Contagem manual				Total Contagem manual (vph)	Total Contador automático (vph)	Erro entre as contagens (%)	Contagem manual Ac. (veículos)	Contador Automático Ac. (veículos)	Erro entre as contagens Ac. (%)
		Automóveis	Motos	Bicicletas	Caminhões						
1	00:00 as 01:00	18				18	20	11,11	18	20	11,11
2	01:00 as 02:00	2				2	3	50,00	20	23	15,00
3	02:00 as 03:00	7				7	7	0,00	27	30	11,11
4	03:00 as 04:00	1				1	2	100,00	28	32	14,29
5	04:00 as 05:00	3				3	6	100,00	31	38	22,58
6	05:00 as 06:00	9				9	11	22,22	40	49	22,50
7	06:00 as 07:00	45				45	57	26,67	85	106	24,71
8	07:00 as 08:00	115	13	9	1	138	138	0,00	223	244	9,42
9	08:00 as 09:00	90	15	3	10	118	118	0,00	341	362	6,16
10	09:00 as 10:00	101	14	4	4	123	126	2,44	464	488	5,17
11	10:00 as 11:00	107	14	3	5	129	141	9,30	593	629	6,07
12	11:00 as 12:00	172	33	5	4	214	214	0,00	807	843	4,46
13	12:00 as 13:00	143	24	7	4	178	179	0,56	985	1022	3,76
14	13:00 as 14:00	121	11	3	1	136	139	2,21	1121	1161	3,57
15	14:00 as 15:00	139	12	3	5	159	175	10,06	1280	1336	4,38
16	15:00 as 16:00	114	30	6	4	154	155	0,65	1434	1491	3,97
17	16:00 as 17:00	126	20	5	11	162	169	4,32	1596	1660	4,01
18	17:00 as 18:00	220	32	16	4	272	271	0,37	1868	1931	3,37
19	18:00 as 19:00	206	37	10	3	256	264	3,13	2124	2195	3,34
20	19:00 as 20:00	167	18	5	0	190	193	1,58	2314	2388	3,20
21	20:00 as 21:00	84	5	4	0	93	94	1,08	2407	2482	3,12
22	21:00 as 22:00	66	3	2	1	72	73	1,39	2479	2555	3,07
23	22:00 as 23:00	65	6	1	4	76	80	5,26	2555	2635	3,13
24	23:00 as 00:00	23	2	0	1	26	26	0,00	<b>2581</b>	<b>2661</b>	<b>3,10</b>

Fonte: o Autor.

Percebe-se, na Tabela 5, que, ao final do dia o erro do equipamento ficou em 3,1%. Analisando, ainda, os valores da última coluna, percebe-se que conforme

aumentou o volume de tráfego, o erro diminuiu. Na Tabela 6 são apresentados os valores das contagens de quinta-feira. Ao final deste dia, chegou-se a um erro do equipamento de 2,9%.

Tabela 6 – Contagens de Quinta-feira.

Contagem volumétrica de veículos (30/05)											
Hora do dia	Faixa Horária	Contagem manual				Total Contagem manual (vph)	Total Contador automático (vph)	Erro entre as contagens (%)	Contagem manual Ac. (veículos)	Contador Automático Ac. (veículos)	Erro entre as contagens Ac. (%)
		Automóveis	Motos	Bicicletas	Caminhões						
1	00:00 as 01:00	14	4	0	0	18	19	5,56	18	19	5,56
2	01:00 as 02:00	8	0	0	0	8	8	0,00	26	27	3,85
3	02:00 as 03:00	4	3	0	1	8	8	0,00	34	35	2,94
4	03:00 as 04:00	0	0	0	0	0	0	0,00	34	35	2,94
5	04:00 as 05:00	3	0	0	0	3	3	0,00	37	38	2,70
6	05:00 as 06:00	7	1	1	0	9	11	22,22	46	49	6,52
7	06:00 as 07:00	48	6	10	2	66	66	0,00	112	115	2,68
8	07:00 as 08:00	107	18	8	2	135	141	4,44	247	256	3,64
9	08:00 as 09:00	74	11	1	7	93	101	8,60	340	357	5,00
10	09:00 as 10:00	110	5	0	5	120	128	6,67	460	485	5,43
11	10:00 as 11:00	135	5	1	3	144	148	2,78	604	633	4,80
12	11:00 as 12:00	173	9	1	8	191	195	2,09	795	828	4,15
13	12:00 as 13:00	163	10	2	2	177	178	0,56	972	1006	3,50
14	13:00 as 14:00	107	6	4	2	119	122	2,52	1091	1128	3,39
15	14:00 as 15:00	113	5	0	8	126	131	3,97	1217	1259	3,45
16	15:00 as 16:00	130	9	3	5	147	152	3,40	1364	1411	3,45
17	16:00 as 17:00	142	5	4	6	157	159	1,27	1521	1570	3,22
18	17:00 as 18:00	230	16	6	6	258	262	1,55	1779	1832	2,98
19	18:00 as 19:00	228	15	3	4	250	249	0,40	2029	2081	2,56
20	19:00 as 20:00	128	3	1	1	133	136	2,26	2162	2217	2,54
21	20:00 as 21:00	65	4	0	0	69	72	4,35	2231	2289	2,60
22	21:00 as 22:00	53	5	0	0	58	60	3,45	2289	2349	2,62
23	22:00 as 23:00	66	4	0	1	71	81	14,08	2360	2430	2,97
24	23:00 as 00:00	23	2	0	0	25	25	0,00	<b>2385</b>	<b>2455</b>	<b>2,94</b>

Fonte: o Autor.

Ao final da sexta-feira, conforme a Tabela 7, o erro ficou em 4,58%. Na Tabela 8 são apresentados os valores de sábado, sendo o erro ao final deste dia de 4,18%.

Tabela 7 – Tabela das contagens de Sexta-feira.

Contagem volumétrica de veículos (31/05)											
Hora do dia	Faixa Horária	Contagem manual				Total Contagem manual (vph)	Total Contador automático (vph)	Erro entre as contagens (%)	Contagem manual Ac. (veículos)	Contador Automático Ac. (veículos)	Erro entre as contagens Ac. (%)
		Automóveis	Motos	Bicicletas	Caminhões						
1	00:00 as 01:00	16	2	0	0	18	19	5,56	18	19	5,56
2	01:00 as 02:00	8	1	0	0	9	10	11,11	27	29	7,41
3	02:00 as 03:00	4	1	1	1	7	8	14,29	34	37	8,82
4	03:00 as 04:00	1	0	0	0	1	1	0,00	35	38	8,57
5	04:00 as 05:00	3	0	0	1	4	4	0,00	39	42	7,69
6	05:00 as 06:00	10	1	0	0	11	16	45,45	50	58	16,00
7	06:00 as 07:00	55	3	5	0	63	65	3,17	113	123	8,85
8	07:00 as 08:00	138	5	8	0	151	151	0,00	264	274	3,79
9	08:00 as 09:00	107	3	3	1	114	113	0,88	378	387	2,38
10	09:00 as 10:00	93	2	1	2	98	103	5,10	476	490	2,94
11	10:00 as 11:00	124	5	5	4	138	145	5,07	614	635	3,42
12	11:00 as 12:00	190	12	3	8	213	216	1,41	827	851	2,90
13	12:00 as 13:00	164	13	2	1	180	184	2,22	1007	1035	2,78
14	13:00 as 14:00	140	10	2	0	152	158	3,95	1159	1193	2,93
15	14:00 as 15:00	135	10	3	4	152	161	5,92	1311	1354	3,28
16	15:00 as 16:00	121	10	0	3	134	166	23,88	1445	1520	5,19
17	16:00 as 17:00	170	7	7	3	187	198	5,88	1632	1718	5,27
18	17:00 as 18:00	253	19	4	2	278	289	3,96	1910	2007	5,08
19	18:00 as 19:00	239	16	2	3	260	266	2,31	2170	2273	4,75
20	19:00 as 20:00	162	8	1	2	173	182	5,20	2343	2455	4,78
21	20:00 as 21:00	122	5	1	0	128	131	2,34	2471	2586	4,65
22	21:00 as 22:00	76	7	0	1	84	84	0,00	2555	2670	4,50
23	22:00 as 23:00	80	6	0	0	86	89	3,49	2641	2759	4,47
24	23:00 as 00:00	39	3	0	0	42	47	11,90	<b>2683</b>	<b>2806</b>	<b>4,58</b>

Fonte: o Autor

Tabela 8 – Contagens de Sábado.

Contagem volumétrica de veículos (01/06)											
Hora do dia	Faixa Horária	Contagem manual				Total Contagem manual (vph)	Total Contador automático (vph)	Erro entre as contagens (%)	Contagem manual Ac. (veículos)	Contador Automático Ac. (veículos)	Erro entre as contagens Ac. (%)
		Automóveis	Motos	Bicicletas	Caminhões						
1	00:00 as 01:00	21	2	0	0	23	24	4,35	23	24	4,35
2	01:00 as 02:00	16	0	0	0	16	18	12,50	39	42	7,69
3	02:00 as 03:00	8	3	0	0	11	12	9,09	50	54	8,00
4	03:00 as 04:00	8	0	0	0	8	8	0,00	58	62	6,90
5	04:00 as 05:00	12	0	0	0	12	16	33,33	70	78	11,43
6	05:00 as 06:00	7	2	0	0	9	11	22,22	79	89	12,66
7	06:00 as 07:00	19	4	0	0	23	26	13,04	102	115	12,75
8	07:00 as 08:00	42	5	4	1	52	55	5,77	154	170	10,39
9	08:00 as 09:00	86	4	3	1	94	101	7,45	248	271	9,27
10	09:00 as 10:00	125	7	5	1	138	156	13,04	386	427	10,62
11	10:00 as 11:00	162	21	10	2	195	202	3,59	581	629	8,26
12	11:00 as 12:00	211	22	4	1	238	238	0,00	819	867	5,86
13	12:00 as 13:00	156	16	6	3	181	186	2,76	1000	1053	5,30
14	13:00 as 14:00	105	16	3	0	124	126	1,61	1124	1179	4,89
15	14:00 as 15:00	166	20	5	0	191	193	1,05	1315	1372	4,33
16	15:00 as 16:00	168	17	2	0	187	193	3,21	1502	1565	4,19
17	16:00 as 17:00	165	23	4	0	192	197	2,60	1694	1762	4,01
18	17:00 as 18:00	174	16	3	0	193	197	2,07	1887	1959	3,82
19	18:00 as 19:00	188	14	2	0	204	213	4,41	2091	2172	3,87
20	19:00 as 20:00	110	11	1	1	123	130	5,69	2214	2302	3,97
21	20:00 as 21:00	74	12	0	0	86	91	5,81	2300	2393	4,04
22	21:00 as 22:00	58	6	1	0	65	70	7,69	2365	2463	4,14
23	22:00 as 23:00	54	11	0	0	65	67	3,08	2430	2530	4,12
24	23:00 as 00:00	30	4	0	0	34	37	8,82	<b>2464</b>	<b>2567</b>	<b>4,18</b>

Fonte: o Autor.

E o domingo, conforme a Tabela 9, foi o dia com o maior erro, igual a 7,06%.

Tabela 9 – Contagens de Domingo.

Contagem volumétrica de veículos (02/06)											
Hora do dia	Faixa Horária	Contagem manual				Total Contagem manual (vph)	Total Contador automático (vph)	Erro entre as contagens (%)	Contagem manual Ac. (veículos)	Contador Automático Ac. (veículos)	Erro entre as contagens Ac. (%)
		Automóveis	Motos	Bicicletas	Caminhões						
1	00:00 as 01:00	27	3	0	2	32	34	6,25	32	34	6,25
2	01:00 as 02:00	16	1	0	0	17	20	17,65	49	54	10,20
3	02:00 as 03:00	13	0	0	0	13	13	0,00	62	67	8,06
4	03:00 as 04:00	5	1	0	1	7	8	14,29	69	75	8,70
5	04:00 as 05:00	13	1	0	0	14	14	0,00	83	89	7,23
6	05:00 as 06:00	17	1	0	0	18	18	0,00	101	107	5,94
7	06:00 as 07:00	12	2	0	1	15	20	33,33	116	127	9,48
8	07:00 as 08:00	18	3	0	0	21	22	4,76	137	149	8,76
9	08:00 as 09:00	35	3	0	0	38	40	5,26	175	189	8,00
10	09:00 as 10:00	95	4	358	1	458	263	42,58	633	452	28,59
11	10:00 as 11:00	149	13	3	1	166	166	0,00	799	618	22,65
12	11:00 as 12:00	108	18	5	1	132	132	0,00	931	750	19,44
13	12:00 as 13:00	74	10	3	1	88	89	1,14	1019	839	17,66
14	13:00 as 14:00	62	4	0	1	67	71	5,97	1086	910	16,21
15	14:00 as 15:00	88	13	4	0	105	110	4,76	1191	1020	14,36
16	15:00 as 16:00	82	12	3	1	98	107	9,18	1289	1127	12,57
17	16:00 as 17:00	109	11	4	0	124	130	4,84	1413	1257	11,04
18	17:00 as 18:00	97	15	3	0	115	117	1,74	1528	1374	10,08
19	18:00 as 19:00	124	17	1	0	142	147	3,52	1670	1521	8,92
20	19:00 as 20:00	73	12	0	0	85	91	7,06	1755	1612	8,15
21	20:00 as 21:00	63	6	0	0	69	74	7,25	1824	1686	7,57
22	21:00 as 22:00	64	9	1	1	75	74	1,33	1899	1760	7,32
23	22:00 as 23:00	33	3	1	0	37	38	2,70	1936	1798	7,13
24	23:00 as 00:00	16	2	0	0	18	18	0,00	<b>1954</b>	<b>1816</b>	<b>7,06</b>

Fonte: o Autor.

#### 4.4 RESULTADOS DO ERRO DA SEMANA

Após serem encontrados os erros de cada dia da semana, se fez o cálculo do erro do volume total de veículos que passaram pela seção da via em 7 dias. A Tabela

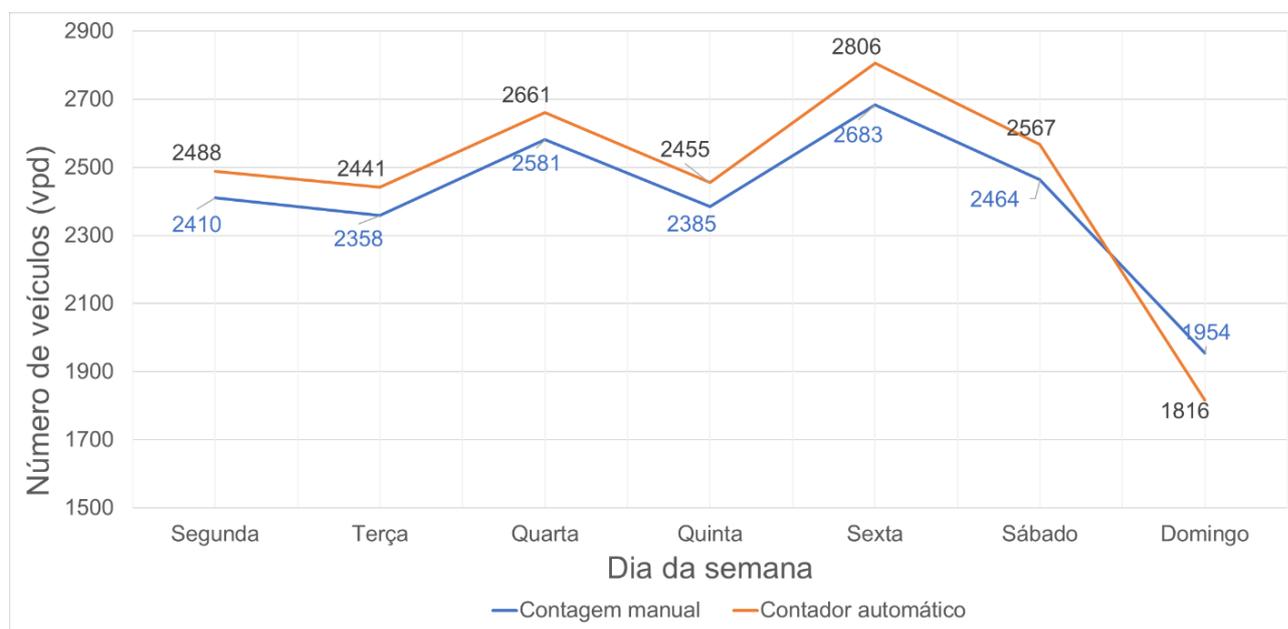
10 mostra um resumo dos erros da semana e também o erro do equipamento, sobre volume total. Além desta Tabela, o Gráfico 10 mostra como se comportaram as curvas das contagens manuais e automáticas no decorrer da semana.

Tabela 10 – Tabela compilada da semana e erro no volume total.

Volumes totais da semana						
Dia da semana	Total Contagem manual	Total Contador automático	Erro(%)	Contagem manual Ac. (veículos)	Contador Automático Ac. (veículos)	Erro entre as contagens acumuladas Ac.(%)
Segunda	2410	2488	3,24	2410	2488	3,24
Terça	2358	2441	3,52	4768	4929	3,38
Quarta	2581	2661	3,10	7349	7590	3,28
Quinta	2385	2455	2,94	9734	10045	3,19
Sexta	2683	2806	4,58	12417	12851	3,50
Sábado	2464	2567	4,18	14881	15418	3,61
Domingo	1954	1816	7,06	<b>16835</b>	<b>17234</b>	<b>2,37</b>

Fonte: o Autor.

Gráfico 10 – Volume nos dias da semana.



Fonte: o Autor.

O erro do equipamento, no volume total de veículos que passaram pela seção da via, em um período de sete dias foi de 2,37%.

#### 4.5 ERROS OBSERVADOS NA MEDIÇÃO

De acordo com o que foi observado nos resultados das contagens, houveram erros nas contagens do equipamento em quase todos os horários dos sete dias do

estudo. Grande parte deles foi identificada por meio dos vídeos da contagem manual. A seguir são ilustrados e descritos os erros que foram insignificantes para os resultados e também os que mais contribuíram para esses os erros.

#### 4.5.1 Erros significativos

Com os resultados já apresentados e também com a análise das imagens de vídeo para auxiliar nessa questão, percebeu-se que a maior parte dos erros, que ocasionaram um maior volume de veículos por parte do contador automático, aconteceram pelo fato dos veículos passarem na contra-mão. Sendo assim, não contabilizados manualmente, mas registrando sua passagem no contador pneumático. A Figura 41 mostra um veículo nesta condição durante o período da noite, onde o volume de tráfego é menor, facilitando a identificação do ocorrido.

Como descrito nos resultados de erro em função do volume horário, no sábado percebeu-se o erro pois, no momento da análise das imagens, notou-se que havia um carro estacionado no outro lado da via realizando manutenção na fibra óptica, fazendo com que os carros que ali passassem o fizessem na contra-mão.

Figura 41 – Veículo na contra a mão



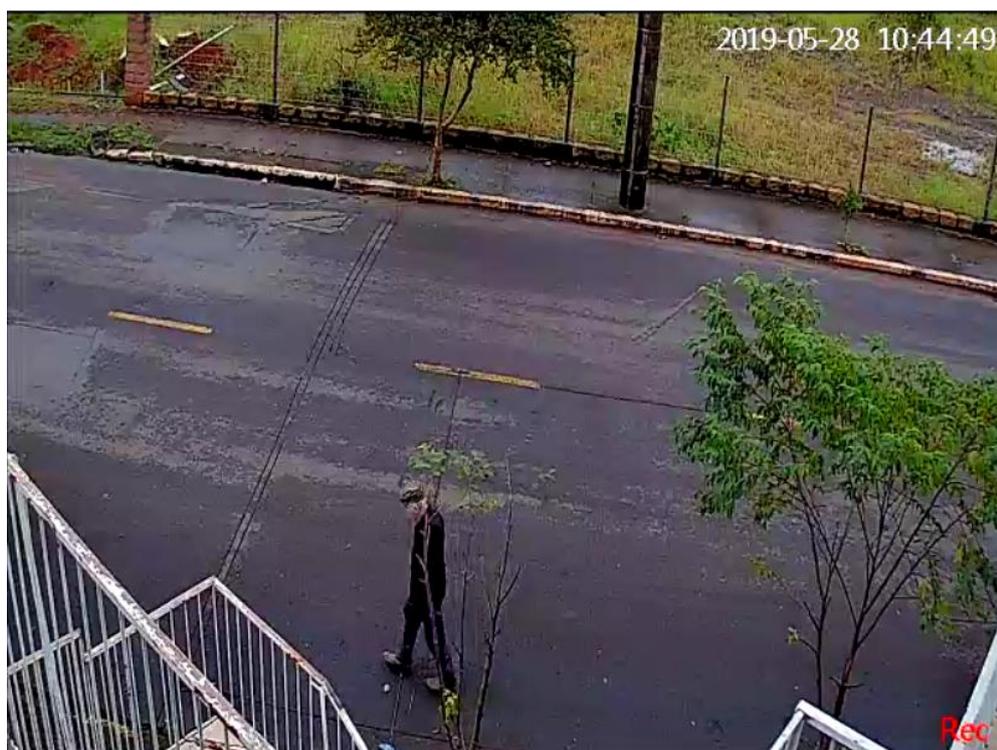
Fonte: o Autor.

Outro fator que contribuiu bastante para o erro diário, mais especificamente no dia 02/05/2019, domingo, foi a grande quantidade de bicicletas que passou pelo tubo num determinado momento. De acordo com a Tabela 9, que corresponde ao domingo, a contagem manual registrou no décimo horário do dia um total de 458 passadas no tubo, enquanto o contador automático registrou apenas 263, representando um erro de 42,6%. Desse valor de 458 passadas, as bicicletas representaram 78,2%.

#### 4.5.2 Erros não significativos

Ao longo das contagens manuais, observou-se alguns acontecimentos que influenciaram na contagem automática e que não foram consideradas na contagem manual. Acontecimentos como pessoas ou animais pisando no tubo, dentre outros. As Figuras 44 e 45 mostram algumas dessas ações, que resultaram em contagem.

Figura 42 – Pessoa pisando na mangueira



Fonte: o Autor.

Figura 43 – Cachorro tocando a mangueira e contabilizando uma passada.



Fonte: o Autor.

Apesar dessas contagens serem admitidas pelo contador automático, elas não influenciaram no resultado do erro, pois analisando as imagens por vídeo para realizar as contagens manuais, notou-se que esse tipo de situação não foi corriqueiro.

## 5. CONCLUSÕES

Por meio dos dados obtidos de forma manual e automática, foram geradas informações importantes em relação ao equipamento de estudo. Conclui-se que, nos volumes horários houveram erros de 0% a 100%, o que não justifica erros gravíssimos, pois como verificado nos gráficos de erro em função do volume horário quanto maior o volume horário, menor o erro. E por consequência, quanto menor o volume horário, maior o erro percentual.

Outra questão que ficou evidente durante a realização deste estudo, foi a questão de viabilidade das contagens manuais. As contagens manuais em longos

períodos se tornam impraticáveis, enquanto a contagem automática levou uma grande vantagem quanto a isso. Em relação ao tipo de levantamento de dados, o equipamento contador de veículos se mostrou mais vantajoso do que a contagem manual, pois o erro total ao final dos sete dias ficou em apenas em 2,7 %.

Como o local de instalação do equipamento puderam ser avaliadas, pois se na via onde o equipamento foi instalado houvessem tachões, menos carros passariam na contramão e conseqüentemente realizando a contagem dos mesmos. Pois grande parte dos erros que ocorreram no contador foi pelo fato dos veículos do lado oposto invadirem a pista contrária.

Em relação ao volume de tráfego, o equipamento se mostrou confiável aos dados por ele registrado, pois os valores de erro diário ficaram entre 3% e 5% em 6 dias, e em 1 dia o erro ficou em 7%. Visto que o erro ao final do estudo ficou com 2,7%, conclui-se que quanto maior o volume de veículos que passam pela seção da via em uma pista simples, menor o erro do equipamento. É importante salientar que os valores de erros obtidos neste trabalho, condizem unicamente as características da via estudada, ou seja, sua composição de tráfego.

## REFERÊNCIAS

BRASIL. Código de Trânsito Brasileiro. Lei n. 9.503, de 23 de setembro de 1997. 1.ed. Brasília: DENATRAN, 2008 Código de trânsito brasileiro.

DNIT, Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. **Manual de estudos de tráfego**. Rio de Janeiro, 2006. 384f.

DETRAN, Departamento Nacional de Trânsito. **Manual de Habilitação**. 5ª edição. Ministério da Cultura. 2002. Disponível em: <<http://www.detran.pr.gov.br/arquivos/File/habilitacao/manualdehabilitacao/manualdehabilitacao4.pdf>>. Acessado em 20 de junho de 2019.

EDUCAÇÃO. Conteúdos Educacionais. **Tipos de vias: locais, coletora, arterial, e trânsito rápido**. Disponível em: <https://www.educacao.cc/transito/tipos-de-vias-locais-coletora-arterial-e-transito-rapido/>. Acesso em 29 de abril de 2019

FHWA, Federal Highway Administration. **Chapter 3, Traffic Detector Handbook: Third Edition — Volume I**. Washigton, DC, EUA. Maio de 2006.

GOLDNER, Lenise Grando. **Engenharia de Tráfego**. Apostila de notas de aula. Módulo I. Universidade Federal de Santa Catarina. Centro Tecnológico. Departamento de Engenharia Civil. Florianópolis, SC, março de 2009.

GOMES, Marcos José Timbó Lima. **Volume Horário de Projeto para as Rodovias Estaduais do Ceará: Análise e Contribuição**. 2004. 148 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Engenharia de Transportes, Programa de Mestrado em Engenharia de Transportes, Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2004.

MARTIN, Peter T. **Detector Technology Evaluation**. Department of Civil and Environmental Engineering University of Utah Traffic Lab, november 2003. Disponível em: <<https://pdfs.semanticscholar.org/5c2c/3a7f39deb50c81479eecbc0fe5c1dd7be2a7.pdf>>. Acesso em 15 junho de 2019.

PennDOT. **2016 Pennsylvania Traffic Data**. Bureau of Planning and Research Transportation Planning Information Division. Harrisburg, Pennsylvania, USA. 2017. 55 p.

\_\_\_\_\_. **Traffic Counting Training Video**. Bureau of Planning and Research Transportation Planning Information Division. Harrisburg, Pennsylvania, USA. 2015. Disponível em: <http://www.penndot.gov/ProjectAndPrograms/Planning/TrafficInformation/Pages/Traffic-Counting.aspx>. Acesso em 01 de novembro de 2019.

PEREIRA, André Gonçalves Corrêa. **Análise de custos do congestionamento a partir da simulação na região do Valongo – Porto de Santos**. 2017. 73 f. TCC (Graduação) - Curso de Departamento de Engenharia de Produção, Universidade de Brasília, Brasília, 2017.

SILVESTRE, Amilton Agostinho. **Contadores de veículos: Funcionamento e operação dentro do sistema rodoviário**. 2017. 101 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, 2017.