

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE MINAS GERAIS
Instituto Politécnico da PUC Minas
Departamento de Engenharia de Produção – Campus Poços de Caldas

Prof. MSc. Rodrigo Furlan de Assis

Análise das Interseções Semaforizadas em nível na cidade de Poços de Caldas: Um Estudo
na Avenida João Pinheiro

Poços de Caldas

2021

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE MINAS GERAIS

Instituto Politécnico da PUC Minas

Departamento de Engenharia de Civil – Campus Poços de Caldas

Análise das publicações sobre parâmetros de estudos em Interseções Semaforizadas

Propostas de Projeto de Pesquisa submetido ao Fundo de
Incentivo à Pesquisa da PUC MINAS (FIP/PUC MINAS),
EDITAL N° 071/2019

Requerente: Prof. MSc. Rodrigo Furlan de Assis

Poços de Caldas

2021

Sumário

1. INTRODUÇÃO.....	4
1.1 Contexto.....	4
1.2 Justificativa e Formulação do Problema de Pesquisa	5
1.3 Relevância do Projeto de Pesquisa	6
1.3 Objetivos.....	6
1.3.1 Objetivo Geral e Escopo.....	6
1.3.2 Objetivos Específicos.....	7
1.4 Limitações da Pesquisa.....	7
2. REFERENCIAL TEÓRICO	8
2.1 Operação nas Interseções Semaforizadas.....	8
3. METODOLOGIA DA PESQUISA	12
3.1 Abordagem de Classificação da Pesquisa.....	12
3.2 Descrição das Etapas do Trabalho.....	13
3.3 Etapas da pesquisa bibliográfica.....	14
4. RESULTADOS OBTIDOS	15
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	20

1. INTRODUÇÃO

1.1 Contexto

O congestionamento do tráfego é uma das principais causas de perda de produtividade e diminuição do padrão de vida em ambientes urbanos. Além disso, o congestionamento do tráfego causa atrasos que agregam custos significativos à sociedade e às empresas diariamente, e aumentam o risco de acidentes. Para Garcia-Castro e Monzon (2014), os engarrafamentos são responsáveis por aumentar a emissão de CO₂ em até 30%, e de até 40% no consumo de combustível.

Nesse sentido, Warberg e Larsen (2008) afirmam que para aliviar o congestionamento do tráfego, existem basicamente duas soluções: melhorar o transporte público ou expandir a infraestrutura viária. Nas áreas urbanas, o último geralmente é impossível devido às áreas residenciais adjacentes às vias existentes. Os mesmos autores indicam que uma maneira mais sutil de melhorar o desempenho da rede é fazer melhor uso das vias existentes, o que pode ser alcançado em parte pela configuração adequada e otimização dos parâmetros dos sinais de trânsito, aumentando a eficiência geral do fluxo de veículos e reduzindo as perdas.

Entre os elementos da infraestrutura viária que influenciam no congestionamento é possível destacar as interseções de vias semaforizadas. Neste ponto, por decorrência da complexidade de operações é possível identificar uma série de conflitos que, eventualmente, resultam em acidentes caso as soluções utilizadas para o controle de tráfego não sejam adequadas.

Segundo a WEF (2018), entre as soluções de controle de tráfego, a utilização de semáforos em áreas de interseção é importante para a qualidade de vida local e para vários serviços essenciais, como transporte público, ambulâncias, corpo de bombeiros e polícia. Nesse contexto, a otimização dos parâmetros da sinalização semafórica é uma das técnicas mais importantes para reduzir o congestionamento, o consumo de combustível, o número de paradas, entre outros problemas.

Vários estudos envolvendo otimização de sinais de tráfego podem ser encontrados na literatura. Webster (1964) usou métodos determinísticos para configurar ciclos de sinal para cruzamentos isolados. Posteriormente, os esforços concentraram-se na otimização do sinal

de tráfego nas redes, aplicação de algoritmos e a utilização de processos heurísticos evolutivos.

A presente pesquisa tem por proposta realizar um estudo bibliográfico sobre os parâmetros de tráfego em intersecções semaforizadas com a proposta geral de identificar estudos que apresentaram análises sobre as condições de melhoria para áreas de risco de fluxo veicular.

1.2 Justificativa e Formulação do Problema de Pesquisa

A Prefeitura de Poços de Caldas (2019) apresentou um conjunto de análises que resultaram no modelo de Mobilidade Urbana. O relatório apresenta material compõe o RELATÓRIO PRELIMINAR: Diagnóstico do Sistema de Mobilidade Urbana do município de Poços de Caldas, objeto do Contrato de Prestação de Serviços firmado entre a Prefeitura Municipal de Poços de Caldas e a Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI – Campus Itabira, por intermédio do Curso de Engenharia da Mobilidade, para a “Elaboração do Plano de Mobilidade Urbana de Poços de Caldas”.

Contudo, por ser um estudo preliminar somente foram apresentados dados superficiais da situação atual referentes a 23 intersecções sobre os seguintes parâmetros:

- a caracterização de correntes de tráfego;
- capacidade;
- fluidez e nível de serviço.

Dessa forma, a presente pesquisa utilizará como instrumento de pesquisa as intersecções existentes na Avenida João Pinheiro em Poços de Caldas, conforme destacado na Figura 1.

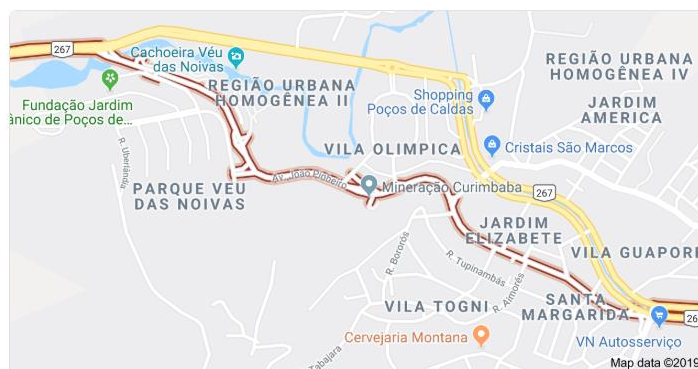


Figura 1 - Referência da Avenida João Pinheiro. Fonte: Google Maps (2019).

A partir disso, a pergunta da presente pesquisa é:

De que maneira é possível otimizar os parâmetros das interseções semaforizadas presentes na área central de uma cidade?

1.3 Relevância do Projeto de Pesquisa

O trabalho tem relevância para o departamento de engenharia de civil da PUC-Minas, campus Poços de Caldas, e para a cidade de Poços de Caldas.

Para o departamento de engenharia de civil da PUC-Minas campus Poços de Caldas o projeto tem relevância uma vez que estabelece os vínculos iniciais de pesquisa na área de engenharia de tráfego, bem como passa a potencializar as competências em relação a assuntos vinculados à área de transporte, assim como, oferece a possibilidade de pesquisar e desenvolver um tema que ajuda a resolver problemas reais no contexto da cidade de Poços de Caldas.

Para a cidade de Poços de Caldas, o benefício do projeto decorre do fato da contribuição para o avanço das práticas de pesquisa na área de transporte, bem como ampliar o escopo do processo de tomada de decisão frente às políticas de definição de parâmetros para o controle de tráfego.

1.3 Objetivos

Ao considerar a engenharia de transporte como uma oportunidade estratégica para o desenvolvimento no cenário econômico, os objetivos definidos para a presente pesquisa estão descritos a seguir:

1.3.1 Objetivo Geral e Escopo

O objetivo geral da presente pesquisa é realizar uma revisão bibliográfica sistemática da literatura aplicada aos parâmetros que afetam as dinâmicas de fluxo de tráfego de veículos em centros urbanos. A proposta tem por objetivo identificar base de fundamentação teórica sobre os fatores de impacto documentados na literatura internacional para representar o problema em situações reais, tendo em vista a sua relevância para o planejamento e gerenciamento do sistema de transporte rodoviário.

1.3.2 Objetivos Específicos

Dentro deste escopo são apresentados, de forma detalhada, os objetivos específicos:

- Revisar a indicação dos fatores documentos pelos órgãos de fiscalização de âmbito federal, estadual e municipal;
- Construir modelo de consulta baseado em palavra-chaves às seguintes bases de dados: Academic Search Premier - ASP (EBSCO); Cambridge Journals Online; Oxford Journals (Oxford University Press); ScienceDirect (Elsevier); SpringerLink (MetaPress); Wiley Online Library; ACM Digital Library; ACS Journals Search; Emerald Fulltext (Emerald), OneFile (GALE) e IEEE Xplore.

1.4 Limitações da Pesquisa

De modo geral, toda e qualquer pesquisa possui limitações. Dessa forma, essa proposição não pretende encerrar todas as possibilidades de pesquisas presentes na relação das atividades que compõe a análise da engenharia de tráfego na cidade de Poços de Caldas, mas sim representar a realização de um estudo limitado a uma hipótese, em um período determinado, com um conjunto de técnicas definidas, tendo como base um conjunto de características específicas.

Tomando por base a estrutura da presente pesquisa foi identificada a seguinte limitação para a pesquisa: obtenção dos dados ficou limitada ao campo teórico, sendo necessário no futuro investigação prática sobre as condições das intersecções semaforizadas na cidade de Poços de Caldas.

As limitações aqui explicitadas representam oportunidades de pesquisa que podem ser exploradas em trabalhos futuros.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Operação nas Interseções Semaforizadas

Para Lacortt (2013), a mobilidade está passando por constantes mudanças, tanto em termos de volume quanto de padrões espaciais. A infraestrutura de tráfego deve responder a esse processo contínuo de mudança. Onde surgem gargalos, podem ser feitas melhorias em toda uma paleta de medidas, variando de gerenciamento de tráfego e preços até a expansão da capacidade em trechos de rodovias e cruzamentos.

Dentro de um contexto de transporte, um movimento identifica a origem e o destino dos veículos em uma rede de tráfego. Dois movimentos são conflitantes quando se cruzam em um cruzamento. A Figura 1 mostra o esquema de um cruzamento com duas ruas de mão única e seus movimentos permitidos, juntamente com o diagrama de estágios correspondente, que ilustra a alocação de movimentos para cada etapa (DENATRAN, 1984).

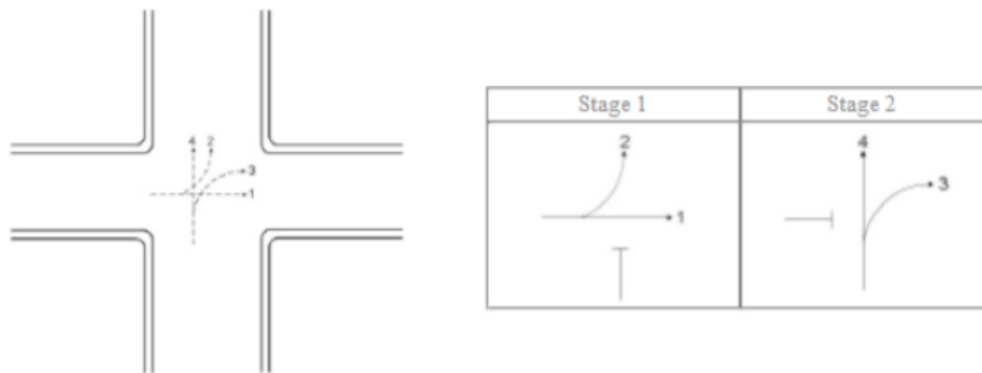


Figura 2 - Interseção com quatro movimentos permitidos e seu diagrama de estágios. Adaptado de DENATRAN (1984)

Para Li et al. (2007), analisar o comportamento de um veículo na estrutura viária, deve-se levar em conta que o movimento e a trajetória do veículo são uma função de:

- Fatores controláveis pelo motorista, que decidem as características do referido movimento a cada momento, compatíveis com os limites físicos;
- Fatores involuntários, como geometria e natureza do circuito, presença de outros veículos e motoristas na estrada, semáforos e outros sinais de trânsito.

A presença de outros veículos na via e a relação entre seus movimentos geram um movimento na forma de um fluxo, que é analisado de acordo com diferentes parâmetros

físicos, matemáticos e estatísticos. A análise desse fluxo será feita através dos modelos de tráfego (MLADENOVIC et al., 2016).

Para Oprica e Vinătoru (2011), os modelos desenvolvidos para estudar o fluxo de veículos analisam variáveis básicas de tráfego, como velocidade, intensidade ou densidade e sua possível evolução ao longo do tempo. Os modelos de tráfego são classificados em modelos microscópicos e macroscópicos.

Nos modelos microscópicos, o comportamento do veículo é estudado individualmente, sendo influenciado pelo comportamento dos outros veículos, portanto, há uma interação entre todos os veículos no sistema. Diferentemente dos modelos anteriores, os macroscópicos buscam capturar relações globais de fluxo de tráfego, utilizando variáveis que afetam todo o conjunto de veículos, como densidade ou intensidade de tráfego (CHEN et al., 2016).

Vários métodos são usados para controlar conflitos no fluxo de tráfego nos cruzamentos. A seleção de um desses métodos depende do tipo de interseção e do volume de tráfego de cada ponto de conflito. Os tipos mais importantes de controle de interseção são descritos abaixo:

- Sinal de passagem: os motoristas que se aproximam dessa indicação precisam diminuir a velocidade. A detenção para este sinal não é obrigatória, mas deve ser feita quando necessário, para não interferir no tráfego na via;
- Sinal de parada: usado quando um veículo que se aproxima de um cruzamento é necessário para parar, os quais podem ser usados em estradas menores que cruzam com estradas maiores (mais rápidas);
- Sinais para canalização de cruzamentos: Indica quais faixas são usadas para virar ou continuar na mesma direção;
- Semáforos: podem indicar que um carro deve parar ou que pode continuar avançando ou virando em um cruzamento. Esse sinal é o usado nas interseções estudadas neste projeto. A programação ou configuração adequada dos semáforos ajuda a obter um tráfego tranquilo e mantém os tempos de espera dos motoristas em níveis aceitáveis, enquanto uma configuração inadequada produz congestionamentos e altos tempos de espera.

O sinal de trânsito é um dispositivo de controle que coordena o fluxo de motoristas e pedestres nos cruzamentos com duas ou mais estradas que chegam. Nesse sentido, alguns conceitos são importantes para serem entendidos quando estamos estudando engenharia de tráfego. Segundo o DENATRAN (1984), um ciclo é o tempo total (em segundos) para a sequência completa de sinalização em um cruzamento. Uma fase é uma sequência de cores aplicada ao fluxo de tráfego e, geralmente, cada fase de um ciclo corresponde a um sinal de tráfego físico na rua. Etapas são os períodos das fases correspondentes à sinalização (cores vermelha ou verde). Um período inter-verde é o tempo gasto entre o final de uma etapa e o início de uma nova. Um diagrama de tempo associa momentos variáveis, sequências de cores e duração das fases. A Figura 2 mostra um diagrama de tempo para a interseção mostrada na Figura 1.



Figura 3 - Diagrama de tempo com duas fases e duas etapas. Adaptado de DENATRAN (1984)

O conceito de otimização utilizado significa a definição de parâmetros de operação para uma determinada rede de tráfego ao longo do tempo. Esses parâmetros operacionais formam um Plano de Sinal de Tráfego, que por sua vez deve conter os seguintes parâmetros para cada interseção: número, sequência e duração de fases e estágios, tempo de ciclo e tempos de compensação.

Para Chen et al. (2012), o controle de sinais de trânsito tem uma longa história, iniciada em 1864, quando os policiais usavam o semáforo para orientar o tráfego em Londres.

Em 1914, o primeiro dispositivo elétrico de sinalização de trânsito foi instalado em Cleveland, Ohio, EUA, para completar o salto do semáforo para a eletrificação. Depois disso, o controle de sinais continuou se desenvolvendo continuamente. Com a aceleração da urbanização e a popularidade dos veículos, a contradição entre o recurso rodoviário limitado e o número crescente de carros chama a atenção da sociedade.

Para Webster (1964), considerando o produto dessa contradição, como congestionamentos no tráfego, poluição ambiental e assim por diante, é necessário descobrir métodos razoáveis de alocação de recursos viários para aliviar esse conflito. Como um método eficaz de alocação de recursos viários, a TSC chamou atenção suficiente. O trabalho de pesquisa teórica sobre a otimização do TSC pode remontar a meados do século XX.

Enquanto isso, a gestão semafórica atual também se desenvolve de pontos únicos para direção sistemática com o surgimento de várias gerações de sistemas de gerenciamento de tráfego, tais como: TRANSYT, SCOOT, SCATS e assim por diante. Esses sistemas de gerenciamento de tráfego não apenas contêm o controle básico de sinais para interseções, mas também as estratégias de fusão e coordenação de informações para o cruzamento, as funções de previsão e indução do fluxo de tráfego. No entanto, analisar o comportamento semafórico para cruzamentos ainda é uma parte muito importante e básica de todo o sistema. (D'AMBROGIO et al., 2009).

3. METODOLOGIA DA PESQUISA

3.1 Abordagem de Classificação da Pesquisa

Para Gil (2008) entende-se por metodologia o conjunto de processos empregados na investigação e na demonstração da verdade. Além disso, Marconi e Lakatos (2011) afirmam que, na ciência, os métodos são os instrumentos básicos que estabelecem a forma de proceder de um cientista até o alcance de um objetivo.

Para realizar a presente pesquisa, foi utilizada a abordagem de Silva e Menezes (2005) que consideram os seguintes aspectos para a classificação do processo de pesquisa: quanto à natureza, quanto à abordagem do problema, quanto aos objetivos e quanto aos procedimentos técnicos.

A presente pesquisa foi classificada, essencialmente, como básica, pois destina-se a discutir a importância de mecanismos de engenharia de tráfego para a otimização de interseções semaforicas.

Quanto à abordagem do problema, para Silva e Menezes (2005) uma pesquisa pode ser classificada em quantitativa ou qualitativa. Esta pesquisa apresenta abordagem qualitativa. Tal abordagem decorre da proposta de utilizar informações de artigos coletados diretamente nas bases mencionadas nos objetivos específicos.

Além disso, o presente trabalho tem características de pesquisa exploratória em relação à utilização do modelo de Webster, pois serão construídos cenários para a análise de possibilidades de melhoria em parâmetros, tornando os problemas mais explícitos e criando hipóteses para a busca de soluções a serem utilizadas na concepção da estrutura de melhorias das interseções semaforicas.

Através da classificação por meio de procedimentos técnicos, uma pesquisa pode ser definida como: bibliográfica, documental, experimental, levantamento, estudo de caso, pesquisa *expost-facto*, pesquisa-ação ou pesquisa participante (SILVA & MENEZES, 2005).

Com isso, para a presente pesquisa foram utilizados:

- Pesquisa Bibliográfica: realizada através de consulta de livros, anais de congressos, dissertações e teses defendidas, periódicos científicos nacionais e internacionais;

A fim de alcançar a base do conhecimento sobre o tema central da pesquisa, foi necessário executar pesquisas bibliográficas conduzidas por meio de uma revisão sistemática da literatura. Assim, será utilizada uma série de palavras-chave, nomes de autores e institutos de referência para o tema em questão. Para tanto, as seguintes bases de materiais científicos foram utilizadas na pesquisa bibliográfica: Science Direct; Google Scholar; Web of Science. A principal razão para a escolha destas bases foi em decorrência da cobertura global, e sua relação com o tema pesquisado.

3.2 Descrição das Etapas do Trabalho

A partir disso, faz-se necessário a utilização de metodologia para revisão sistemática, com a proposta de permitir ao pesquisador mapear e avaliar o território intelectual disponível a fim de tornar o conteúdo encontrado mais consistente e aderente a questão de pesquisa (Tranfield, Deyer e Smart, 2003).

Para a aplicação da revisão sistemática como forma de pesquisa, foi seguida a estrutura proposta na Tabela 1, a qual compreendeu as etapas de planejamento, análise e execução com suas respectivas cronologias para o presente projeto.

Tabela 1 - Estrutura básica para Revisão Sistemática

Etapa	Passo a seguir
1 - Planejamento da pesquisa	Definir a questão de pesquisa que irá direcionar a revisão da literatura.
	Definir a estratégia de pesquisa
	Definir os critérios de inclusão e ou exclusão dos trabalhos a serem analisados.
	Realizar uma seleção preliminar dos trabalhos
2 - Análise dos trabalhos publicados	Realizar uma análise profunda nos trabalhos selecionados
	Definir categorias para classificação dos trabalhos
	Organizar a análise e a profundidade dos trabalhos consultados
	Realizar a análise profunda dos trabalhos
3 - Execução da pesquisa	Apresentar os resultados da análise
	Apresentar as lacunas de pesquisas identificadas
	Apresentar oportunidades de pesquisas

3.3 Etapas da pesquisa bibliográfica

Conforme apresentado na Tabela 1, a primeira etapa é nomeada como planejamento da pesquisa. Essa etapa é decomposta em 4 partes, onde a primeira é descrita como a fase de definição da questão de pesquisa que irá direcionar a revisão da literatura. Para a conclusão dessa etapa foi utilizada como contexto compreender sobre quais condições é possível analisar os parâmetros de uma intersecção semaforizada. A partir disso, a proposta central é buscar responder à seguinte pergunta:

De que maneira é possível otimizar os parâmetros das interseções semaforizadas?

Uma vez estabelecida a pergunta da pesquisa, a pesquisa foi direcionada para a definição das estratégias de busca de trabalhos publicados que abordam o tema central da pesquisa, bem como uma tentativa, pelo menos aproximada, de responder à pergunta da pesquisa.

Para Alderson et al. (2004), dois passos são particularmente importantes quando se faz uma revisão bibliográfica compreensiva para identificar características de qualquer condição de estudo: (1) o estabelecimento de critérios de inclusão e (2) a estratégia de localizar e selecionar os estudos potenciais.

Na sequência foi definido o período para a pesquisa bibliográfica que cobriu os anos de 2010 a 2021, ditos como o período de publicações acerca do tema da pesquisa. As seguintes bases de materiais científicos foram utilizadas na pesquisa bibliográfica: Science Direct e Web of Science. A principal razão para a escolha destas bases foi em decorrência da cobertura global, e sua relação com o tema pesquisado.

Definida as bases para a pesquisa e a datação a ser utilizada como base para a formação das hipóteses iniciais da presente pesquisa, o passo seguinte foi definir o conjunto de palavras-chave, todas em inglês que direcionariam a pesquisa, e ainda serviriam como critério de seleção para os artigos. As palavras-chave foram organizadas conforme Tabela 2.

Tabela 2 – Palavras-chave definidas para a pesquisa na base de dados

Palavras-chave	
Traffic light analysis	Traffic light
Traffic light control models	Traffic light programming
Traffic light optimization	Traffic control models
Traffic simulator	Traffic Light Cycle Control
Urban Traffic Control	Traffic Signal Control

A partir disso, foram utilizados cinco critérios para selecionar e avaliar os estudos em potencial, conforme:

1. O artigo deve lidar com o tema proposto para a presente pesquisa;
2. Seja um artigo publicado entre 2010 e 2020 (segundo semestre) com avaliação e revisão por pares. Assim, outras formas de publicação não foram consideradas;
3. Inclua um estudo empírico com dados que pudessem ser analisados, sendo incluídos estudos conceituais e estudos de caso;
4. O artigo deve tratar explicitamente do tema da pesquisa, aparecendo os termos no título, resumo, e / ou palavra-chave;
5. O texto completo do artigo deve estar disponível para acesso, descartando-se aqueles que apenas apresentassem resumo ou que não foram disponibilizados pelos mecanismos básicos de acesso à base de artigos consultados;

Após a realização das etapas anteriores gerou-se uma base de dados Microsoft Excel que incluiu as informações relacionadas à pergunta apresentada acima.

4. RESULTADOS OBTIDOS

A partir dos critérios estabelecidos, a próxima etapa foi a seleção dos artigos e leitura dos mesmos. Nessa etapa diversos artigos foram excluídos, principalmente, pela não aderência ao tema proposto. Após a aplicação dos critérios restantes foi possível obter o conjunto de artigos pertinentes, conforme Tabela 3.

Tabela 3 – Relação de artigos

Artigo	Ideia geral	Considerações	Autores
A3-stage fuzzy-decision tree model for traffic signal optimization in urban city via a SDN based VANET architecture	O artigo tem como propósito apresentar o funcionamento utilização da arquitetura VANET baseado SDN para gerenciamento de tráfego em interseções sem alteração das infraestruturas de comunicação já existentes.	O estudo teve como resultado, que o modelo de decisão difusa aplicado no presente estudo tem entre 15 e 17% melhor desempenho que a sinalização em tempo fixo e equação de Webster, 9 a 11% melhor que a otimização de partículas e colônia de formigas quando submetido a baixa densidade de veículos, quando há alta densidade de tráfego, comparando com o modelo de Webster e sinalização de tempo fixo o desempenho é de 20 a 22% melhor e 14 a 15% em comparação com a enxame de partículas e otimização de colônias de formigas	Musa Balta, İbrahim Özçelik
A bilevel approach to enhance prefixed traffic signal optimization	O artigo identifica pontos de segmentação de horário para planejamento da temporização de semáforos pré-fixados, o estudo faz uma proposta de otimizar o controle de tráfego e problemas de segmentação nos intervalos de tempo, foram desenvolvidos algoritmos diversos para realização da otimização.	busca-se a estimativa segura e automática do número de segmentos de hora do dia, para isso concluíram que a adoção do critério de informação bayesiano adaptado, e o algoritmo PETE, sendo que este apresentou-se resultados confiáveis de acordo com a perspectiva da Engenharia de Tráfego, portanto alcançou o que se esperava inicialmente no estudo	Ricardo García-Ródenas, María L. López-García, María Teresa Sánchez-Rico, Julio Alberto López-Gómez
A New Multiobjective Signal Optimization for Oversaturated Networks	O artigo expõe uma metodologia que controla o tempo do sinal em redes densas e extremamente saturadas levando em consideração interseções lotadas, resolvida por algoritmo que obtém planos para temporizar semáforos.	artigo apresenta um estudo de caso de uma rede com nove interseções realizou-se uma comparação entre o modelo abordado no artigo e o modelo de taxa de transferência, como resultado obteve-se que o método proposto pelos autores foi efetivo, diminuindo os “transbordamentos” e os atrasos, sendo que o modelo de taxa de transferência nem sempre	Ponlathap Lertworawanich, Masao Kuwahara, Marc Miska

		diminui efetivamente a saturação, observa-se o contrário no modelo proposto.	
A Partition-Enabled Multi-Mode Band Approach to Arterial Traffic Signal Optimization	Uma forma de deixar o fluxo mais efetivo e com segurança é a adoção de coordenação de sinais de tráfego, para resolver esse problema, o artigo apresentou um modelo projeto para coordenar os sinais, denominado modelo de banda multimodo particionado (PM-BAND),	Para isso o modelo estabelece uma coordenação de sinais unificada, levando em consideração demanda de tráfego e também características geométricas das vias, altera-se simultaneamente o tempo de verde e de espera dos veículos e observou-se como resultado que esse modelo exposto pelo artigo reduz de forma significativa os atrasos e número médio de paradas. As bandas de progressão geradas pelo modelo apresentado (PM-BAND), apresenta dados confiáveis e eficazes.	Ma, Wanjing; Zou, Li; An, Kun; Gartner, Nathan H.; Wang, Meng
A Review on the Applications of Petri Nets in Modeling, Analysis, and Control of Urban Traffic	O artigo apresenta uma pesquisa bibliográfica sobre a rede de Petri (PN), relacionados a sua aplicação em modelagem e simulação, otimização e gestão de tráfego, no decorrer no artigo discute-se sobre a viabilidade do sistema e suas limitações. Como conclusão da revisão de literatura realizada no artigo considerou-se que são notáveis a contribuição das PNs para as redes urbanas comparando-as com outros modelos, o método da PN visa a adoção de novos paradigmas para modelagem, como, velocidade média, fluxo, densidade, que são fatores que estão diretamente ligados com o desempenho do tráfego.	as PNs contribuíram com modelos de tráfego, controlando os sinais de forma segura e confiável, destacaram ainda a importância da implementação de estudos posteriores acerca da análise em tempo real do controle de semáforos, sugere-se que pode realizar aprimoramentos das PNs ou integração com outros métodos, pois assim a capacidade de autoaprendizagem das PNs acerca do ambiente de tráfego e adquirir melhores previsões da dinâmica do tráfego aumentará.	Kok Mun Ng, Mamun Bin Ibne Reaz, Mohd Alauddin Mohd Ali

<p>Development of a Smart Traffic Light Control System With Real-Time Monitoring</p>	<p>Desde o seu surgimento até os dias atuais, os sistemas de controle de semáforos têm sido amplamente utilizados para monitorar e controlar o fluxo de veículos. No entanto, com o aumento do número de veículos públicos (ônibus) e particulares (automóveis, motocicletas e caminhões), os centros urbanos estão se tornando cada vez mais populosos. Esse fenômeno leva ao congestionamento do tráfego e aumenta a poluição ambiental e sonora. Para conter o surgimento de tais problemas, as grandes cidades estão adotando soluções tecnológicas, materializando o conceito de cidades inteligentes.</p>	<p>Este artigo tem como objetivo contribuir para a melhoria da sinalização por meio do desenvolvimento de um sistema centralizado de controle de semáforos, utilizando uma rede única de comunicação sem fio. Para comprovar a eficácia do sistema, foram analisados os tipos mais comuns de interseções urbanas. Foram implantadas rotinas de controle direto para os semáforos da rede, proporcionando um sistema completo de controle de eventos extraordinários, como o fechamento de vias por acidentes ou eventos públicos. Com o auxílio de um analisador lógico conectado às saídas de cada grupo focal, foi possível montar um diagrama de temporização das etapas operacionais de cada semáforo. Assim, a validação do sistema foi alcançada com base em semelhanças de diagramas de tempo teóricos e práticos</p>	<p>DE OLIVEIRA, Luiz Fernando Pinto; MANERA, Leandro Tiago; DA LUZ, Paulo Denis Garcez.</p>
<p>Smart Traffic Light Controller System</p>	<p>O aumento constante do número de veículos, a falta de gestão do tráfego rodoviário e as limitações tecnológicas dos dispositivos de controle dos semáforos, contribuem para o aumento do congestionamento, da poluição ambiental e sonora. As aplicações que envolvem o conceito de Internet das Coisas (IoT) vêm crescendo em todo o mundo. No que diz respeito aos problemas encontrados em cidades com grande população, as aplicações da IoT visam soluções tecnológicas que melhorem as condições de vida da população. A maioria dos</p>	<p>Este trabalho visa estudar e desenvolver um circuito eletrônico controlador de semáforos, com topologia de controle centralizado, capaz de se comunicar com outros semáforos de redes sem fio. Todas as características do circuito projetado foram avaliadas por testes práticos de controle e monitoramento do sistema. Por fim, o circuito eletrônico mostrou-se viável em termos de aplicações em cidades inteligentes.</p>	<p>OLIVEIRA, L. F. P.; MANERA, Leandro Tiago; LUZ, P. D. G. Smart traffic light controller system.</p>

	sistemas controladores de semáforos são programados localmente.		
Intelligent traffic light under fog computing platform in data control of real-time traffic flow	À medida que a economia global se desenvolve rapidamente, o congestionamento do tráfego se tornou um grande problema para as cidades de primeiro nível em vários países. A fim de resolver o problema de falha no controle em tempo real dos dados do fluxo de tráfego pelo controle de semáforo tradicional, bem como ataques maliciosos e outros problemas de segurança enfrentados pelo sistema de controle de semáforo inteligente (ITL), um ITL distribuído multiagente	O método de controle foi proposto com base na plataforma de computação de névoa e no algoritmo Q learning utilizado para o aprendizado do reforço neste estudo, e a comparação da simulação foi realizada utilizando a plataforma de simulação construída em conjunto com base no software VISSIM-Excel VBA-MATLAB. Em conclusão, o método de controle de ITL proposto baseado na computação de névoa e no algoritmo Q learning pode aliviar o congestionamento de tráfego de forma eficaz, portanto, o método proposto possui alta segurança.	QIN, Haoshu; ZHANG, Huimei.
Knapsack problem-based control approach for traffic signal management at urban intersections: Increasing smooth traffic flows and reducing environmental impact	O desenvolvimento do urbanismo torna as cidades mais congestionadas e, em seguida, mais poluídas. Portanto, o principal fator que influencia diretamente o ambiente urbano é o fluxo de tráfego. Portanto, este complexo sistema requer métodos de controle eficientes para reduzir seu impacto em zonas urbanas, em particular para semáforos em cruzamentos. Neste artigo, uma estratégia de controle dinâmico de semáforos em cruzamentos urbanos é proposta. Esta estratégia baseia-se no problema da mochila e permite gerir a duração do sinal verde de forma autónoma acompanhando o comprimento da fila de cada via.	Através das simulações realizadas e da análise da abordagem de controle dinâmico proposta e os resultados mostram a eficiência de nossa política de controle sobre o aumento do tráfego suave e redução do impacto ambiental.	ELIDRISSI, Hajar Lamghari; NAIT-SIDI-MOH, Ahmed; TAJER, Abdelouahed.

A partir dos resultados fica claro que a resposta para a otimização dos parâmetros de controle para intersecção semafórica passa pela maior integração de novas tecnologias para aumentar a flexibilidade dos sistemas e a capacidade de lidar com a incerteza em ambientes dinâmicos.

Os resultados da pesquisa demonstram claramente o potencial do uso de tecnologias para melhorar o desempenho dos sistemas de tráfego e transporte. A maioria dos aplicativos baseados em agentes, entretanto, concentra-se em modelagem e simulação. Poucos aplicativos do mundo real são implementados e implantados.

Além disso, a coleta de dados por meio de aplicativos para a detecção de acidentes de trânsito, compartilhada, possibilita o aprimoramento dos sistemas de gerenciamento de semáforos, bloqueando e criando rotas alternativas para não só evitar os congestionamentos, mas também evitar novos acidentes.

Portanto, a adoção de tecnologias, além de oferecer uma nova alternativa aos atuais sistemas de controle de semáforos, permite o estudo e desenvolvimento de inovações que contribuam para a transformação de grandes centros urbanos em cidades inteligentes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CHEN, C.; RICKERT, M.; KNOLL, A. Combining task and motion planning for intersection assistance systems. In: 2016 IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV). IEEE, 2016.

D'AMBROGIO, A.; IAZEOLLA, G.; PASINI, L.; PIERONI, A. Simulation model building of traffic intersections. *Simulation Modeling Practice and Theory*, v. 17; n. 4, p. 625-640, 2009.

DENATRAN. Manual de Semáforos. Departamento Nacional de Trânsito, Ministério da Justiça, Brasília, DF, 1984.

GARCIA-CASTRO, A.; MONZON, A. Measuring the effects of traffic congestion on fuel consumption. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid, 2014.

GIL, A. C. Como Elaborar Projetos de Pesquisa. 4ª ed. São Paulo: Atlas, 2008.

LACORTT, M.; KRIPKA, M.; KRIPKA, R. Modelos matemáticos para otimização do tráfego urbano semaforizado. *Tema (São Carlos)*, v. 14, n.3, p. 359-372, 2013.

LI, X.; HAN, J.; LEE, J.G.; GONZALEZ, H. Traffic density-based discovery of hot routes in road networks. In: *International Symposium on Spatial and Temporal Databases*. pp. 441–459. Springer, 2007.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. Metodologia científica. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2011.

MLADENOVIC, M.; ABBAS, M.; BLYTH, P.; KOSONEN, I. Intersecting our mobilities: path dependence from manually-operated semaphore to self-driving vehicles? In: 2016 IEEE International Symposium on Technology and Society (ISTAS). IEEE, 2016.

OPRICA, T.; VÎNĂTORU, M. Case study on street traffic management in intersections from the city of Craiova. ANNALS of the University of Craiova, 2011.

POÇOS DE CALDAS. Prefeitura Municipal. Secretaria Municipal de Educação e Cultura. Caderno de indústrias. Poços de Caldas, 2019.

SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação. Florianópolis, UFSC, 2005.

WARBERG, A., LARSEN, J., JØRGENSEN, R.M. Green wave traffic optimization-a survey. Tech. rep., Informatics and Mathematical Modelling, 2008.

WEBSTER, F. V. Traffic Signals. In: Davies, E. (ed.) Traffic Engineering Practice. E. & F. N. LTD., Londres, 1964.

WORLD ECONOMIC FORUM. Driving the Sustainability of Production Systems with Fourth Industrial Revolution Innovation, 2018. Available online at:<http://www3.weforum.org/docs/WEF_39558_White_Paper_Driving_the_Sustainability_of_Production_Systems_4IR.pdf>, checked on April 27, 2018.

WOOD, K. Urban Traffic Control: System Review. Transport Research Laboratory. Crowthorne, Berkshire, 1993.