

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

HENOC DE JESUS DA SILVA GOMES

MODELO MULTICRITÉRIO DE APOIO À DECISÃO DE LOCALIZAÇÃO DE  
SEMÁFOROS EM PONTOS CRÍTICOS NAS VIAS PÚBLICAS DA CIDADE DE  
MARABÁ

RECIFE

2017

HENOC DE JESUS DA SILVA GOMES

MODELO MULTICRITÉRIO DE APOIO À DECISÃO DE LOCALIZAÇÃO DE  
SEMÁFOROS EM PONTOS CRÍTICOS NAS VIAS PÚBLICAS DA CIDADE DE  
MARABÁ

Dissertação submetida ao curso de Pós-Graduação em  
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO da Universidade  
Federal de Pernambuco, como parte dos requisitos  
necessários à obtenção do grau de Mestre em  
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO.

Área de concentração: Pesquisa Operacional.

Linha de pesquisa: Otimização de Sistemas e Processos.

Orientador (a): Prof. Dr. CRISTIANO ALEXANDRE  
VIRGÍNIO CAVALCANTE.

RECIFE

2017

Catálogo na fonte  
Bibliotecária Valdicéa Alves, CRB-4 / 1260

G633m      Gomes, Henoc de Jesus da Silva  
              Modelo multicritério de apoio à decisão de localização de semáforos em pontos críticos nas vias públicas da cidade de Marabá / Henoc de Jesus da Silva Gomes. – 2017.  
              59 folhas, Il., Graf. e Tabs.  
  
              Orientador(a): Prof. Dr. Cristiano Alexandre Virgínio Cavalcante  
  
              Dissertação(Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, 2017.  
              Inclui Referências.  
  
              1. Engenharia de Produção: 2. Sinalização semaforica.  
              3. Multicritério. 4. Promethee. I. Cavalcante, Cristiano Alexandre Virgínio (Orientador). II.Título.

658.5 CDD (22. ed.)

UFPE  
BCTG/2018-122

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE  
PRODUÇÃO**

**PARECER DA COMISSÃO EXAMINADORA  
DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

HENOC DE JESUS DA SILVA GOMES

MODELO MULTICRITÉRIO DE APOIO À DECISÃO DE LOCALIZAÇÃO DE  
SEMÁFOROS EM PONTOS CRÍTICOS NAS VIAS PÚBLICAS DA CIDADE DE  
MARABÁ

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: Pesquisa Operacional

A comissão examinadora composta pelos professores abaixo, sob a presidência do primeiro,  
considera o candidato HENOC DE JESUS DA SILVA GOMES. APROVADO

Recife, 25 de outubro de 2017

---

Prof. Dr. Cristiano Alexandre Virgínio Cavalcante (Orientador acadêmico)

Universidade Federal de Pernambuco

---

Prof. Dr. Rodrigo José Pires Ferreira

Universidade Federal de Pernambuco

---

Prof. Dr. Lúcio Câmara e Silva (Examinador científico externo)

Universidade Federal de Pernambuco (Campus Agreste CAA)

“Quanto mais aumenta nosso conhecimento, mais evidente fica nossa ignorância”  
(John F. Kennedy)

## **RESUMO**

O presente trabalho aborda a localização de semáforos associada com a ferramenta de apoio à decisão, com o objetivo de propor um modelo de apoio a decisão para a escolha de locais prioritários para a implantação de semáforos com a expectativa da redução de acidentes de trânsito decorrentes do mau gerenciamento do tráfego de veículos. Para tanto, após identificados os pontos críticos, por meio de levantamento documental que aponta os principais pontos de ocorrência de acidentes e sendo estabelecidos os critérios a serem considerados, utiliza-se o método PROMETHEE, como ferramenta de multicritério de apoio à Decisão, para poder fazer o ordenamento por ordem de prioridade na implantação da sinalização semafórica. Considerou-se duas situações, uma na qual as preferências do decisor no que diz respeito ao grau de importância dos critérios estabelecidos não foi apreciado e a outra na qual estas foram atendidas. Tal estudo se deu nas vias públicas da cidade de Marabá-Pa, podendo ser aplicado nesta, ou em outras cidades onde se necessite de uma ação mais incisiva na gestão do trânsito.

Palavras-chave: Sinalização semafórica. Multicritério. Promethee.

## **ABSTRACT**

The present work deals with the location of traffic lights associated with the decision support tool, with the purpose of proposing a decision support model for the choice of priority locations for the implementation of traffic lights with the expectation of reducing traffic accidents resulting from poor management of vehicle traffic. To do so, after identifying the critical points, through a documentary survey that identifies the main points of occurrence of accidents and establishing the criteria to be considered, the PROMETHEE method is used as a multicriteria decision support tool, in order to make ordering in order of priority in the implementation of traffic lights. Two situations were considered, one in which the preferences of the decision maker regarding the degree of importance of the established criteria were not evaluated and the other one in which they were met. This study was carried out in the public roads of the city of Marabá-Pa, and can be applied in this or other cities where a more incisive action is needed in traffic management.

**Keywords:** Traffic lights. Multicriteria. Promethee.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 2.1 – Sinalização vertical.....	19
Figura 2.2 – Sinalização horizontal.....	20
Figura 2.3 – Vista da sinalização semafórica na Av. Antônio Maia – Marabá.....	22
Figura 3.1 – Vista dos três grandes núcleos da cidade de Marabá.....	27
Figura 3.2 – Número de acidentes ocorridos na BR 222 e BR 230 em 2014 e 2015.....	29
Figura 3.3 – Percentual de acidentes por tipo de colisão.....	29
Figura 3.4 – Tipos de acidentes ocorridos em 2014.....	30
Figura 3.5 – Prováveis causas dos acidentes ocorridos em 2014.....	30
Figura 3.6 – Causas dos acidentes ocorridos em 2014.....	31
Figura 3.7 – Vista da localização de pontos no núcleo Nova Marabá.....	36
Figura 3.8 – Vista do ponto 08.....	37
Figura 3.9 – Localização do ponto 14, na Marabá Pioneira.....	37
Figura 3.10 – Vista do ponto 14.....	38
Figura 3.11 – Vista da localização de pontos no núcleo Cidade Nova.....	39
Figura 3.12 – Vista do ponto 15.....	39
Figura 3.13 – Vista da tabela de cálculo do Visual PROMETHEE I – Situação 01....	44
Figura 3.14 – Vista do gráfico PROMETHEE I – Situação 01.....	45
Figura 3.15 – Vista do gráfico PROMETHEE II – Situação 01.....	46
Figura 3.16 – Vista do gráfico PROMETHEE Diamond – Situação 01.....	47
Figura 3.17 – Vista do gráfico PROMETHEE Network view – Situação 01.....	48
Figura 3.18 – Solução ótima – Situação 01.....	49
Figura 3.19 – Vista da tabela de cálculo do Visual PROMETHEE I – Situação 02....	50
Figura 3.20 – Vista do gráfico PROMETHEE I – Situação 02.....	51
Figura 3.21 – Vista do gráfico PROMETHEE II – Situação 02.....	52
Figura 3.22 – Vista do gráfico PROMETHEE Diamond – Situação 02.....	53
Figura 3.23 – Vista do gráfico PROMETHEE Network view – Situação 02.....	54
Figura 3.24 – Solução ótima – Situação 02.....	55



## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 2.1 – Principais Características dos Grupos de Métodos.....</b>	<b>16</b>
<b>Tabela 2.2 – Implantação de Semáforos.....</b>	<b>21</b>
<b>Tabela 3.1 – Números de Acidentes de Trânsito em Marabá.....</b>	<b>28</b>
<b>Tabela 3.2 – Estatística de Acidentes de Trânsito em 2015.....</b>	<b>33</b>
<b>Tabela 3.3 – Ocorrência de Acidentes em Cruzamento.....</b>	<b>35</b>
<b>Tabela 3.4 – Estado das Vias – Qualificação/Quantificação.....</b>	<b>40</b>
<b>Tabela 3.5 – Presença de Sinalização Vertical e ou Horizontal.....</b>	<b>41</b>
<b>Tabela 3.6 – Intensidade de Elementos de Distração do Condutor.....</b>	<b>42</b>
<b>Tabela 3.7 – Matriz de Decisão.....</b>	<b>43</b>

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>10</b>
<b>1.1</b>	<b>Justificativa.....</b>	<b>10</b>
<b>1.2</b>	<b>Objetivo do trabalho.....</b>	<b>11</b>
1.2.1	<i>Objetivo geral.....</i>	11
1.2.2	<i>Objetivo específico.....</i>	11
<b>1.3</b>	<b>Estrutura da dissertação.....</b>	<b>12</b>
<b>2</b>	<b>BASE CONCEITUAL.....</b>	<b>13</b>
<b>2.1</b>	<b>O problema de decisão.....</b>	<b>13</b>
<b>2.2</b>	<b>Método de apoio à decisão.....</b>	<b>14</b>
<b>2.3</b>	<b>O método PROMETHEE.....</b>	<b>16</b>
<b>2.4</b>	<b>A sinalização de trânsito.....</b>	<b>17</b>
2.4.1	<i>Sinalização vertical.....</i>	18
2.4.2	<i>Sinalização horizontal.....</i>	19
2.4.3	<i>Sinalização semafórica.....</i>	20
2.4.4	<i>Implantação de semáforos.....</i>	22
<b>2.5</b>	<b>Revisão da literatura.....</b>	<b>24</b>
<b>3</b>	<b>CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA E PROPOSIÇÃO DE SOLUÇÃO.....</b>	<b>26</b>
<b>3.1</b>	<b>Estatística de acidentes de trânsito em Marabá.....</b>	<b>26</b>
<b>3.2</b>	<b>Proposição de um modelo multicritério para apoiar a implantação de novos semáforos e análise de resultados.....</b>	<b>31</b>
3.2.1	<i>O decisor.....</i>	32
3.2.2	<i>O estabelecimento de critérios.....</i>	32
3.2.3	<i>Resultado e análise.....</i>	43
<b>4</b>	<b>CONCLUSÃO E SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS.....</b>	<b>56</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>57</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O presente trabalho aborda a implantação de semáforos associada com a ferramenta do multicritério de apoio à decisão, subordinado ao seguinte tema: Modelo Multicritério de Apoio à Decisão de Implantação de Semáforos em Pontos Críticos nas Vias Públicas da Cidade de Marabá. O mesmo surge da observação dos índices alarmantes de acidentes de trânsito na cidade de Marabá, que apresenta a maior frota de veículos, dentre as cidades do Sul e Sudeste do Pará. Tais acidentes têm lesionado e/ou levado a óbito várias vidas, trazendo sofrimento para parentes e amigos das vítimas.

### 1.1 Justificativa

Considerando o fato de que a velocidade excessiva e inadequada é o fator mais importante que contribui para o problema das lesões causadas pelo trânsito. Pois, quanto maior a velocidade, maior a distância necessária para parar um veículo e, portanto, maior o risco de ocorrer colisão e conseqüentemente lesões. (OPAS, 2012)

Nesse contexto, a sinalização semafórica apresenta-se como alternativa, depois de se ter implantado medidas administrativas ou em conjunto com esta, para gerir a fluidez do trânsito e com isso, regular a velocidade dos veículos, contribuindo substancialmente para a diminuição da probabilidade de ocorrência de acidentes no trânsito, pois os mesmos não podem ser aceitos como casualidade por serem decorrentes de parcela substancial de causas previsíveis e evitáveis.

A adequada localização dos semáforos depende de um estudo mais preciso para se identificar os pontos mais críticos ou de grande probabilidade de ocorrência de acidentes. Por trás desses pontos estão relacionados os principais critérios, como por exemplo, o volume de tráfego nas vias e ausência de sinalização vertical e horizontal; que implicam na tomada de decisão com respeito à instalação da sinalização semafórica.

Então um modelo multicritério de apoio à decisão, para a precisa localização desses semáforos, certamente possibilitará uma otimização dos esforços na tentativa de se minimizar ocorrências de acidentes de trânsito e, por conseguinte lesões e/ou mortes no trânsito, o que por si só já expressa a sua relevância.

## 1.2 Objetivos do Trabalho

### 1.2.1 *Objetivo Geral*

Propor um modelo de apoio a decisão para a escolha de locais adequados para a implantação de semáforos com expectativas da redução de acidentes de trânsito decorrentes de mau gerenciamento do tráfego de veículos.

### 1.2.2 *Objetivos Específicos*

- Identificar os fatores determinantes para a escolha de locais adequados para instalação de semáforos;
- Propor um modelo para apoiar a decisão de localização de novos semáforos a serem instalados;
- Aplicar o modelo e analisar os resultados considerando o trânsito da cidade de Marabá;

### **1.3 Estrutura da Dissertação**

A dissertação foi desenvolvida em quatro capítulos, sendo que o Capítulo 1, é constituído, pela introdução, que apresenta as motivações, as justificativas para a realização do trabalho bem como os objetivos do estudo.

No Capítulo 2, consta a Base Conceitual, onde é apresentada a questão do problema da decisão, uma abordagem dos métodos de apoio à decisão, em especial, sobre o método PROMETHEE e também conceitos sobre a sinalização de trânsito e implantação de semáforos; finalizando com a revisão da literatura, mais especificamente referindo-se aos critérios que são considerados na sinalização semafórica.

No Capítulo 3, aborda-se sobre a contextualização do problema e proposição de solução, onde se apresenta as estatísticas de acidentes de trânsito, para ter-se um quadro do trânsito da cidade; bem como a proposição de um modelo para apoiar a implantação de novos semáforos, com o estabelecimento dos critérios a serem considerados neste trabalho, no tratamento dos mesmos, na utilização do método PROMETHEE por meio do Programa Visual PROMETHEE, na obtenção dos resultados e em sua análise.

E finalizando, o Capítulo 4 trata das conclusões e sugestões para trabalhos futuros.

## 2 BASE CONCEITUAL

### 2.1. O problema de decisão

Em todas as áreas do fazer humano o homem tem que lidar com decisões que precisam ser tomadas para determinar o rumo que deve ser trilhado em determinadas situações. Deste modo, saber tomar a decisão mais acertada dentre um conjunto de alternativas, em muitos casos não é uma coisa muito simples de se fazer. Assim, dentre todas as ações que o homem executa ao longo de sua história, a de tomar decisões certamente é uma das mais importantes, pois uma decisão errada pode trazer consequências catastróficas e irreparáveis; implicando em perda de tempo e de dinheiro.

Como bem nos assegura Almeida (2013), pode-se dizer que um problema de decisão multicritério consiste numa situação, em que há pelo menos duas alternativas de ação para escolher, nesse contexto fica claro, que essa escolha é conduzida pelo desejo de se atender a múltiplos objetivos, muitas vezes conflitantes entre si. O mais importante, contudo, é constatar que esses objetivos estão associados às consequências da escolha pela alternativa a ser seguida. Em todo esse processo esses objetivos são associados a variáveis que os representam e permitem a avaliação de cada alternativa, com base em cada objetivo.

Ora, em tese, no processo de tomada de decisão por parte do decisor, se vê a necessidade deste ser auxiliado por uma ferramenta que lhe possibilite ter condições de poder perceber a melhor ou as melhores alternativas dentre a variedade de alternativas, para que assim, possa tomar a sua decisão conforme suas preferências.

A metodologia multicritério de apoio à decisão procura relacionar, comparar, por em confronto, de forma simultânea, os diversos critérios que podem ser conflitantes e até estarem em unidades de medidas diversas e ou serem adimensionais; tendo como objetivo encontrar a melhor alternativa para se tomar a melhor decisão, na ótica do decisor. (Fávero, 2013, p.20)

Os autores acima deixam bem claro que a utilização de um método de apoio à decisão é de fundamental importância para indicar ao decisor o melhor caminho a ser seguido, pois por meio da interação entre os critérios, muitos deles conflitantes, e na maioria dos casos, em unidades de medida diferentes, uma alternativa se verifica como sendo a mais plausível. Assim, por intermédio de um método multicritério, chega-se a um modelo de representação daquele objeto ou sistema em estudo, e esse modelo condensa o conjunto de alternativas, apontando a mais viável, de modo que o decisor possa ou não segui-la de acordo com suas preferências.

Por todas essas razões ao se tratar um problema de decisão, ainda mais, quando se tem que tomar uma decisão que envolve capital, ou um espaço de tempo reduzido, é de suma importância que o decisor possa ser auxiliado por ferramentas que lhe proporcione a atingir a sua expectativa de acerto, e o modelo multicritério com base em um método multicritério de apoio a decisão, vem preencher essa lacuna, para apresentar ao decisor um direcionamento concernente ao que se deve fazer nessas situações.

Em virtude da importância de se implantar semáforos em pontos determinantes, para a redução de acidentes de trânsito, um modelo multicritério de apoio à decisão que possa auxiliar, para que esses pontos sejam adequadamente identificados, certamente trará vantagens consideráveis no que diz respeito ao tempo de localização e aos gastos relativos a acidentes com vítimas no trânsito.

## 2.2 Métodos de apoio à decisão

Um modelo de decisão multicritério corresponde a uma representação formal e uma simplificação do problema original, que é estruturado como um problema de decisão com múltiplos objetivos que são perseguidos pelo decisor. Esse modelo de decisão deve incorporar a estrutura de preferências do decisor para o problema em questão. Geralmente, este modelo de decisão é desenvolvido com base em algum método de apoio a decisão (ALMEIDA, 2013).

Um método de apoio a decisão multicritério consiste numa formulação metodológica ou numa teoria, com estrutura axiomática bem definida, que pode ser usado para construir um modelo de decisão que vise a solução de um problema de decisão específico (ALMEIDA, 2013).

Durante muitos anos, a única maneira de representar um problema de decisão foi através de um único critério, moldando os aspectos multidimensionais da situação em uma única escala de medida. No entanto, a decisão está intimamente relacionada com uma pluralidade de pontos de vista, os critérios. Por isso, os autores asseveram que os Métodos de Decisão Multicritério ou *Multiple Criteria Decision Analysis* (MCDA), na verdade, traduzem a forma como as pessoas sempre tomaram suas decisões. Apesar da diversidade de métodos MCDA existentes, os componentes básicos são muito simples: um conjunto finito ou infinito de alternativas, ao menos dois critérios e a existência de um decisor. Estes métodos auxiliam a tomada de decisões, podendo apresentar seus resultados sob as problemáticas de escolha, ranking ou classificação das ações (ALMEIDA, 2013).

Uma classificação usual da literatura é a apresentada a seguir (ALMEIDA, 2013):

- Métodos de critério único de síntese;
- Métodos de sobreclassificação;
- Métodos interativos.

Um aspecto importante a ser considerado nos tipos de MDCA é a racionalidade do método, que pode ser compensatória ou não compensatória, o que constitui uma forma de classificação de acordo com Almeida (2013). A racionalidade compensatória permite que uma alternativa tenha seu desempenho global obtido pelo *trade off* de valores, ou seja, pode existir um balanceamento entre um péssimo desempenho de um critério por um bom desempenho em outro critério. Na não compensatória este balanceamento é inexistente. Os métodos de critério único de síntese se estruturam na racionalidade compensatória, enquanto que os métodos de sobreclassificação na não compensatória.

Outro ponto, fundamental para a escolha do método é a estrutura de preferências do decisor: Preferência (P), Indiferença (I) e Incomparabilidade (J), que estabelecem o posicionamento do decisor perante a avaliação entre duas alternativas. Dada a gama de relações que advém das relações básicas, pode-se estabelecer estruturas de preferências, cujas propriedades só possam ser aplicadas a determinados métodos. Alguns métodos de sobreclassificação permitem que o decisor se recuse ou seja incapaz de expressar a preferência entre duas alternativas, por exemplo.

A tabela 2.1, a seguir apresenta as principais características dos grupos de métodos.



Tabela 0.1 – Principais características dos tipos de métodos

Grupo de métodos	Estrutura de preferências	Racionalidade	Avaliação das Alternativas	Principais Métodos
<b>Critério único de síntese</b>	Pré-ordem completa	Compensatória	Elicitação baseada em trade-offs para avaliação intercritério	Agregação aditivo (determinístico), Teoria da Utilidade Multiatributo (MAUT)
<b>Sobreclassificação</b>	-	Não compensatória	Comparação par-a-par das alternativas	ELECTRE e PROMETHEER
<b>Interativos</b>	-	-	Por meio de programação linear (Busca solução ótima para as funções objetivos)	PLMO

Fonte: Bezerra (2016)

### 2.3 O método PROMETHEE

Os métodos da família PROMETHEE (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation) também baseiam-se em duas fases: construção de uma relação de sobreclassificação, agregando informações entre as alternativas e os critérios, e exploração dessa relação para apoio a decisão (ALMEIDA, 2013).

A família PROMETHEE é constituída pelos métodos PROMETHEE I, II, III, IV, V e VI.

No método PROMETHEE I, duas pré-ordens são construídas com dois indicadores: pré-ordem decrescente de  $\phi^+$  (a) e pré-ordem crescente  $\phi^-$  (a). O método PROMETHEE II é baseado na utilização do fluxo líquido  $\phi$  (a), que é obtido da seguinte forma:  $\phi$  (a) =  $\phi^+$  (a) -  $\phi^-$  (a).

Estes métodos produzem uma relação de sobreclassificação valorada, com base em conceitos que podem ser interpretados, de forma física ou econômica, pelo decisor (ALMEIDA, 2013).

## 2.4 A sinalização de trânsito

De acordo com o Conselho Nacional de Trânsito - CONTRAN, a sinalização de trânsito é uma das medidas de prevenção de acidentes, e é constituída por sinalização vertical, sinalização horizontal e sinalização semafórica, definidas a seguir, segundo o seu Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito em seus os Volumes I, II, III, IV e V.

Na concepção e na implantação da sinalização de trânsito, deve-se ter como princípio básico as condições de percepção dos usuários da via, garantindo a real eficácia dos sinais. (CONTRAN, 2007)

Para isso, é preciso assegurar à sinalização vertical os princípios a seguir descritos:

- Legalidade – Código de Trânsito Brasileiro - CTB e legislação complementar;
- Suficiência – Permitir fácil percepção do que realmente é importante, com quantidade de sinalização compatível com a necessidade;
- Padronização – Seguir um padrão legalmente estabelecido, e situações iguais devem ser sinalizadas com os mesmos critérios;
- Clareza – Transmitir mensagens objetivas de fácil compreensão;
- Precisão e confiabilidade – Ser precisa e confiável, correspondente à situação existente; ter credibilidade;
- Visibilidade e legibilidade – Ser vista à distancia necessária; ser lida em tempo hábil para a tomada de decisão;
- Manutenção e conservação – Estar permanentemente limpa, conservada, fixada e visível.

### 2.4.1 Sinalização vertical

A sinalização vertical é um subsistema da sinalização viária, que se utiliza de sinais apostos sobre placas fixadas na posição vertical, ao lado ou suspensas sobre a pista, transmitindo mensagens de caráter permanente ou, eventualmente, a variável, mediante símbolo e/ou legendas preestabelecidas e legalmente instituídas.

A sinalização vertical tem a finalidade de fornecer informações que permitam aos usuários das vias adotar comportamentos adequados, de modo a aumentar a segurança, ordenar os fluxos de tráfego e orientar os usuários da via.

A sinalização vertical é classificada segundo a sua função, que pode ser de:

- Regulamentar as obrigações, limitações, proibições ou restrições que governam o uso da via;
- Advertir os condutores sobre condições com potencial risco existentes na via ou nas suas proximidades, tais como escolas e passagens de pedestre;
- Indicar direções, localizações, pontos de interesse turístico ou de serviços e transmitir mensagens educativas, dentre outras, de maneira a ajudar o condutor em seu deslocamento.

Os sinais possuem formas padronizadas, associadas ao tipo de mensagem que pretende transmitir (regulamentação, advertência ou indicação), como por exemplo a sinalização abaixo mostrada pela Figura 2.1:

Figura 2.1 – Sinalização vertical



Fonte: Esta pesquisa (2017)

#### 2.4.2 Sinalização horizontal

A sinalização horizontal é um subsistema da sinalização viária composta de marcas, símbolos e legendas, apostos sobre o pavimento da pista de rolamento.

Assim como a sinalização vertical, a sinalização horizontal também tem a finalidade de fornecer informações que permitam aos usuários das vias adotar comportamentos adequados, de modo a aumentar a segurança, ordenar os fluxos de tráfego e orientar os usuários da via.

A sinalização horizontal tem propriedade de transmitir mensagens aos condutores e pedestres, possibilitando sua percepção e entendimento, sem desviar a atenção do leito da via.

Em face do seu poder de comunicação, a sinalização deve ser reconhecida e compreendida por todo usuário, independente de sua origem ou da frequência com que utiliza a via.

Figura 2.2 - Sinalização horizontal



Fonte: Esta pesquisa (2017)

### 2.4.3 Sinalização semafórica

A sinalização semafórica é um subsistema da sinalização viária que se compõe de indicações luminosas acionadas alternada ou intermitentemente por meio de sistema eletromecânico ou eletrônico. Tem a finalidade de transmitir diferentes mensagens aos usuários da via pública, regulamentando o direito de passagem ou advertindo sobre situações especiais nas vias, segundo o Conselho Nacional de Trânsito – CONTRAN.

A sinalização semafórica é classificada segundo sua função, que pode ser de:

- Regulamentar o direito de passagem dos vários fluxos de veículos (motorizados e não motorizados) e/ou pedestres numa interseção ou seção de via;
- Advertir condutores, de veículos motorizados ou não motorizados, e/ou pedestres sobre a existência de obstáculo ou situação perigosa na via.

Conforme o Conselho Nacional de Trânsito, o subsistema de sinalização semafórica é composto, basicamente, de um conjunto de indicações luminosas (semáforo ou grupo focal), fixado ao lado da via ou suspenso sobre ela, e dispositivo eletromecânico ou eletrônico (controlador) responsável pelo acionamento dessas indicações luminosas. Em situações específicas, tais como uso de dispositivos de detecção do tráfego, equipamentos de fiscalização não metrológicos e centrais de controle em área podem ser associados à

sinalização semafórica de regulamentação. A operação da sinalização semafórica deve ser contínua e criteriosamente avaliada quanto à sua real necessidade e adequação de sua programação.

O Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito - Volume V - Sinalização Semafórica, trás comentários sobre as implicações de se instalar um semáforo e os critérios técnicos detalhados a serem observados para a sua colocação.

A Tabela 2.2, reproduzida a seguir foi extraída do Manual referido logo acima, e mostra que o semáforo pode ser uma solução, quando bem utilizado, ou trazer problemas, se implantado de forma não justificada.

*Tabela 2.2 – Implantação de Semáforos*

IMPLANTAÇÃO JUSTIFICADA	IMPLANTAÇÃO NÃO JUSTIFICADA
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Aumento da segurança viária</li> <li>✓ Melhoria da fluidez do trânsito, na medida em que promove distribuição adequada dos tempos destinados a cada movimento</li> <li>✓ Controle do direito de passagem dos movimentos de veículos e pedestres com a consequente redução de conflitos</li> <li>✓ Redução de atrasos</li> <li>✓ Credibilidade por parte dos usuários em relação à sinalização</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Aumento de ocorrência de acidentes de trânsito</li> <li>✓ Imposição de atrasos excessivos</li> <li>✓ Indução ao desrespeito à sinalização devido à ociosidade na operação</li> <li>✓ Descrédito em relação à sinalização</li> <li>✓ Gastos desnecessários de recursos públicos</li> </ul>

*Fonte: CONTRAN (2014)*

Assim como percebido na Figura, vários itens devem ser considerados para que seja justificável a implantação de semáforos em um ponto determinado.

Figura 2.3 - Vista da Sinalização Semafórica na Av. Antônio Maia - Marabá



Fonte: Esta pesquisa (2017)

#### 2.4.4 Implantação de semáforos

Segundo Vilanova (1997) a implantação de semáforos é uma decisão que possui uma série de implicações que desencadeiam consequências consideráveis, que podem tender para malefícios ou para benefícios. Pois sendo adequadamente e justificadamente implantado, incorre em segurança e conseqüentemente redução das ocorrências de acidentes, porém, se for implantado de forma inadequada causará diversos transtornos, tais como, o excesso no número de paradas, aumento do tempo de espera dos veículos e pedestres, aumento da quantidade de acidentes, incorrendo ainda, em custos sem necessidade com a instalação, funcionamento e manutenção.

Como bem nos assegura Coelho (2011), a implantação de semáforos é uma das intervenções aplicada nas vias públicas, que tem a finalidade de diminuir os conflitos nas mesmas, contudo, como é uma decisão que demanda em gasto de dinheiro, esta decisão só é tomada, quando outras medidas de controle ou orientação dos usuários das vias não tem mostrado um resultado satisfatório. Em contrapartida quando um semáforo é instalado, passa para o usuário da via, mais segurança e confiança em transitar por aquele cruzamento por conta da diminuição dos conflitos e também porque esse equipamento vai contribuir para que condutores e pedestres não percam tempo em excesso ao cruzar a via.

Para Costa (2010, p. 36) a implantação de semáforos facilita a redução do número de acidentes de trânsito, bem como ordena adequadamente o fluxo de veículos automotores, ciclistas e pedestres nas vias públicas, implicando no direito de ir e vir dos usuários, pela



extinção dos conflitos. Segundo Costa (2010) a implantação de semáforos permite que o semáforo possa ser visto como uma das maneiras de intervenção a fim de minimizar os conflitos existentes nas interseções. O semáforo é um dispositivo de controle de tráfego que, através de indicações luminosas, alterna o direito de passagem de veículos/pedestres. No Brasil temos a implantação de semáforos como uma medida generalizada na solução de problemas de conflitos de interseções.

Como se pode verificar nessa citação, a implantação de semáforos é aplicada em qualquer ponto da via pública, principalmente em interseções, onde a sua necessidade foi adequadamente justificada por técnicos da área de Engenharia de Tráfego. Evidentemente a aplicação pode ser utilizada para controlar e organizar o trânsito dos atores envolvidos.

Por meio de critérios estabelecidos, se verifica a viabilidade ou não da instalação deste equipamento. Esses critérios são analisados minuciosamente para que não haja erros, afim de, dificultar ainda mais o tráfego aumentando os conflitos e provocando mais acidentes. Por exemplo no caso de um determinado trecho da via, onde se observa que há uma grande fila de veículos, isso pode está ocorrendo em virtude de no cruzamento de vias, não se esteja dando alternância do direito de ir, ou vir. Esse problema pode ser amenizado ou mesmo corrigido pela implantação de semáforos, após analisados alguns critérios.

Há uma indagação feita por Costa (2010, p. 50), sobre o que caracterizaria um acidente corrigível por semáforo, ou melhor, um conflito corrigível por semáforo? Acrescenta que é um grande dilema que deverá ter um estudo mais aprofundado. Muitas vezes um acidente grave choca a opinião pública que cobra a instalação deste dispositivo. Embora o acidente possa está relacionado a outro problema chamado desrespeito às leis de trânsito.

Numa decisão sobre a implantação de semáforo o que deve ser primeiramente levado em conta é a segurança tanto para o condutor como para o pedestre. O semáforo só deverá ser utilizado em último caso, pois existem soluções mais baratas e adequadas. Deve-se, portanto, buscar reduzir as velocidades de aproximação, sinalizar corretamente toda a área de entrelaçamento e buscar critérios de visibilidade permitindo manobras de segurança. Nesse sentido, a implantação de semáforos permite solucionar o problema de conflito de tráfego, quando outras medidas não estiverem surtindo o efeito desejado.

Logo, é importante compreender que para se implantar um semáforo, um estudo preciso deve ser realizado para que o objetivo desejado seja atingido, e não de forma aleatória ou intuitiva. Nesse sentido, exemplifica-se a implantação de semáforos como sendo o parâmetro de reserva, quando a medida usual não funciona.



No que diz respeito a trabalhos relacionados à problemática envolvendo o trânsito de veículos e de pedestres há uma variedade de artigos na literatura que tratam do tema, para este trabalho procurou-se identificar critérios que estão vinculados à instalação de semáforos, no próximo tópico, faz-se um apanhado de trabalhos relevantes, a fim de trazer aspectos importantes a serem considerados neste trabalho.

## 2.5 Revisão da literatura

Segundo Hubacher (2003) a utilização de semáforos deve considerar uma relação entre a eficiência e o nível de segurança proporcionado pela instalação dos mesmos, quando esta relação não é bem ajustada, então se explica assim, a razão pela qual nos cruzamentos controlados por semáforos, a existência de frequentes cenas de acidentes. Logo, eficiência e nível de segurança foram critérios considerados em seu trabalho. Conforme Hubacher (2003), máxima eficiência e máxima segurança são fatores incompatíveis.

O autor ainda sustenta a ideia que a simples instalação de semáforos sem se seguir determinados critérios não é o suficiente para se evitar acidentes e demonstra isso se referindo ao trabalho de Affum e Taylor (1996) realizado na Austrália, que estudaram 115 semáforos com um total de 6391 acidentes nos 4 anos de 1988 a 1991. (Hubacher, 2003)

Estudos realizados por Lau e May (1988) e Huang e Maio (1991) apontaram para um importante fator relacionado à questão de acidentes de trânsito em cruzamentos controlados por semáforos. Com base nos dados a partir de cerca de 2500 conjuntos de semáforos na Califórnia, os autores chegaram à conclusão de que o volume de tráfego representa o mais importante fator para as taxas de acidentes que envolvem ferimentos. (Hubacher, 2003)

Isto significa que o volume de tráfego e o risco de acidentes são diretamente proporcionais. (Hubacher, 2003)

Há um critério que se evidencia apenas no período noturno e que é determinante para a ocorrência ou não de acidentes, que é a iluminação das vias. Estudos demonstraram que a iluminação das vias contribuíram para uma redução de 45- 52% nas taxas de acidentes, deste modo, a iluminação de pista parece ser uma medida preventiva de segurança eficaz. (Rea, 2012)

Conforme Huth (2014), a sinalização semafórica pode induzir os condutores a se distraírem ao se utilizarem de aparelhos celulares enquanto aguardam no sinal vermelho. Nesta situação, os condutores podem assumir a chance de usar o telefone em caso de necessidade ou tédio. No entanto, uma vez que o semáforo fica verde, o condutor entra em uma situação potencialmente complexa, que demanda alta de atenção. Consequências

negativas do uso do telefone podem aparecer nesta situação, se a interação com o telefone não foi interrompida quando o condutor começa a mover o veículo.

Segundo Megías (2013) a percepção de risco, bem como a tomada de decisão arriscada, é uma parte essencial do comportamento ao dirigir, especialmente em situações onde uma reação súbita é necessária. Um exemplo claro é quando um semáforo fica amarelo quando um condutor se aproxima de um cruzamento. Nesta situação, os condutores têm que perceber se existe um risco potencial e quer parar bruscamente, para evitar entrar no cruzamento ou continuar em linha reta através da junção de semáforo; em alguns casos, motoristas aceleraram rapidamente para tentar avançar no cruzamento. Estas ações podem ser potencialmente perigosas, e é bem conhecido que reações súbitas são uma das causas frequente de acidentes.

Segundo Megías (2013), ambas as situações, de avançar ou de parar nos cruzamentos sinalizados por semáforos quando estes estão amarelos, constituem um processo de tomada de decisão que está diretamente ligado com o estado emocional do condutor. Megías (2013), diz ainda que, os comportamentos de riscos são comuns entre a população de condutores mais jovens, assim tais jovens constituem a faixa etária mais frequente em termos de acidentes de trânsito.

Megías (2013) referindo-se aos numerosos estudos sobre a questão de estímulos emocionais dos condutores no trânsito, diz que os mesmos apontam para o principal problema dentro deste contexto, que é o fato deles causarem uma forte captura da atenção durante o tempo em que são exibidos, em última análise, causando distrações e condução menos adequada.

### 3 CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA E PROPOSIÇÃO DE SOLUÇÃO

Neste capítulo aborda-se sobre as peculiaridades do trânsito da cidade objeto deste estudo, para que se tenha uma perspectiva da problemática, tendo-se em vista a configuração do fluxo de veículos e o contexto no qual está inserido.

Com relação às estatísticas de acidentes de trânsito, é histórica a imprecisão com relação ao número total de vítimas por ano em nível nacional. Por certo, esta contagem é significativamente maior do que os dados divulgados pelos órgãos oficiais de trânsito. (DMTU, 2015)

Os acidentes de trânsito são a maior causa de mortes e de perda de anos de vida laborativa no Brasil, significando a maior causa de mortes entre os jovens. Além da enorme tragédia familiar e social que isto significa, resta ainda um enorme impacto na economia, quantificada pelo IPEA em R\$ 34 bilhões ao ano de 2009. (DMTU, 2015)

No entanto, está na ausência de estatísticas de causas de acidentes de trânsito realizadas a partir de metodologia científica, a maior problemática, constatação esta diagnosticada pelo IPEA 2004. (DMTU, 2015)

#### 3.1 Estatística de acidentes de trânsito em Marabá

A cidade de Marabá/PA possui a segunda maior frota de veículos do Estado, passando de 100 mil veículos. Soma-se a esse número, os veículos que o município recebe de outros Estados, constituindo a chamada “frota flutuante”; além do grande número de veículos de pessoas que residem em Marabá, mas estão registrados e emplacados em outros Estados, bem como veículos de empresas que são emplacados também em outros Estados. Por ser uma cidade Polo da região, convergem para ela a demanda de vários outros municípios, aumentando ainda mais o número de veículos que trafegam por suas vias.

É cortada, principalmente no seu perímetro urbano, por duas BRs, a BR 230 (Transamazônica) e a BR 222. No geral, as rodovias são de pista simples, mão dupla, com diversos trechos sem pavimentação e/ou com danos no revestimento asfáltico, sem sinalização adequada e sem acostamentos. Situação que agrava as circunstâncias e contribui para a ocorrência de acidentes.

No perímetro urbano, a BR 230 é duplicada na maior parte do trecho, porém, com sinalização horizontal e vertical precárias, principalmente nas vias laterais onde a falta de placas de sinalização confunde os motoristas em relação ao sentido da via, que alterna mão

dupla com sentido único em um curto espaço. O trecho da BR 222 é de pista simples e mão dupla com sinalização extremamente deficiente.

Tal pesquisa se deu considerando as peculiaridades da cidade de Marabá – PA, considerando que a cidade não dispõe de passeio para pedestre em várias vias, há a falta de paradas de ônibus em vários pontos, as vias em muitos casos são estreitas devido o desenvolvimento sem planejamento ocorrido no passado. Deste modo, Marabá não tem a infraestrutura para dar a devida fluidez a essa quantidade de veículos, que a cada dia tende a crescer. Isso, somando-se com a deficiência de sinalização vertical, horizontal e semafórica tem contribuído de forma substancial para a ocorrência de acidentes.

A Figura 3.1, mostra a vista da cidade de Marabá constituída por seus três grandes núcleos: núcleo Marabá Pioneira, núcleo Nova Marabá e núcleo Cidade Nova.

Figura 3.1 – Vista dos três grandes núcleos da cidade de Marabá-Pa



Fonte: Esta pesquisa (2017)

A seguir seguem dados obtidos junto ao Departamento Municipal de Trânsito Urbano - DMTU e também da Polícia Rodoviária Federal em Marabá, referente as estatísticas de trânsito na cidade.

A Tabela 3.1 é apresentado o número de ocorrências de acidentes nos anos de 2014 e 2015 em Marabá.

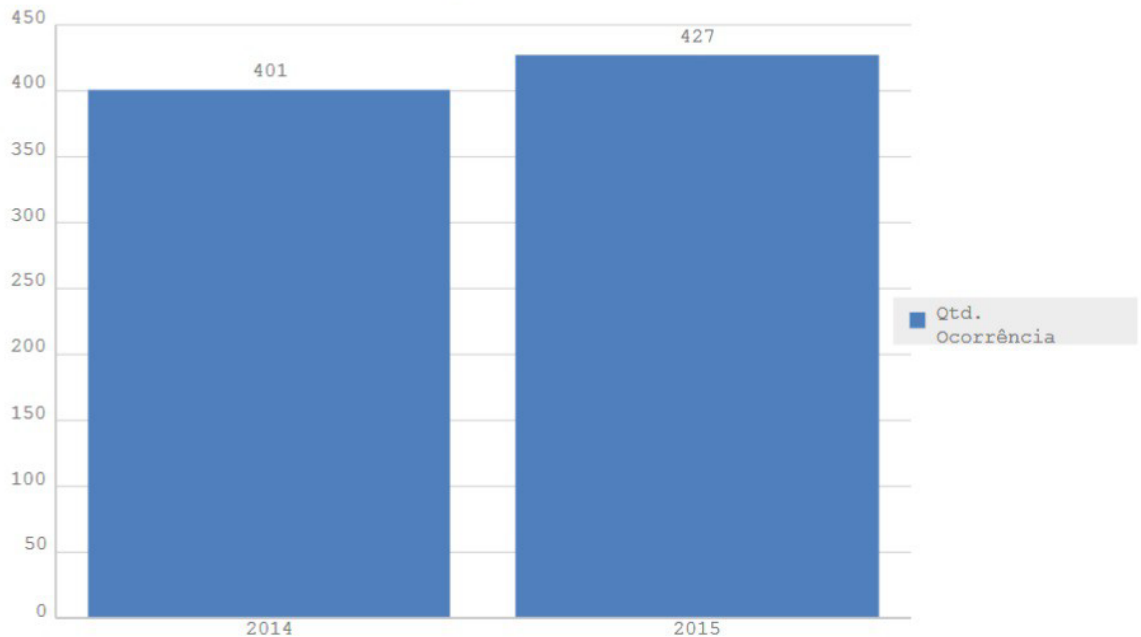
*Tabela 3.1- Número de Acidentes de Trânsito em Marabá*

	Ano – 2014	Ano - 2015
Janeiro	28	16
Fevereiro	36	16
Março	34	28
Abril	26	27
Maio	42	35
Junho	21	23
Julho	25	21
Agosto	31	24
Setembro	31	34
Outubro	31	29
Novembro	32	-
Dezembro	26	-
TOTAL	363	253

*Fonte:DMTU*

A Figura 3.2 apresenta dados do número de acidentes nos anos de 2014 e 2015 nas duas Rodovias que cortam a cidade, levantados pela Polícia Rodoviária Federal:

Figura 3.2 – Número de Acidentes Ocorridos na BR 222 E BR 230 em 2014 e 2015  
Qtde de acidentes

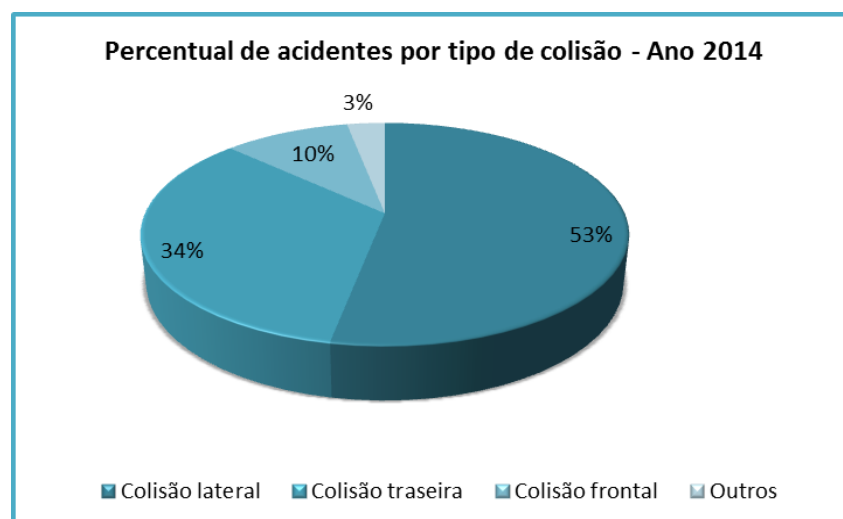


Fonte: Polícia Rodoviária Federal (2015)

Com base nos dados apresentados acima se percebe que o número de acidentes de trânsito ocorridos nos anos de 2014 e 2015, são bem expressivos. Vale ressaltar que a Polícia Rodoviária tem sob a sua responsabilidade as duas rodovias que cruzam a cidade, sendo estas o foco de suas atuações, em contrapartida as demais vias da cidade são de competência do Departamento Municipal de Trânsito Urbano - DMTU.

A Figura 3.3, mostra os tipos de acidentes de trânsito por colisão, ocorridos no ano de 2014, levantados pelo DMTU:

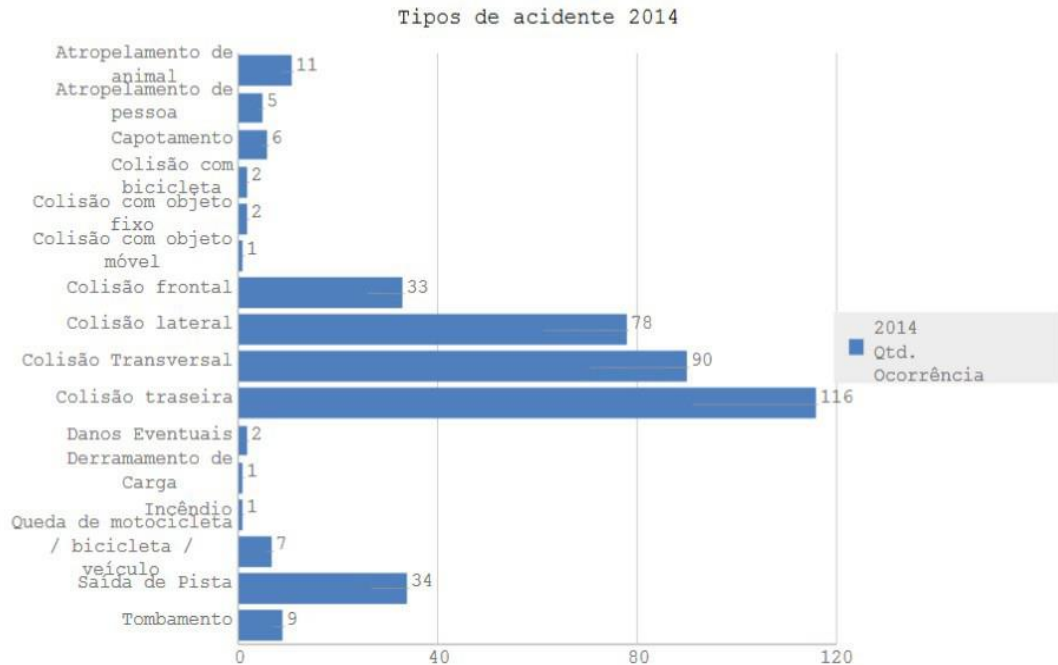
Figura 3.3– Percentual de Acidentes por Tipo de Colisão em 2014



Fonte: DMTU (2014)

Na Figura 3.4, apresenta os tipos de acidentes de trânsito, levantados pela Polícia Rodoviária Federal em 2014:

Figura 3.4 – Tipos de Acidentes Ocorridos em 2014

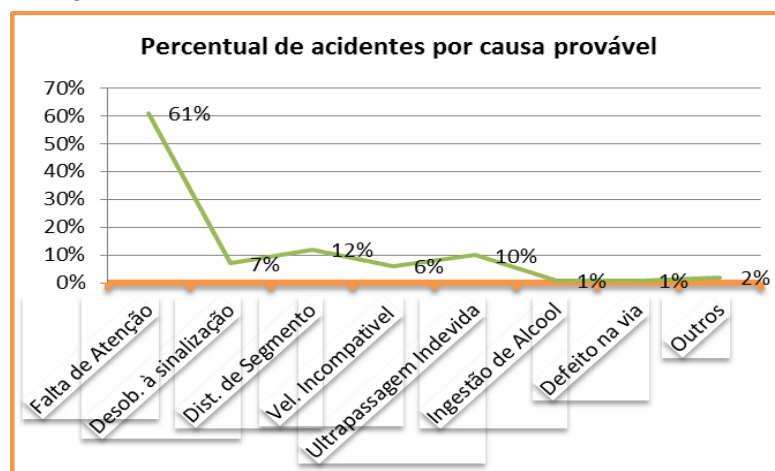


Fonte: PRF (2014)

Pelos dados apresentados acima, referente aos tipos de acidentes ocorridos em 2014, a colisão lateral e a traseira destaca-se consideravelmente, certamente fruto das más condições das vias; com buracos e sinalização deficiente.

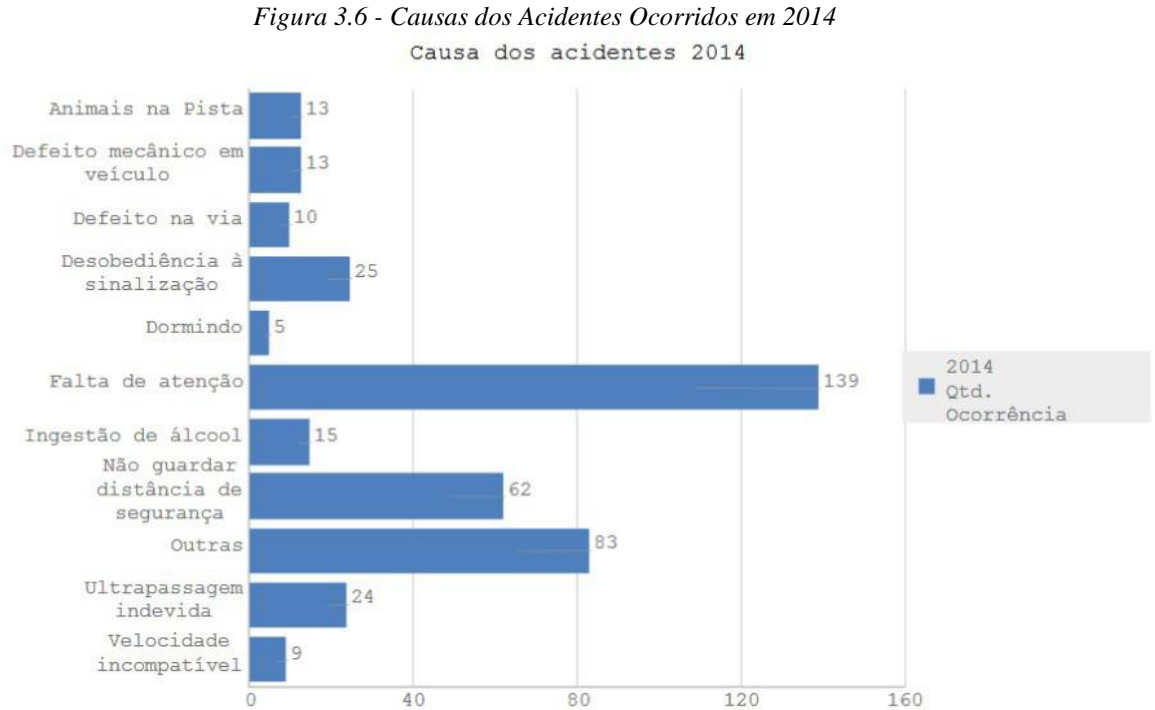
A Figura 3.5 apresenta as prováveis causas dos acidentes ocorridos no ano de 2014, levantados pelo DMTU:

Figura 3.5 – Prováveis Causas dos Acidentes Ocorridos em 2014



Fonte: DMTU (2014)

A Figura 3.6 mostra as causas dos acidentes de trânsito ocorridos em 2014, levantadas em 2014 pela Polícia Rodoviária Federal:



Fonte: PRF (2014)

Como mostrado nos dois gráficos acima a falta de atenção é o principal motivo que tem levado a ocorrência de acidentes tanto nas rodovias como nas demais vias da cidade.

### 3.2. Proposição de um modelo multicritério para apoiar a implantação de novos semáforos e análise de resultados

A princípio foi feita uma pesquisa documental nas estatísticas de acidentes ocorridos no município nos últimos anos, para que fosse possível identificar os pontos mais frequentes dessas ocorrências (os dados levantados foram dos anos de 2014 e 2015, não tendo sido possível a coleta de dados mais recentes em virtude da grande rotatividade de pessoal no setor de estatística do DMTU, o que compromete a manutenção contínua de tais informações). A partir desta identificação, um estudo dos critérios para a adequada localização de semáforos foi conduzido, fazendo-se a devida verificação, no sentido de comprovar se tais critérios são conflitantes entre si, considerando as peculiaridades da cidade. Com esses dados em mãos, lançou-se mãos do método PROMETHEE, por meio do programa Visual PROMETHER, para



se obter o ordenamento dos pontos identificados de modo que se possa proceder com a instalação emergencial de semáforos, por ordem de prioridade, nesses pontos críticos.

### 3.2.1. *O decisor*

Como a responsabilidade pela implantação de semáforos nas vias públicas da cidade de Marabá-Pa, é de inteira responsabilidade do Departamento Municipal de Transporte Urbano, então o responsável pela tomada de decisão é o diretor deste órgão, que por ser uma autoridade de trânsito, conhece de forma minuciosa sobre as questões técnicas relacionadas ao trânsito da cidade. O mesmo é auxiliado pela equipe do setor de estatística de trânsito e pela equipe de sinalização de trânsito, que possuem além das atribuições inerentes aos seus setores, a função de dar apoio técnico e fiscalizar as atividades das empresas licitadas para procederem com a implantação de sinalização de trânsito.

As equipes buscam por meio de suas atividades reduzir o número de acidentes, dar uma melhor fluidez ao trânsito, garantir a preservação e a manutenção das vias, garantir o direito de ir e vir com segurança em determinados trechos com grande fluxo de pedestres, valorizar e fortalecer outras sinalizações já existentes e proporcionar ou induzir ao condutor redobrar sua atenção nas vias.

Na cidade de Marabá têm-se três grandes núcleos, de modo que a localização dos pontos para a implantação de semáforos se procedeu para abranger os três núcleos, priorizando-se pontos de cruzamento. Levou-se em consideração a ordenação por grau de prioridade, tendo-se como restrição recursos públicos não suficientes para atender todos os possíveis pontos indicados para a implantação.

### 3.2.2. *O estabelecimento dos critérios*

Para este trabalho buscou-se modelar o problema de modo a considerar os critérios mais importantes para a decisão de implantação de semáforos, os quais estão descritos abaixo:

- Critério 01 - Ocorrência de acidentes em cruzamento de vias: De modo geral é usual na cidade a instalação de semáforos em pontos de cruzamentos de vias, e quando se identifica cruzamentos onde há a ocorrência de acidentes, torna-se plausível a apreciação dos mesmos. De modo que quanto maior a ocorrência de acidentes, maior a necessidade de implantação de semáforos.

Com respeito à ocorrência de acidentes em cruzamento de vias foi feita uma pesquisa documental no Departamento Municipal de Trânsito de Marabá – DMTU, onde se constatou a seguinte estatística, como mostra a Tabela 3.2:

*Tabela 3.2 - Estatística de acidentes de trânsito 2015*

<b>Prefeitura Municipal de Marabá</b>	
<b>Secretaria Municipal de Segurança Institucional</b>	
<b>Departamento Municipal de Trânsito e Transporte Urbano</b>	
<b>Estatística de Acidentes de Trânsito 2015</b>	
<b>Local de Ocorrência</b>	<b>Percentual</b>
VE 03	11%
Folha 31	8%
Folha 32	7%
Av. Antônio Maia	6%
VP 07	5%
VP 08	4%
VP 03	4%
Folha 27	4%
Av. São Paulo c/ Cuiabá	3%
Rua Afonso Sampaio c/ Cuiabá	3%
Av. 2000 c/ Av. Brasília	3%
Folha 29	2%
Av. Antônio Vilhena	2%
Av. Boa Esperança	2%
Av. Itacaiúnas c/ Servulo Brito	2%
Av. Alfredo Monção c/ Av. Itacaiúnas	2%
Av. Tocantins c/ Av. 2000	2%
Rua Norberto de Melo	2%
Av. Paraíso	1%
Av. Belém Brasília	1%
Rua 12 c/ Rua Pará	1%
Av. 2000/Minas Gerais	1%
Av. Hiléia	1%
Av. 2000 c/ São Paulo	1%
Folha 08	1%
Folha 25	1%
Folha 16	1%
Rua São Francisco	1%

Rua Paraná	1%
Av.2000 c/ Rua Rio Vermelho	1%
Folha 28	1%
Av. Antônio Vilhena c/ Kalil Mutran	1%
Av. Castelo Branco c/Alfredo Monção	1%
Av. Manaus c/ Rua Cuiabá	1%
Folha 30	1%
Av.Nagib Mutran c/ Sol Poente	1%
Rua Marechal Deodoro	1%
Rua Silvino Santis	1%
Rua Santa Terezinha c/ 05 de Abril	1%
Rua Fortaleza c/ Rua Miguel Chaves	1%
Av.2000 c/ Av. Tocantins	1%
Agrópolis do Inca	1%
Rua Fernando Simplício Costa	1%
Rua Sol Poente c/ Rua Pedro Fontinelli	1%
Rotatória da Praça da Criança	1%
Folha 19	1%
Total	100%
Rod 222 km 07 até rotatória da folha 27 VE 03 até posto de saúde da folha 12 Rotatória da folha 27 até BR 230, próximo a DUNORTE BR 222 (folha 19) até a rotatória da folha 15	
Obs: Estatística elaborada através de amostragem, referente ao período de 2015. Ressaltamos que no supramencionado ano foram atendidos pelo DMTU cerca de 330 acidentes.	

Fonte: DMTU (2015).

A partir desses dados foi feito o levantamento daqueles pontos que encontram-se em cruzamentos ou nas proximidades destes, que permitiu a construção de uma nova tabela, contendo esses pontos, reduzindo-se assim, a quantidade de pontos de 46 para 17 pontos, conforme a Tabela 3.3:

*Tabela 3.3. Ocorrência de acidentes em cruzamentos*

<b>Local</b>
Ponto 01- VE 03
Ponto 02- VP 07
Ponto 03- VP 08
Ponto 04- VP 03
Ponto 05- Folha 29
Ponto 06- Av. Antônio Vilhena
Ponto 07- Folha 31
Ponto 08- Folha 32
Ponto 09- Av. Boa Esperança
Ponto 10- Folha 27
Ponto 11- Av. Itacaiúnas c/ Sérvulo Brito
Ponto 12- Av. Alfredo Monção c/ Av. Itacaiúnas
Ponto 13- Av. São Paulo c/ Cuiabá
Ponto 14- Av. Antônio Maia
Ponto 15- Av. 2000 c/ Av. Brasília
Ponto 16- Rua Afro Sampaio c/ Cuiabá
Ponto 17- Av. Tocantins c/ Av. 2000

*Fonte: Esta pesquisa (2017)*

Considerou-se então a Tabela 3.3, a qual contém os locais de cruzamento de maiores ocorrências de acidentes. E a partir de então, refere-se a tais locais mencionando seus respectivos pontos. Sendo que os pontos 01, 02, 03, 04, 05, 07, 08, 10, encontram-se localizados no núcleo Nova Marabá; o ponto 14 no núcleo Marabá Pioneira e os pontos 06, 09, 11, 12, 13, 15, 16, 17 no núcleo Cidade Nova, conforme mostra a Figura 3.7, a seguir:



Figura 3.8 – Vista do ponto 08



Fonte: Esta pesquisa (2017)

Na vista da figura acima, podemos observar que até mesmo em horário que não está compreendido entre os horários de pico, é visível o conflito entre veículos no trânsito da cidade.

A Figura 3.9, mostra a localização do Ponto 14, no núcleo Marabá Pioneira

Figura 3.9 – Localização do Ponto 14, na Marabá Pioneira.



Fonte: Esta pesquisa (2017)

No núcleo da Marabá Pioneira, já existe um semáforo instalado, por conta de ocorrência de acidentes no passado. No entanto, dado o crescimento acelerado da frota de veículos, e segundo os registros de acidentes levantados com o relatório anual de acidentes de trânsito realizado pelo departamento municipal de trânsito urbano, aponta-se a instalação de mais semáforos neste núcleo.

A Figura 3.10, mostra flagrante de momento de conflito de trânsito no ponto 14:

*Figura 3.10 – Vista do ponto 14*

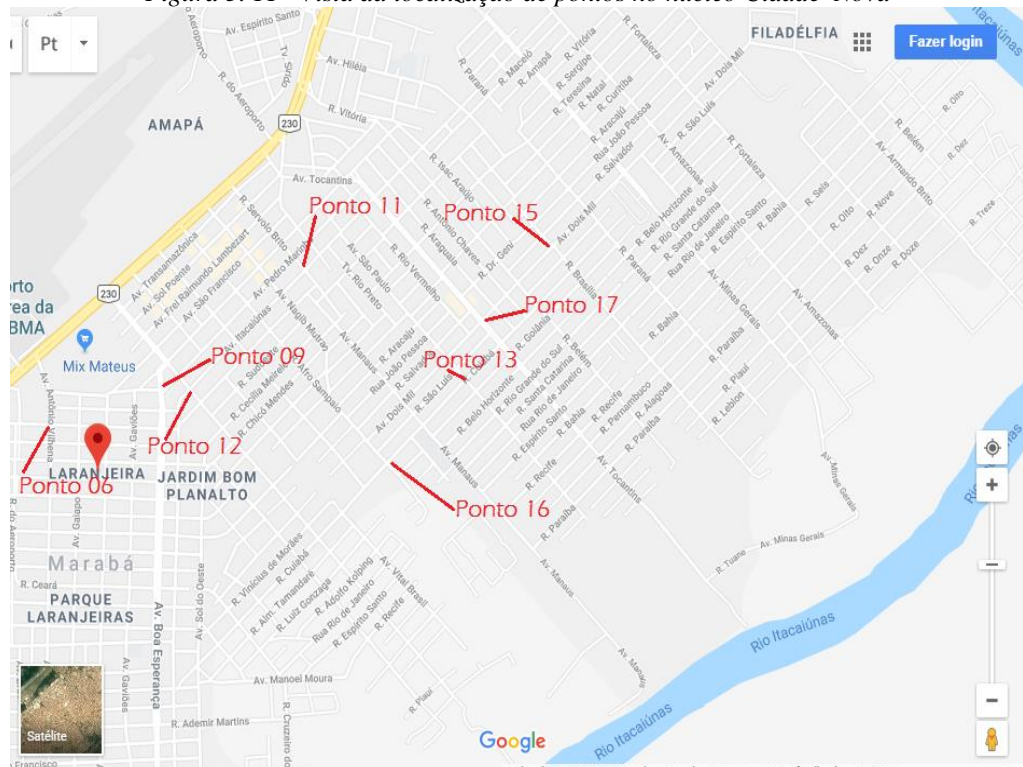


*Fonte: Esta pesquisa (2017)*

Na vista da Figura 3.10, é visível o conflito no trânsito por conta da falta do estabelecimento da prioridade da preferência no fluxo do trânsito, o que pode ser resolvido com a implantação de semáforo no referido ponto.



Figura 3.11– Vista da localização de pontos no núcleo Cidade Nova



Fonte: Esta pesquisa (2017)

Percebe-se com a vista da Figura 3.11, que o núcleo Cidade Nova é bastante vasto, mas para que estes pontos indicados no mapa, fossem estabelecidos, levou-se em consideração a ocorrência de acidentes nestes pontos.

Figura 3.12 - Vista do Ponto 15



Fonte: Esta pesquisa (2017)



A vista da Figura 3.12, mostra o ponto 15 estabelecido por conta dos acidentes ocorridos no ponto e também por conta dos demais critérios que serão descritos a seguir.

- Critério 02 - Volume de trânsito: Conforme já mencionado neste trabalho, este é um critério que deve ser considerado, dado sua relevância na ocorrência de acidentes. No presente estudo foi feito o levantamento de volume de tráfego nos pontos da Tabela 3.3, em horário de pico, durante 01 hora, mais especificamente entre 12:00h e 13:00h. Aqui quanto maior o volume de tráfego maior é o indicativo para a implantação de semáforos.
- Critério 03- Estado das vias: Para a instalação de semáforos é necessário que a via esteja adequadamente pavimentada e sinalizada, pois com a implantação destes, requer-se a sinalização vertical e a horizontal e esta última só pode ser feita em vias com boa pavimentação, para que a pintura não seja comprometida.

Para esse critério levou-se em consideração a condição de revestimento asfáltico das vias, de modo que houve a seguinte valoração das mesmas, como mostra a Tabela 3.4:

*Tabela 3.4. Estados das vias - qualificação/quantificação*

<b>ESTADO DAS VIAS</b>	
<b>Qualificação</b>	<b>Quantificação</b>
Revestimento asfáltico muito bom	5
Revestimento asfáltico bom	4
Revestimento asfáltico regular	3
Revestimento asfáltico ruim	2
Revestimento asfáltico inexistente	1

*Fonte: Esta pesquisa (2017)*

Para o critério 03, quanto melhor o estado da via, melhor o indicativo de implantação de semáforo.

- Critério 04- Proximidades de locais de grande movimentação de pedestre: Em se tratando de fluxo de pedestres na travessia de vias ou em suas margens, exige-se um atenção redobrada por parte de condutores de veículos, no sentido de respeitar a prioridade destes, em determinados pontos.

Para este trabalho considerou-se locais com grade movimentação de pedestre aqueles próximos a escolas, clubes, pontos comerciais e feiras, hospitais e postos de saúde. Assim mediu-se em metros a distância dos pontos de cruzamento até esses locais de grande movimentação de pedestre, sendo que foi considerada a menor distância entre esses pontos e o cruzamento, tido como referência.

Para o critério 04, quanto menor a distância do ponto de referência considerado, maior o indicativo para a implantação de semáforo.

- Critério 05- Presença de Sinalização Vertical e ou Horizontal: A sinalização vertical e ou horizontal não presume a sinalização semafórica, mas a sinalização semafórica presume a sinalização vertical e ou horizontal.

A sinalização semafórica encontra-se associada com a sinalização horizontal e vertical, sendo geralmente instalada, após ou simultaneamente à implantação desses dois tipos de sinalização de trânsito. Então para esse critério avaliou-se o estado da sinalização horizontal e vertical, qualificada e valorada, conforme a Tabela 3.5 a seguir:

*Tabela 3.5. Presença de sinalização vertical ou horizontal - qualificação/quantificação*

<b>PRESENÇA DE SINALIZAÇÃO VERTICAL OU HORIZONTAL</b>	
<b>Qualificação</b>	<b>Quantificação</b>
Muito bom	5
Bom	4
Regular	3
Ruim	2
Inexistente	1

*Fonte: Esta pesquisa (2017)*

Para o critério 05, quanto melhor a presença de sinalização horizontal e vertical, então, melhor será o indicativo de implantação de semáforo.

- Critério 06- Intensidade de Elementos de Distração do Condutor: Conforme revisão da literatura este é um critério que já foi objeto de estudo, em virtude do nível de distração que placas, cartazes, outdoor, propagandas chamativas, anúncios luminosos podem causar nos condutores.

Para este critério considerou-se apenas a percepção de elementos externos aos veículos que podem vir a tirar a atenção do condutor. Com isso foi gerada a Tabela 3.6, a seguir:

*Tabela 3.6 - Intensidade de elementos de distração do condutor - qualificação/quantificação*

<b>Intensidade de Elementos de Distração do Condutor</b>	
<b>Qualificação</b>	<b>Quantificação</b>
Excessiva	4
Razoável	3
Pouca	2
Inexistente	1

*Fonte: Esta pesquisa (2017)*

Para o critério 06, quanto maior a quantidade de elementos que tirem a atenção do condutor, maior o indicativo de implantação de semáforos.

Com os critérios que foram considerados gerou-se a seguinte matriz de decisão, apresentada na Tabela 3.7, a seguir:

Tabela 3.11 – Matriz de Decisão

MATRIZ DE DECISÃO						
ALTERNATIVAS/ CRITÉRIOS	OCORRÊNCIA DE ACIDENTES EM CRUZAMENTOS - NUM (PERCENTUAL %)	VOLUME DE TRÁFEGO - TRA (QUANTIDADE POR HORA)	ESTADO DAS VIAS - STA (QUANTIFICAÇÃO)	PROXIMIDADE A GRANDE MOVIMENTAÇÃO DE PEDESTRES - PED (DISTÂNCIA EM METROS)	PRESENÇA DE SINALIZAÇÃO VERTICAL OU HORIZONTAL - SIG (QUANTIFICAÇÃO)	INTENSIDADE DE ELEMENTOS DE DISTRACÃO DO CONDUTOR - ELE (QUANTIFICAÇÃO)
PONTO 01	11	2155	5	320	5	2
PONTO 02	5	1934	5	280	5	3
PONTO 03	4	2460	5	380	3	4
PONTO 04	4	1688	5	300	2	2
PONTO 05	2	1223	4	60	1	1
PONTO 06	2	1489	2	55	3	4
PONTO 07	8	984	2	80	3	2
PONTO 08	7	1940	3	70	3	2
PONTO 09	2	1362	1	60	2	3
PONTO 10	4	890	3	50	2	3
PONTO 11	2	790	2	280	1	2
PONTO 12	2	702	2	120	1	2
PONTO 13	3	540	1	300	2	2
PONTO 14	6	1686	4	360	4	4
PONTO 15	3	1524	2	100	2	1
PONTO 16	3	1325	3	250	1	1
PONTO 17	2	1102	2	200	2	1

Fonte: Esta pesquisa (2017)

Na matriz de decisão atribuiu-se as siglas para os critérios: NUM – Ocorrência de acidentes em cruzamentos, TRA – Volume de tráfego, STA – Estado das vias, PED – Proximidade a grande movimentação de pedestres, SIG – Presença de sinalização vertical ou horizontal, ELE – Intensidade de elementos de distração do condutor, com a finalidade de visualizar melhor os critérios na folha de cálculo do programa.

### 3.2.3 Resultado e análise

Para se utilizar os dados da matriz de decisão, foram consideradas duas situações, para analisar a influência dos pesos na solução de sobreclassificação.

1ª SITUAÇÃO: Considerou-se igualdade para o peso dos critérios, ou seja, aqui não se levou em conta as preferências do decisor com respeito ao grau de importância atribuído aos critérios por este, como mostra a Figura 3.13 abaixo:

Figura 3.13- Folha de cálculo do Visual PROMETHEE – situação 01

	NUM	TRA	STA	PED	SIG	ELE
<b>Scenario1</b>						
Unit	unit	unit	unit	unit	unit	unit
Cluster/Group	◆	◆	◆	◆	◆	◆
<b>Preferences</b>						
Min/Max	max	max	max	min	max	max
Weight	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Preference Fn.	Usual	Usual	Usual	Usual	Usual	Usual
Thresholds	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute
- Q: Indifference	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
- P: Preference	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
- S: Gaussian	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
<b>Statistics</b>						
Minimum	2,00	540,00	1,00	50,00	1,00	1,00
Maximum	11,00	2460,00	5,00	380,00	5,00	4,00
Average	4,12	1399,65	3,00	192,06	2,47	2,29
Standard Dev.	2,49	521,18	1,37	118,09	1,24	1,02
<b>Evaluations</b>						
P1	11,00	2155,00	5,00	320,00	5,00	2,00
P2	5,00	1934,00	5,00	280,00	5,00	3,00
P3	4,00	2460,00	5,00	380,00	3,00	4,00
P4	4,00	1688,00	5,00	300,00	2,00	2,00
P5	2,00	1223,00	4,00	60,00	1,00	1,00
P6	2,00	1489,00	2,00	55,00	3,00	4,00
P7	8,00	984,00	2,00	80,00	3,00	2,00
P8	7,00	1940,00	3,00	70,00	3,00	2,00
P9	2,00	1362,00	1,00	60,00	2,00	3,00
P10	4,00	890,00	3,00	50,00	2,00	3,00
P11	2,00	790,00	2,00	280,00	1,00	2,00
P12	2,00	702,00	2,00	120,00	1,00	2,00
P13	3,00	540,00	1,00	300,00	2,00	2,00
P14	6,00	1686,00	4,00	360,00	4,00	4,00
P15	3,00	1524,00	2,00	100,00	2,00	1,00
P16	3,00	1325,00	3,00	250,00	1,00	1,00
P17	2,00	1102,00	2,00	200,00	2,00	1,00

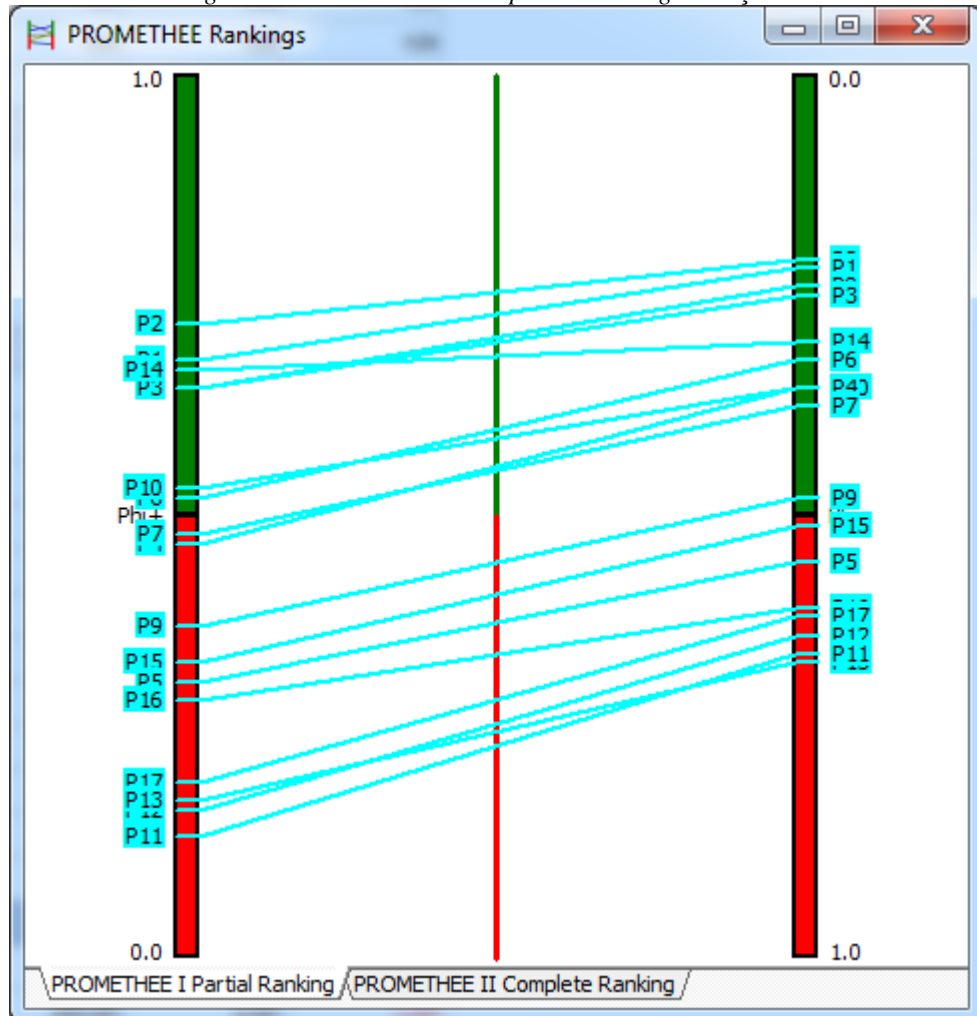
All Scenario1

Actions: 17 (17 active) Criteria: 6 (6 active) Scenarios: 1 (1 active) Locale: Belgium [€/] NOT saved

Fonte: Esta pesquisa (2017)

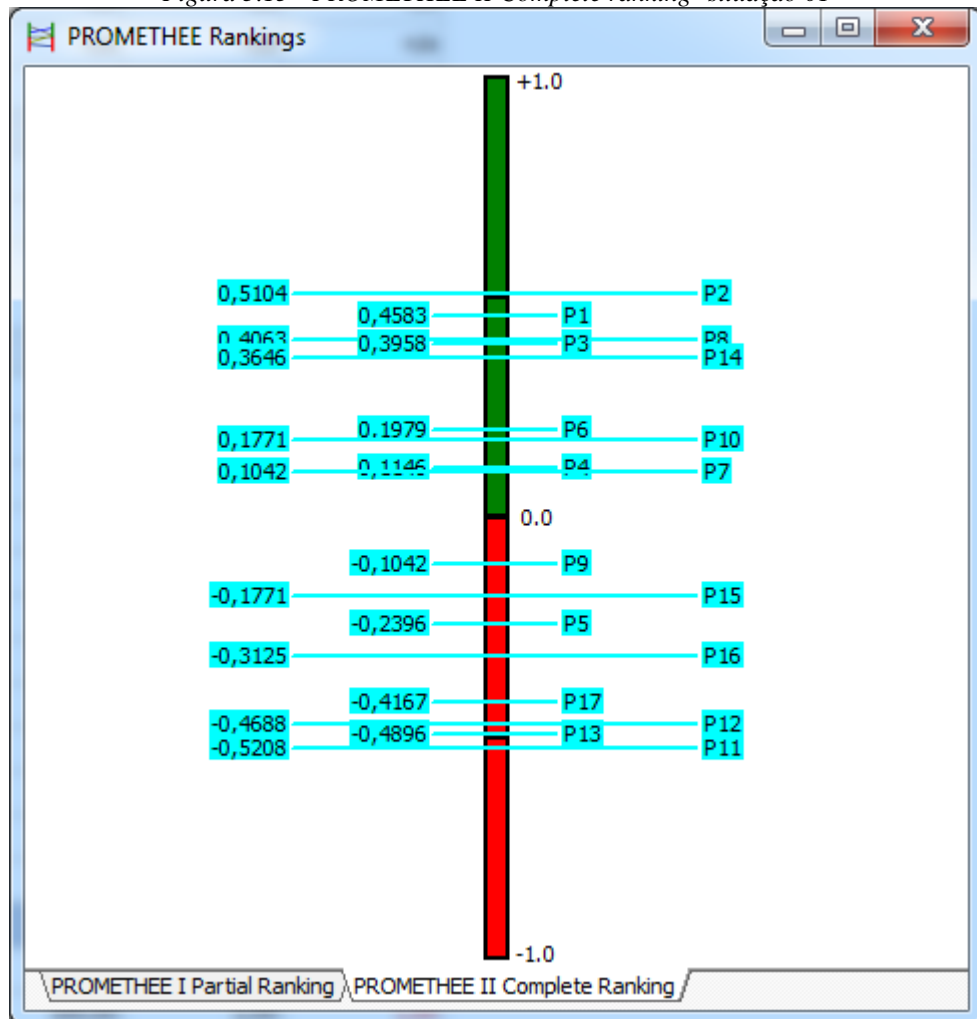
Com a entrada dos dados na folha de cálculo do programa foi possível gerar os seguintes gráficos das Figuras 3.14 e 3.15:

Figura 3.14 - PROMETHEE I partial ranking- situação 01



Fonte: Esta pesquisa (2017)

Figura 3.15 - PROMETHEE II Complete ranking- situação 01

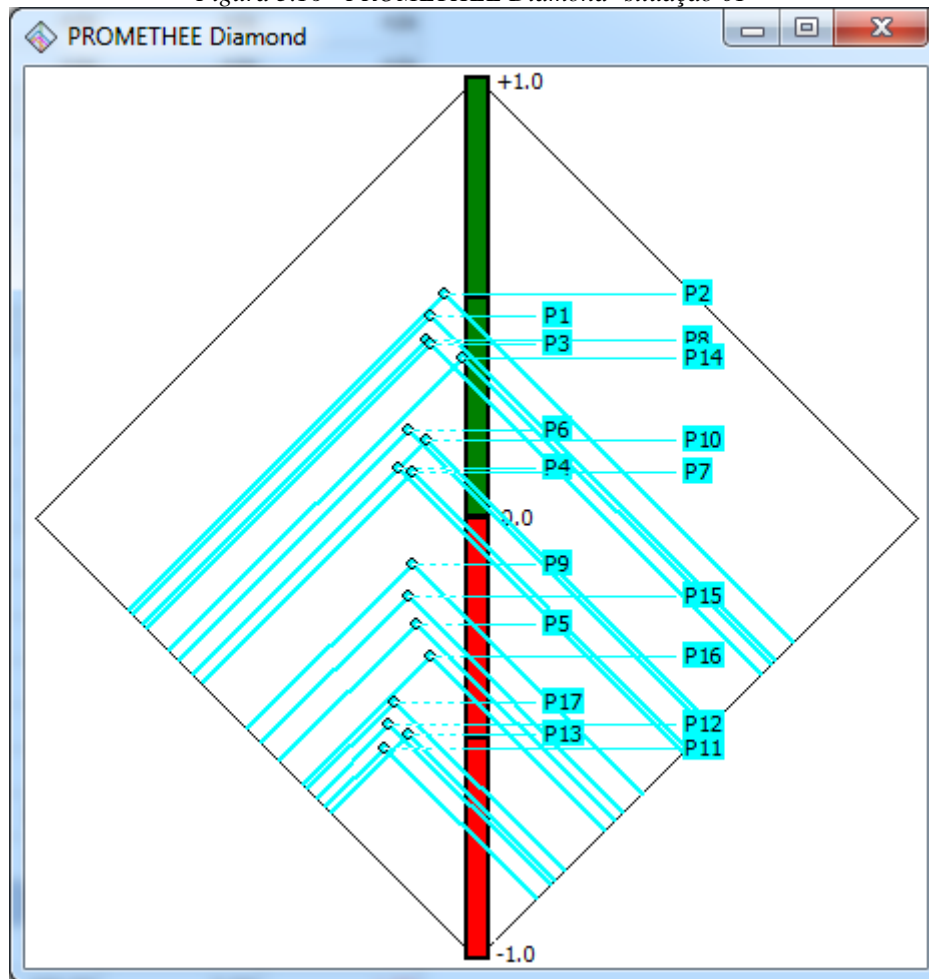


Fonte: Esta pesquisa (2017)

Os dois gráficos acima foram gerados por meio do PHOMETHEE ranking, que apresenta de forma bem clara a disposição dos pontos mais indicados para a instalação dos sememáforos. Sendo os pontos P2, P1, P8, P3, os de maior prioridade por se encontrarem no topo dos gráficos.

No gráfico PROMETHEE Diamond da Figura 3.16, mostrada abaixo, faz a representação gráfica da combinação do PROMETHEE I e PROMETHEE II. Pode-se observar que os retângulos de vértices nos pontos P2, P1, P3, P8, subscrevem os demais retângulos, deste modo, apresentando os primeiros pontos de prioridades.

Figura 3.16 - PROMETHEE Diamond- situação 01

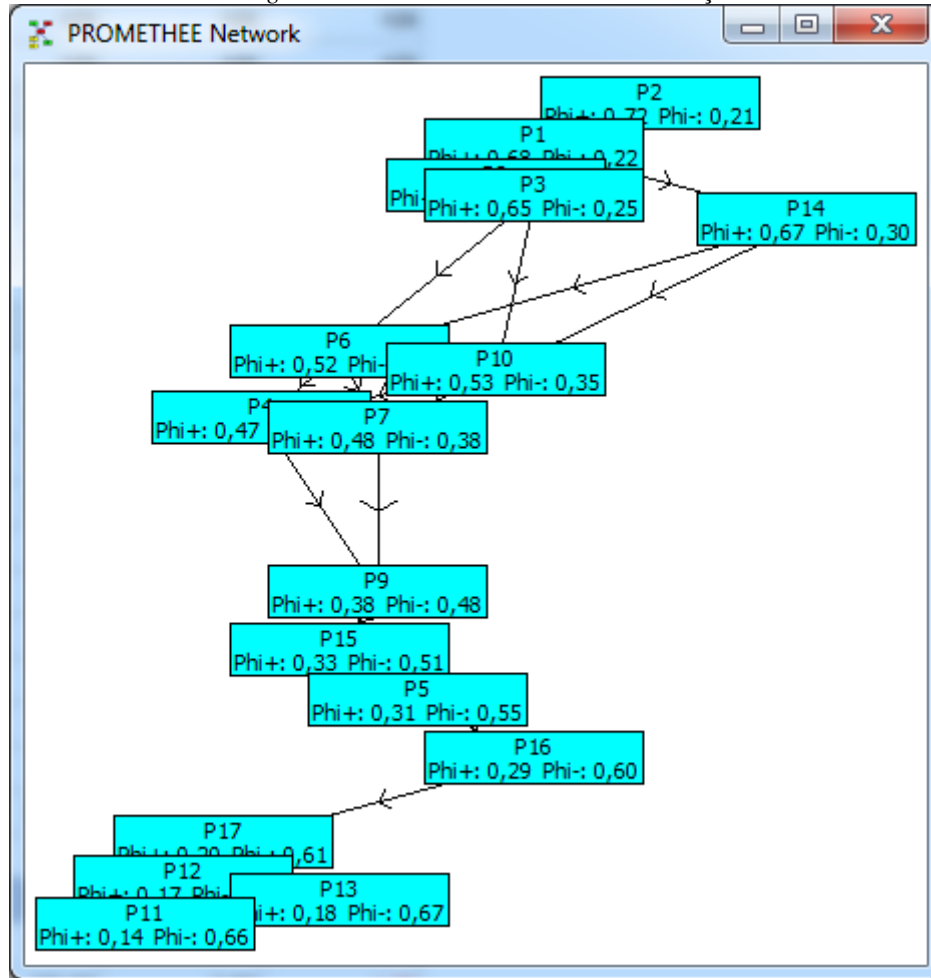


Fonte: Esta pesquisa (2017)

No gráfico PROMETHEE de rede da Figura 3.17 a seguir, a ação é representada como um nó e as preferências são representadas por seta. Assim, os pontos P2 e P1 são preferíveis em relação aos demais.



Figura 3.17 - PROMETHEE de rede- situação 01



Fonte: Esta pesquisa (2017)

Para a 1ª Situação, o programa Visual PROMETHEE gera relatório no qual apresenta o seguinte ordenamento, como solução ótima, como mostra a Figura 3.17, abaixo:

Figura 3.18- Solução ótima – situação 01

**Optimal selection**

Actions	Phi	Selected	Compared
P2	0,5104	no	no
P1	0,4583	no	no
P8	0,4063	no	no
P3	0,3958	no	no
P14	0,3646	no	no
P6	0,1979	no	no
P10	0,1771	no	no
P4	0,1146	no	no
P7	0,1042	no	no
P9	-0,1042	no	no
P15	-0,1771	no	no
P5	-0,2396	no	no
P16	-0,3125	no	no
P17	-0,4167	no	no
P12	-0,4688	no	no
P13	-0,4896	no	no
P11	-0,5208	no	no

Fonte: Esta pesquisa (2017)

2ª SITUAÇÃO: Seguindo as preferências do decisor atribuiu-se peso 3, para os critérios: 01 – Número de Acidentes (NUM); 02- Volume de Tráfego (TRA) e critério 03 – Estado das Vias (STA); peso 2 para o critério 04 – Proximidade de Locais de Grande Movimentação de Pedestres (PED) e critério 05 – Presença de Sinalização Vertical ou Horizontal (SIG); peso 1, para o critério 06 – Intensidade de Elementos de Distração do Condutor (ELE); conforme mostra a Figura 3.19:

Figura 3.19 - Folha de cálculo do Visual PROMETHEE – situação02

Visual PROMETHEE Academic - unnamed (not saved)

File Edit Model Control PROMETHEE-GAIA GDSS GIS Custom Assistants Snapshots Options Help

Scenario1		NUM	TRA	STA	PED	SIG	ELE
Unit		unit	unit	unit	unit	unit	unit
Cluster/Group		◆	◆	◆	◆	◆	◆
<b>Preferences</b>							
Min/Max		max	max	max	min	max	max
Weight		3,00	3,00	3,00	2,00	2,00	1,00
Preference Fn.		Usual	Usual	Usual	Usual	Usual	Usual
Thresholds		absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute
- Q: Indifference		n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
- P: Preference		n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
- S: Gaussian		n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
<b>Statistics</b>							
Minimum		2,00	540,00	1,00	50,00	1,00	1,00
Maximum		11,00	2460,00	5,00	380,00	5,00	4,00
Average		4,12	1399,65	3,00	192,06	2,47	2,29
Standard Dev.		2,49	521,18	1,37	118,09	1,24	1,02
<b>Evaluations</b>							
<input checked="" type="checkbox"/>	P1	11,00	2155,00	5,00	320,00	5,00	2,00
<input checked="" type="checkbox"/>	P2	5,00	1934,00	5,00	280,00	5,00	3,00
<input checked="" type="checkbox"/>	P3	4,00	2460,00	5,00	380,00	3,00	4,00
<input checked="" type="checkbox"/>	P4	4,00	1688,00	5,00	300,00	2,00	2,00
<input checked="" type="checkbox"/>	P5	2,00	1223,00	4,00	60,00	1,00	1,00
<input checked="" type="checkbox"/>	P6	2,00	1489,00	2,00	55,00	3,00	4,00
<input checked="" type="checkbox"/>	P7	8,00	984,00	2,00	80,00	3,00	2,00
<input checked="" type="checkbox"/>	P8	7,00	1940,00	3,00	70,00	3,00	2,00
<input checked="" type="checkbox"/>	P9	2,00	1362,00	1,00	60,00	2,00	3,00
<input checked="" type="checkbox"/>	P10	4,00	890,00	3,00	50,00	2,00	3,00
<input checked="" type="checkbox"/>	P11	2,00	790,00	2,00	280,00	1,00	2,00
<input checked="" type="checkbox"/>	P12	2,00	702,00	2,00	120,00	1,00	2,00
<input checked="" type="checkbox"/>	P13	3,00	540,00	1,00	300,00	2,00	2,00
<input checked="" type="checkbox"/>	P14	6,00	1686,00	4,00	360,00	4,00	4,00
<input checked="" type="checkbox"/>	P15	3,00	1524,00	2,00	100,00	2,00	1,00
<input checked="" type="checkbox"/>	P16	3,00	1325,00	3,00	250,00	1,00	1,00
<input checked="" type="checkbox"/>	P17	2,00	1102,00	2,00	200,00	2,00	1,00

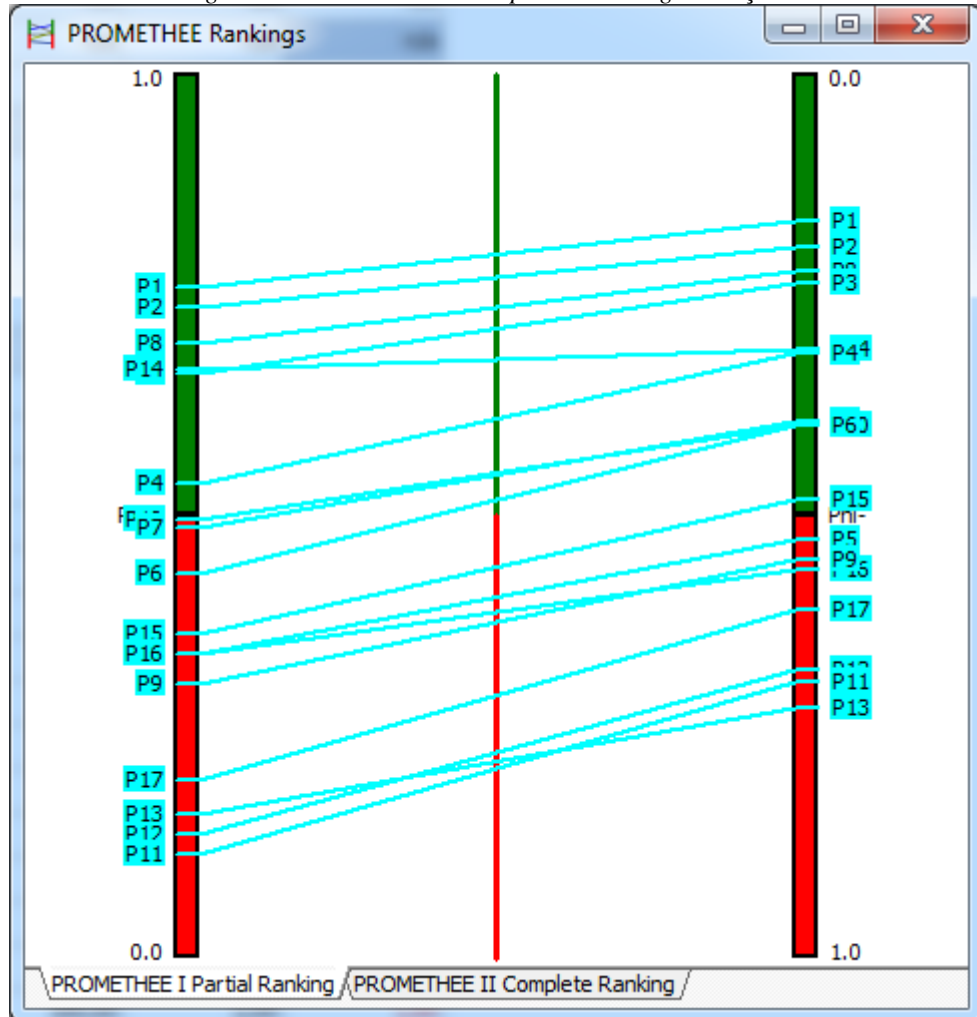
All Scenario1

Actions: 17 (17 active) Criteria: 6 (6 active) Scenarios: 1 (1 active) Locale: Belgium [€/.] NOT saved

Fonte: Esta pesquisa (2017)

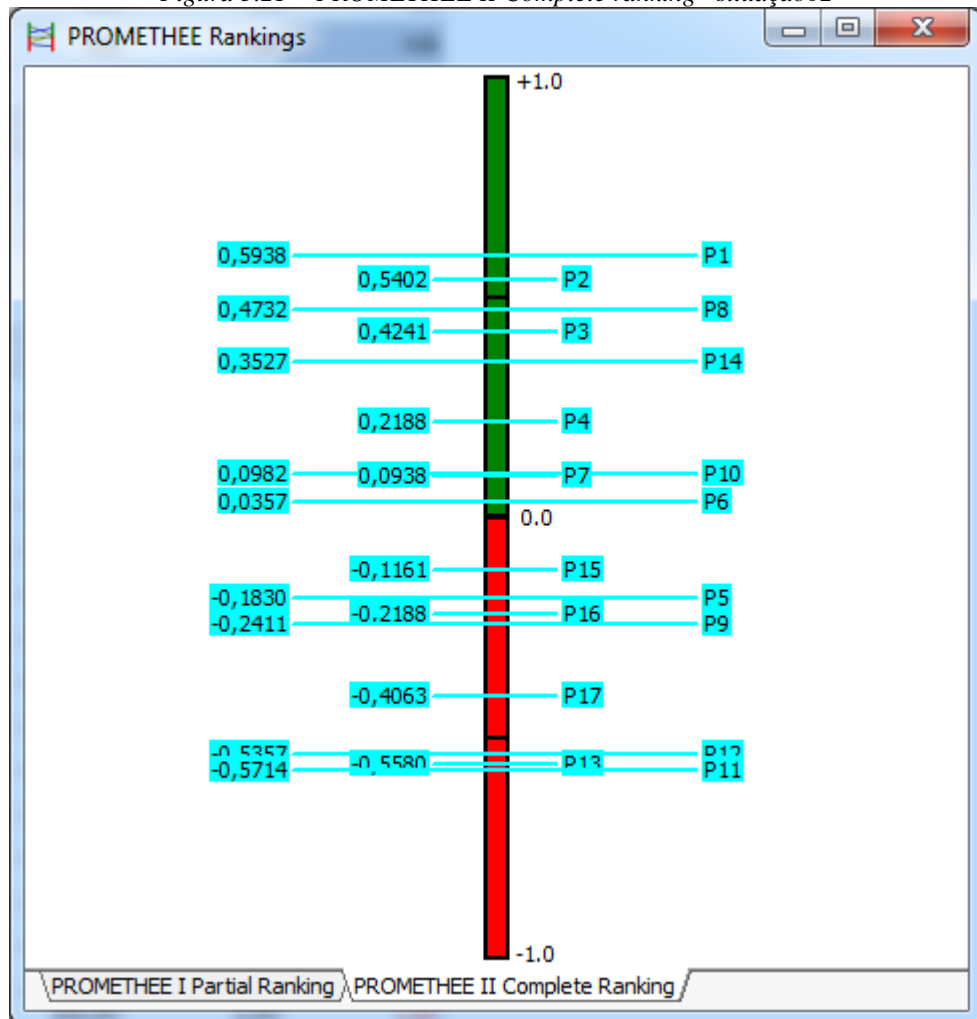
Com a entrada dos novos pesos na folha de cálculo do programa foi possível gerar os seguintes gráficos das Figuras 3.20 e 3.21:

Figura 3.20 - PROMETHEE I partial ranking– situação02



Fonte: Esta pesquisa (2017)

Figura 3.21 - PROMETHEE II Complete ranking– situação02

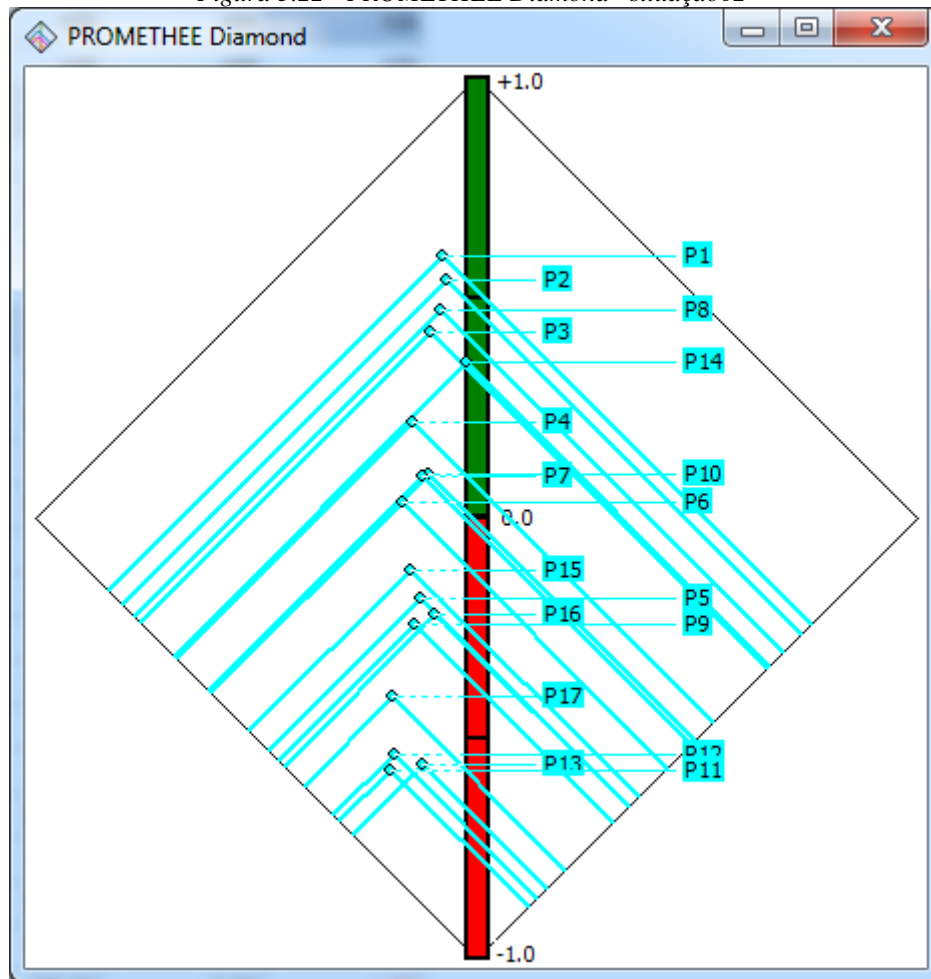


Fonte: Esta pesquisa (2017)

Os dois gráficos acima foram gerados por meio do PHOMETHEE ranking, que apresenta de forma bem clara a disposição dos pontos mais indicados para a instalação dos sememáforos, agora na 2ª situação. Sendo os pontos P1, P2, P8, P3, os de maior prioridade por se encontrarem no topo dos gráficos.

No gráfico PROMETHEE Diamond da Figura 3.22, mostrada abaixo, faz a representação gráfica da combinação do PROMETHEE I e PROMETHEE II. Pode-se observar que os retângulos de vértices nos pontos P1, P2, P8, P3, subscrevem os demais retângulos, deste modo, apresentando os primeiros pontos de prioridades.

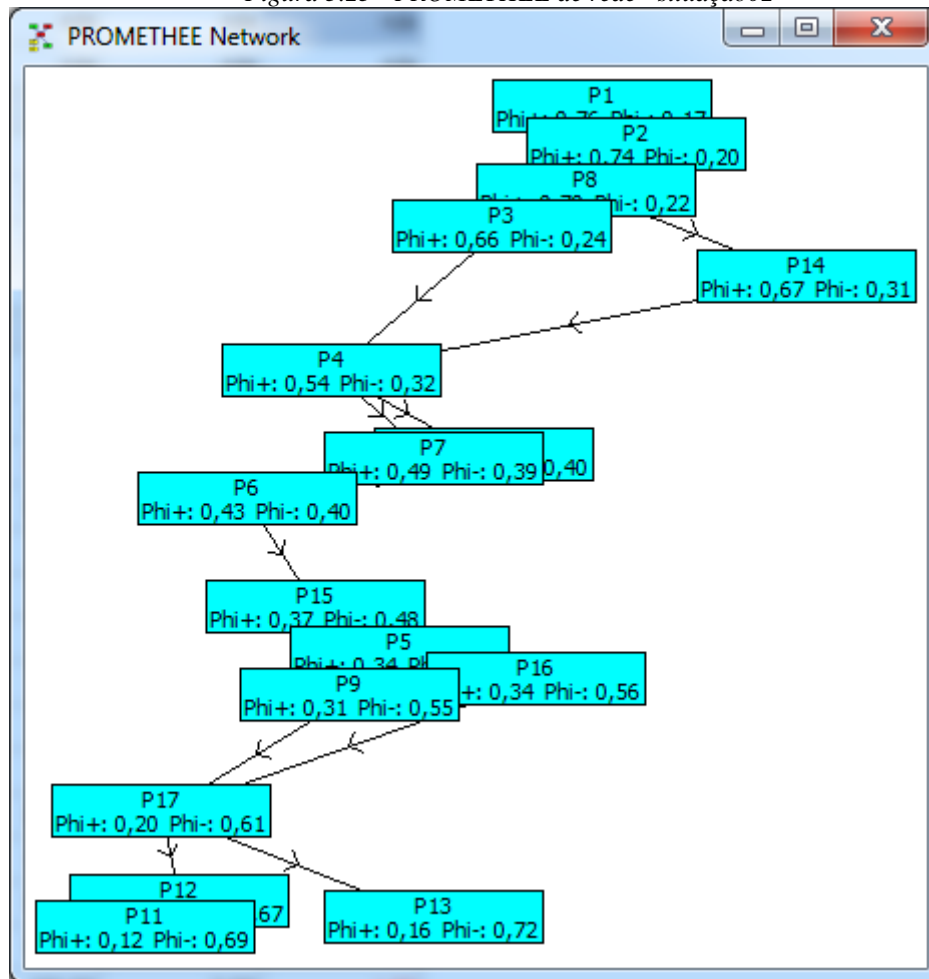
Figura 3.22 - PROMETHEE Diamond– situação02



Fonte: Esta pesquisa (2017)

No gráfico PROMETHEE de rede da Figura 3.23 a seguir, a ação é representada como um nó e as preferências são representadas por setas. Assim, os pontos P1 e P2 são preferíveis em relação aos demais.

Figura 3.23 - PROMETHEE de rede- situação02



Fonte: Esta pesquisa (2017)

Para a 2ª Situação, o programa Visual PROMETHEE gera relatório no qual apresenta o seguinte ordenamento, como solução ótima, como mostra a Figura 3.23, abaixo:

Figura 3.24 - Solução ótima – situação 02

**Optimal selection**

Actions	Phi	Selected	Compared
P1	0,5938	no	no
P2	0,5402	no	no
P8	0,4732	no	no
P3	0,4241	no	no
P14	0,3527	no	no
P4	0,2188	no	no
P10	0,0982	no	no
P7	0,0938	no	no
P6	0,0357	no	no
P15	-0,1161	no	no
P5	-0,1830	no	no
P16	-0,2188	no	no
P9	-0,2411	no	no
P17	-0,4063	no	no
P12	-0,5357	no	no
P13	-0,5580	no	no
P11	-0,5714	no	no

Fonte: Esta pesquisa (2017).

Pelos gráficos e tabelas gerados pelo programa percebe-se que ao se alterar os pesos atribuídos aos critérios, que representa o grau de importância dos mesmos para o decisor, foi bastante considerável o impacto no resultado. Neste estudo, ao se atribuir pesos diferentes aos critérios, houve uma alteração substancial na ordem de prioridade para a implantação de semáforos em pontos críticos das vias da cidade de Marabá; e ao se proceder assim pretendeu-se apenas constatar o fato de que uns critérios podem ser tidos como mais importantes que os demais, devendo-se atribuir um peso maior para estes. Assim é de fundamental importância se levar em consideração as preferências do decisor, mesmo porque ele é o responsável pelas consequências da escolha feita; e certamente empregará todos os esforços para tomar a melhor decisão. E em se tratando de prevenção de acidentes com a implantação de semáforos, envolvendo assim a preservação de vidas, esta decisão deve ser muito bem estudada e endossada em subsídios que forneçam uma maior confiabilidade e segurança na decisão a ser tomada.



#### 4 CONCLUSÃO E SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS

Tomar decisão é de suma importância nas organizações públicas e privadas, mas especialmente no âmbito público, pois uma decisão realizada arbitrariamente pode trazer muitos prejuízos à sociedade, a qual os órgãos públicos devem servir de forma satisfatória. E em se tratando da gestão de recursos para serem investidos na melhor qualidade do trânsito de uma cidade para se prevenir acidentes, minimizando as estatísticas de acidentes que são alarmantes, especialmente na cidade foco deste estudo; a utilização de ferramentas que possam auxiliar na organização da fluidez do trânsito, após a identificação de pontos críticos que contribuem para a ocorrência de acidentes é de fundamental importância.

Assim a utilização do método PROMETHEE foi bastante eficiente para se estabelecer ordens de prioridades, os pontos críticos para a implantação de semáforos, de forma mais emergencial; apresentando de forma clara o impacto sofrido no resultado, quando do estabelecimento de pesos para os critérios, atendendo as preferências do decisor no que refere ao grau de importância de cada critério estabelecido, tendo em vista que o mesmo é uma autoridade de trânsito e que conhece bem esta matéria.

O resultado do estudo não foi aplicado para se verificar o impacto na redução de acidentes, por conta da burocracia em termos de processos licitatório, tal aplicação segundo o decisor se dará no futuro, quando a empresa licitada realizará as implantações propostas sob a supervisão e fiscalização do departamento municipal de trânsito da cidade.

Sugere-se como trabalhos futuros a inserção de cenários, neste tipo de estudo, onde a implantação de semáforos considere outros tipos de semáforos, pois aqui se presume tratar-se de apenas um tipo. Estudos posteriores podem levar em conta outros pontos críticos além dos localizados em cruzamentos, que foram o alvo desta pesquisa. É também importante considerar a questão orçamentária, na implantação de semáforos, deste modo o critério preço por tipo de semáforo, adentraria como um dos critérios de decisão. Outra questão que pode ser considerada é a questão do ajuste do tempo de espera para o sinal vermelho, amarelo e verde, que dependendo da situação pode causar acidentes, mesmo tendo sido implantado o semáforo em um ponto estratégico.

**REFERÊNCIAS**

ALMEIDA, Adiel Teixeira. Processo de decisão nas organizações: construindo modelos de decisão multicritério. São Paulo: Atlas, 2013.

BEZERRA, Natália de Moraes. Modelo multicritério para seleção de portfólio de projetos de obras públicas. UFPE, 2016.

CONTRAN. Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito: Sinalização Semafórica, Volume V. 2014.

Coelho, J. C. Freitas, J. A. Implantações semaforicas são medidas eficazes para a redução de acidentes de trânsito? O caso de Fortaleza-Ce. Disponível em: <[https://www.sinaldetransito.com.br/artigos/semaforos\\_x\\_acidentes.pdf](https://www.sinaldetransito.com.br/artigos/semaforos_x_acidentes.pdf)>. Acesso em: 25/08/2015.

CORRÊA, H. L., GIANESI, I. G. N.; CAON, M. *Planejamento, Programação e Controle da Produção*. São Paulo: Atlas, 2001.

COSTA, A.P.; ALMEIDA, A.T. Seleção multicritério de sistemas de informação. In: ALMEIDA, A.T; COSTA, A.P. (org) *Aplicações com métodos multicritério de apoio à decisão*. Recife: Universitária, 2003. p.41-53.

COSTA, J P B da. Mini-rotatórias: contribuição na redução de conflitos em interseções urbanas. 2010. 107 Folhas. Dissertação de Mestrado – UFPE.

DMTU- Departamento Municipal de Trânsito e Transporte Urbano de Marabá. Anuário Estatístico de Acidentes de Trânsito, 2014.

FÁVERO, L. Paulo. BELFIORE, Patrícia. Pesquisa Operacional para Cursos de Engenharia. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.

Gestão da velocidade: um manual de segurança viária para gestores e profissionais da área. Brasília, D.F.: OPAS, 2012.

HUBACHER, Markus. ALLENBACH Roland. Prediction of accidents at full green and green arrow traffic lights in Switzerland with the aid of configuration-specific features. *Accident Analysis and Prevention* 36 (2004) 739–747.

HUTH, Véronique. SANCHEZ, Yann. BRUSQUE Corinne. Drivers' phone use at red traffic lights: A roadside observation study comparing calls and visual–manual interactions. *Accident Analysis and Prevention* 74 (2015) 42–48.

MEGÍAS, Alberto et al. Emotion-laden stimuli influence our reactions to traffic lights. *Transportation Research Part F* 22 (2014) 96–103.

MHIRECH, Abdelaziz. ALAOUI-ISMAILI, Assia. The effect of traffic light on accident probability in open and periodic boundaries system. *Physica A* 434 (2015) 226–231.

ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE. Gestão da velocidade: um manual de segurança viária para gestores e profissionais da área. Brasília, D.F.: OPAS, 2012.

VILANOVA, Luis. Critérios para implantação de semáforos. Disponível em: < [http://sinaldetransito.com.br/artigos/criterios\\_implantacao\\_semaforos.pdf](http://sinaldetransito.com.br/artigos/criterios_implantacao_semaforos.pdf) >. Acesso em 20/08/2015.