

# MODELO MULTICRITÉRIO PARA A IMPLANTAÇÃO DE SINALIZAÇÃO SEMAFÓRICA NA CIDADE DE CAMPINA GRANDE-PB

**Carlos Magno da Silva Oliveira**

**Camila Padovan da Silva**

**Cláudio Moura Silva**

**Murilo de Melo Santos**

**Paulo César Marques da Silva**

Universidade de Brasília

Programa de Pós-Graduação em Transportes

## RESUMO

A implantação de sinalização semafórica é uma decisão que acarreta impactos consideráveis, sendo que esse dispositivo é usado para controlar o tráfego em vias urbanas. Existem diversos métodos que são utilizados pela Engenharia de Transporte para embasar a tomada de decisão quanto à implantação de semáforos. Alguns métodos são utilizados para identificar a necessidade de instalação dessa forma de sinalização de trânsito, sendo considerados diversas áreas de interesses para avaliação. Este artigo apresenta uma abordagem multicritério, aplicada na cidade de Campina Grande-PB, onde é estruturado um modelo com o instrumento teórico-metodológico de intervenção selecionado – Metodologia de Multicritério de Apoio à Decisão Construtivista (MCDA-C), que permite estabelecer uma relação de prioridade, possibilitando hierarquizar, dentre o universo de interseções viárias aspirantes a receberem semáforos, aquelas com maior necessidade de implantação deste dispositivo.

Palavras-chave: Metodologia Multicritério de Apoio à Decisão. Implantação de semáforo.

## ABSTRACT

The implementation of traffic light signaling is a decision that causes considerable impacts, and this device is used to control traffic on urban roads. There are several methods that are used by Transport Engineering to support decision making regarding the implementation of traffic lights. Some methods are used to identify the need to install this form of traffic signaling, being considered several areas of interest for evaluation. We present a multicriteria approach applied for Campina Grande, Brazil, where a model is structured with the selected intervention theoretical-methodological tool - Multicriteria Methodology of Support to the Constructivist Decision (MCDA-C), which allows establishing a relation of priority, making it possible to rank among the universe of road intersections aspiring to receive traffic lights, those with the greatest need to implement this device.

Key words: Multicriteria Decision Support Methodology. Semaphore Deployment.

## 1. INTRODUÇÃO

De acordo com Salimifard e Ansari (2013) a eficácia de um sistema viário depende da sua capacidade de atender o fluxo de veículos, bens e pessoas de um local para o outro. Dessa forma, sistemas de transportes eficazes são essenciais para o bom desempenho econômico, bem como para a segurança viária de determinado local. Segundo Sheu (2006), grandes volumes de tráfego acarretam em sérios problemas como, por exemplo, congestionamentos de vias de trânsito, poluição sonora e atmosférica, estresse para as pessoas (motoristas, passageiros e pedestres) e eleva o consumo de combustível e energia.

Com o crescimento vivenciado pelo País na última década e o apelo comercial automobilístico, notou-se a imensa frota de veículos existentes nas ruas das grandes cidades brasileiras, o que proporciona sérios problemas de mobilidade urbana, que pode ser melhor notado em horários de pico devido a ineficiência dos sistemas viários e no controle e distribuição do tráfego desses veículos (Costa e Bastos, 2012).

Conforme o Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito – Volume V Sinalização Semafórica (2014), 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. 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.

De acordo com Vilanova (2007), a implantação de semáforo é uma decisão que acarreta impactos consideráveis, que podem ser positivos ou negativos. Instalado corretamente, propicia a diminuição de acidentes e o maior conforto para veículos e pedestres. Entretanto, se for instalado num local inadequado, causa aumento no número de paradas, do tempo de espera dos veículos e pedestres, do número de acidentes, além de implicar em gastos desnecessários de instalação, operação e manutenção.

A literatura apresenta vários métodos para justificar a utilização do controle semafórico, baseados, dentre outros aspectos, nas experiências de técnicos, no comportamento do tráfego local, nas condições ambientais e na legislação vigente, que se mostra mais urgente, e portanto, qual é a prioritária para receber a intervenção.

Este artigo tem por objetivo fazer uma análise dos critérios adotados nas principais metodologias de implantação de semáforo, selecionando aquela considerada mais relevante para a realidade do trânsito e da mobilidade urbana na cidade de Campina Grande-PB. Será utilizada a metodologia multicritério de apoio a decisão – MCDA, para estruturar um modelo que avalie a necessidade de implantação de semáforos, permitindo hierarquizar, dentre o universo de interseções candidatas a receberem este dispositivo, aquelas com maior prioridade de implantação. Como objetivo complementar será realizado um estudo de caso com algumas interseções críticas, mostrando uma aplicação prática do modelo proposto.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1. Métodos utilizados para identificar a necessidade de implantação de Semáforos**

Para Vilanova (2007), existem vários métodos e técnicas que orientam estudos de implantação de semáforo, que são concebidos no âmbito de órgãos gestores de tráfego, que estabelecem os critérios considerados mais relevantes e os parâmetros mínimos para justificar a necessidade deste dispositivo de sinalização, conforme: volume veicular; volume de pedestres; acidentes; fluidez; e outros critérios.

Desde 1935, o *Federal Highway Administration – FHWA* –, que é subordinada ao *United States Department of Transportation – USDOT* – publica o *Manual on Uniform Traffic Control Devices – MUTCD* –, que especifica os padrões de sinalização vertical, horizontal e semafórica a serem utilizados nos Estados Unidos. Esse manual tem servido de referência a dezenas de outros países, que nele se baseiam para elaborar o seu próprio manual de sinalização de trânsito e instalação de semáforos.

No Brasil, temos o Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito – Volume V Sinalização

Semafórica, editado pelo Conselho Nacional de Trânsito (Contran), que estabelece alguns critérios para a implantação de semáforo em cruzamento de vias. Dentre esses critérios destacam-se:

- a) Valores Veiculares Mínimos – Deverão ser coletados os valores médios das 8 horas de maior volume da intersecção, conforme Tabela 1:

**Tabela 1:** Valores veiculares mínimos

Número de Faixas por Tráfego por Aproximação		Veículo/hora na Preferencial nos 2 sentidos	Veículo/hora na Secundária mais carregada
Preferencial	Secundária		
1	1	500	150
2 ou mais	1	600	150
2 ou mais	2 ou mais	600	200
1	2 ou mais	500	200

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

- b) Interrupção de Tráfego Contínuo – Nesse critério, mesmo que na via secundária o volume não atinja os valores mínimos estipulados, o volume na via principal pode chegar a valores que dificulta seu cruzamento para condutores na via secundária. Conforme Tabela 2, os volumes equivalentes mínimos para essa situação são:

**Tabela 2:** Interrupção de Tráfego Contínuo

Número de Faixas por Tráfego por Aproximação		Veículo/hora na Preferencial nos 2 sentidos	Veículo/hora na Secundária mais carregada
Preferencial	Secundária		
1	1	750	75
2 ou mais	1	900	75
2 ou mais	2 ou mais	900	100
1	2 ou mais	750	100

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

- c) Ocorrência de Acidentes – A existência de elevado índice de acidentes pode justificar a implantação de um semáforo em cruzamentos com fluxos menores. Deve-se verificar, no entanto, se esses acidentes são do tipo corrigível por semáforo, e se outros dispositivos menos radicais e menos dispendiosos não conseguiriam resolver o problema, como por exemplo, obstáculo, mini rotatória ou semáforo piscante.
- d) Volumes conflitantes em intersecções de cinco ou mais aproximações – Numa intersecção com cinco ou mais aproximações, a implantação de um semáforo justifica-se quando há tráfego de volume equivalente ao total de, no mínimo, 800 veículos por hora (desde que não seja possível transformar a intersecção numa outra equivalente de 4 aproximações).
- e) Volumes mínimos de pedestres que cruzam a via principal – Um semáforo pode ser necessário onde muitos pedestres cruzam a via principal. O conflito veículos x pedestres, numa seção da via, justifica a implantação de um semáforo quando os seguintes volumes mínimos são atingidos:
- 250 pedestres/hora em ambos os sentidos da travessia;
  - 600 veículos/hora (nos dois sentidos), quando a via é de mão dupla e não canteiro central ou o canteiro central tem menos de 1m de largura;

- 1.000 veículos/hora (nos dois sentidos), quando há canteiro central de 1m de largura, no mínimo.
- f) Melhoria de sistema progressivo – Nas vias com sistemas coordenados de semáforo, a implantação de um novo semáforo pode justificar-se quando contribuir para o ajuste de velocidade de progressão, ou para uma melhor formação dos pelotões, ou quando se considerar que estas medidas são imprescindíveis.
- g) Controle de áreas congestionadas – Nas áreas onde o congestionamento é constante e inevitável por outros meios (mudança na geometria, na circulação etc.), a implantação de um semáforo pode justificar-se. São dados alguns desses casos:
- Entrelaçamentos complexos, de capacidade inferior à demanda;
  - Aproximação com capacidade inferior à demanda, com formação de fila externa e bloqueio da interseção anterior (o semáforo seria colocado nesta última).
- h) Combinação de critérios – Em certos casos onde ocorra determinada porcentagem dos eventos enunciados nos critérios anteriores, conforme indicado abaixo:
- Quando dois critérios de 1 a 5 forem observados em, no mínimo, 80%.
  - Quando três dos critérios de 1 a 5 forem observados em, no mínimo, 70%.
- i) Situações locais específicas – O semáforo pode ser implantado em situações especiais, desde que plenamente justificado pelo técnico.

A versão anterior do Manual do DENATRAN estabelecia outros volumes mínimos de tráfego para situações como a existência de cruzamentos com mais de quatro aproximações, e ainda, em situações específicas, que sejam devidamente justificadas pelos técnicos responsáveis (Moreira e Neto, 2007). Outro critério utilizado por técnicos diz respeito ao uso do solo nas proximidades da área de conflito como, por exemplo, presença de escolas com travessias de público infantil, locais de público com mobilidade reduzida e centros comerciais. O uso de mais de um critério para estabelecer a necessidade de implantação de semáforo também é bastante utilizado e está apontado no Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito – Volume V Sinalização Semafórica (2014).

## **2.2. Método MCDA**

De acordo com Bouyssou (1989), a análise multicritério constitui-se em um novo paradigma para analisar contextos decisórios e auxiliar à tomada de decisão. A Metodologia Multicritério de Apoio à Decisão (MCDA) considera que na etapa de tomada de decisão devem ser considerados tanto os aspectos objetivos como subjetivos. Estes aspectos considerados inseparáveis e interconexos num processo decisório, onde os de natureza subjetiva estão associados a julgamentos de indivíduos participantes do processo e os objetivos são decorrentes das características das opções (Bana e Costa, 1993).

Para Holz *et al.* (1996), a adoção do construtivismo na busca da identificação de hipóteses de trabalho para se fazer recomendações tem o intuito de se fazer possível que os atores envolvidos no processo decisório progridam de acordo com seus valores e objetivos.

Por meio da interatividade entre os atores, obtêm-se um processo de discussão crítica, chegando ao produto desta interação que é a construção de uma estrutura partilhada pelos intervenientes no processo. O inter-relacionamento do subsistema de ações com o subsistema

de atores compõe o sistema do processo de apoio à decisão.

De acordo com Ensslin *et al.* (2001), o primeiro passo num processo de Apoio à Decisão, deve ser a identificação dos atores envolvidos na tomada de decisão e escolhidos os decisores que participarão ativamente na construção do modelo. Os atores são todos os indivíduos envolvidos, direta ou indiretamente, no processo de tomada de decisão e que possuem um mesmo sistema de valores (Roy, 1996). Eles podem ser classificados em dois tipos: intervenientes e agidos, sendo que os atores intervenientes têm o poder de decisão e os atores agidos não possuem participação direta no processo de decisão, apesar de poderem pressionar os demais atores e influenciar indiretamente seu sistema de valores, por serem afetados pelas decisões tomadas (Bana e Costa, 1995).

A análise crítica dos aspectos abordados pelos decisores gera um melhor entendimento do problema, ao mesmo tempo em que se estabelece um processo de aprendizagem contínua entre os decisores, surgem novas interpretações, cabendo ao facilitador captar todo o potencial deste processo, traduzindo assim o sistema de valor dos decisores e uniformizando seus conhecimentos.

Segundo Ensslin *et al.* (2010), a MCDA-C surgiu como uma ramificação do MCDA tradicional para apoiar os decisores em contextos complexos, conflituosos e incertos. São complexos por envolverem múltiplas variáveis qualitativas e quantitativas, parcialmente explicitadas ou não. São conflituosos por envolverem múltiplos atores com interesses não necessariamente alinhados ou com preocupações distintas do decisor, que não tem interesse de confrontá-los, mesmo reconhecendo que eles estarão disputando os escassos recursos e são incertos por requererem o conhecimento de informações quantitativas e qualitativas que os decisores reconhecem não saber quais são, mas que desejam conhecer para tomar decisões consistentes.

### *2.2.1. Determinação dos Critérios*

De acordo com o Roy (1996), chama-se critério uma ferramenta que permite comparar alternativas de acordo com um particular “eixo de significância” ou com um “ponto de vista”. Em um problema multicritério, os critérios devem representar de forma clara e correta o juízo de valores do decisor e devem ser determinados com base nos objetivos do decisor, envolvendo, portanto, sua participação.

### *2.2.2. Estruturação do Modelo Multicritério*

A estruturação do Modelo Multicritério é uma etapa de extrema importância para o desenvolvimento de um modelo realmente representativo, devendo abranger os aspectos elucidativos no processo de decisão. A fase de estruturação é composta de cinco etapas:

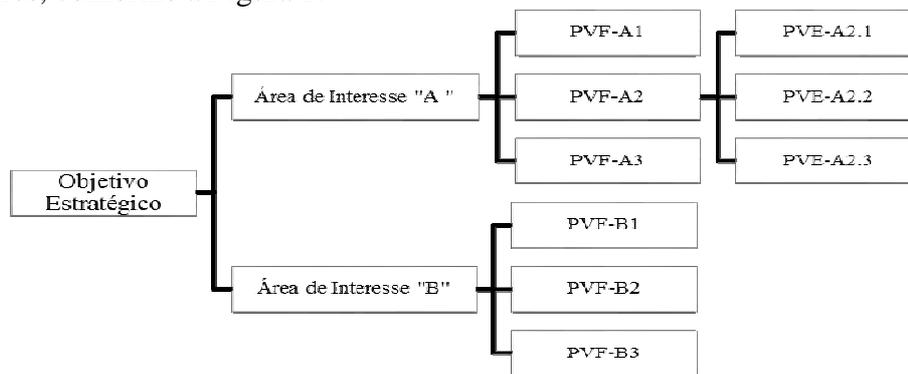
- a) Definição do problema;
- b) Definição dos Elementos Primários de Avaliação;
- c) Identificação dos Pontos de Vista Fundamentais;
- d) Construção da Arborescência dos Pontos de Vista; e
- e) Construção dos Descritores.

A definição de um problema constitui uma representação da situação na qual o decisor pretende modificar, sendo que essa representação pode ser realizada por meio de mapa cognitivo. Segundo Osborn (1993), na construção do mapa cognitivo é normalmente utilizada

a técnica de *brainstorming*, com o objetivo de identificar os elementos primários de avaliação.

De acordo com Dutra (1998), os Pontos de Vista Fundamentais (PVF) correspondem aos eixos de avaliação do problema e podem ser definidos como qualquer aspecto considerado fundamental por pelo menos um decisor para avaliação do problema, pois explicitam os valores que os decisores consideram importantes no contexto decisório. Aqueles pontos de vista que por uma razão qualquer não foram considerados fundamentais, são chamados Pontos de Vista Elementares (PVE), sendo estes meios para se alcançar pontos de vista fundamentais. Muitas vezes diversos pontos de vista elementares formam um ponto de vista fundamental, ou seja, o PVF representa um fim comum para o qual contribuem diversos valores mais elementares.

A partir da identificação dos Pontos de Vista Fundamentais, pode-se ter sua representação por meio de uma estrutura chamada Arborescência dos Pontos de Vista (Bana e Costa, 1993). O modelo de arborescência dos Pontos de Vista é representado por uma estrutura que torna possível observar mais claramente todos os aspectos considerados importantes no contexto decisório, facilitando a compreensão dos atores envolvidos e auxiliando a construção dos descritores, conforme a Figura 1:



**Figura 1:** Modelo de arborescência dos Pontos de Vista

Fonte: Bana e Costa (1993)

Conforme Bana e Costa (1992), os descritores constituem um conjunto de níveis que são utilizados como base para descrever impactos das ações potenciais em cada ponto de vista fundamental, sendo que sua função é mensurar o grau em que um determinado descritor é atingido. Um descritor deve possuir as seguintes propriedades (Keeney, 1996):

- Mensurabilidade: os níveis de impacto devem ser bastante claros, de forma a não deixar dúvidas quanto ao aspecto avaliado;
- Operacionalidade: os descritores devem ser capazes de descrever as possíveis consequências quanto a um ponto de vista e deve ser permitido o julgamento de valores entre os níveis de impacto destas ações e entre outros pontos de vista;
- Inteligibilidade: devem ser bem entendidas por todos tanto a descrição das consequências de uma dada ação, quanto à interpretação desta consequência em relação a um ponto de vista.

### 2.2.3. Avaliação do Modelo

A avaliação do Modelo constitui a fase de realização de julgamentos absolutos de diferença de atratividade entre os níveis de um descritor, obtendo-se assim as funções de valor que irão traduzir o grau de atratividade deste descritor. Ainda nesta fase são calculadas as taxas de

substituição, que são responsáveis por determinar o grau de importância dado a cada ponto de vista para a obtenção das preferências.

De acordo com Beinat (1995) as funções de valor representam os julgamentos dos decisores, por meio de uma escala numérica, que possui uma descrição de suas preferências com relação à avaliação de ações. As funções de valor podem ser obtidas mediante julgamentos semânticos realizados pela comparação da diferença de atratividade entre duas ações potenciais quaisquer, sempre aos pares (Larichev e Moshkovich, 1997).

De acordo com Wagner (1986), o *software* MACBETH SCORES (*Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique*), desenvolvido por Bana e Costa e Vasnick (1995), utiliza modelos de programação linear para determinar funções de valor, de forma a representar os julgamentos dos decisores, sendo que utiliza uma escala semântica para definir as diferenças de atratividade entre as ações.

### **3. MÉTODO**

O modelo multicritério para a implantação de sinalização semafórica proposto neste trabalho é baseado nas técnicas de engenharia de tráfego. Para a realização deste estudo, utilizou-se a abordagem quantitativa na descrição da metodologia e a qualitativa do tipo descritiva exploratória, pois o presente estudo se caracteriza por uma busca mais aprofundada do conhecimento sobre o assunto proposto, abordando referências importantes para o trabalho.

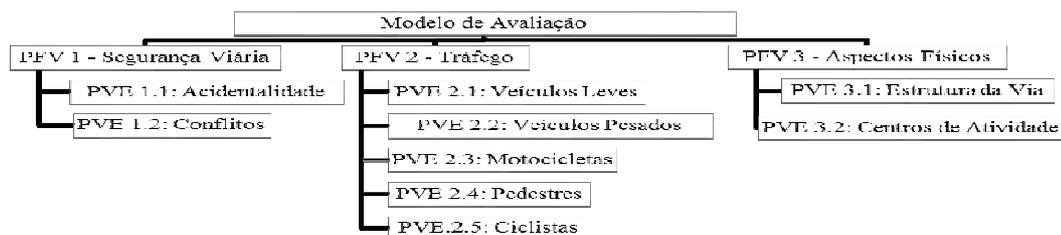
#### **3.1. Construção do modelo multicritério para a implantação de sinalização semafórica.**

Aplicou-se a Metodologia Multicritério de Apoio à Decisão – MCDA (Bana e Costa, 1992) para identificar, priorizar, quantificar e ponderar os aspectos considerados relevantes no processo de avaliação para a implantação de semáforos. Será possível identificar uma ordem de prioridade daqueles pontos urbanos que são mais críticos, orientando assim a tomada de decisão do gestor para sua implantação, tendo sido considerados na análise os interesses dos diversos atores ou usuários do referido dispositivo de sinalização: motoristas (de veículos leves, pesados e motociclistas); pedestres; e ciclistas.

Houve necessidade de conciliação dos conflitos existentes, uma vez que estes atores possuem valores, objetivos e percepções distintas. Por intermédio da prática de *brainstorming*, procurou-se extrair do grupo de decisores (técnicos que trabalham na área em estudo), os aspectos julgados relevantes para a hierarquização de vias candidatas à implantação de semáforos.

Por meio de um processo construtivista foi estruturado um modelo para avaliação das vias urbanas, considerando as necessidades e anseios dos usuários, traduzidos através da utilização de aspectos quantitativos e também qualitativos, tendo sido estabelecido os critérios identificados como relevantes pelos decisores, agrupados em três áreas de interesse, conforme descrito na Figura 2.

Em seguida foi estabelecida a escala para mensurar a avaliação local de cada interseção, com relação ao aspecto analisado, conforme os julgamentos semânticos dos decisores, e com a utilização do *software* MACBETH, conforme detalhado na Tabela 3.



**Figura 2:** Estrutura do Modelo de Avaliação para a implantação de Sinalização Semafórica.  
Fonte: Elaborado pelos autores

**Tabela 3:** Escala para mensurar a avaliação local de cada interseção

PVF	PVE	Nível de Impacto	Detalhamento do Descritor	Função de Valor
PVF 1 Segurança Viária	PVE 1.1 Acidentalidade	N1 (bom)	Número de acidentes ≥ 15 por mês	100
		N2	≥ 10 por mês	75
		N3 (neutro)	= 0	0
	PVE 1.2 Conflitos	N1 (bom)	O uso de Sinalização não elimina os movimentos conflitantes	100
		N2 (neutro)	O uso de Sinalização elimina parcialmente os movimentos conflitantes	0
		N3	O uso de Sinalização elimina os movimentos conflitantes	-100
PVF 2 Tráfego	PVE 2.1 Veículos Leves	N1 (bom)	≥ 40 veículos/min	100
		N2 (neutro)	≥ 30 veículos/min	0
		N3	≤ 29 veículos/min	- 25
	PVE 2.2 Veículos Pesados	N1	≥ 15 veículos/min	125
		N2 (bom)	≥ 10 veículos/min	100
		N3 (neutro)	≤ 9 veículos/min	75
	PVE 2.3 Motocicletas	N1 (bom)	≥ 50 veículos/min	100
		N2 (neutro)	≥ 20 veículos/min	75
		N3	≤ 19 veículos/min	50
	PVE 2.4 Pedestres	N1 (bom)	≥ 10 pedestres/min	100
		N2 (neutro)	≥ 5 pedestres/min	50
		N3	≤ 4 pedestres/min	25
	PVE 2.5 Ciclistas	N1 (bom)	≥ 10 ciclistas/min	100
		N2 (neutro)	≥ 5 ciclistas/min	50
		N3	≤ 4 pedestres/min	25
PVF 3 Aspectos Físicos	PVE 3.1 Estrutura da Via	N1	Mão dupla sem canteiro	125
		N2 (bom)	Mão dupla com canteiro	100
		N3 (neutro)	Duplicada	50
	PVE 3.2 Centros de atividade	N1	Proximidade a Shopping Centers	150
		N2 (bom)	Proximidade de Escolas	100
		N3 (neutro)	Proximidade de Comércio local	75

Fonte: Elaborado pelos autores

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme dados disponibilizados pelo DENATRAN, gestor do Registro Nacional de Veículos Automotores – RENAVAM, a cidade de Campina Grande-PB possui frota registrada em novembro de 2017 de 171.507 veículos, sendo que a frota daquela cidade é composta conforme a Tabela 4:

**Tabela 4:** Frota de Veículos da cidade de Campina Grande-PB

Tipo de Veículo	Quantidade	Representatividade
Automóveis	95.293	56%
Caminhões	5.135	3%
Ônibus e Micro-ônibus	1.223	1%
Motocicletas e Similares	65.934	40%
Total	171.507	100%

Fonte: Elaborada pelos autores com base nos dados do DENATRAN

Ainda conforme dados extraídos do RENAVAM, há 10 anos a frota da referida cidade era de 78.677, ou seja, em uma década a frota da cidade de Campina Grande-PB cresceu 118%. Nesse mesmo período, a frota nacional passou de 46.937.138 para 95.099.183, registrando crescimento de 102%. Uma das consequências desse crescimento foi a saturação de importantes vias do sistema viário de Campina Grande-PB, e a crescente demanda pela implantação de controle semafórico nas interseções para melhoria da mobilidade urbana.

A malha viária possui diversos cruzamentos e pontos de conflito, muito em conta da configuração reticulada da cidade, resultando na existência de um grande número de interseções. Atualmente existem 96 semáforos implantados pela Superintendência de Trânsito e Transporte Público, na qualidade de órgão executivo de trânsito municipal de Campina Grande-PB.

Diante dessa realidade, foi proposta a utilização do modelo de avaliação descrito, como um instrumento para permitir estabelecer uma ordem de prioridades, apoiando a tomada de decisão dos técnicos de trânsito para a implantação deste dispositivo. Para elucidar a aplicação do modelo de avaliação, foram escolhidas três interseções críticas localizadas na Av. Mal. Floriano Peixoto, principal rua da cidade. A referida avenida apresenta crescimento de demanda e oferta de serviços com a implantação de edificações que caracterizam Polos Geradores de Viagens – PGV. Nas interseções escolhidas, são observados importantes conflitos entre o tráfego de passagem e o tráfego local, gerando problemas de travessia para os veículos, os ciclistas, e os pedestres, conforme:

- a) Interseção 1 - Av. Mal. Floriano Peixoto x Rua Nilo Peçanha;
- b) Interseção 2 - Av. Mal. Floriano Peixoto x Rua Prof. Almeida Barreto;
- c) Interseção 3 - Av. Mal. Floriano Peixoto x Rua Vidal de Negreiros.

A Tabela 5 apresenta a caracterização destas interseções, segundo os critérios de avaliação do modelo proposto:

**Tabela 5:** Caracterização das interseções segundo os critérios do modelo proposto

PVF	PVE	Interseção 1	Interseção 2	Interseção 3
PV1 Segurança Viária	PVE 1.1 Acidentalidade	20	7	5
	PVE 1.2 Conflitos	Implantação elimina parcialmente os conflitos	Implantação elimina parcialmente os conflitos	Implantação elimina parcialmente os conflitos
PVE 2 Tráfego	PVE 2.1 Veículos Leves	35	60	80
	PVE 2.2 Veículos Pesados	20	20	25
	PVE 2.3 Motocicletas	45	60	60
	PVE 2.4 Pedestres	5	8	25
	PVE 2.5 Ciclistas	4	6	20
PVE 3 Aspectos Físicos	PVE 3.1 Estrutura da Via	Principal: duplicada Secundária: sentido único	Principal: duplicada Secundária: mão dupla sem canteiro	Principal: duplicada Secundária: Mão dupla sem canteiro
	PVE 3.2 Centros de atividade	Não existe centros de atividade relevantes	Proximidade de Comércio Local	Proximidade de Shopping Center

Fonte: Elaborado pelos autores

Utilizando as funções de valor obtidas no modelo, foram determinadas as pontuações locais de cada interseção, com relação ao aspecto analisado, conforme Tabela 6:

**Tabela 6:** Avaliação global das interseções

Área de Interesse	Interseção 1	Interseção 2	Interseção 3
Segurança Viária	30	17	15
Tráfego	27	37	48
Aspectos Físico	10	8	10
Avaliação Global	67	62	73

Fonte: Elaborado pelos autores

Os resultados indicaram a Interseção 3 como prioritária dentre as interseções analisadas para a implantação de sinalização semafórica, superando a Interseção 1 com uma margem de 15,87% de diferença. A Interseção 2, apesar de apresentar resultado superior à Interseção 1, na Área Tráfego e superior à Interseção 3 na Área de Segurança Viária, apresentou desempenho global abaixo das demais interseções. A Interseção 1, apresentou resultado superior na Área de Segurança Viária, sendo que neste quesito essa interseção representa quase que a totalidade da soma das demais interseções, contribuindo para avaliação global significativa, o que demonstra que a observação de indicadores isoladamente pode não resultar em um julgamento correto. Assim, os resultados obtidos mostram a vantagem de se utilizar modelos agregados, que permitam avaliar todos os parâmetros de uma forma conjunta.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A necessidade de implantação de sinalização semafórica deve levar em consideração diversos aspectos, sendo que uma maneira possível para o desenvolvimento desta tarefa é através da utilização de simuladores de tráfego. Todavia, para a utilização deste recurso, é necessária uma extensa coleta de dados de tráfego em campo, sendo que a Metodologia Multicritério de Apoio à Decisão (MCDA) surgiu como alternativa viável.

A aplicação da MCDA apresentou vantagens como, por exemplo, o processo de discussão entre os decisores e a geração de uma maior compreensão da problemática. Os métodos de

análise para a implantação de sinalização semafórica cumprem a função de identificar a necessidade deste dispositivo nas vias urbanas sem estabelecer um nível de prioridade entre estas interseções.

O modelo multicritério apresentado neste trabalho permite aos decisores hierarquizar as interseções das vias urbanas candidatas a receberem o semáforo, estabelecendo uma relação de prioridade, segundo seus juízos de valor. O modelo ainda é uma ferramenta importante de apoio na tomada de decisão, permitindo que os recursos disponíveis para o gerenciamento e controle do tráfego urbano sejam utilizados de forma mais eficiente.

O estudo realizado na cidade de Campina Grande-PB mostrou uma aplicação do modelo com base na escala de preferências definidas pelos decisores, tendo sido obtida uma pontuação global para cada interseção, permitindo estabelecer uma ordem de importância para a implantação do controle semafórico. A existência de um resultado numérico capaz de traduzir esta ordem de preferência é um importante instrumento para apoiar a tomada de decisão, inibindo que outros aspectos interfiram no processo de escolha.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bana e Costa, C. A. (1992) *Structuración, Construction et Exploitation d'un modèle multicritère d'aide à la decisión*, PhD Thesis – Universidade Técnica de Lisboa.
- Bana e Costa, C. A. (1993) *Três Convicções Fundamentais na Prática do Apoio à Decisão. Pesquisa Operacional*, v. 13 , n.1, pp. 09-20.
- Bana e Costa, C. A. (1995) *Processo de Apoio à Decisão: Problemáticas, atores e ações*, Apostila do Curso de Metodologias Multicritério em Apoio à Decisão, ENE, UFSC, Florianópolis.
- Bana e Costa, C. A. e J. C. Vasnick (1995) *Uma Abordagem ao Problema de Construção de uma Função de Valor Cardinal: MACBETH*. *Investigação Operacional*, v. 15, p. 15-35.
- Beinat, E. (1995) *Multiattribute Value Functions for Environmental Management*. Amsterdam: Tinbergen Institute Research Series.
- DENATRAN (1984) *Manual de Semáforos*. Departamento Nacional de Trânsito, Brasília.
- DENATRAN. *Frota de Veículos*. Departamento Nacional de Trânsito, Brasília. Disponível em <<http://www.denatran.gov.br/estatistica/237-frota-veiculos>> Acesso em: jan. 2018
- CONTRAN (2014) *Manual Brasileiro de Sinalização – Volume V Sinalização Semafórica*. Conselho Nacional de Trânsito, Brasília.
- Bouyssou, D. (1989) *Modeling inaccurate determination, uncertainty, imprecision using multiple criteria*. In: Lockett, A. G. , Islei, G. (eds.) *Improving Decision Making in Organizations*, pp. 78-87, Berlin: Springer.
- Cucci Neto, J. (2016) *Um breve histórico sobre os manuais semafóricos brasileiros*. Companhia de Engenharia de Tráfego de São Paulo – CET. São Paulo.
- Costa, G. M e G. S. Bastos (2012) *Semáforo Inteligente: uma aplicação de aprendizagem e reforço*. Anais do XIX Congresso Brasileiro de Automática, CBA. 2012.
- Dutra, A. (1998) *Elaboração de um Sistema de Avaliação de Desempenho dos Recursos Humanos da Secretaria de Estado da Administração – SEA à luz da Metodologia Multicritério de Apoio à Decisão*. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- Ensslin, L; G. Montibeller Meto e S. M. Noronha (2001) *Apoio à Decisão. Metodologias para Estruturação de Problemas e Avaliação Multicritério de Alternativas*. Editora Insular. Florianópolis, 2001.
- Ensslin, L; E. Giffhorn, E.; S. R. Ensslin; S. M. Petri e W. B. Vianna (2010) *Avaliação do desempenho de empresas terceirizadas com o uso da metodologia multicritério de apoio à decisão construtivista*. *Pesquisa Operacional*, 30 (1), 125-152.
- Holz, E; A. Costa; F. S. Martins e F. Junior (1996) *As convicções do Processo de Apoio à Decisão*. MCDA I – EPS/UFSC.
- Keeney, R. L. (1996) *Value-Focused Thinking*. England: Harvard University Press.
- Larichev, O. I. e H. M. Moshkovich (1997) *Verbal Decision Analysis for Unstructured Problems*. Amsterdam: Kluwer Academic Publishers.
- Moreira, M. E. P e W. A. P. Neto (2007) *Modelo Multicritério para a Priorização de Interseções Candidatas a Implantação de Controle Semafórico*. Anais do XXI Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes,

- ANPET, Rio de Janeiro, v. 1, p. 1–12.
- Osborn, A.F. (1993) *Applied Imagination*. Buffalo: Creative Education Foundation, 3 Ed.
- Roy, B. (1996) *Multicriteria Methodology for Decision Aiding*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Salimifard, K. e M Ansari (2013) *Modeling and Simulation of Urban Traffic Signals*. International Journal of Modeling and Optimization, Vol. 3, nº 2.
- Sheu, J. B. (2006) *A composite traffic flow modeling approach for incidente-responsive network traffic assignment*. Physica A, Vol. 367, 2006, pp. 461-478.
- Vilanova (2007) *Crêterios para a implanta o de semáforos*. Disponível em: < [http://www.sinaldetransito.com.br/artigos/criterios\\_implantacao\\_semaforos.pdf](http://www.sinaldetransito.com.br/artigos/criterios_implantacao_semaforos.pdf) >. Acesso em:jun. 2017.
- Wagner, H. M. (1986) *Pesquisa Operacional*. Rio de Janeiro: Prentice-Hall, 2 a, ed.

---

Carlos Magno da Silva Oliveira ([carlosmagno.oliveira@uol.com.br](mailto:carlosmagno.oliveira@uol.com.br))

Camila Padovan da Silva ([camilapadovans@hotmail.com](mailto:camilapadovans@hotmail.com))

Cláudio Moura Silva ([claudio\\_moura@yahoo.com.br](mailto:claudio_moura@yahoo.com.br))

Murilo de Melo Santos ([murilomsantos10@gmail.com](mailto:murilomsantos10@gmail.com))

Paulo César Marques da Silva ([paulocmsilva@gmail.com](mailto:paulocmsilva@gmail.com))

Programa de Pós-Gradua o em Transportes, Universidade de Brasília-UnB

Anexo SG-12, 1  andar Campus Universitário Darcy Ribeiro - Asa Norte – Brasília, DF, Brasil