

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO TECNOLÓGICO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

**FABIANNE MIRANDA AGUIAR**

**DETERMINAÇÃO DE ÍNDICE DE QUALIDADE DE TRÁFEGO: USO  
DA METODOLOGIA DELPHI PARA INTERSEÇÕES  
DE VIAS URBANAS**

VITÓRIA  
2015

**FABIANNE MIRANDA AGUIAR**

**DETERMINAÇÃO DE ÍNDICE DE QUALIDADE DE TRÁFEGO: USO  
DA METODOLOGIA DELPHI PARA INTERSEÇÕES  
DE VIAS URBANAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil do Centro Tecnológico da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil, na área de concentração de Transportes.

Orientadora: Prof<sup>a</sup> D.Sc. Marta Monteiro da Costa Cruz

VITÓRIA

2015

Aguiar, Fabianne Miranda, 1986 -  
Determinação de Índice de Qualidade de Tráfego: uso da metodologia Delphi para interseções de vias urbanas / Fabianne Miranda Aguiar. - 2015.

81 p. : il. color. ; 29,7 cm.'

Orientadora: Marta Monteiro da Costa Cruz

Dissertação de Mestrado – Universidade Federal do Espírito Santo,  
Centro Tecnológico, Pós-graduação em Engenharia Civil,  
2015.

1. Índice de Qualidade de Tráfego. 2. Engenharia de Transportes – Dissertação de Mestrado. I. Cruz, Marta Monteiro da Costa. II. Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Tecnológico, Engenharia Civil. III. Determinação de Índice de Qualidade de Tráfego: uso da metodologia Delphi para interseções de vias urbanas.

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

AGUIAR, Fabianne Miranda. **Determinação de Índice de Qualidade de Tráfego: uso da metodologia Delphi para interseções de vias urbanas.** Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil – Área de concentração em Transportes, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, ES, 2015.

## CESSÃO DE DIREITOS

É concedida à Universidade Federal do Espírito Santo a permissão para reproduzir cópias desta Dissertação e emprestá-las somente para propósitos acadêmicos e científicos. A autora reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta pode ser reproduzida sem a autorização por escrito da mesma.

**FABIANNE MIRANDA AGUIAR**

**DETERMINAÇÃO DE ÍNDICE DE QUALIDADE DE TRÁFEGO: USO  
DA METODOLOGIA DELPHI PARA INTERSEÇÕES  
DE VIAS URBANAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil do Centro Tecnológico da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil, na área de concentração de Transportes.

Aprovada em 17 de dezembro de 2015.

**COMISSÃO EXAMINADORA**

---

Profª D.Sc. Marta Monteiro da Costa Cruz  
Orientadora - UFES

---

Profº Dr. Gregório Coelho de Moraes Neto  
Examinador Interno - UFES

---

Profº Dr. Adelmo Inacio Bertolde  
Examinador Interno - UFES

---

Profº Dr. Fabrício Broseguini Barcelos  
Examinador Externo – Instituto Federal do Espírito Santo

Especialmente ao Eduardo, à mãe Maria José, ao pai Fabiano e à tia Odaléia, por me incentivarem, e à minha avó Odete (*in memoriam*) que estaria só sorriso.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente à professora Marta, minha orientadora, por toda a paciência e ajuda, além de ter prestado ótima orientação, que tornaram possível a realização desta pesquisa;

Às bancas examinadoras da qualificação e da defesa, compostas pelos professores Gregório Coelho de Moraes Neto e Adelmo Inacio Bertolde, ambos da UFES, e professor Fabrício Broseguini Barcelos, do IFES, por aceitarem o convite;

Ao Pietro por toda a atenção quando solicitado, prestando sugestões pertinentes e de grande valia para o desenvolvimento do estudo;

Ao PPGEC por viabilizar a realização da pesquisa e também a participação em congresso;

A todos os participantes dos questionários de pesquisa de opinião pelo empenho e envio de sugestões que enriqueceram o desenvolvimento do trabalho;

Ao meu amado marido Eduardo e aos meus queridos pais, tia Odaleia e avó Odete, por toda a inspiração que me fornecem, e também pela motivação e importância que tiveram em minha formação;

A todos familiares e amigos que desejaram o sucesso da pesquisa.

## RESUMO

O presente trabalho objetiva a proposição de um Índice de Qualidade de Tráfego – IQT aplicável às interseções urbanas e que permita comparar o desempenho do tráfego por meio de uma metodologia abrangente quanto aos parâmetros intervenientes em sua qualidade. Tomou-se como diretriz o uso de simulação de tráfego para obtenção de valores dos parâmetros envolvidos no cálculo, resultando em um método com melhor aplicabilidade e adequado às avaliações de situações reais ou projetadas. Para elaboração do IQT foi utilizada a metodologia Delphi, através de consulta de opinião a especialistas desta área de estudo. Os resultados obtidos subsidiaram a seleção de um grupo contendo cinco parâmetros: atraso por veículo; paradas por veículo; velocidade média; eficiência energética e tamanho de fila. Através do estabelecimento de critérios de pontuação para cada parâmetro, foram obtidas suas curvas médias de variação, as quais possibilitaram a padronização dos resultados em uma escala de 0 a 10. A formulação do IQT foi estabelecida com base nos valores dos parâmetros pontuados e seus respectivos pesos e avaliada quanto ao uso de somatório ou produtório. O IQT foi aplicado a quatro interseções simuladas através do *software* Synchro Studio 9 e com configurações distintas, sendo duas não semaforizadas e duas semaforizadas, para sua validação e posterior comparação com resultados de HCM (Highway Capacity Utilization) e ICU (Intersection Capacity Utilization). Os resultados da simulação apontaram que o IQT obtido por produtório é mais sensível às mudanças viárias que o por somatório, e seus resultados não variam proporcionalmente às variações de HCM ou ICU. Verificou-se que o IQT produtório é uma ferramenta capaz de auxiliar a elaboração e avaliação de projetos de vias e planejamentos de tráfego, e que seu uso é complementar às metodologias do HCM e ICU.

Palavras-chave: Índice de Qualidade de Tráfego, Simulação de Tráfego, Análise de Interseções de Vias Urbanas.

## **ABSTRACT**

The present study aims to propose a Traffic Quality Index - TQI applicable to urban intersections and for comparing traffic performance, bringing a comprehensive methodology about the parameters involved in intersection quality. It became as a guideline the use of traffic simulation to obtain the values of the parameters involved in the calculation, resulting in a method with better applicability and appropriate to the assessments of real or projected situations. To prepare the TQI it used the Delphi methodology, through opinion of the experts of this field of study. The results supported the selection of a group containing five parameters: delay per vehicle; stops per vehicle; average speed; energy efficiency and queue size. Through establishing scoring criteria for each parameter that were obtained by their mean curves of variation, was possible to standardize the results on a scale of 0 to 10. The formulation of the TQI has been established based on the values of parameters scored and their respective weights and evaluated for use of sum or product. The TQI was applied to four intersections simulated by Synchro Studio 9 software and with different configurations, two non-signalized and two signalized, for validation and subsequent comparison with results of HCM (Highway Capacity Utilization) and ICU (Intersection Capacity Utilization). The simulation results showed that the TQI obtained by product operator is more sensitive to road changes that sum, and its results do not vary in proportion to changes in HCM or ICU. It was found that the TQI product is a tool to assist the development and evaluation of urban road design and traffic planning, and that its use is complementary to the HCM and ICU methodologies.

**Keywords:** Traffic Quality Index, Traffic Simulation, Urban Road Intersections Analysis.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fluxograma do processo Delphi.....	22
Figura 2 – Synchro 9 - Janela de modelagem de malha viária.....	37
Figura 3 - Etapas e atividades para a elaboração do IQT .....	40
Figura 4 – Interseções avaliadas e os valores encontrados para HCM e ICU .....	51

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Critérios de pontuação do parâmetro “Atraso por veículo” .....	46
Gráfico 2 – Critérios de pontuação do parâmetro “Paradas por veículo” .....	47
Gráfico 3 – Critérios de pontuação do parâmetro “Velocidade média” .....	47
Gráfico 4 – Critérios de pontuação do parâmetro “Eficiência energética” .....	48
Gráfico 5 – Regressão linear para estabelecimento de critério de pontuação de resultados obtidos para o parâmetro filas .....	49

## **LISTA DE QUADROS**

Quadro 1 – Parâmetros e aplicações das metodologias HCM e ICU.....	26
--	----

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Informações gerais de metodologias adotadas por alguns índices de qualidade.....	20
Tabela 2 – Critérios estabelecidos para níveis de serviço - HCM .....	24
Tabela 3 – Comparação entre classificações de ICU LOS e resultados possíveis de HCM LOS .....	27
Tabela 4 - Sumário de aplicativos computacionais .....	39
Tabela 5 – Resultados apurados no Questionário 2 – Inclusão de parâmetros .....	44
Tabela 6 - Resultados apurados no Questionário 2 – Peso dos parâmetros incluídos .....	45
Tabela 7 – Taxa de inclusão, mediana e peso final dos parâmetros avaliados nos questionários .....	46
Tabela 8 - Resultados apurados no Questionário 2 – Tamanho de fila.....	48
Tabela 9 - Relação dos limites superiores e inferiores do cálculo dos <i>outliers</i> .....	49
Tabela 10 – Resultados obtidos para os parâmetros aferidos e pontuados e IQT ....	52
Tabela 11 – Resultados obtidos para IQT <sub>S</sub> e IQT <sub>P</sub> .....	52
Tabela 12 – Comparação dos valores obtidos para o IQT com HCM e ICU .....	53

## LISTA DE SIGLAS

HCM – Highway Capacity Manual

ICU – Intersection Capacity Utilization

IACT – Índice de Acessibilidade de Calçadas e Travessias

IQA – Índice de Qualidade de Água

IQAB – Índice de Qualidade de Água Bruta

IQAr – Índice de Qualidade do Ar

IQC – Índice de Qualidade de Calçadas

IQETA – Índice de Qualidade de Estações de Tratamento de Água

IQT – Índice de Qualidade de Tráfego

IQT<sub>p</sub> – Índice de Qualidade de Tráfego obtido pela fórmula de produtividade

IQT<sub>s</sub> – Índice de Qualidade de Tráfego obtido pela fórmula de somatório

LOS – *Level of service*

A – Atraso por veículo

P – Paradas por veículo

V – Velocidade média

E – Eficiência energética

F – Tamanho de fila

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>15</b>
1.1 HIPÓTESE A SER VERIFICADA .....	16
1.2 OBJETIVOS DA PESQUISA .....	17
<b>1.2.1 Objetivo Geral</b> .....	<b>17</b>
<b>1.2.2 Objetivos Específicos</b> .....	<b>17</b>
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>18</b>
2.1 QUALIDADE DE TRÁFEGO EM VIAS URBANAS.....	18
2.2 ÍNDICES DE QUALIDADE E A UTILIZAÇÃO DO MÉTODO DELPHI .....	20
2.3 MÉTODOS HCM E ICU.....	23
2.4 PARÂMETROS DE QUALIDADE DE TRÁFEGO .....	27
2.5 SIMULAÇÃO DE TRÁFEGO .....	29
<b>2.5.1 Classificação dos Modelos de Simulação de Tráfego</b> .....	<b>30</b>
<b>2.5.2 Limitações de Modelos de Simulação</b> .....	<b>33</b>
<b>2.5.3 Modelos de Simulação Microscópicos</b> .....	<b>34</b>
<b>2.5.4 Synchro Studio 9</b> .....	<b>35</b>
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	<b>39</b>
3.1 DESCRIÇÃO DO MÉTODO .....	40
3.2 O DELPHI APLICADO EM ANÁLISE DE TRÁFEGO .....	41
<b>3.2.1 Aplicação dos Questionários</b> .....	<b>42</b>
<b>4 RESULTADOS</b> .....	<b>44</b>
4.1 ANÁLISE DE DADOS.....	44
4.2 DESENVOLVIMENTO DE CRITÉRIOS DE PONTUAÇÃO.....	46
4.3 AVALIAÇÃO DO ÍNDICE DE QUALIDADE DE TRÁFEGO.....	50
<b>5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES</b> .....	<b>54</b>

<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>56</b>
<b>APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO 1.....</b>	<b>59</b>
<b>APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO 2.....</b>	<b>66</b>
<b>APÊNDICE C – RELATÓRIO SYNCHRO - FLUXO NORMAL .....</b>	<b>71</b>
<b>APÊNDICE D – RELATÓRIO SYNCHRO - FLUXO REDUZIDO .....</b>	<b>76</b>

## INTRODUÇÃO

As condições ambientais dos espaços urbanos destinados à circulação de veículos são diretamente afetadas pela operação que se impõe em suas interseções, bem como pela quantidade de veículos que circulam sobre a malha viária e sua dispersão ao longo do dia. Com a implantação de novas edificações e operação de suas atividades, aumenta-se também a pressão sobre a malha viária, o que ajuda a degradar as condições de circulação sobre a mesma. Para controlar a intensidade dos impactos causados por novos empreendimentos na malha viária, os órgãos públicos responsáveis começaram a exigir a apresentação de estudos de impacto viário que têm por objetivo apresentar a avaliação da qualidade atual das interseções e estimar a qualidade futura, após implantação de um determinado empreendimento, ao longo dos anos.

Existem várias metodologias que podem ser utilizadas para viabilizar os estudos de análise de interseções, como o Método de Webster (WEBSTER; COBBE, 1966) e o Método do Atraso Percentual (TRAFFICWARE LLC, 2014). Entretanto, a mais difundida é a do Highway Capacity Manual – HCM (TRANSPORTATION RESEARCH BOARD, 2010). O HCM tem como critério de avaliação a identificação do atraso por veículo da interseção ou aproximação, medido em segundo por veículo. Outra metodologia muito usual é do Intersection Capacity Utilization – ICU (HUSCH; ALBECK, 2003) que compara o volume de tráfego atuante na interseção com sua capacidade de tráfego.

Entretanto, as metodologias disponíveis ainda não são capazes de prever a qualidade do tráfego através de uma abordagem mais ampla, que leve em consideração um conjunto de parâmetros mais abrangentes relacionados à qualidade, como o número de paradas, emissões veiculares, dentre outros, além do atraso por veículo e capacidade da interseção, já mencionados.

Torna-se necessário, então, a definição de um instrumento para avaliar a qualidade do tráfego de forma fácil, prática e abrangente. Nesse sentido, o presente trabalho propõe o estabelecimento de um índice mais inclusivo em relação a parâmetros, de-

nominado nessa pesquisa como Índice de Qualidade de Tráfego – IQT, cuja determinação é embasada em pesquisa de opinião a especialistas da área de transportes e cujos parâmetros podem ser mensurados através da aplicação da simulação de tráfego.

O estabelecimento de um IQT é de grande importância para a avaliação dos relatórios e estudos de impacto viário, bem como para subsidiar decisões sobre projeto de alterações físicas e operacionais relacionadas ao tráfego de veículos em vias urbanas. Pode ser utilizado tanto pelo meio acadêmico, como pelas entidades públicas e empresas de consultoria de engenharia de tráfego.

A primeira seção deste trabalho apresenta uma breve revisão de literatura, contendo as referências metodológicas utilizadas. A segunda seção apresenta a metodologia, detalhando a descrição do método, a aplicação do método Delphi (DALKEY; HELMER, 1962) em análise de tráfego e a aplicação dos questionários. Em seguida, a terceira seção contempla a apresentação dos resultados, incluindo a análise dos dados, o desenvolvimento dos critérios de pontuação e a avaliação do IQT. Por fim, a última seção apresenta as conclusões obtidas através da pesquisa e as recomendações para trabalhos futuros.

## 1.1 HIPÓTESE A SER VERIFICADA

O estudo parte da hipótese de que as metodologias mais difundidas atualmente para análise da qualidade da circulação de veículos em vias urbanas podem ser mais abrangentes quanto à abordagem de parâmetros em seus cálculos. Desta forma, pode-se estabelecer um índice composto por indicadores de fácil obtenção (por simulação de tráfego real) relacionados às características físicas, operacionais e ambientais da interseção.

## 1.2 OBJETIVOS DA PESQUISA

Os objetivos dessa pesquisa serão divididos entre Geral e Específicos, conforme itens a seguir.

### 1.2.1 Objetivo Geral

Determinar um índice que defina a qualidade do tráfego em vias urbanas (Índice de Qualidade de Tráfego – IQT) que seja de fácil aplicabilidade através da obtenção de dados pelo uso de simulação de situação real.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos, que conduziram o desfecho do objetivo geral, foram as seguintes:

- Investigar parâmetros intervenientes na qualidade do tráfego que sejam de fácil obtenção por simulação de situação real;
- Levantar junto a especialistas da área de transportes pesos e critérios de pontuação para os parâmetros identificados;
- Modelar interseções utilizando o *software* SimTraffic do pacote Synchro Studio 9 e identificar os resultados para IQT, HCM e ICU;
- Verificar a compatibilidade dos resultados obtidos para IQT com os obtidos para HCM e ICU.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

A revisão de literatura desta pesquisa é iniciada através da abordagem da conceituação de qualidade de tráfego em vias urbanas, seguida pela descrição do panorama da utilização de índices que descrevem a qualidade e relação com o método Delphi (DALKEY; HELMER, 1962). Em seguida, são abordados os métodos do HCM e ICU, que são comumente utilizados para avaliação de interseções. Por fim, são apresentados alguns parâmetros que podem ser intervenientes na qualidade do tráfego e uma abordagem sobre a simulação de tráfego. Neste último item, é apresentada a classificação dos modelos existentes, suas limitações, uma abordagem detalhada sobre os modelos microscópicos e o pacote Synchro Studio 9, que foi utilizado na etapa metodológica.

### 2.1 QUALIDADE DE TRÁFEGO EM VIAS URBANAS

Em geral as políticas de qualidade funcionam como guia para tomadas de decisão para a implementação de novas ações prioritárias, são tidas como ponto de partida para desenvolvimento de serviços e base para acompanhamento de evolução de um determinado evento (SANTOS, 2004).

Na literatura disponível não há concordância em relação à definição do entendimento de qualidade, e pesquisadores como Crosby (1999) e Juran (1998) tendem a não definir o assunto em absoluto, mas em usar termos mais amplos tais como conformidade com as exigências ou adequação ao uso. Desta forma, a qualidade de tráfego em vias urbanas pode ser entendida como o grau de atendimento ao bom uso de sua infraestrutura.

Nesse contexto, os estudos relacionados à qualidade, especificamente de tráfego de veículos em vias urbanas, tendem a resultar em um maior controle dos tempos de deslocamento, eficiência energética, padronização de análises, e outros parâmetros associados.

Baseado nos fatores de ciclo de qualidade que Santos (2004) menciona, tem-se os seguintes níveis de qualidade em relação ao tráfego:

- **Expectativa da qualidade:** é o nível de qualidade exigido pelo usuário para circulação de veículos. É composto pelas expectativas explícitas e implícitas do mesmo;
- **Qualidade planejada:** é o nível de qualidade que o analista aponta fornecer para os usuários da via. Deve ser definido com base no nível de qualidade esperado por esses usuários e também nas pressões externas e internas da análise, como diretrizes políticas e projetos de expansão viária;
- **Qualidade oferecida:** nível de qualidade conseguida com base nas circunstâncias operacionais do cotidiano;
- **Percepção da qualidade:** é o nível de qualidade percebido pelos usuários das vias durante suas viagens.

A qualidade, deste modo, corresponde à diferença entre as expectativas e as percepções do serviço prestado, sendo dependente da identificação dessas expectativas e do nível de serviço oferecido.

Diante disso, em centros urbanos com tendência à deterioração acelerada dos níveis de serviço de circulação viária, faz-se necessário a abordagem da qualidade planejada para o tráfego de veículos por parte dos especialistas, pois são eles os responsáveis por impor as instruções políticas de mobilidade que tem por finalidade a melhoria geral do deslocamento de indivíduos. Quando baseada na expectativa dos usuários, a qualidade planejada para o tráfego de veículos exerce influência na qualidade ofertada e, assim, na percepção de quem utiliza.

A qualidade do tráfego de interseções urbanas vem, constantemente, sendo analisada por especialistas baseando-se em metodologias como os Métodos de Webster (WEBSTER; COBBE, 1966), Método do Atraso Percentual (TRAFFICWARE LLC, 2014), Highway Capacity Manual – HCM (TRANSPORTATION RESEARCH BOARD, 2010) e Intersection Capacity Utilization – ICU (HUSCH; ALBECK, 2003), sendo os dois últimos os mais utilizados, e, por isso, detalhados no item 2.3. Segue abaixo uma breve descrição das metodologias citadas.

- **Método de Webster** (WEBSTER; COBBE, 1966): O modelo do atraso de interseções sinalizadas é dado por uma função matemática que assume o processo de chegada dos veículos como aleatório e de partidas como uniforme;
- **Método do Atraso Percentual** (TRAFFICWARE LLC, 2014): Se fundamenta no cálculo ponderado do atraso dos veículos de 5 cenários, baseados em percentis de tráfego;
- **Método do HCM** (TRANSPORTATION RESEARCH BOARD, 2010): É um modelo tempo-dependente, que considera as características físicas e operacionais das vias na análise de sua capacidade;
- **Método do ICU** (HUSCH; ALBECK, 2003): Método baseado na análise de capacidade extra disponível para amortecer flutuações de tráfego.

## 2.2 ÍNDICES DE QUALIDADE E A UTILIZAÇÃO DO MÉTODO DELPHI

A formulação do Índice de Qualidade de Tráfego – IQT foi fundamentada no procedimento adotado por estudos que utilizam a opinião de especialistas da área para obtenção de parâmetros referentes à qualidade (MENEZES, 2011) (JUNIOR, 2008) (SOUZA, 2008) (LOPES; LIBÂNIO, 2005) (FERREIRA; SANCHES, 2001) (HAMEKOSKI, 1998). A Tabela 1, a seguir, apresenta as informações gerais sobre as metodologias adotadas em alguns índices de qualidade disponibilizados na literatura. A metodologia Delphi (DALKEY; HELMER, 1962) é amplamente utilizada para obtenção de informações necessárias a formulação dos índices em estudo.

Tabela 1 - Informações gerais de metodologias adotadas por alguns índices de qualidade

Sigla	Descrição	Metodologia	Referência
IQC	Índice de Qualidade de Calçadas	Opinião de usuários	(FERREIRA; SANCHES, 2001)
IACT	Índice de Acessibilidade de Calçadas e Travessias	Opinião de usuários de cadeiras de rodas	(JUNIOR, 2008)
IQA	Índice de Qualidade de Água	Método Delphi - opinião de especialistas	(MENEZES, 2011)
IQAB	Índice de Qualidade de Água Bruta	Método Delphi - opinião de especialistas	(SOUZA, 2008)
IQETA	Índice de Qualidade de Estações de Tratamento de Água	Método Delphi - opinião de especialistas	(LOPES; LIBÂNIO, 2005)
IQA <sub>r</sub>	Índice de Qualidade do Ar	Análise de componentes principais	(HAMEKOSKI, 1998)

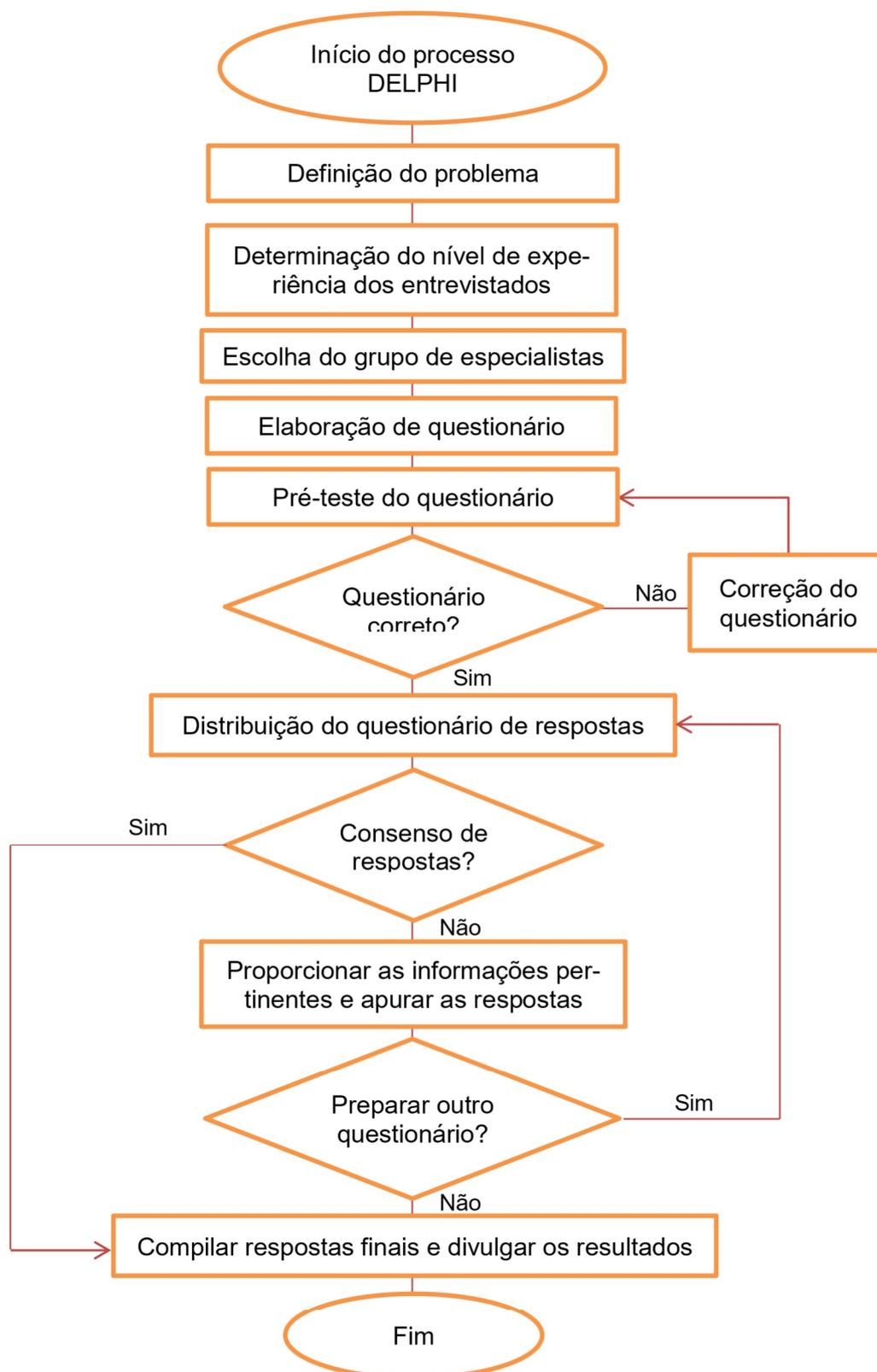
Fonte: Elaborado pelo autor

O uso da metodologia Delphi utilizado no desenvolvimento do IQT foi embasado nos estudos de Dalkey e Helmer (1962), precursor dessa técnica no mundo. O princípio desse método é intuitivo e interativo. Implica na constituição de um grupo de especialistas de determinada área do conhecimento que respondem a uma série de questões. Os resultados obtidos são analisados, e uma síntese é enviada novamente aos membros do grupo que, após tomarem conhecimento, respondem novamente, como uma forma de reavaliação das respostas dadas anteriormente. Essas interações se sucedem até que haja consenso dos profissionais envolvidos.

Uma das principais vantagens do método Delphi é o anonimato, que pode reduzir o efeito de indivíduos dominantes que normalmente ocorrem em pesquisas baseadas em grupos. Adicionalmente, tem-se a questão geográfica, que colabora para que possa haver dispersão espacial entre os indivíduos sem prejuízos ao estudo, uma vez que se pode utilizar a comunicação eletrônica, como e-mail, para solicitar e trocar informação. A Figura 1 apresenta o fluxograma de um processo Delphi. Skulmoski, Hartman e Krahn (2007) caracterizam o método Delphi clássico da seguinte forma:

- Anonimato: permite a liberdade de expressão de opiniões sem pressões sociais para se conformar com os outros do grupo;
- Iteração: permite o refinamento do ponto de vista dos participantes no decorrer das rodadas de questionários;
- Feedback Controlado: os participantes são informados sobre as perspectivas dos outros participantes, e tem a oportunidade para esclarecer ou alterar suas opiniões;
- Agregação Estatística de Resposta de Grupo: permite uma análise quantitativa e interpretação dos dados.

Figura 1 – Fluxograma do processo Delphi

Fonte: Adaptado de Oliveira *et al.*, 2008

## 2.3 MÉTODOS HCM E ICU

Uma interseção pode ter seu desempenho mensurado a partir de variáveis como a velocidade média que os veículos trafegam pela via, o tempo médio de travessia deste segmento, pela relação volume sobre capacidade do trecho (V/C), ou ainda pela densidade média do trecho. Nesse sentido, a qualificação das condições de tráfego em uma via é denominada de nível de serviço, que indica o grau de liberdade para manobras, o grau de proximidade entre veículos e também as velocidades médias empregadas pelos veículos (PAULA, 2006).

Segundo Loureiro, Gomes e Leandro (2002), a metodologia proposta pelo Highway Capacity Manual – HCM (TRANSPORTATION RESEARCH BOARD, 2010) para análise de interseções baseia-se na contagem dos veículos estocados nas filas, em intervalos regulares de 10, 15 ou 20s, durante um período mínimo de 15 minutos, sendo medido, portanto, apenas o atraso parado. Para estimar o atraso total, recorre-se à multiplicação do atraso parado por um fator de correção que representa o atraso da aceleração/desaceleração. Este fator é função do número médio de veículos na fila em cada ciclo e da velocidade de fluxo livre quando os veículos são desimpedidos pelo semáforo.

Desta forma, o nível de serviço de interseções do HCM é dado em função do atraso médio por veículo, classificando-os nos seguintes patamares (TRANSPORTATION RESEARCH BOARD, 2010):

- **Nível de Serviço A:** fluxo livre e concentração de veículos bastante reduzida, permitindo escolha de velocidade e facilidade de ultrapassagens. Conforto e conveniência: **ótimo**;
- **Nível de Serviço B:** fluxo estável e concentração de veículos reduzida. Início de restrições na escolha de velocidade e facilidade de ultrapassagens. Conforto e conveniência: **bom**;
- **Nível de Serviço C:** fluxo estável e concentração de veículos média. Existência de restrições na escolha de velocidade e dificuldade de realizar ultrapassagens. Conforto e conveniência: **regular**;

- **Nível de Serviço D:** fluxo próximo ao instável com concentração de veículos alta. A liberdade na escolha de velocidade é reduzida e há grande dificuldade de ultrapassagens. Conforto e conveniência: **ruim**;
- **Nível de Serviço E:** fluxo instável com concentração de veículos extremamente alta. Não há liberdade de escolha de velocidade e as mudanças de faixa só ocorrem se forçadas. Conforto e conveniência: **péssimo**;
- **Nível de Serviço F:** fluxo forçado com concentração de veículos altíssima. As velocidades desenvolvidas são bastante reduzidas e ocorrem frequentes paradas de longa duração. As mudanças de faixa só são possíveis quando há colaboração do outro motorista. Conforto e conveniência: **inaceitável**.

De acordo com cada patamar de nível de serviço, o manual do HCM estabelece ainda critérios para classificação de interseções, segregados entre semaforizadas e não semaforizadas, sendo que esse último grupo inclui também as rotatórias. A Tabela 2 apresenta os referidos dados.

Tabela 2 – Critérios estabelecidos para níveis de serviço - HCM

Nível de Serviço	Interseções semaforizadas (s)	Interseções não-semaforizadas (s)
A	≤10	≤10
B	> 10 - 20	> 10 - 15
C	> 20 - 35	> 15 - 25
D	> 35 - 55	> 25 - 35
E	> 55 - 80	> 35 - 50
F	> 80	> 50

Fonte: Transportation Research Board, 2010

O método do Intersection Capacity Utilization – ICU (HUSCH; ALBECK, 2003), por sua vez, é bastante similar à tradicional relação entre o volume da hora-pico e o volume de saturação, considerada na metodologia do HCM. O ICU leva em consideração a soma do tempo necessário para atender a todos os movimentos em uma interseção, caso esta fosse semaforizada com um tempo de ciclo padrão, dividido pelo tempo total disponível. Apesar das semelhanças entre os dois métodos, eles possuem níveis de serviço diferentes.

De forma análoga ao HCM, o nível de serviço do ICU (= ICU LOS – “*Level of Service*”) é dividido em 8 patamares, e é calculado em função da reserva de capacidade ou deficiência da interseção (HUSCH; ALBECK, 2003).

- **Nível de Serviço A:** ICU até 55% - não há congestionamento na interseção. Ciclos menores que 80 segundos são capazes de operar o tráfego eficientemente. Todo tráfego é atendido no primeiro ciclo. Flutuações de tráfego, acidentes e obstrução de faixas causarão mínimos congestionamentos. Esta interseção pode acomodar até 40% a mais de tráfego em todos os movimentos;
- **Nível de Serviço B:** ICU entre 55% e 64% - não há congestionamento na interseção. Quase todo o tráfego será atendido no primeiro ciclo. Ciclos de 90 segundos ou menos são capazes de operar o tráfego eficientemente. Flutuações de tráfego, acidentes, e obstruções da pista causarão mínimos congestionamentos. Esta interseção pode acomodar até 30% a mais de tráfego em todos os movimentos;
- **Nível de Serviço C:** ICU entre 64% e 73% - A interseção ainda não tem congestionamentos significativos. A maior parte do tráfego deve ser atendida no primeiro ciclo. Ciclos de 100 segundos ou menos operarão o tráfego eficientemente. Flutuações de tráfego, acidentes, e fechamentos da pista podem causar congestionamentos. Esta interseção pode acomodar até 20% a mais de tráfego em todos os movimentos;
- **Nível de Serviço D:** ICU entre 73% e 82% - Ainda não há congestionamentos significativos. A maior parte do tráfego deve ser atendida no primeiro ciclo. Ciclos de 110 segundos ou menos operarão o tráfego eficientemente. Flutuações de tráfego, acidentes, e fechamentos da pista podem causar congestionamentos significativos. Uma operação semafórica não otimizada causa congestionamentos. Esta interseção pode acomodar até 10% a mais de tráfego em todos os movimentos;
- **Nível de Serviço E:** ICU entre 82% e 91% - A interseção está no limiar das condições de congestionamento. Muitos veículos não são atendidos no primeiro ciclo. Um ciclo de 120 segundos é requerido para operar eficientemente todo o tráfego. Flutuações de tráfego, acidentes, pequenas obstruções da pista e uma operação semafórica não otimizada podem causar congestionamentos significativos. Esta interseção tem menos de 10% de capacidade de reserva disponível;
- **Nível de Serviço F:** ICU entre 91% e 100% - A interseção está operando o limiar da capacidade e provavelmente há congestionamentos com duração de

15 a 60 minutos. As filas residuais no fim do tempo de verde são comuns. Um ciclo de 120 segundos é requerido para operar todo o tráfego. Pequenas flutuações do tráfego, acidentes, fechamentos menores da pista e uma operação semafórica não otimizada podem causar significativos congestionamentos;

- **Nível de Serviço G:** ICU entre 100% e 109% - A interseção opera com sua capacidade excedida de 10% a 20% e terá, provavelmente, congestionamentos com duração de 60 a 120 minutos. Filas longas são comuns. Um ciclo de 120 segundos ou mais é requerido para operar todo o tráfego. Os motoristas podem optar por rotas alternativas, se existirem. Uma programação semafórica atuada pelo tráfego pode contribuir com a priorização de certos movimentos;
- **Nível de Serviço H:** ICU maior que 109% - A interseção está com capacidade excedente de 20% e pode ter períodos de congestionamentos com duração maior que 120 minutos. Filas longas são comuns. Um ciclo de 120 segundos ou mais é requerido para operar todo o tráfego. Os motoristas podem escolher rotas alternativas, se existirem. Uma programação semafórica atuada pelo tráfego pode contribuir com a priorização de certos movimentos.

Ressalta-se, ainda, que valores de ICU LOS entre E e G podem apresentar problemas de bloqueio de interseções vizinhas devido ao tamanho de suas filas. Para estes casos, deve-se proceder a uma análise de simulação microscópica do tráfego, de forma a assegurar um plano semafórico que não cause problemas adicionais.

O quadro a seguir apresenta uma breve comparação entre a metodologia HCM e ICU no que se refere, principalmente, a parâmetros considerados e aplicações.

	ICU	HCM
Parâmetros	Volume sobre capacidade	Atraso
Aplicação	Planejamento Estudos de Impacto Dimensionamento de rodovias	Operação viária Planejamento de tempos de semáforo

Fonte: Husch e Albeck, 2003

O método HCM, é a alternativa mais popular para análise de capacidade viária e é compatível com a concepção do método ICU. De acordo com Husch e Albeck

(2003), a última versão do ICU, com revisão feita em 2003, tornou-se compatível com a metodologia do *Transportation Research Board* (2010) e pode ser usado em conjunto com este. Parâmetro como o fluxo de saturação, por exemplo, é o mesmo nas duas metodologias. A Tabela 3 apresenta a comparação entre classificações encontradas para ICU LOS em relação aos resultados possíveis para HCM LOS. Através dos dados apresentados conclui-se que, se as condições de circulação de uma interseção satisfazem a análise do ICU, então ela também satisfaz o nível de serviço do HCM.

Tabela 3 – Comparação entre classificações de ICU LOS e resultados possíveis de HCM LOS

ICU LOS	Resultados para HCM LOS
F ou pior	Normalmente F
E ou melhor	D ou E são possíveis com <i>timings</i> especiais
D ou melhor	E ou melhor
D ou melhor	D ou melhor (depende do período do ciclo)
	Razão $v/c < 0,80$

Fonte: Husch e Albeck, 2003

## 2.4 PARÂMETROS DE QUALIDADE DE TRÁFEGO

Os indicadores de qualidade de tráfego podem ser qualquer um dos parâmetros que definem as variáveis de serviço de tráfego. No caso dos simuladores de tráfego Simtraffic do pacote Synchro Studio 9, os principais indicadores fornecidos pelas análises são:

- **Distância e tempo de viagem:** é a simples mensuração do tamanho do percurso e tempo que o veículo desenvolveu;
- **Atraso por veículo:** é calculado dividindo o atraso total pelo número de veículos;
- **Atraso total de parada:** o atraso total de parada é a soma de todos os períodos em que os veículos estiveram parados ou viajando a menos de 3 m/s. Normalmente seu valor é menor que o atraso total. Esse indicador também inclui todo o tempo gasto por veículos que tiveram entrada negada na malha viária e esperaram para entrar na rede;
- **Atraso de parada por veículo:** é calculado dividindo-se o atraso total de parada pelo número de veículos;

- **Nº de paradas por veículo:** é a contagem de paradas de um veículo. Sempre que um veículo estiver trafegando até 3m/s uma parada é adicionada. O reinício de sua viagem se dá quando sua velocidade atinge 4,5m/s;
- **Velocidade média:** calculada pela divisão da distância total pelo tempo total da viagem. Esse valor é ponderado pelo volume de tráfego e inclui tempo de parada e tempo de entrada negada. No entanto, o parâmetro não inclui o tempo que um veículo leva para entrar na malha viária;
- **Consumo de combustível:** é calculado através de parâmetros de consumo de combustível. O combustível utilizado em cada intervalo é determinado pelo tipo de frota veicular, velocidade e aceleração;
- **Eficiência energética:** é calculada através da divisão da distância total de viagem pela quantidade de combustível consumida no percurso;
- **Veículos com entrada negada na malha viária:** é a contagem dos veículos que não puderam entrar na malha viária devido a congestionamentos. É útil para avaliar se o congestionamento está ficando melhor ou pior;
- **Tamanho de fila:** dimensão do acúmulo de veículos em uma interseção;
- **Emissões atmosféricas:** é calculada através de parâmetros de emissões veiculares. A velocidade e aceleração do veículo determina a emissão criada em cada período.

Sendo assim, os parâmetros e respectivas unidades de medida que previamente foram abordados como possíveis indicadores de qualidade de tráfego para consulta a especialistas de tráfego sobre seu potencial de inclusão foram:

- Atraso médio por veículo (segundos);
- Atraso de parada por veículo (segundos);
- Nº de paradas por veículo (nº de paradas);
- Velocidade média (km/h);
- Eficiência energética (km/l);
- Veículos com entrada negada na malha viária (nº de veículos);
- Fila máxima observada (m);
- Fila média observada (m);
- 95º percentil das filas observadas (m).

## 2.5 SIMULAÇÃO DE TRÁFEGO

Os modelos de simulação são importantes ferramentas para modelagem de dinâmicas e operações de sistemas de tráfego e ajudam a analisar causas e potenciais soluções de problemas como congestionamentos e segurança viária.

Segundo Paula (2006), a modelagem por simulação tem se tornado cada vez mais popular como a ferramenta adequada à análise de uma grande variedade de problemas dinâmicos, tal como o tráfego. Isso porque, esses problemas geralmente envolvem uma complexa interação entre muitos componentes e entidades do sistema representado, que não podem ser prontamente descritos em termos analíticos.

Para Lieberman (1997), modelos de simulação são desenvolvidos para imitar o comportamento de um dado sistema e que, se propriamente desenvolvidos, integram o comportamento das entidades e suas interações para produzir uma detalhada descrição quantitativa do desempenho desse sistema.

Para alguns autores como Pedgen, Shannon e Sadowski (1995) o conceito de simulação é entendido como o processo de projetar um modelo computacional de um sistema real ou hipotético através do qual se pode conduzir experimentos com o propósito de entender seu comportamento, ou mesmo avaliar sua operação. Os modelos do sistema de interesse são construídos pelos analistas que, após submetê-lo a diversas políticas operacionais, selecionam a melhor solução (PIDD, 1998).

Nesse sentido, os modelos de simulação são representações lógicas e matemáticas do sistema real. Um modelo de simulação de um cenário de tráfego pode, inclusive, prever acontecimentos no sistema real caso os dados de entrada fossem repetidos (PEDGEN; SHANNON; SADOWSKI, 1995).

Logo, Paula (2006) aponta que modelos de simulação de tráfego podem satisfazer um grande número de requerimentos, como os descritos abaixo. Esses exemplos indicam apenas um pouco da variedade de aplicações e escopo que os modelos de simulação de tráfego podem atuar.

- **Avaliação de Alternativas** – é possível experimentar as várias opções de mudanças operacionais (ex. aumento do número de faixas, número de cabines de pedágio, etc.) de um dado local em estudo, antes de uma decisão;
- **Avaliação de Novos Cenários** – é possível avaliar previamente os efeitos de alterações da demanda (ex. aumento do número de veículos em um dado horário, etc.), ou da composição dos veículos (ex. percentual maior de veículos pesados, etc.), ajudando a identificar futuros gargalos;
- **Teste de Novos Designs** – investir em reforma ou construção de rodovias são altamente custosos, logo quantificar o desempenho esperado de um novo design de uma rodovia antes é primordial e pode ser feito através da simulação;
- **Treinamento de Pessoal** – podem ser usadas as simulações de cenários representativos de situações do mundo real no treinamento de operadores de tráfego;
- **Análise de Segurança** – a simulação pode recriar cenários de acidentes a fim de ajudar na identificação de melhorias operacionais ou físicas que diminuam ou eliminem tais eventos.

### 2.5.1 Classificação dos Modelos de Simulação de Tráfego

O fluxo de tráfego urbano pode ser visto como viagens individuais agregadamente distribuída na malha viária. Nesse contexto, as teorias de fluxo de tráfego buscam descrever uma teoria matemática precisa de fluidez, mais facilmente compreendida através de interações entre veículos e operadores caracterizados através de tecnologia de computação (GARTNER; MESSER; RATHI, 2001).

Existem diversos modelos de simulação de tráfego, que são costumeiramente caracterizados por duas dimensões, sendo uma delas o nível de detalhe no qual o processo do tráfego é descrito e a outra corresponde a forma como eles operam (operacionalização) em produzir suas respostas (WAGENINGEN-KESSELS *et al.*, 2014).

Segundo Hoogendoorn e Bovy (2001), os modelos podem ser classificados de diversas formas:

- Tipo das Variáveis Independentes - contínua e discreta;
- Representação do Processo - determinístico e estocástico;
- Operacionalização - analítica e simulação;
- Escala da Aplicação - conjunto de vias, *freeway* e cruzamentos;
- Nível de Detalhe - microscópica, mesoscópica e macroscópica.

Em relação aos tipos de variáveis utilizadas em simulação de tráfego, existem as que são calculadas continuamente e também as discretas, que são aquelas computadas por intervalos de valores. Como exemplo tem-se as simulações tempo discreto, calculadas através de intervalos de tempo fixados.

Os processos, por sua vez, dividem-se entre estocásticos e determinísticos. O primeiro deles trata-se de eventos com estado indeterminado, ou seja, com origem em eventos aleatórios, e o segundo trata-se de determinação de resultados através de modelos matemáticos, capazes de produzir sempre os mesmos resultados (PAULA, 2006).

A operacionalização dos modelos normalmente é classificada como analítica, quando as soluções do conjunto de equações que descrevem o sistema de tráfego são obtidas analiticamente, via cálculos e métodos numéricos, ou é classificada como simulação, referentes às representações de sucessivas trocas do estado do sistema de tráfego no decorrer do tempo que são reproduzidas no modelo. Segundo Paula (2006), essa característica dos simuladores é tida como uma vantagem sobre os modelos analíticos, uma vez que nos dá mais informações sobre o que está acontecendo no sistema no decorrer do estudo.

Cabe salientar que até pouco tempo, os custos computacionais para se simular sistemas mais complexos impediam tal uso, no entanto, com o tamanho avanço do potencial dos computadores nos últimos anos, estes custos já não são mais o grande

inibidor destes estudos via simulação (PAULA, 2006). Assim, o uso de simuladores tem sido amplamente utilizado para análise de sistemas viários e suas interseções. O nível de detalhe de um modelo de simulação macroscópico descreve o tráfego em um alto nível de agregação de fluxo sem considerar suas partes constituintes, enquanto que o modelo microscópico descreve em o comportamento detalhado das entidades que constituem o fluxo de tráfego tão bem quanto suas interações. Os modelos mesoscópicos, por sua vez, estão em um nível intermediário de detalhamento, e descrevem um veículo individualmente, mas não suas interações.

Lobeiro, Prado *et al* (2007), Kerner (2004) e Maia (2007) complementam a classificação quanto ao nível de detalhe de modelos de tráfego veicular da seguinte forma:

**Modelos macroscópicos:** observação dos veículos individualmente e os modelos matemáticos são baseados na mecânica newtoniana. Principais usos:

- Planejamentos de intervenções estratégicas;
- Simulação de médias/grandes áreas;
- Implementação de novas vias;
- Duplicação de vias.

**Modelos mesoscópicos:** utiliza o estado do sistema através da identificação de posição e velocidade dos veículos. Principais usos:

- Análises de intervenções táticas;
- Simulação de médias/grandes áreas;
- Implementação de novas vias;
- Duplicação de vias;
- Definição de rotas de veículos;
- Verificação das mudanças de rotas de veículos por causa de estímulos.

**Modelos microscópicos:** representam o sistema por quantidades médias (variáveis dependentes do tempo e espaço) e tem representação semelhante à hidrodinâmica. Principais usos:

- Análises de intervenções operacionais;
- Simulação de pequenas/médias áreas;
- Análises de esquemas alternativos de controle de tráfego;
- Alteração na operação semaforica;
- Entrada e saída de rampas;
- Definição de rotas de veículos;
- Análise de esquemas de operação de tráfego em área;
- Verificação das mudanças de rotas de veículos por causa de estímulos.

São os modelos microscópicos que fornecem maior nível de detalhamento, por representarem mais adequadamente o comportamento do tráfego dos veículos. Esse tipo de modelo também possibilita a simulação de uma variedade maior de cenários, uma vez que aceitam a modelagem de um maior número de feições que os modelos macro e mesoscópicos. Além do exposto, ainda pode-se citar que os modelos microscópicos são mais dinâmicos por trabalharem com intervalos de tempo na ordem de segundos (RAKHA, 2002).

### **2.5.2 Limitações de Modelos de Simulação**

Uma das desvantagens inerentes do uso de modelos de simulação em relação aos analíticos é o custo computacional e necessidade de calibração para condições específicas do sistema em que serão aplicados, o que demanda tempo de modelagem e processamento (HOOGENDOORN; BOVY, 2001).

Outras desvantagens são particularmente relacionadas com o tipo de modelo de simulação adotado. O autor menciona que, enquanto modelos macro e mesoscópicos são mais facilmente calibrados que os microscópicos devido à mensuração direta de parâmetros, suas aplicações são limitadas a casos em que a interação de veículos não é relevante para os resultados a serem obtidos.

Nos modelos macroscópicos os veículos não são modelados individualmente e, nos mesoscópicos, os mesmos têm suas posições e comportamentos aproximados. Uma

vez que nesses modelos os veículos não têm suas posições conhecidas, ou tem de forma imprecisa, é difícil simular a ativação de detectores que são usados em sistemas de controle adaptados, por exemplo.

Embora os modelos microscópicos sejam os mais realistas, deve-se considerar a grande demanda de tempo e custo de modelagem, pois suas vias devem ser descritas em detalhes, com tamanhos exatos de seções, comprimentos, raios de curvatura, dentre outros. No caso de representações extensas de malha viária, a demanda custo-tempo pode ser inviável. Além disso, algumas situações reais podem ser representadas de várias formas na modelagem, o que pode influenciar nos resultados obtidos.

### **2.5.3 Modelos de Simulação Microscópicos**

O desenvolvimento de computadores com processamento eficiente tem incentivado o interesse por modelos de microssimulação mais complexos, que distinguem carros e motoristas individualmente. Estes têm capacidade de tratar inúmeras regras de decisão e cálculos que representam a cada instante o comportamento de cada motorista, de seu veículo, sua posição, sua velocidade e sua aceleração. Esses modelos podem prever o comportamento em comitivas (movimento longitudinal) e de mudança de faixa (movimento lateral) para cada veículo que estiver seguindo o fluxo de tráfego.

Normalmente o modelo de comportamento em comitivas de um veículo é baseado no paradigma de modelagem psico-espacial. O comportamento em comitivas descreve os padrões de frenagem e aceleração resultantes da interação de um motorista com o veículo a sua frente, bem como diante da existência de novas situações, tais como mudança nos limites de velocidade ou curvaturas nas vias, dentre outras (BOURGHOUT, 2004).

Os modelos microscópicos também distinguem a decisão de realizar uma mudança de faixa, a escolha de uma pista e a aceitação de disponibilidade de brecha na pista

escolhida (HOOGENDOORN; BOVY, 2001). Ou seja, as regras de troca de pista utilizadas nos modelos geralmente seguem os seguintes critérios:

- Decisão de trocar;
- Escolha de uma pista alternativa;
- Se há espaço na pista alternativa.

Alguns modelos ainda podem incluir decisões sobre rotas. Nestes casos, é possível estabelecer rotas de menor caminho ou menor tempo para veículos a partir do estabelecimento de zonas e de matrizes de Origem/Destino que as interliguem.

Alguns exemplos de modelos de microssimulação são AIMSUN (TRANSPORT SIMULATION SYSTEMS), FOSIM (TRANSPORT RESEARCH CENTRE) e SimTraffic (TRAFFICWARE LLC, 2014).

#### **2.5.4 Synchro Studio 9**

Como forma de facilitar a obtenção de dados de entrada para cálculo do IQT e, assim, melhorar sua aplicabilidade, foi necessária a utilização de *software* de microssimulação de tráfego. Para fins deste estudo foi escolhido o pacote do Synchro Studio 9, que contém o *software* de modelagem e mesossimulação Synchro 9 e o *software* de microssimulação SimTraffic 9 (TRAFFICWARE LLC, 2014).

O Synchro Studio foi desenvolvido há mais de dez anos e se embasa no desenvolvimento de uma metodologia de suporte à decisão para a seleção de ferramentas de análise de tráfego. Segundo Junior, Martinez, *et al* (2004), o modelo de simulação Synchro melhora o processo de tomada de decisão do engenheiro de tráfego. Desta forma, o *software* permite:

- Projetar o tráfego potencial futuro;
- Avaliar e priorizar as alternativas de planejamento operacional;
- Melhorar o projeto e avaliar os tempos e custos associados;

- Desenvolver combinações múltiplas ou outros cenários complexos em um tempo relativamente curto;
- Dispor de animações gráficas que podem ser usadas na apresentação de diferentes cenários, etc.

Os cenários simulados podem ser alterados segundo os aspectos relacionados à qualidade do ar e consumo de combustível (ambientais); congestionamentos, tempo de viagem, número de acidentes e comportamento agressivo dos motoristas (monitoramentos); e custos efetivos (financeiro).

Em geral, Junior, Martinez, *et al* (2004) apresenta que os benefícios oferecidos pelo *software* são, dentre outros:

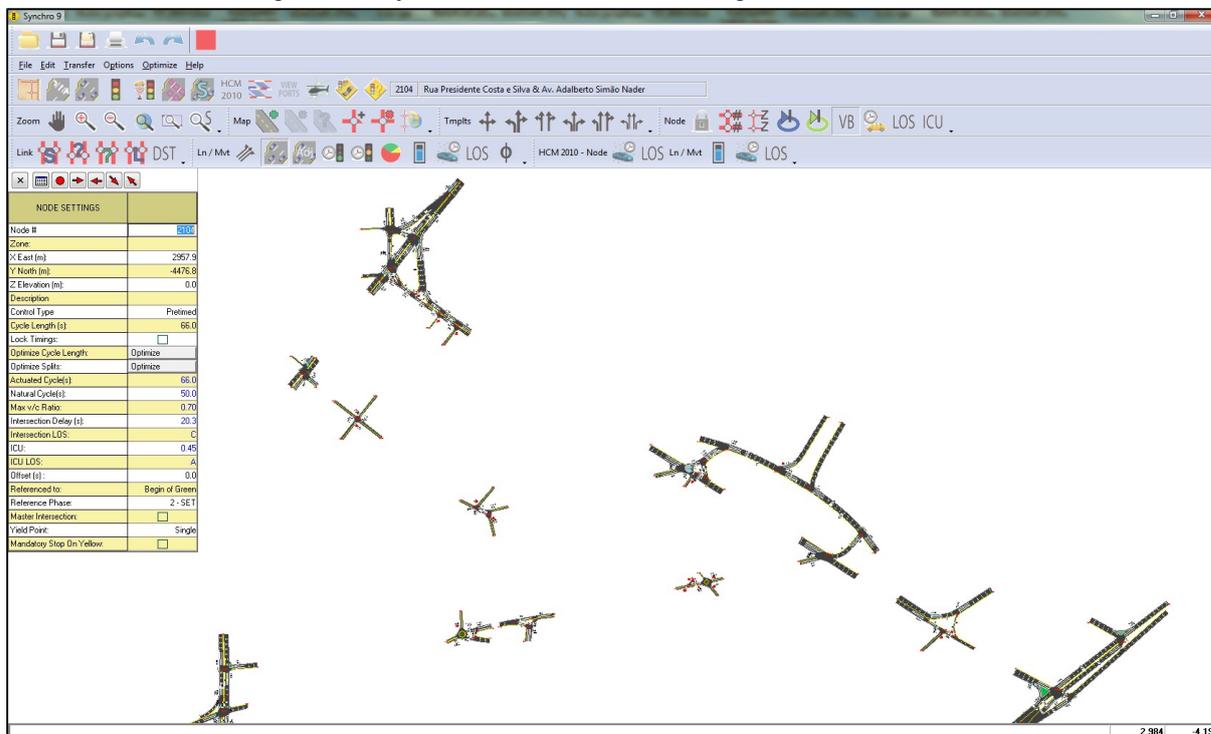
- Facilidade de uso;
- Ampliação do gerenciamento e produtividade no uso;
- Aumento na economia;
- Melhoria na qualidade do ar e consumo de combustível;
- Redução do congestionamento e o tempo perdido no tráfego;
- Redução de acidentes e comportamento agressivo de motoristas.

O Synchro Studio 9 implementa o método do ICU (HUSCH; ALBECK, 2003) para determinar a capacidade das interseções. Esse método compara o volume de veículos atuante na malha viária com a capacidade da mesma. É um método de fácil implementação. Além disso, o Synchro também implementa o método do HCM (TRANSPORTATION RESEARCH BOARD, 2010) para interseções semaforizadas e não semaforizadas e também o método do Atraso Percentual (TRAFFICWARE LLC, 2014).

Além de permitir o cálculo de capacidade viária, o Synchro Studio permite otimizar ciclos semaforicos automaticamente, eliminando a necessidade, por parte dos projetistas, de testar tentativas consecutivas de planos semaforicos.

Os valores de entrada e saída são inseridos no sistema de uma forma muito prática. Segue abaixo uma figura ilustrando a janela inicial de modelagem desse software.

Figura 2 – Synchro 9 - Janela de modelagem de malha viária



Fonte: Elaborado pelo autor

A partir de dados coletados em campo, que retratem fidedignamente as situações encontradas na realidade e com a participação relativa de veículos pesados e leves, é possível obter indicadores econômicos e ambientais importantes, como diferenças entre consumo de combustível ou emissão de poluentes. Esses indicadores são capazes de subsidiar a avaliação e seleção de alternativas de projeto.

As condições físicas do sistema viário (faixas, velocidade, largura, raios de giro, dentre outros) são diretamente introduzidas na rede de simulação junto com as informações relativas ao número e tipo de veículo por movimento. Em cada rodada, a rede é alimentada com os motoristas e veículos conforme uma distribuição estatística, não homogênea, de modo a representar as concentrações esporádicas de tráfego que ocorrem na realidade. Os resultados retratam, com confiança estatística, as condições reais de tráfego.

Algumas das feições modeladas no Synchro são:

- Semáforos pré-temporizados;
- Interseções sinalizadas com placa “PARE”;
- Rotatórias;
- Semáforos atuados;
- Passagem de automóveis, caminhões e ônibus;
- Freeways;
- Pedestres.

Os relatórios com os indicadores de eficiência da solução adotada permitem o conhecimento detalhado de cada um dos trechos e interseções da rede. Podem ser registrados todos os indicadores, desde o uso da capacidade até o consumo de combustível e emissão de poluentes na geração desses relatórios.

Os relatórios podem ser obtidos de forma mesoscópica, através de resultados gerais para as interseções, ou de forma microscópica, por movimento em cada uma das interseções resultando em um melhor nível de detalhe para todos os elementos do sistema de tráfego.

### 3 METODOLOGIA

Os indicadores de qualidade de tráfego podem ser qualquer um dos parâmetros que definem as variáveis de serviço de tráfego. No caso dos microssimuladores de tráfego, os principais indicadores fornecidos pelas análises são velocidade, atraso, nº de paradas, tamanho de fila, emissões atmosféricas, distância e tempo de viagem e consumo de combustível e eficiência energética.

Sendo assim, os parâmetros (e respectivas unidades de medida) inicialmente abordados como possíveis indicadores de qualidade de tráfego para consulta a especialistas foram atraso total (seg), capacidade de utilização da interseção (%), tamanho de fila (m), número de paradas (veículos por hora), consumo de combustível (litros), emissão de CO (gramas/hora), emissão de NOx (gramas/hora) e emissão de VOC (gramas/hora).

Atualmente existem diversos *softwares* utilizados para simulação de tráfego, tais como Vissim, Rodel e Sidra (SHAABAN; KIM, 2015), com destaque para o SimTraffic, Corsin e Aimsun (JONES *et al.*, 2004). A Tabela 4 abaixo apresenta uma comparação geral entre esses aplicativos computacionais e suas principais funcionalidades. Nesta pesquisa foi utilizado o *software* SimTraffic, contido no pacote do Synchro Studio 9 (HUSCH; ALBECK, 2003), pois este é o mais utilizado na região e tem disponibilizada base de dados de interseções da cidade em estudo.

Tabela 4 - Sumário de aplicativos computacionais

<i>Software</i>	Desenvolvedor	Modelagem	Medição
SimTraffic	Trafficware Corporation	Interseções não semaforizadas Semáforos atuados Rotatórias	
CORSIM	Federal Highway Administration	Interseções não semaforizadas Semáforos atuados Rotatórias (parcialmente)	Atraso Tamanho de fila Velocidade média
AIMSUN	Traffic Simulation Systems	Interseções não semaforizadas Semáforos atuados Rotatórias Prioridade semafórica	Emissões atmosféricas Eficiência energética

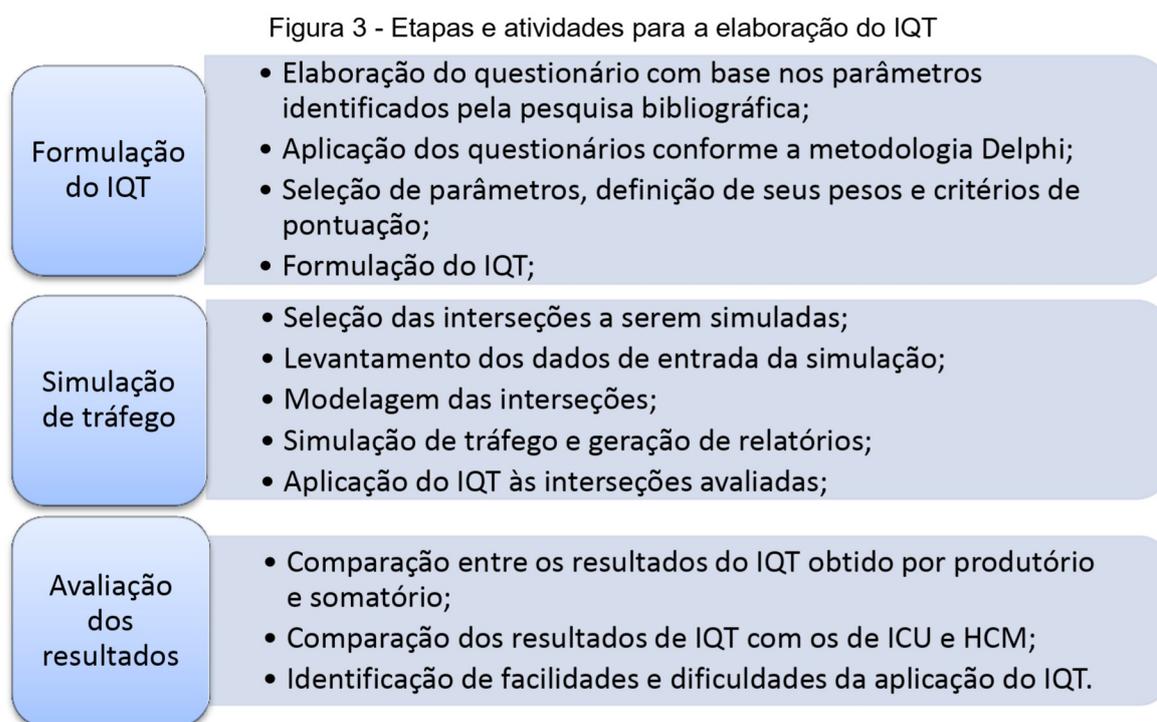
Fonte: Jones, Sullivan, *et al* (2004)

O SimTraffic faz parte do pacote Synchro Studio 9. As informações são inicialmente criadas através do Synchro, *software* de análise macroscópica, para poderem ser

simuladas através do SimTraffic, que desenvolve a microsimulação e animação do tráfego.

### 3.1 DESCRIÇÃO DO MÉTODO

O método de definição do IQT está subdividido em etapas sequenciais, sendo necessária, em primeiro lugar, a formulação do índice, sendo seguido pela simulação de tráfego através da qual se pode aplicar a fórmula desenvolvida, e por fim, a avaliação dos resultados obtidos. A Figura 3 apresenta uma lista do método e atividades de cada etapa.



Fonte: Elaborado pelo autor

Foi realizada pesquisa bibliográfica (TRAFFICWARE LLC, 2014) para identificação dos parâmetros relacionados à qualidade de tráfego e obtidos por simuladores de tráfego, que subsidiaram a elaboração dos questionários. Após aplicação dos questionários conforme a metodologia Delphi (DALKEY; HELMER, 1962) a formulação do IQT foi viabilizada através da análise dos dados obtidos.

A microsimulação de tráfego foi realizada em quatro interseções do município de Vitória – ES, Brasil. Foram priorizadas interseções cujas capacidades estivessem saturadas e com diferentes tipos de controle. Tal escolha foi realizada como forma de avaliar a sensibilidade da formulação proposta.

A simulação do tráfego dessas interseções permitiu a obtenção dos resultados de IQT, HCM e ICU. Esses dados foram confrontados e avaliados quanto a convergência em relação às diferentes análises.

### 3.2 O DELPHI APLICADO EM ANÁLISE DE TRÁFEGO

Através do uso da metodologia Delphi (DALKEY; HELMER, 1962), parâmetros de qualidade de tráfego previamente selecionados foram avaliados por especialistas brasileiros da área de planejamento e operação de transportes por aplicação de questionário, viabilizando a formulação do índice por meio dos resultados obtidos.

A metodologia Delphi (DALKEY; HELMER, 1962) foi adotada como forma de obtenção de consenso de opinião sobre a seleção de parâmetros, viabilizado pela rodada de *feedback*. Através dessa metodologia, foi garantido o anonimato e a interação, que resultaram em redução dos fatores psicológicos e revisão de decisões, respectivamente. Esta etapa resultou em determinação dos parâmetros constituintes do índice, bem como dos pesos atribuídos a cada um deles.

A formulação do índice necessitou ainda da padronização dos dados (estabelecimento de critérios de pontuação), uma vez que as variáveis são mensuradas em diferentes escalas e unidades. Assim, a partir dos valores aferidos para cada parâmetro foram criados os valores pontuados, os quais pertencem a uma escala que varia de 0 a 10.

Após a seleção de parâmetros, atribuição de pesos e critérios de pontuação foi realizada a validação do índice através da avaliação do uso de sua formulação somatório ou produtivo (conforme equações 1 e 2, respectivamente, apresentadas a seguir).

Para sua validação, o índice desenvolvido nas duas formas citadas foi aplicado à avaliação de qualidade de 4 interseções, considerando os volumes de veículos da hora pico e também sua redução pela metade, como forma de avaliar a sensibilidade da formulação a uma mesma característica geométrica e operacional.

- $IQT_S = \sum_{i=1}^N W_i Q_i$  (1)

- $IQT_P = \prod_{i=1}^N Q_i^{W_i}$  (2)

Sendo:

$IQT_S$  = Índice de Qualidade de Tráfego – formulação por somatório;

$IQT_P$  = Índice de Qualidade de Tráfego – formulação por produtório;

$W$  = Peso atribuído a cada parâmetro (definido por meio de pesquisa de opinião a especialistas);

$Q$  = Nota atribuída à interseção para cada parâmetro selecionado, segundo critério de pontuação desenvolvido;

$i$  = Cada parâmetro incluído no cálculo;

$N$  = Quantidade total de parâmetros incluídos no cálculo.

Essas interseções foram modeladas através do simulador Synchro Studio 9 de modo a possibilitar a obtenção de resultados dos parâmetros do IQT. Também foram extraídos os resultados de HCM e ICU das interseções, como forma de compará-los. Foram selecionadas interseções com variados fluxos, geometrias e logísticas operacionais, para proporcionar maior variedade de resultados.

### 3.2.1 Aplicação dos Questionários

A pesquisa foi realizada por consulta eletrônica, para agilizar a comunicação e apuração das respostas, e também pelo envio de formulários impresso para especialistas. O perfil dos entrevistados foi constituído de profissionais autônomos, consultores, funcionários públicos e acadêmicos que atuam com planejamento urbano e de transportes ou controle de tráfego, nos estados do Espírito Santo, Rio de Janeiro, Ceará, São Paulo, Rio Grande do Sul e Brasília.

A primeira rodada foi caracterizada pela aplicação do Questionário 1 (APÊNDICE A), que consiste na avaliação de 9 parâmetros possíveis de serem obtidos por simuladores de tráfego e relacionados com a qualidade de circulação e meio ambiente, sendo eles: atraso por veículo (s), atraso de parada por veículo (s), nº de paradas por veículo (unid), velocidade média (km/h), eficiência energética (km/l), veículos com entrada negada na malha viária (unid), fila máxima observada (m), fila média observada (m) e 95º percentil das filas observadas. Os parâmetros foram avaliados quanto ao seu potencial de inclusão na formulação, e também quanto ao peso atribuído.

Para viabilizar o desenvolvimento de critérios de pontuação dos parâmetros que envolvem fila de veículos, questionou-se aos entrevistados os comprimentos considerados por eles para definição de filas muito pequenas, pequenas, médias, grandes e muito grandes, em metros. Os demais critérios de pontuação dos parâmetros ocorreram conforme as tabelas do manual do *software* (TRAFFICWARE LLC, 2014).

O Questionário 1 apresentou os parâmetros que subsidiarão a abordagem inicial pelos participantes, que optaram pela inclusão ou não de sua inserção na fórmula geral e estabeleceram um peso de 0 a 100 para cada um deles. O segundo questionário deve incorporar respostas sobre pesos e estatísticas descritivas do primeiro resultado, de forma que os participantes possam reavaliar os parâmetros apresentados com base na opinião do grupo.

O Questionário 2 (APÊNDICE B), aplicado na segunda rodada aos mesmos entrevistados, apresentou a análise estatística das primeiras respostas do grupo, de forma a possibilitar a reavaliação das mesmas e a possibilidade de mudança de opinião e, também, o estabelecimento de critério de pontuação através de uma nota de 0 a 100. O objetivo desta etapa foi a convergência dos resultados do grupo.

## 4 RESULTADOS

A apresentação dos resultados encontrados na aplicação do Método Delphi e da simulação de tráfego foi dividida em três itens, sendo o primeiro deles análise dos dados dos questionários, seguido pelo desenvolvimento dos critérios de pontuação e, por fim, avaliação do índice de qualidade de tráfego.

### 4.1 ANÁLISE DE DADOS

O Questionário 1 foi enviado a um conjunto de, aproximadamente, 40 especialistas de forma impressa e eletrônica obtendo-se 23 respostas válidas, 18 entrevistados continuaram a pesquisa através do preenchimento do Questionário 2. Não existe consenso na literatura sobre o número de participantes utilizado em estudos com Delphi (HSU; SANDFORD, 2007), no entanto a maior parte de pesquisas que seguem esta metodologia tem usado entre 15 e 20 respondentes (LUDWING, 1997).

As respostas finais foram avaliadas quanto ao grau de inclusão (Tabela 5) e pesos atribuídos aos parâmetros (Tabela 6). Os resultados apresentam que o parâmetro 9 – 95º percentil das filas observadas não se mostrou como fator relevante ao cálculo do IQT, conforme a opinião dos entrevistados. Por outro lado, a inclusão do parâmetro 8 - Fila média observada foi unânime.

Tabela 5 – Resultados apurados no Questionário 2 – Inclusão de parâmetros

ITEM	PARÂMETRO	MEDIÇÃO	RESPOSTAS (%)		
			INCLUIR	NÃO INCLUIR	INDECISO
1	Atraso por veículo	Segundos	94,4%	5,6%	0,0%
2	Atraso de parada por veículo	Segundos	83,3%	16,7%	0,0%
3	Paradas por veículo	Unidades	72,2%	22,2%	5,6%
4	Velocidade média	Km/hora	83,3%	16,7%	0,0%
5	Eficiência energética	Km/litro	83,3%	16,7%	0,0%
6	Veículos com entrada negada na malha viária	Unidades	66,7%	33,3%	0,0%
7	Fila máxima observada	Metro	83,3%	16,7%	0,0%
8	Fila média observada	Metro	100,0%	0,0%	0,0%
9	95º percentil das filas observadas	Metro	44,4%	33,3%	22,2%

OBS: Em destaque os maiores valores

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 6 - Resultados apurados no Questionário 2 – Peso dos parâmetros incluídos

ITEM	PARÂMETRO	PESO ATRIBUÍDO (%)									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Atraso por veículo	11,8%	0,0%	11,8%	0,0%	0,0%	17,6%	11,8%	29,4%	0,0%	17,6%
2	Atraso de parada por veículo	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	26,7%	0,0%	6,7%	66,7%	0,0%	0,0%
3	Paradas por veículo	0,0%	0,0%	7,7%	7,7%	23,1%	7,7%	23,1%	30,8%	0,0%	0,0%
4	Velocidade média	6,7%	0,0%	20,0%	0,0%	26,7%	0,0%	0,0%	13,3%	0,0%	33,3%
5	Eficiência energética	6,7%	6,7%	0,0%	6,7%	20,0%	6,7%	6,7%	33,3%	0,0%	13,3%
6	Veículos com entrada negada na malha viária	8,3%	8,3%	8,3%	0,0%	41,7%	16,7%	8,3%	0,0%	8,3%	0,0%
7	Fila máxima observada	6,7%	0,0%	0,0%	0,0%	13,3%	6,7%	0,0%	53,3%	6,7%	13,3%
8	Fila média observada	5,6%	0,0%	5,6%	5,6%	33,3%	0,0%	5,6%	44,4%	0,0%	0,0%
9	95º percentil das filas observadas	0,0%	12,5%	25,0%	0,0%	25,0%	0,0%	0,0%	37,5%	0,0%	0,0%

OBS: Em destaque os maiores valores

Fonte: Elaborado pelo autor

A taxa de inclusão foi calculada para inserção na formulação do IQT de modo a incluir divergências de opiniões dos entrevistados. Seu valor é equivalente ao percentual de inclusões em relação ao total de respostas válidas (LOPES; LIBÂNIO, 2005), considerando-se apenas os resultados “Incluir” e “Não incluir”. A Tabela 7 apresenta os resultados obtidos para as taxas de inclusão.

Foram desconsiderados os parâmetros com taxa de inclusão inferior a 70% (parâmetros 6 e 9). Os parâmetros 2 e 7 foram excluídos como forma de evitar redundâncias, uma vez que estes apresentarem taxas de inclusão menores que as dos parâmetros 1 e 8, respectivamente. O parâmetro 4 foi excluído devido ao fato de que o atraso por veículo é dependente da velocidade média, dentre outros fatores.

Em relação aos pesos dos parâmetros, tomou-se a mediana dos resultados como forma de evitar a influência de pontos extremos. Foi arbitrado que a soma de todos os pesos deveria resultar em 1 (um), obtendo-se então o peso final utilizado na formulação do IQT.

Tabela 7 – Taxa de inclusão, mediana e peso final dos parâmetros avaliados nos questionários

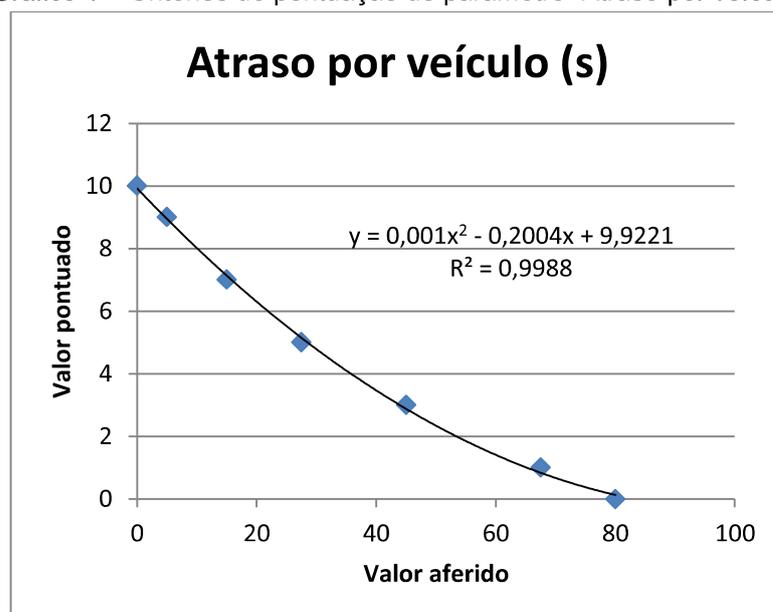
Nº	PARÂMETRO	RESPOSTAS		TX. INCL. x PESO	PESO FINAL
		TX. INCL.	PESO		
1	Atraso por veículo	0,9444	7	6,61	0,2778
2	Atraso de parada por veículo	0,8333	8		
3	Paradas por veículo	0,7647	7	5,35	0,2250
4	Velocidade média	0,8333	5		
5	Eficiência energética	0,8333	7	5,83	0,2450
6	Veículos com entrada negada na malha viária	0,6667	5		
7	Fila máxima observada	0,8333	8		
8	Fila média observada	1,0000	6	6,00	0,2522
9	95º percentil das filas observadas	0,5714	5		
<b>SOMA</b>				<b>23,79</b>	<b>1,0000</b>

Fonte: Elaborado pelo autor

## 4.2 DESENVOLVIMENTO DE CRITÉRIOS DE PONTUAÇÃO

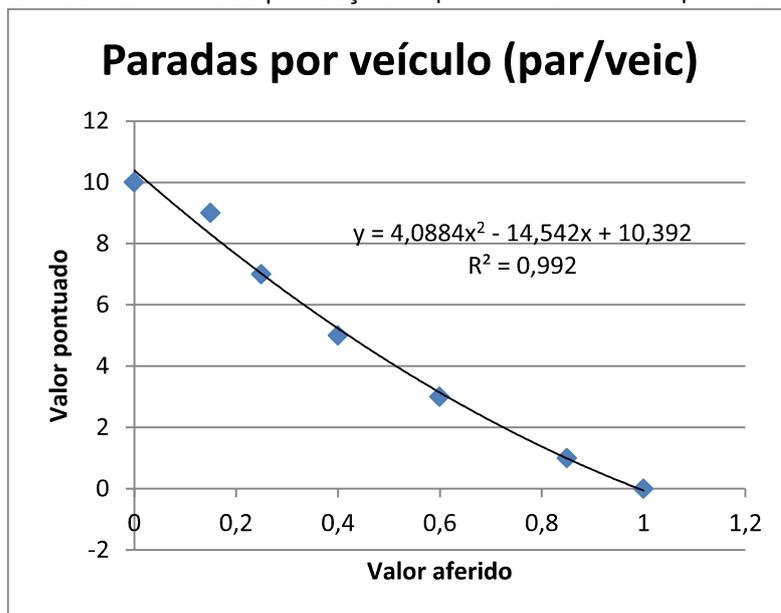
Os parâmetros selecionados foram pontuados conforme a classificação dada pelo simulador (HUSCH; ALBECK, 2003), exceto os dados relativos a tamanho de fila os quais foram obtidos através de consulta aos especialistas. Sendo assim, uma vez que o simulador fornece os resultados classificados em torno de 7 patamares, estes foram pontuados em uma escala de 0 a 10, como forma de padronização. Os gráficos a seguir apresentam a regressão polinomial realizada através da análise desses dados.

Gráfico 1 – Critérios de pontuação do parâmetro “Atraso por veículo”



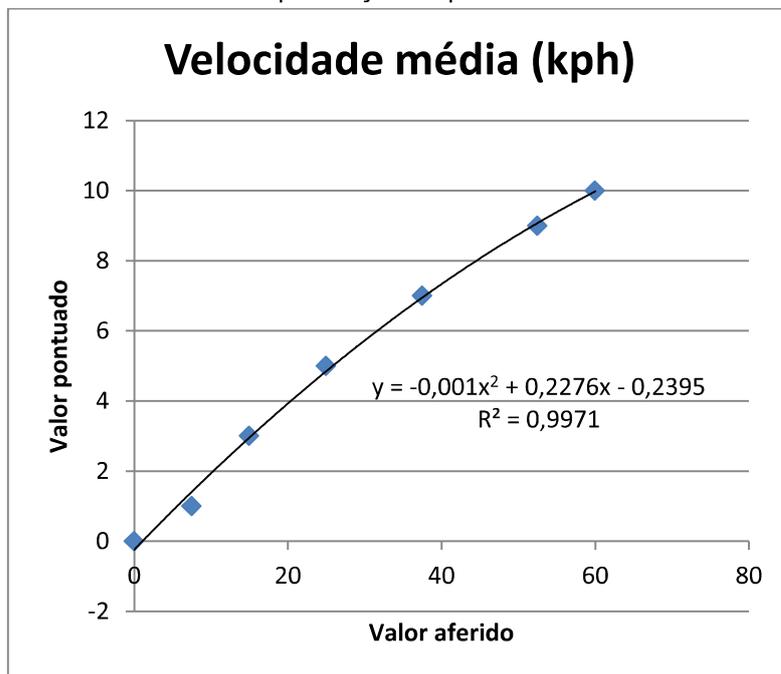
Fonte: Elaborado pelo autor

Gráfico 2 – Critérios de pontuação do parâmetro “Paradas por veículo”



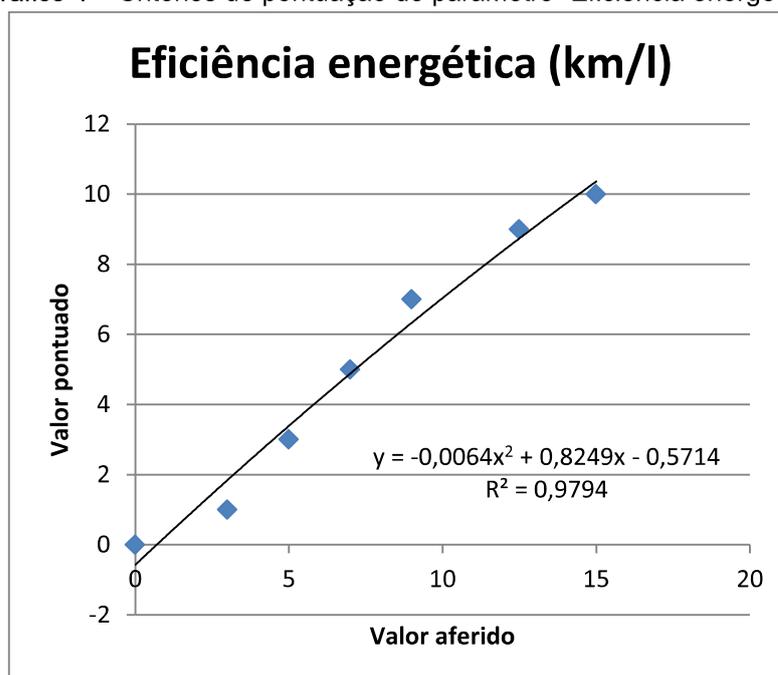
Fonte: Elaborado pelo autor

Gráfico 3 – Critérios de pontuação do parâmetro “Velocidade média”



Fonte: Elaborado pelo autor

Gráfico 4 – Critérios de pontuação do parâmetro “Eficiência energética”



Fonte: Elaborado pelo autor

Em relação às filas, a maior incidência de resultados apontou como fila muito pequena, pequena, média, grande e muito grande as de dimensões 10, 20, 50, 100 e 200 ou mais, respectivamente. Esses resultados seguem apresentados na Tabela 8.

Tabela 8 - Resultados apurados no Questionário 2 – Tamanho de fila

DESCRIÇÃO (m)	TAMANHO DE FILA (%)				
	Muito pequena	Pequena	Média	Grande	Muito
0	22,22%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
10	55,56%	16,67%	0,00%	0,00%	0,00%
20	5,56%	33,33%	11,11%	0,00%	0,00%
30	16,67%	33,33%	5,56%	5,56%	0,00%
40	0,00%	5,56%	11,11%	11,11%	5,56%
50	0,00%	0,00%	38,89%	0,00%	5,56%
60	0,00%	5,56%	11,11%	0,00%	0,00%
70	0,00%	5,56%	5,56%	5,56%	0,00%
80	0,00%	0,00%	5,56%	16,67%	0,00%
90	0,00%	0,00%	0,00%	5,56%	0,00%
100	0,00%	0,00%	5,56%	38,89%	22,22%
130	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	5,56%
160	0,00%	0,00%	5,56%	5,56%	5,56%
+200	0,00%	0,00%	0,00%	11,11%	55,56%

OBS: Em destaque os maiores valores encontrados

Fonte: Elaborado pelo autor

O desenvolvimento de critérios de pontuação dos resultados obtidos no simulador para o parâmetro “filas” desconsiderou os *outliers* para evitar a influência de opiniões muito discrepantes. A Tabela 9 apresenta a relação dos limites utilizados para o cál-

culo de exclusão de *outliers*. Valores menores que o limite inferior ou maiores que o limite superior foram excluídos da análise.

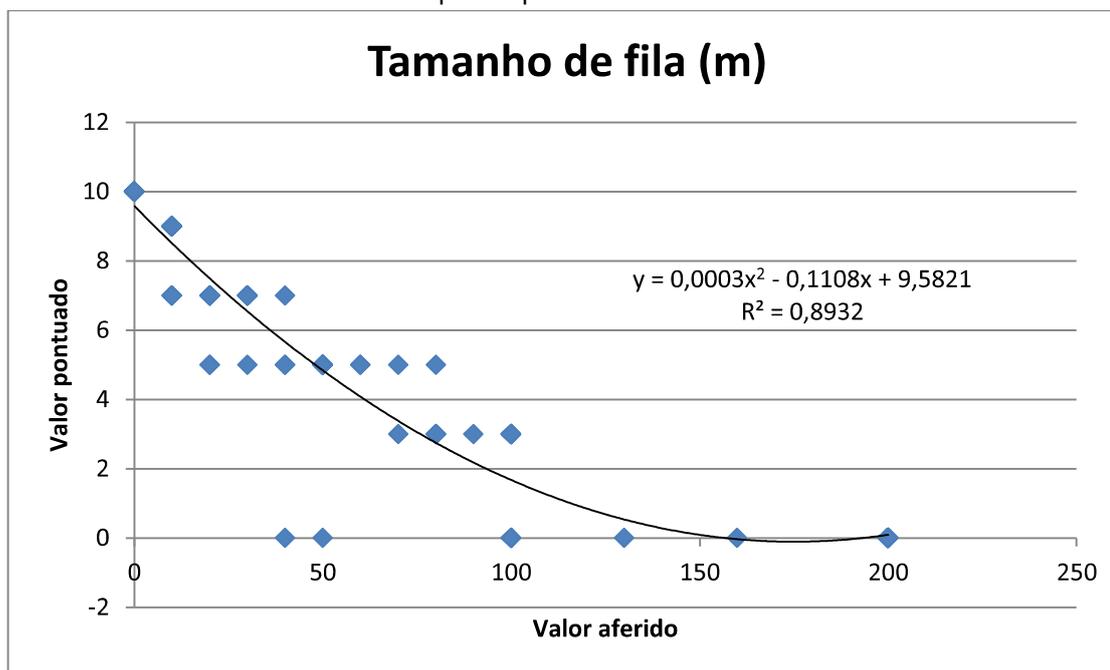
Tabela 9 - Relação dos limites superiores e inferiores do cálculo dos *outliers*

Tamanho de fila	1º Quartil	2º Quartil	Limite Inferior	Limite Superior
Muito pequena	100	200	-50	350
Pequena	80	100	50	130
Média	42,5	60	16,25	86,25
Grande	20	30	5	45
Muito grande	10	10	10	10

Fonte: Elaborado pelo autor

Em seguida, foi realizada uma regressão linear excluindo-se os *outliers*, cujo resultado foi uma equação de segundo grau e índice de aderência de 0,8932, conforme apresentado no Gráfico 5. Nota-se que a sensibilidade sobre tamanho de fila diminui quanto maior for sua dimensão.

Gráfico 5 – Regressão linear para estabelecimento de critério de pontuação de resultados obtidos para o parâmetro filas



Fonte: Elaborado pelo autor

Sendo assim, as curvas médias de variação dos parâmetros de qualidade de tráfego para o IQT seguem representadas abaixo pelas equações de regressão linear de cada parâmetro.

- $A = f(x) = 0,001x^2 - 0,2004x + 9,9221$  (3)

$A$  = Atraso por veículo pontuado (s)

$x$  = Atraso por veículo aferido (s)

- $P = f(x) = 4,0884x^2 - 14,542x + 10,392$  (4)

$P$  = N° paradas por veículo pontuado (n° par/veic)

$x$  = N° paradas por veículo aferido (n° par/veic)

- $V = f(x) = -0,001x^2 + 0,2276x - 0,2395$  (5)

$V$  = Velocidade média pontuada (kph)

$x$  = Velocidade média aferida (kph)

- $E = f(x) = -0,0064x^2 + 0,8249x - 0,5714$  (6)

$E$  = Eficiência energética pontuada (km/l)

$x$  = Eficiência energética aferida (km/l)

- $F = f(x) = 0,003x^2 - 0,1108x + 9,5821$  (7)

$F$  = Tamanho de fila pontuado (m)

$x$  = Tamanho de fila aferido (m)

### 4.3 AVALIAÇÃO DO ÍNDICE DE QUALIDADE DE TRÁFEGO

Por fim, de posse dos dados sobre pesos e pontuação de parâmetros, esta etapa da pesquisa constou da aplicação do IQT nas formas de somatório ou produtório dos fatores (equações 1 e 2) a 4 interseções. As equações 8 e 9 apresentam a aplicação dos resultados obtidos para os pesos finais, apresentados na Tabela 7, às equações 1 e 2.

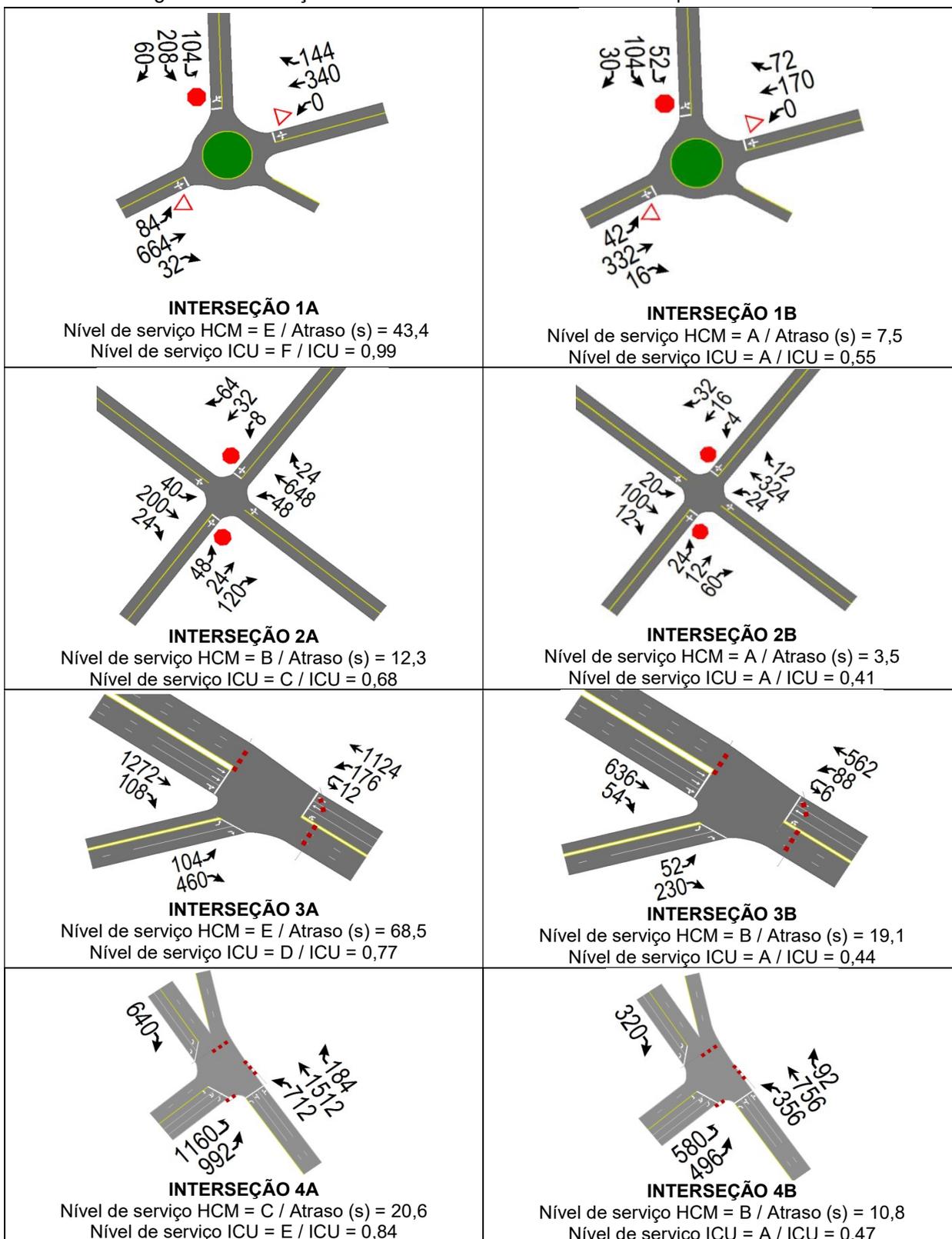
- $IQT_S = 0,2778A + 0,2250P + 0,2450E + 0,2522F$  (8)

- $IQT_P = A^{0,2778} \times P^{0,2250} \times E^{0,2450} \times F^{0,2522}$  (9)

As interseções selecionadas para etapa de simulação seguem apresentadas na Figura 4 e correspondem a uma rotatória, uma interseção não semaforizada (controlada por sinalização de "PARE") e duas semaforizadas, sendo uma de 3 e a outra de 4 ramos. Para cada interseção foi simulada uma versão "A", com os volumes de tráfego

go das contagens da hora pico, e uma versão “B”, com os volumes da primeira versão reduzidos à metade.

Figura 4 – Interseções avaliadas e os valores encontrados para HCM e ICU



Fonte: Elaborado pelo autor

Os relatórios contendo os resultados da simulação com fluxos normais e reduzidos seguem apresentados nos APÊNDICES C e D, respectivamente.

A simulação foi realizada com as configurações padronizadas do *software*, sendo o tempo total simulado de 10 minutos. Os resultados obtidos para os parâmetros de entrada do IQT estão apresentados na Tabela 10 nas colunas equivalentes aos valores aferidos, seguidos pelos respectivos valores obtidos pelos critérios de pontuação.

Tabela 10 – Resultados obtidos para os parâmetros aferidos e pontuados e IQT

INTERSEÇÃO	A		P		E		F	
	AF	PN	AF	PN	AF	PN	AF	PN
1A	7,4	8,49	0,25	7,01	4,6	3,09	27,45	6,77
1B	2,6	9,41	0,27	6,76	8,4	5,91	10,85	8,42
2A	2,8	9,37	0,30	6,40	11,9	8,34	10,98	8,40
2B	1,5	9,62	0,21	7,52	13,2	9,20	5,63	8,97
3A	18,8	6,51	0,48	4,35	4,0	2,63	38,30	5,78
3B	14,3	7,26	0,50	4,14	5,7	3,92	18,96	7,59
4A	17,2	6,77	0,36	5,69	2,0	1,05	39,14	5,70
4B	14,3	7,26	0,50	4,14	5,7	3,92	27,15	6,80

Nota: AF = Valor aferido; PN = Valor pontuado.

Fonte: Elaborado pelo autor

Os valores pontuados foram aplicados às equações 8 e 9, obtendo-se os valores de  $IQT_S$  e  $IQT_P$ , respectivamente, a cada caso. Esses resultados seguem apresentados na Tabela 11 separados por grupos de interseções (A = volumes de tráfego obtidos pela contagem; B = volumes de tráfego obtidos pela contagem reduzidos à metade). Observa-se que a redução do volume de tráfego implicou em índices maiores quando comparados ao volume original (Colunas “B-A”), sendo a variação maior ocorrida pela aplicação da equação 9. Além disso, o  $IQT_S$  apresentou resultados superiores aos encontrados para o  $IQT_P$ .

Tabela 11 – Resultados obtidos para  $IQT_S$  e  $IQT_P$

INT.	IQT <sub>S</sub>			IQT <sub>P</sub>			IQT <sub>S</sub> -IQT <sub>P</sub>	
	A	B	B-A	A	B	B-A	A	B
1	6,40	7,71	1,31	6,00	7,58	1,58	0,40	0,13
2	8,20	8,88	0,68	8,13	8,84	0,71	0,07	0,04
3	4,89	5,82	0,93	4,62	5,56	0,94	0,27	0,26
4	4,86	5,62	0,76	3,95	5,41	1,46	0,91	0,21

Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se através das colunas “B-A” que o IQT apresenta resultados melhores nas duas formulações após a redução do volume de tráfego. Além disso, nota-se que os

valores da coluna “B-A” do  $IQT_P$  são maiores que os correspondentes do  $IQT_S$ , apontando que o primeiro índice é mais sensível às mudanças atribuídas.

Considerando que os valores de HCM e ICU são atualmente utilizados para análise de tráfego em vias, foi elaborada a Tabela 12 contendo a comparação dos resultados de nível de serviço com aqueles obtidos para o IQT, de forma a subsidiar uma análise comparativa. Observa-se que variações grandes de IQT não implicam, necessariamente, em variações de ICU e HCM.

Tabela 12 – Comparação dos valores obtidos para o IQT com HCM e ICU

INT.	IQTS	IQTP	ICU	HCM
1A	6,40	6,00	F	E
1B	7,71	7,58	A	A
2A	8,20	8,13	C	B
2B	8,88	8,84	A	A
3A	4,89	4,62	D	E
3B	5,82	5,56	A	B
4A	4,86	3,95	F	F
4B	5,62	5,41	A	B

Fonte: Elaborado pelo autor

Os resultados obtidos para o IQT não acompanharam os valores de ICU e HCM. Os resultados das simulações apresentam valores de ICU com classificação F, IQTS variando entre 4,86 e 6,40 e IQTP variando entre 3,95 a 6,00, o que é tido como amplitude muito alta. Tal fato ocorre uma vez que duas interseções com a mesma capacidade de utilização podem apresentar valores diferentes para os parâmetros de entrada do IQT (atraso médio por veículo, paradas por veículo, velocidade média, eficiência energética e formação média de filas).

Outro exemplo é a existência de HCM de classificação E apresentando IQTS entre 4,89 e 6,40 e IQTP entre 4,62 e 6,00. A explicação para isso se deve ao fato de que o IQT considera uma variedade maior de parâmetros em sua composição para descrição da qualidade do tráfego. Além disso, os valores do parâmetro atraso médio por veículo do IQT são obtidos através da simulação, enquanto que o do HCM é por metodologia própria (TRANSPORTATION RESEARCH BOARD, 2010).

## 5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Através das etapas de simulação de tráfego e aplicação do IQT conclui-se que a utilização de valores de parâmetros obtidos por simulação facilita a etapa de obtenção de dados e possibilita a análise de situações viárias que ainda não foram executadas.

O índice proposto é composto de parâmetros comumente observados na rotina de planejamento de transportes através de simulação computacional. Esta constatação favorece o seu emprego como ferramenta efetiva de avaliação da qualidade do tráfego, podendo também ser aplicado como critério em projetos de vias e planejamento de transportes.

O delineamento do IQT baseado na opinião do grupo de especialistas abordado corrobora a hipótese proposta nesta dissertação de que as metodologias do HCM e ICU, isoladamente, não são capazes de descrever a qualidade do tráfego de vias urbanas, pois estes índices possuem menos parâmetros que o primeiro. Sendo assim, o IQT, por ser mais completo, abrange melhor o conceito de qualidade de tráfego, enquanto que o ICU e o HCM não se desempenham bem a esse objetivo.

Quanto a sua formulação, a aplicação do IQT às interseções simuladas neste estudo apontou maior suscetibilidade do produtório aos efeitos de variação de volume de tráfego, recomendando-se este formato como ferramenta de avaliação.

Cabe salientar que o desenvolvimento da pesquisa apresentou dificuldades devido a alta subjetividade inerente à metodologia Delphi (HSU; SANDFORD, 2007), que depende da opinião de especialistas com diversos graus de afinidade ou familiaridade com os parâmetros, e variáveis como disponibilidade de tempo e disposição para preenchimento dos formulários.

É importante afirmar que os índices não devem ser estáticos, pois à medida que for possível a inserção de novos parâmetros obtidos por simulação, deve-se modificar a seleção dos mesmos e reformulação do IQT. A inserção de novos parâmetros de-

pende exclusivamente do desenvolvimento e divulgação de novas ferramentas computacionais capazes de fornecer resultados confiáveis.

## REFERÊNCIAS

- BOURGHOUT, W. **Hybrid Microscopic-Mesosopic Traffic Simulation**. Stockholm. 2004.
- CROSBY, P. B. **Qualidade é Investimento**. Rio de Janeiro. 1999.
- DALKEY, N. C.; HELMER, O. **An Experimental Application of the Delphi Method to the Use of Experts**. California. 1962.
- FERREIRA, M. A. G.; SANCHES, S. P. Índice de Qualidade das Calçadas - IQC. **Revista dos Transportes Públicos - ANTP**, n. Ano 23, 2001.
- GARTNER, N. H.; MESSER, C. J.; RATHI, A. K. **Traffic Flow Theory: A State-of-Art Report**, Washington, 2001.
- HAMEKOSKI, K. The use of a simple air quality index in the Helsinki Area. **Environmental Management Vol 22 No 4**, New York, 1998.
- HOOGENDOORN, S.; BOVY, P. H. L. State-of-Art of Vehicular Traffic Flow Modelling. **Journal of Systems and Control Engineering**, 2001.
- HSU, C.-C.; SANDFORD, B. The Delphi Technique: Making sense of consensus. **Practical Assessment Research & Evaluation**, n. Vol 12 No 10, 2007.
- HUSCH, D.; ALBECK, J. **Trafficware Intersection Capacity Utilization**. Albany: Trafficware Corporation, 2003.
- JONES, S. et al. **Traffic Simulation Software Comparison Study**. Alabama: University Transportation Center for Alabama, 2004.
- JUNIOR, A. A. R. et al. O Uso do Software Demo no Ensino de Engenharia de Tráfego, Brasília, 2004.
- JUNIOR, C. Formulação de um indicador de qualidade de acessibilidade das calçadas e travessias. **Revista do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da FAUUSP**, São Paulo, 2008. 144-161.
- JURAN, J. M. **Controle de Qualidade**, 1998.
- KERNER, B. S. **The Physics of Traffic**. New York. 2004.
- LIEBERMAN, E. **Traffic Simulation in Traffic Flow Theory: A State-of-the-Art Report Transportation Research Board**. Washington. 1997.
- LOBEIRO, A. M. et al. **Modelagem do Fluxo de Tráfego Veicular: Método dos Volumes Finitos e Simulação Direta da Monte Carlo**, Rio Grande, 2007.

- LOPES, V.; LIBÂNIO, M. Proposição de um índice de qualidade de estações de tratamento de água (IQETA). **Engenharia Sanitária e Ambiental Vol 10 No 4**, Rio de Janeiro, 2005. 318-328.
- LOUREIRO, C. F. G.; GOMES, M. J. T. L.; LEANDRO, C. H. P. Avaliação do Desempenho nos Períodos de Pico do Tráfego de Interseções Semaforizadas com Controle Centralizado em Tempo Fixo e Real, Rio de Janeiro, 2002.
- LUDWING, B. Predicting the Future: Have You Considered Using the Delphi Methodology? **Journal of Extension**, v. 35, 1997. Disponível em: <<http://www.joe.org/joe/1997october/tt2.php>>. Acesso em: 30 novembro 2015.
- MAIA, F. V. B. **Calibração e Validação de Modelos de Meso e Microsimulação do Tráfego para Avaliação de Intervenções Tático-Operacionais na Malha Viária Urbana**. Fortaleza. 2007.
- MENEZES, J. **Índice de qualidade de água**: Seleção de parâmetros, normalização de dados, agregação de parâmetros. 2ª ed. ed. Rio de Janeiro: RTS, 2011.
- PAULA, M. B. **Modelo de Simulação de Eventos Discretos Aplicados ao Planejamento e Operação de Rodovias**. Niteroi. 2006.
- PEDGEN, C. D.; SHANNON, R. E.; SADOWSKI, R. P. **Introduction to Simulation Using SIMAN**. McGraw Hill. [S.I.]. 1995.
- PIDD, M. **Modelagem Empresarial: Ferramentas para Tomada de Decisão**. Porto Alegre. 1998.
- RAKHA, H. A. **Fundamental Model Features and Advanced Model Features**. Ontario. 2002.
- SANTOS, R. J. S. **Seleção de indicadores da Qualidade do Transporte Público Urbano de Passageiros por Ônibus**. Instituto Militar de Engenharia. Rio de Janeiro. 2004.
- SHAABAN, K.; KIM, I. Comparison of SimTraffic and VISSIM Microscopic Traffic Simulation Tools in Modeling Roundabouts. **Procedia Computer Science**, 52, 2015. 43-50.
- SHANNON, R. E. **Systems Simulation the Art and Science**. Prentice-Hall. Englewood Cliffs, N. J. 1975.
- SKULMOSKI, G. J.; HARTMAN, F. T.; KRAHN, J. The Delphi Method for Graduate Research. **Journal of Information Technology Education**, 2007.

SOUZA, M. **Proposição de um índice de qualidade de água bruta afluente a estações convencionais de tratamento de água**. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte. 2008.

TRAFFICWARE LLC. **Synchro Studio 9 User Guide**. Sugar Land. 2014.

TRANSPORT RESEARCH CENTRE. Disponível em: <<http://www.fosim.nl>>. Acesso em: 4 dezembro 2015.

TRANSPORT SIMULATION SYSTEMS. Disponível em: <<http://www.aimsun.com>>. Acesso em: 4 dezembro 2015.

TRANSPORTATION RESEARCH BOARD. **Highway Capacity Manual**. Washington: National Research Council, 2010.

WAGENINGEN-KESSELS, F. et al. Genealogy of Traffic Flow Models. **EURO J Transp Logist**, 2014.

WEBSTER, F. V.; COBBE, B. M. Traffic Signals. **Road Research Technical Paper**, Michigan, n. 56 ed., 1966.

## APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO 1

### QUESTIONÁRIO 1

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – PPGEC  
Determinação de Índice de Qualidade de Tráfego de Veículos para Interseções de Vias Urbanas

#### PARÂMETROS INTERVENIENTES NA QUALIDADE DO TRÁFEGO EM INTERSEÇÕES URBANAS

Este questionário faz parte da pesquisa da aluna de mestrado Fabianne Miranda Aguiar, do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da UFES, sob orientação da Prof<sup>a</sup> Marta Monteiro da Costa Cruz, e tem por objetivo obter a opinião de especialistas sobre indicadores intervenientes para a formulação de um Índice de Qualidade de Tráfego (IQT) de veículos em vias urbanas.

O método de análise a ser utilizado será o Delphi, o qual é caracterizado pelo anonimato e interação com "feedback" controlado. Através deste processo, o experimento é conduzido em etapas na quais se comunica aos participantes um resumo da etapa precedente de forma a obter a convergência de opiniões coletadas. Espera-se que este experimento seja realizado em duas etapas, através do envio de dois questionários, sendo este o primeiro deles.

#### INSTRUÇÕES PARA PREENCHIMENTO DO QUESTIONÁRIO 1

Para o preenchimento deste questionário, o respondente deverá escolher para cada parâmetro, marcando com um X, uma das opções apresentadas: INCLUIR – caso considere o parâmetro relevante, NÃO INCLUIR – caso acredite que o parâmetro não seja importante INDECISO – caso haja dúvida sobre a inclusão do parâmetro.

Para cada parâmetro selecionado na coluna INCLUIR, o entrevistado deve atribuir um peso de importância do parâmetro na formulação que compreende um valor de 0 a 10 (sendo 0 o menos importante e 10 o mais importante), sem que seja necessário o somatório atingir esse valor. Ao final existe um espaço para Comentários e Justificativas, caso o respondente julgue necessário inserir alguma informação relevante à pesquisa ou mesmo incluir novos parâmetros que não foram citados inicialmente e que acredite serem importantes.

O tempo para preenchimento é de, aproximadamente, 5 minutos.

#### PRÓXIMA ETAPA - QUESTIONÁRIO 2

Após o recebimento de todas as respostas do Questionário 1, a análise estatística dos dados obtidos será apresentada no Questionário 2, o qual será enviado aos participantes para que estes possam reavaliar suas respostas com base no resultado do grupo. Ou seja, durante o preenchimento do Questionário 2 o participante poderá modificar as respostas dadas no Questionário 1.

Obrigado por participar!

CONTATO  
Fabianne Miranda Aguiar  
[fabianneaguiar@gmail.com](mailto:fabianneaguiar@gmail.com)  
+55 27 99751 6331

DADOS DO ENTREVISTADO

\* Required

1. **Nome \***

.....

2. **Instituição / Empresa \***

.....

3. **E-mail para contato \***

.....

4. **Telefone para contato \***

.....

5. **1) ATRASO POR VEÍCULO (s) \***

O Atraso por Veículo é o resultado da divisão entre o Atraso Total (=tempo total de viagem menos o tempo de viagem de fluxo livre) pelo número de veículos.

*Mark only one oval.*

- Indeciso
- Não incluir
- Incluir com peso 1
- Incluir com peso 2
- Incluir com peso 3
- Incluir com peso 4
- Incluir com peso 5
- Incluir com peso 6
- Incluir com peso 7
- Incluir com peso 8
- Incluir com peso 9
- Incluir com peso 10

**6. 2) ATRASO DE PARADA POR VEÍCULO (s) \***

Essa variável é determinada pela divisão do Atraso de Parada (=soma de todo o tempo que um veículo esteve parado ou trafegando a menos de 11km/h) pelo número de veículos. É medido em segundos.

*Mark only one oval.*

- Indeciso
- Não incluir
- Incluir com peso 1
- Incluir com peso 2
- Incluir com peso 3
- Incluir com peso 4
- Incluir com peso 5
- Incluir com peso 6
- Incluir com peso 7
- Incluir com peso 8
- Incluir com peso 9
- Incluir com peso 10

**7. 3) PARADAS POR VEÍCULO (nº de paradas) \***

A variável Paradas por Veículo é resultado da divisão entre o Número de Paradas (=quantidade de ocorrências em que a velocidade de um veículo fica abaixo de 11km/h) pelo número de veículos. É medida em número de paradas.

*Mark only one oval.*

- Indeciso
- Não incluir
- Incluir com peso 1
- Incluir com peso 2
- Incluir com peso 3
- Incluir com peso 4
- Incluir com peso 5
- Incluir com peso 6
- Incluir com peso 7
- Incluir com peso 8
- Incluir com peso 9
- Incluir com peso 10

**8. 4) VELOCIDADE MÉDIA (km/h) \***

A Velocidade Média é calculada pela divisão entre a Distância Total percorrida por um veículo e o Tempo Total necessário para percorrê-la.

*Mark only one oval.*

- Indeciso
- Não incluir
- Incluir com peso 1
- Incluir com peso 2
- Incluir com peso 3
- Incluir com peso 4
- Incluir com peso 5
- Incluir com peso 6
- Incluir com peso 7
- Incluir com peso 8
- Incluir com peso 9
- Incluir com peso 10

**9. 5) EFICIÊNCIA ENERGÉTICA (km/l) \***

A Eficiência Energética é calculada pela divisão entre a Distância Total percorrida e o Combustível Utilizado para percorrê-la.

*Mark only one oval.*

- Indeciso
- Não incluir
- Incluir com peso 1
- Incluir com peso 2
- Incluir com peso 3
- Incluir com peso 4
- Incluir com peso 5
- Incluir com peso 6
- Incluir com peso 7
- Incluir com peso 8
- Incluir com peso 9
- Incluir com peso 10

**10. 6) VEÍCULOS COM ENTRADA NEGADA NA MALHA VIÁRIA (nº veículos) \***

É a contagem dos veículos que não podem entrar na malha viária devido a congestionamento. Esse indicador é útil para analisar se um congestionamento está melhorando ou piorando.

*Mark only one oval.*

- Indeciso
- Não incluir
- Incluir com peso 1
- Incluir com peso 2
- Incluir com peso 3
- Incluir com peso 4
- Incluir com peso 5
- Incluir com peso 6
- Incluir com peso 7
- Incluir com peso 8
- Incluir com peso 9
- Incluir com peso 10

**11. 7) FILA MÁXIMA OBSERVADA (m) \***

A Fila Máxima Observada é o comprimento de fila de veículos máximo observado para a interseção.

*Mark only one oval.*

- Indeciso
- Não incluir
- Incluir com peso 1
- Incluir com peso 2
- Incluir com peso 3
- Incluir com peso 4
- Incluir com peso 5
- Incluir com peso 6
- Incluir com peso 7
- Incluir com peso 8
- Incluir com peso 9
- Incluir com peso 10

**12. 8) FILA MÉDIA OBSERVADA (m) \***

A Fila Média Observada é a média entre os valores máximos de fila observados a cada intervalo de 2 minutos em uma interseção.

*Mark only one oval.*

- Indeciso
- Não incluir
- Incluir com peso 1
- Incluir com peso 2
- Incluir com peso 3
- Incluir com peso 4
- Incluir com peso 5
- Incluir com peso 6
- Incluir com peso 7
- Incluir com peso 8
- Incluir com peso 9
- Incluir com peso 10

**13. 9) 95th PERCENTIL DAS FILAS OBSERVADAS \***

Esse indicador contempla o valor associado ao 95th percentil dos dados de fila máxima observada a cada intervalo de 2 minutos em uma interseção.

*Mark only one oval.*

- Indeciso
- Não incluir
- Incluir com peso 1
- Incluir com peso 2
- Incluir com peso 3
- Incluir com peso 4
- Incluir com peso 5
- Incluir com peso 6
- Incluir com peso 7
- Incluir com peso 8
- Incluir com peso 9
- Incluir com peso 10

14. **TAMANHO DE FILA (m) \***

Dentre os valores apresentados abaixo para Tamanho de Fila, escolha aqueles que melhor categorizem os conceitos de fila muito pequena, fila pequena, fila média, fila grande ou fila muito grande. A unidade de medida é METROS (considere os seguintes comprimentos médios para veículos: Motos = 2,50m; Automóveis e Utilitários = 5,50m; Ônibus e Caminhões = 13,00m).

*Mark only one oval per row.*

	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	130	160	200 ou mais
Fila Muito Pequena	<input type="radio"/>													
Fila Pequena	<input type="radio"/>													
Fila Média	<input type="radio"/>													
Fila Grande	<input type="radio"/>													
Fila Muito Grande	<input type="radio"/>													

15. **COMENTÁRIOS E JUSTIFICATIVAS**

Prezado participante, existe algum item que não foi contemplado neste questionário?  
Favor inserir aqui qualquer comentário ou justificativa que julgar necessário.

.....

.....

.....

.....

.....

Powered by



## APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO 2

### QUESTIONÁRIO 2 - {nome do entrevistado}

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – PPGE  
Determinação de Índice de Qualidade de Tráfego de Veículos para Interseções de Vias Urbanas

Olá {nome do entrevistado}! Identificamos que você respondeu ao Questionário 1 da pesquisa da aluna de mestrado Fabianne Miranda Aguiar, do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da UFES, sob orientação da Profª Marta Monteiro da Costa Cruz, cujo objetivo é a formulação de um Índice de Qualidade de Tráfego (IQT) de veículos em vias urbanas.

Esta é uma nova etapa da pesquisa onde é realizado "feedback" das respostas recebidas pelo grupo de participantes composto de especialistas da área. Por gentileza, continue colaborando para a pesquisa preenchendo o Questionário 2 a seguir pois sua opinião é muito importante.

O tempo de preenchimento deste questionário é de, aproximadamente, 5 minutos.

#### INSTRUÇÕES PARA PREENCHIMENTO DO QUESTIONÁRIO 2

O Questionário 2 apresenta suas respostas do questionário anterior e também a análise estatística dos dados do grupo para cada item avaliado (o percentual de respostas do grupo segue apresentado ao lado do item de múltipla escolha). Nesse contexto, esta é sua oportunidade de reavaliar as respostas dadas com base na opinião geral do grupo podendo, caso queira, alterar durante o preenchimento qualquer resposta já enviada.

O objetivo desta etapa é refinar a convergência das respostas do grupo de especialistas participantes.

Para o preenchimento deste questionário, o respondente deverá analisar as respostas já fornecidas para cada parâmetro e, caso queira modificar a resposta anterior, marcar com um X uma das opções apresentadas: INCLUIR – caso considere o parâmetro relevante, NÃO INCLUIR – caso acredite que o parâmetro não seja importante e INDECISO – caso haja dúvida sobre a inclusão do parâmetro.

Para cada parâmetro selecionado na coluna INCLUIR, o entrevistado deve atribuir um peso de importância do parâmetro na formulação que compreende um valor de 0 a 10 (sendo 0 o menos importante e 10 o mais importante), sem que seja necessário o somatório atingir esse valor. Ao final existe um espaço para Comentários e Justificativas, caso o respondente julgue necessário inserir alguma informação relevante à pesquisa.

Obrigado por participar!

CONTATO  
Fabianne Miranda Aguiar  
[fabianneaguiar@gmail.com](mailto:fabianneaguiar@gmail.com)  
+55 27 99751 6331

#### SEUS DADOS

NOME: {nome do entrevistado}

INSTITUIÇÃO / EMPRESA: {instituição}

E-MAIL PARA CONTATO: {e-mail}

TELEFONE PARA CONTATO: {telefone}

1. **1) ATRASO POR VEÍCULO (s) - (SUA RESPOSTA: "Incluir com peso 6" - Caso deseje alterá-la marque uma opção abaixo, caso queira mantê-la pule para o próximo item) - (RESPOSTAS DO GRUPO: Seguem apresentadas ao lado de cada item - Percentual de inclusão: 90,5%; Média: 6,3; Mediana: 7,0).**

O Atraso por Veículo é o resultado da divisão entre o Atraso Total (=tempo total de viagem menos o tempo de viagem de fluxo livre) pelo número de veículos.

*Mark only one oval.*

- Indeciso (8,7%)
- Não incluir (8,7%)
- Incluir com peso 1 (8,7%)
- Incluir com peso 2 (0%)
- Incluir com peso 3 (13,0%)
- Incluir com peso 4 (0%)
- Incluir com peso 5 (4,3%)
- Incluir com peso 6 (13,0%)
- Incluir com peso 7 (8,7%)
- Incluir com peso 8 (13,0%)
- Incluir com peso 9 (8,7%)
- Incluir com peso 10 (13,0%)

2. **2) ATRASO DE PARADA POR VEÍCULO (s) - (SUA RESPOSTA: "Incluir com peso 6" - Caso deseje alterá-la marque uma opção abaixo, caso queira mantê-la pule para o próximo item) - (RESPOSTAS DO GRUPO: Seguem apresentadas ao lado de cada item - Percentual de inclusão: 81,0%; Média: 6,6; Mediana: 8,0).**

Essa variável é determinada pela divisão do Atraso de Parada (=soma de todo o tempo que um veículo esteve parado ou trafegando a menos de 11km/h) pelo número de veículos. É medido em segundos.

*Mark only one oval.*

- Indeciso (8,7%)
- Não incluir (17,4%)
- Incluir com peso 1 (4,3%)
- Incluir com peso 2 (0%)
- Incluir com peso 3 (4,3%)
- Incluir com peso 4 (0%)
- Incluir com peso 5 (13,0%)
- Incluir com peso 6 (8,7%)
- Incluir com peso 7 (4,3%)
- Incluir com peso 8 (30,4%)
- Incluir com peso 9 (4,3%)
- Incluir com peso 10 (4,3%)

3. **3) PARADAS POR VEÍCULO (nº de paradas) - (SUA RESPOSTA: "Incluir com peso 7" - Caso deseje alterá-la marque uma opção abaixo, caso queira mantê-la pule para o próximo item) - (RESPOSTAS DO GRUPO: Seguem apresentadas ao lado de cada item - Percentual de inclusão: 75,0%; Média: 6,1; Mediana: 6,0).**

A variável Paradas por Veículo é resultado da divisão entre o Número de Paradas (=quantidade de ocorrências em que a velocidade de um veículo fica abaixo de 11km/h) pelo número de veículos. É medida em número de paradas.

*Mark only one oval.*

- Indeciso (13,0%)
- Não incluir (21,7%)
- Incluir com peso 1 (0%)
- Incluir com peso 2 (4,3%)
- Incluir com peso 3 (4,3%)
- Incluir com peso 4 (8,7%)
- Incluir com peso 5 (8,7%)
- Incluir com peso 6 (8,7%)
- Incluir com peso 7 (8,7%)
- Incluir com peso 8 (13,0%)
- Incluir com peso 9 (4,3%)
- Incluir com peso 10 (4,3%)

4. **4) VELOCIDADE MÉDIA (km/h) - (SUA RESPOSTA: "Incluir com peso 8" - Caso deseje alterá-la marque uma opção abaixo, caso queira mantê-la pule para o próximo item) - (RESPOSTAS DO GRUPO: Seguem apresentadas ao lado de cada item - Percentual de inclusão: 86,4%; Média: 6,7; Mediana: 8,0).**

A Velocidade Média é calculada pela divisão entre a Distância Total percorrida por um veículo e o Tempo Total necessário para percorrê-la.

*Mark only one oval.*

- Indeciso (4,3%)
- Não incluir (13,0%)
- Incluir com peso 1 (8,7%)
- Incluir com peso 2 (0%)
- Incluir com peso 3 (8,7%)
- Incluir com peso 4 (0%)
- Incluir com peso 5 (21,7%)
- Incluir com peso 6 (0%)
- Incluir com peso 7 (0%)
- Incluir com peso 8 (8,7%)
- Incluir com peso 9 (4,3%)
- Incluir com peso 10 (30,4%)

5. **5) EFICIÊNCIA ENERGÉTICA (km/l) - (SUA RESPOSTA: "Incluir com peso 10" - Caso deseje alterá-la marque uma opção abaixo, caso queira mantê-la pule para o próximo item) - (RESPOSTAS DO GRUPO: Seguem apresentadas ao lado de cada item - Percentual de inclusão: 76,2%; Média: 6,1; Mediana: 6,5).**

A Eficiência Energética é calculada pela divisão entre a Distância Total percorrida e o Combustível Utilizado para percorrê-la.

Mark only one oval.

- Indeciso (8,7%)
- Não incluir (21,7%)
- Incluir com peso 1 (8,7%)
- Incluir com peso 2 (4,3%)
- Incluir com peso 3 (0%)
- Incluir com peso 4 (4,3%)
- Incluir com peso 5 (13,0%)
- Incluir com peso 6 (4,3%)
- Incluir com peso 7 (4,3%)
- Incluir com peso 8 (17,4%)
- Incluir com peso 9 (0%)
- Incluir com peso 10 (13,0%)

6. **6) VEÍCULOS COM ENTRADA NEGADA NA MALHA VIÁRIA (nº veículos) - (SUA RESPOSTA: "5" - Caso deseje alterá-la marque uma opção abaixo, caso queira mantê-la pule para o próximo item) - (RESPOSTAS DO GRUPO: Seguem apresentadas ao lado de cada item - Percentual de inclusão: 68,4%; Média: 5,3; Mediana: 5,0).**

É a contagem dos veículos que não podem entrar na malha viária devido a congestionamento. Esse indicador é útil para analisar se um congestionamento está melhorando ou piorando.

Mark only one oval.

- Indeciso (17,4%)
- Não incluir (26,1%)
- Incluir com peso 1 (4,3%)
- Incluir com peso 2 (4,3%)
- Incluir com peso 3 (8,7%)
- Incluir com peso 4 (4,3%)
- Incluir com peso 5 (13,0%)
- Incluir com peso 6 (8,7%)
- Incluir com peso 7 (0%)
- Incluir com peso 8 (0%)
- Incluir com peso 9 (4,3%)
- Incluir com peso 10 (8,7%)

7. **7) FILA MÁXIMA OBSERVADA (m) - (SUA RESPOSTA: "Incluir com peso 8" - Caso deseje alterá-la marque uma opção abaixo, caso queira mantê-la pule para o próximo item) - (RESPOSTAS DO GRUPO: Seguem apresentadas ao lado de cada item - Percentual de inclusão: 81,8%; Média: 5,3; Mediana: 5,0).**

A Fila Máxima Observada é o comprimento de fila de veículos máximo observado para a interseção.

Mark only one oval.

- Indeciso (4,3%)
- Não incluir (17,4%)
- Incluir com peso 1 (4,3%)
- Incluir com peso 2 (4,3%)
- Incluir com peso 3 (4,3%)
- Incluir com peso 4 (0%)
- Incluir com peso 5 (8,7%)
- Incluir com peso 6 (8,7%)
- Incluir com peso 7 (0%)
- Incluir com peso 8 (21,7%)
- Incluir com peso 9 (13,0%)
- Incluir com peso 10 (13,0%)



**12. TAMANHO DE FILA MÉDIA (m)***Mark only one oval per row.*

	0 (0%)	10 (0%)	20 (9,5%)	30 (14,3%)	40 (14,3%)	50 (23,8%)	60 (19,0%)	70 (9,5%)	80 (4,8%)	90 (0%)	100 (4,8%)	130 (0%)	160 (0%)	+200 (0%)
Fila Média (Sua resposta: 80)	<input type="radio"/>													

**13. TAMANHO DE FILA GRANDE (m)***Mark only one oval per row.*

	0 (0%)	10 (0%)	20 (0%)	30 (9,5%)	40 (9,5%)	50 (4,8%)	60 (0%)	70 (9,5%)	80 (9,5%)	90 (4,8%)	100 (38,1%)	130 (0%)	160 (9,5%)	+200 (4,8%)
Fila Grande (Sua resposta: 160)	<input type="radio"/>													

**14. TAMANHO DE FILA MUITO GRANDE (m)***Mark only one oval per row.*

	0 (0%)	10 (0%)	20 (0%)	30 (0%)	40 (9,5%)	50 (9,5%)	60 (4,8%)	70 (0%)	80 (0%)	90 (0%)	100 (14,3%)	130 (4,8%)	160 (4,8%)	+200 (52,4%)
Fila Muito Grande (Sua resposta: 200)	<input type="radio"/>													

**15. COMENTÁRIOS E JUSTIFICATIVAS**

Prezado participante, existe algum item que não foi contemplado neste questionário? Favor inserir aqui qualquer comentário ou justificativa que julgar necessário.

.....

.....

.....

.....

.....

## APÊNDICE C – RELATÓRIO SYNCHRO - FLUXO NORMAL

SimTraffic Simulation Summary

Baseline

19/10/2015

### Summary of All Intervals

Start Time	6:57
End Time	7:10
Total Time (min)	13
Time Recorded (min)	10
# of Intervals	2
# of Recorded Intervals	1
Vehs Entered	2632
Vehs Exited	2630
Starting Vehs	83
Ending Vehs	85
Travel Distance (km)	269
Travel Time (hr)	32.5
Total Delay (hr)	25.4
Total Stops	751
Fuel Used (l)	61.3

### Interval #0 Information Seeding

Start Time	6:57
End Time	7:00
Total Time (min)	3
Volumes adjusted by Growth Factors.	
No data recorded this interval.	

### Interval #1 Information Recording

Start Time	7:00
End Time	7:10
Total Time (min)	10
Volumes adjusted by Growth Factors.	
Vehs Entered	2632
Vehs Exited	2630
Starting Vehs	83
Ending Vehs	85
Travel Distance (km)	269
Travel Time (hr)	32.5
Total Delay (hr)	25.4
Total Stops	751
Fuel Used (l)	61.3

SimTraffic Performance Report  
Baseline

19/10/2015

1855: Av. Fernando Ferrari (Rod. ES-060) & Rua Presidente Costa E Silva & R. Joana Rosa

Movement	NWL	NWR	NWR2	NET	SWT	SWR	All
Denied Del/Veh (s)	54.0	41.6	101.4	1.6	6.0	6.8	8.5
Total Del/Veh (s)	42.3	48.6	0.9	6.5	5.5	0.4	8.8
Stop/Veh	0.26	0.44	0.00	0.12	0.07	0.00	0.11
Avg Speed (kph)	2	2	21	15	14	21	10
Fuel Eff. (kpl)	0.9	0.9	1.0	4.4	4.3	6.7	3.5

1858: Rua Dep. Castelo Mendonça/Rua Profa. Maria Cândida da Silva & Rua Presidente Co

Movement	SEL	SET	SER	NWL	NWT	NWR	NEL	NET	NER	SWL	SWT	SWR
Denied Del/Veh (s)	0.1	0.2	0.5	0.1	0.3	0.6	0.1	0.5	0.3	0.1	0.1	0.1
Total Del/Veh (s)	2.9	0.3	0.1	2.9	0.6	0.2	20.3	8.9	7.4	17.6	16.2	4.5
Stop/Veh	0.60	0.00	0.00	0.25	0.00	0.00	1.00	1.00	0.96	1.00	1.00	0.94
Avg Speed (kph)	23	39	30	25	36	31	7	13	13	9	10	18
Fuel Eff. (kpl)	11.4	12.1	18.5	11.3	11.9	20.3	5.9	12.0	10.2	10.1	9.5	16.1

1858: Rua Dep. Castelo Mendonça/Rua Profa. Maria Cândida da Silva & Rua Presidente Co

Movement	All
Denied Del/Veh (s)	0.3
Total Del/Veh (s)	2.8
Stop/Veh	0.30
Avg Speed (kph)	25
Fuel Eff. (kpl)	11.9

1865: Rua Ricardo de Freitas Salles & Av. Rosendo Serapião de Souza Filho & Rua Alwin S

Movement	EBL	EBT	EBR	WBT	WBR	SBL2	SBL	SBR	All
Denied Del/Veh (s)	18.8	17.9	33.0	0.4	0.4	0.2	0.2	0.5	9.6
Total Del/Veh (s)	11.7	10.2	14.0	2.3	2.1	6.1	6.7	7.0	7.4
Stop/Veh	0.00	0.06	0.00	0.02	0.04	1.00	1.00	0.91	0.25
Avg Speed (kph)	6	7	5	24	24	14	13	12	11
Fuel Eff. (kpl)	2.6	2.7	1.9	8.4	8.0	10.8	8.6	9.2	4.6

2105: Av. Rosendo Serapião de Souza Filho & Av. Adalberto Simão Nader Performance by r

Movement	EBL	EBR	SET	SER	NWU	NWL	NWT	All
Denied Del/Veh (s)	39.3	48.1	0.1	0.5	1.6	0.9	1.3	8.4
Total Del/Veh (s)	32.5	56.8	12.8	9.6	20.0	23.2	10.6	18.8
Stop/Veh	0.73	0.68	0.49	0.58	1.00	0.71	0.30	0.48
Avg Speed (kph)	5	3	11	12	4	4	8	7
Fuel Eff. (kpl)	2.3	1.7	6.6	8.8	3.3	3.2	4.3	4.0

SimTraffic Performance Report  
Baseline

19/10/2015

2124: Av. Rio Branco & Av. Anisio Fernandes Coelho & Rua Ludwik Macal Performance by r

Movement	EBL2	EBL	SER	NWL	NWT	NWR	All
Denied Del/Veh (s)	14.7	12.3	0.6	81.6	81.8	79.3	44.1
Total Del/Veh (s)	11.3	13.8	12.4	19.5	26.1	24.8	17.2
Stop/Veh	0.21	0.34	0.43	0.41	0.43	0.38	0.36
Avg Speed (kph)	8	7	7	7	5	5	6
Fuel Eff. (kpl)	3.3	3.4	5.4	1.4	1.3	1.3	2.0

Total Network Performance

Denied Del/Veh (s)	19.4
Total Del/Veh (s)	13.6
Stop/Veh	0.28
Avg Speed (kph)	15
Fuel Eff. (kpl)	4.4

Queuing and Blocking Report  
Baseline

19/10/2015

Intersection: 1855: Av. Fernando Ferrari (Rod. ES-060) & Rua Presidente Costa E Silva & R.

Movement	NW	NW	NE	NE	NE	SW	SW	SW
Directions Served	L	R>	T	T	T	T	T	TR
Maximum Queue (m)	30.6	30.6	40.7	34.9	34.9	37.6	29.1	29.1
Average Queue (m)	30.3	20.1	36.0	34.9	34.6	31.6	28.7	28.7
95th Queue (m)	31.2	29.4	39.9	34.9	35.5	37.5	30.0	29.8
Link Distance (m)	26.0	26.0	30.3	30.3	30.3	24.5	24.5	24.5
Upstream Blk Time (%)	78	16	18	14	10	21	21	18
Queuing Penalty (veh)	0	0	0	0	0	0	0	0
Storage Bay Dist (m)								
Storage Blk Time (%)								
Queuing Penalty (veh)								

Intersection: 1858: Rua Dep. Castelo Mendonça/Rua Profa. Maria Cândida da Silva & Rua P

Movement	SE	NW	NE	SW
Directions Served	LTR	LTR	LTR	LTR
Maximum Queue (m)	9.3	9.3	34.9	23.7
Average Queue (m)	3.7	1.9	21.5	16.8
95th Queue (m)	11.1	8.0	37.6	25.2
Link Distance (m)	60.7	63.7	51.2	61.6
Upstream Blk Time (%)				
Queuing Penalty (veh)				
Storage Bay Dist (m)				
Storage Blk Time (%)				
Queuing Penalty (veh)				

Intersection: 1865: Rua Ricardo de Freitas Salles & Av. Rosendo Serapião de Souza Filho &

Movement	EB	WB	SB
Directions Served	LTR	LTR	<LR
Maximum Queue (m)	34.5	9.2	30.3
Average Queue (m)	32.2	3.6	22.7
95th Queue (m)	36.9	11.0	32.3
Link Distance (m)	24.1	38.5	37.8
Upstream Blk Time (%)	91		
Queuing Penalty (veh)	0		
Storage Bay Dist (m)			
Storage Blk Time (%)			
Queuing Penalty (veh)			

Queuing and Blocking Report  
Baseline

19/10/2015

Intersection: 2105: Av. Rosendo Serapião de Souza Filho & Av. Adalberto Simão Nader

Movement	EB	EB	SE	SE	SE	NW	NW	NW
Directions Served	L	R	T	T	TR	UL	T	T
Maximum Queue (m)	47.4	56.9	60.2	47.3	26.5	33.4	33.4	33.4
Average Queue (m)	23.5	51.3	59.9	36.1	19.0	23.9	33.3	32.4
95th Queue (m)	55.9	61.4	60.4	50.0	26.9	33.8	33.7	35.7
Link Distance (m)	46.6	46.6	55.6	55.6	55.6	28.8	28.8	28.8
Upstream Blk Time (%)	8	62	13			3	32	12
Queuing Penalty (veh)	0	0	0			0	0	0
Storage Bay Dist (m)								
Storage Blk Time (%)								
Queuing Penalty (veh)								

Intersection: 2124: Av. Rio Branco & Av. Anísio Fernandes Coelho & Rua Ludwik Macal

Movement	EB	EB	EB	SE	SE	NW	NW	NW
Directions Served	<	<L	L	R	R	L	LT	TR
Maximum Queue (m)	32.4	32.4	38.2	45.4	30.8	64.9	61.0	53.6
Average Queue (m)	32.4	32.4	33.8	33.1	20.7	50.9	56.2	53.6
95th Queue (m)	32.4	32.4	37.6	43.4	40.0	67.4	61.4	53.6
Link Distance (m)	27.8	27.8	27.8	26.2	26.2	49.0	49.0	49.0
Upstream Blk Time (%)	41	46	20	26	6	7	59	63
Queuing Penalty (veh)	0	0	0	0	0	0	0	0
Storage Bay Dist (m)								
Storage Blk Time (%)								
Queuing Penalty (veh)								

Network Summary

Network wide Queuing Penalty: 0

## APÊNDICE D – RELATÓRIO SYNCHRO - FLUXO REDUZIDO

SimTraffic Simulation Summary

Baseline

19/10/2015

### Summary of All Intervals

Start Time	6:57
End Time	7:10
Total Time (min)	13
Time Recorded (min)	10
# of Intervals	2
# of Recorded Intervals	1
Vehs Entered	1378
Vehs Exited	1376
Starting Vehs	41
Ending Vehs	43
Travel Distance (km)	141
Travel Time (hr)	8.7
Total Delay (hr)	5.0
Total Stops	472
Fuel Used (l)	25.6

### Interval #0 Information Seeding

Start Time	6:57
End Time	7:00
Total Time (min)	3
Volumes adjusted by Growth Factors.	
No data recorded this interval.	

### Interval #1 Information Recording

Start Time	7:00
End Time	7:10
Total Time (min)	10
Volumes adjusted by Growth Factors.	
Vehs Entered	1378
Vehs Exited	1376
Starting Vehs	41
Ending Vehs	43
Travel Distance (km)	141
Travel Time (hr)	8.7
Total Delay (hr)	5.0
Total Stops	472
Fuel Used (l)	25.6

SimTraffic Performance Report  
Baseline

19/10/2015

1855: Av. Fernando Ferrari (Rod. ES-060) & Rua Presidente Costa E Silva & R. Joana Rosa

Movement	NWL	NWR	NWR2	NET	SWT	SWR	All
Denied Del/Veh (s)	19.4	21.0	53.5	0.4	0.8	0.1	2.6
Total Del/Veh (s)	37.1	40.6		7.0	7.0	7.9	9.8
Stop/Veh	0.41	0.47		0.15	0.14	0.25	0.17
Avg Speed (kph)	2	2		14	12	8	9
Fuel Eff. (kpl)	1.4	1.6	0.0	4.0	3.9	6.9	3.6

1858: Rua Dep. Castelo Mendonça/Rua Profa. Maria Cândida da Silva & Rua Presidente C

Movement	SEL	SET	SER	NWL	NWT	NEL	NET	NER	SWT	SWR	All
Denied Del/Veh (s)	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2
Total Del/Veh (s)	3.2	0.2	0.0	2.1	0.2	9.5	8.0	2.7	8.9	2.9	1.5
Stop/Veh	0.50	0.00	0.00	0.14	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.21
Avg Speed (kph)	23	38	30	27	38	12	14	20	16	22	30
Fuel Eff. (kpl)	15.8	11.8	25.4	11.7	12.8	13.0	10.8	19.1	17.4	46.6	13.2

1865: Rua Ricardo de Freitas Salles & Av. Rosendo Serapião de Souza Filho & Rua Alwin S

Movement	EBL	EBT	EBR	WBT	WBR	SBL2	SBL	SBR	All
Denied Del/Veh (s)	0.1	0.2	0.8	0.2	0.2	0.1	0.2	0.3	0.2
Total Del/Veh (s)	1.3	1.7	1.4	2.0	1.9	4.3	4.9	5.3	2.6
Stop/Veh	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	0.27
Avg Speed (kph)	23	22	22	26	25	17	16	15	21
Fuel Eff. (kpl)	6.0	6.2	5.6	8.6	8.5	16.7	13.7	10.6	8.4

2105: Av. Rosendo Serapião de Souza Filho & Av. Adalberto Simão Nader Performance by

Movement	EBL	EBR	SET	SER	NWL	NWT	All
Denied Del/Veh (s)	0.1	0.3	0.1	0.3	0.4	0.3	0.2
Total Del/Veh (s)	19.3	30.5	11.3	2.1	26.8	10.2	14.3
Stop/Veh	0.75	0.82	0.50	0.25	0.88	0.34	0.50
Avg Speed (kph)	8	5	12	22	3	8	8
Fuel Eff. (kpl)	7.5	4.5	7.4	16.0	3.4	4.6	5.7

2124: Av. Rio Branco & Av. Anísio Fernandes Coelho & Rua Ludwik Macal Performance by

Movement	EBL2	EBL	SER	NWL	NWT	NWR	All
Denied Del/Veh (s)	0.6	0.7	0.1	0.2	0.3	0.5	0.4
Total Del/Veh (s)	13.2	13.9	11.4	16.5	16.1	13.0	14.4
Stop/Veh	0.35	0.41	0.57	0.68	0.47	0.47	0.47
Avg Speed (kph)	7	7	7	8	8	9	8
Fuel Eff. (kpl)	4.6	4.6	5.8	5.9	5.2	7.2	5.2

SimTraffic Performance Report  
Baseline

19/10/2015

---

Total Network Performance

---

Denied Del/Veh (s)	1.1
Total Del/Veh (s)	11.6
Stop/Veh	0.33
Avg Speed (kph)	17
Fuel Eff. (kpl)	5.5

Queuing and Blocking Report  
Baseline

19/10/2015

Intersection: 1855: Av. Fernando Ferrari (Rod. ES-060) & Rua Presidente Costa E Silva & R

Movement	NW	NW	NE	NE	NE	SW	SW	SW
Directions Served	L	R>	T	T	T	T	T	TR
Maximum Queue (m)	30.6	30.6	34.9	34.9	34.9	34.9	29.1	29.1
Average Queue (m)	23.0	20.5	34.6	29.0	15.3	29.9	27.8	26.8
95th Queue (m)	38.1	36.7	35.1	41.5	37.1	34.2	30.1	31.5
Link Distance (m)	26.0	26.0	30.3	30.3	30.3	24.5	24.5	24.5
Upstream Blk Time (%)	30	14	13	7	3	19	14	12
Queuing Penalty (veh)	0	0	0	0	0	0	0	0
Storage Bay Dist (m)								
Storage Blk Time (%)								
Queuing Penalty (veh)								

Intersection: 1858: Rua Dep. Castelo Mendonça/Rua Profa. Maria Cândida da Silva & Rua F

Movement	SE	NW	NE	SW
Directions Served	LTR	LTR	LTR	LTR
Maximum Queue (m)	9.0	9.2	16.8	16.2
Average Queue (m)	1.8	1.8	10.5	8.4
95th Queue (m)	7.7	7.9	15.7	16.9
Link Distance (m)	60.7	63.7	51.2	61.6
Upstream Blk Time (%)				
Queuing Penalty (veh)				
Storage Bay Dist (m)				
Storage Blk Time (%)				
Queuing Penalty (veh)				

Intersection: 1865: Rua Ricardo de Freitas Salles & Av. Rosendo Serapião de Souza Filho &

Movement	EB	SB
Directions Served	LTR	<LR
Maximum Queue (m)	9.2	23.6
Average Queue (m)	5.5	16.2
95th Queue (m)	12.8	24.0
Link Distance (m)	24.1	37.8
Upstream Blk Time (%)		
Queuing Penalty (veh)		
Storage Bay Dist (m)		
Storage Blk Time (%)		
Queuing Penalty (veh)		

Queuing and Blocking Report  
Baseline

19/10/2015

Intersection: 2105: Av. Rosendo Serapião de Souza Filho & Av. Adalberto Simão Nader

Movement	EB	EB	SE	SE	SE	NW	NW	NW
Directions Served	L	R	T	T	TR	UL	T	T
Maximum Queue (m)	2.5	46.0	48.8	16.7	21.3	27.4	33.4	33.4
Average Queue (m)	1.2	21.7	38.2	11.7	7.1	19.3	29.7	22.8
95th Queue (m)	3.0	44.1	57.3	21.7	20.1	29.9	41.5	38.7
Link Distance (m)	46.6	46.6	55.6	55.6	55.6	28.8	28.8	28.8
Upstream Blk Time (%)		1				4	15	4
Queuing Penalty (veh)		0				0	0	0
Storage Bay Dist (m)								
Storage Blk Time (%)								
Queuing Penalty (veh)								

Intersection: 2124: Av. Rio Branco & Av. Anísio Fernandes Coelho & Rua Ludwik Macal

Movement	EB	EB	EB	SE	SE	NW	NW	NW
Directions Served	<	<L	L	R	R	L	LT	TR
Maximum Queue (m)	38.2	32.4	32.4	30.5	16.9	41.6	53.6	53.6
Average Queue (m)	31.8	30.9	12.6	17.6	3.9	27.2	52.8	40.4
95th Queue (m)	38.8	33.9	33.2	34.9	14.8	42.8	54.7	61.7
Link Distance (m)	27.8	27.8	27.8	26.2	26.2	49.0	49.0	49.0
Upstream Blk Time (%)	15	21	4	4			17	5
Queuing Penalty (veh)	0	0	0	0			0	0
Storage Bay Dist (m)								
Storage Blk Time (%)								
Queuing Penalty (veh)								

Network Summary

Network wide Queuing Penalty: 0