

PROJETO DE PESQUISA

Semáforo inteligente – gerenciando o trânsito urbano com o uso da inteligência artificial

Prof. Me. Guilherme Lopes Matsushita (Orientador) – Mestre em Tecnologia da
Inteligência e Design pela PUCSP – UniDrummond

Erick Cavalcanti Guerreiro – Graduando em Análise e Desenvolvimento
de Sistemas pela UniDrummond

Marcos Vinícius Andrade Lopes – Graduando em Ciência da
Computação pela UNICID

Saymon Guimarães Lima – Graduando em Análise e Desenvolvimento
de Sistemas pela UniDrummond

Willian Alves da Silva – Graduando em Análise e Desenvolvimento
de Sistemas pela UniDrummond

UNIDRUMMOND

São Paulo/SP

2023

Semáforo inteligente – gerenciando o trânsito urbano com o uso da inteligência artificial

RESUMO

O congestionamento de tráfego em cruzamentos urbanos é uma questão crítica que afeta a mobilidade nas cidades há décadas. Tratar essa questão é um desafio enfrentado por todos os gestores municipais. Com o rápido avanço da tecnologia de visão computacional e inteligência artificial (IA), tornou-se possível desenvolver sistemas de semáforos inteligentes que podem analisar a situação atual do tráfego em tempo real e adaptar o tempo de sinalização de acordo com as condições reais da rua. Este projeto de pesquisa apresenta um modelo de semáforo inteligente que utiliza câmeras e IA para detectar veículos, pedestres e outras variáveis de tráfego, permitindo um controle eficiente do fluxo de tráfego em cruzamentos urbanos, ajudando a cidade de Guarulhos se tornar inteligente, moderna e segura.

Palavras-chaves: mobilidade urbana; semáforo inteligente; trânsito.

ABSTRACT

Traffic congestion at urban intersections is a critical issue that has affected mobility in cities for decades. Addressing this issue is a challenge faced by all municipal managers. With the rapid advancement of computer vision and artificial intelligence (AI) technology, it has become possible to develop intelligent traffic light systems that can analyze the current traffic situation in real time and adapt the signaling timing according to actual street conditions. . This research project presents a smart traffic light model that uses cameras and AI to detect vehicles, pedestrians and other traffic variables, allowing efficient control of traffic flow at urban intersections, helping the city of Guarulhos become smart, modern and safe .

Keywords: urban mobility; smart traffic light; Traffic.

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, o crescimento exponencial da população mundial, dos grandes centros urbanos e das metrópoles fez com que o transporte, tanto público quanto privado, fosse repensado e melhorado, criando novas situações de gerenciamento, controle, análise e formas eficientes de condições seguras de locomoção em grandes volumes de veículos, pedestres, atuando em sintonia com toda a infraestrutura e cenários das cidades modernas.

É amplamente reconhecido que o progresso nas áreas urbanas está diretamente ligado à melhoria da qualidade de vida. No entanto, o crescimento desordenado, insustentável e não planejado das cidades impacta negativamente os aspectos sociais, econômicos e ambientais (ARAÚJO; CANDIDO, 2014). Embora as cidades possam causar impactos negativos no meio

ambiente, elas também têm o potencial de desempenhar um papel crucial na transição em direção ao desenvolvimento sustentável (CONTI et al., 2019).

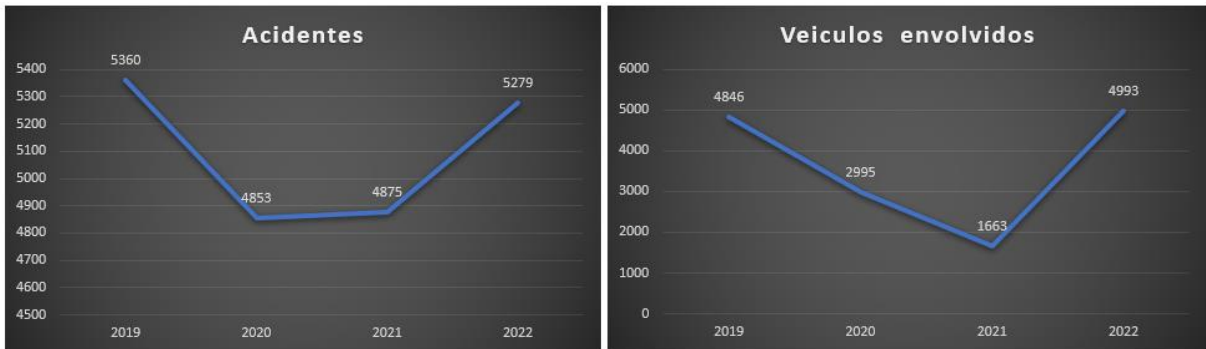
O crescimento das áreas metropolitanas é uma das principais questões que afetam a mobilidade urbana. Nosso estudo concentra-se especificamente nos desafios relacionados ao tráfego rodoviário devido ao aumento significativo no número de veículos. Segundo a Organização Mundial da Saúde, enquanto a população mundial cresceu 4% entre 2010 e 2013, o número de veículos automotores aumentou 16% no mesmo período, alcançando um impressionante total de 64 milhões de novos veículos de passageiros nas ruas das cidades em todo o mundo em 2014 (OMS, 2015).

A busca por soluções que tornem o sistema de trânsito mais eficiente tem se intensificado, indo além de medidas relacionadas à infraestrutura, como expansão, adaptação e construção de novas estradas. Considerando a mobilidade como um tópico que requer uma abordagem mais abrangente, englobando infraestrutura, transporte público, acessibilidade e questões sociais, entre outras considerações, as políticas públicas precisam ser holísticas para atender às necessidades da população (FUNDAÇÃO INSTITUTO DE ADMINISTRAÇÃO, 2018).

Embora tenham sido tomadas medidas para promover o transporte público e alternativas de transporte não motorizado, existem outras opções que podem contribuir para resolver os desafios de mobilidade urbana existentes. Um dos recursos mais importantes nesse sentido são os sistemas de semáforos, que desempenham um papel fundamental na gestão eficaz do tráfego nas condições atuais. Portanto, esses sistemas merecem estudos mais detalhados e podem ser uma parte essencial das soluções para melhorar a mobilidade urbana (MAGABLEH; ALMAKHADMEH; ALSREHIN; KLAIB, 2020).

De acordo com os índices municipais de óbitos no sistema viário de Guarulhos, no quadriênio 2019 a 2022, as mortes no trânsito tiveram um impacto considerável, tendo em vista que houve a pandemia do coronavírus, onde a população brasileira ficou restrita em muitas situações cotidianas, e com isso a diminuição do uso de transporte também teve consequências, mas cresceu em 2022 com a volta gradativa das atividades normais, como apresentados nos gráficos abaixo.

Figura 1 - Números de acidentes e veículos envolvidos



Fonte: Observatório de Segurança Viária de Guarulhos. Elaborado pelo autor.

Os números referentes ao trânsito de Guarulhos, no quesito óbitos, está bem resumido no quadro a seguir, apontando vários fatores no trânsito que de forma, integrada mostram uma cidade com altos índices:

Figura 2 – Quadro de óbitos em 2023 no sistema viário de Guarulhos

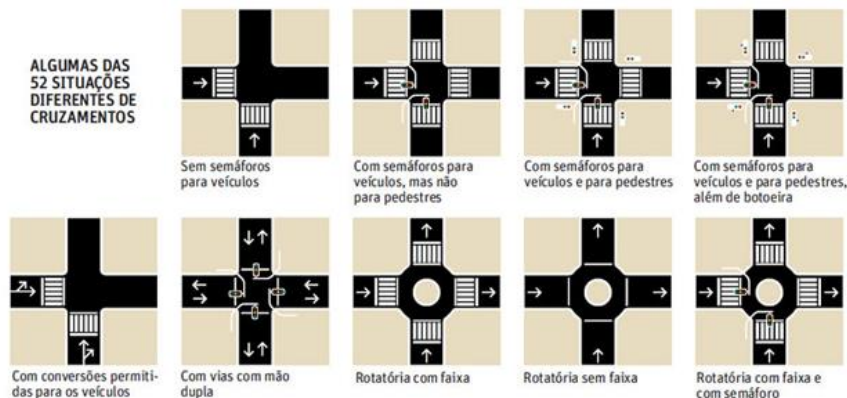


Fonte: Observatório de Segurança Viária de Guarulhos, 2023. <https://sites.google.com/view/osv-gru/2022>

Quando tratamos de cruzamento de vias, várias soluções podem ser utilizadas para tentar evitar ou diminuir o triste índice de acidentes. Muitos autores apontam soluções tecnológicas e até criativas, como forma de amenizar ou eliminar as chances de acidentes em cruzamentos.

Por exemplo na cidade de São Paulo, a variedade de padrões causa transtornos para o trânsito, como apontado abaixo.

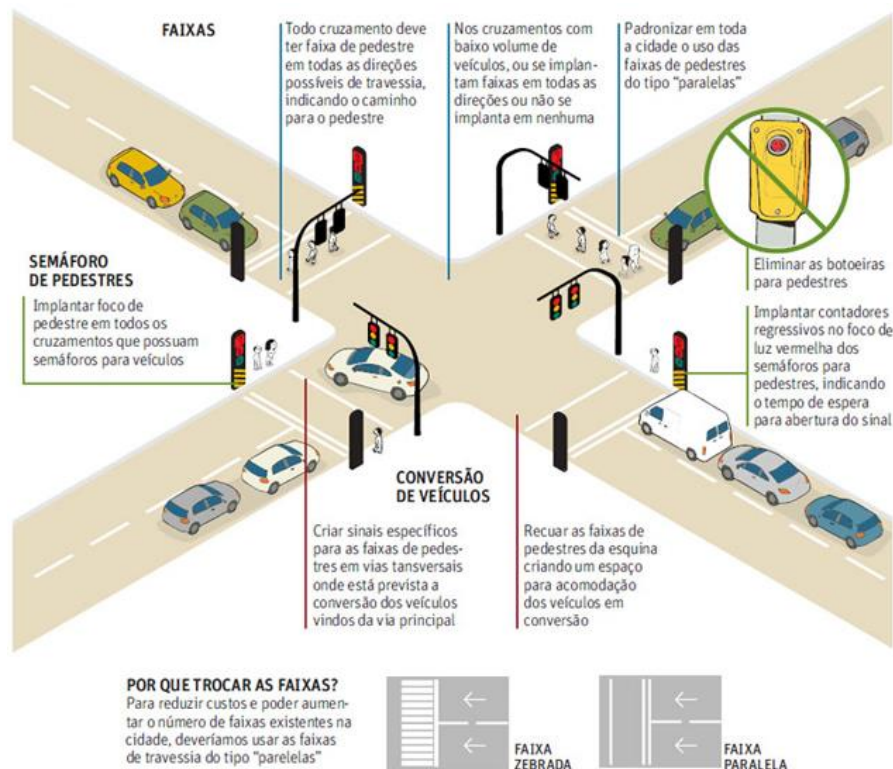
Figura 3 – Exemplos de sinalizações em cruzamentos na cidade de São Paulo



Fonte: <https://www1.folha.uol.com.br/cotidiano/1155396-padrao-nos-cruzamentos-ajudou-campanha-de-pedestres-em-brasilia.shtml>

Já o planejamento alinhado com novas tecnologias conhecidas e dispositivos inteligentes podem gerar resultados positivos, como apontado nesse modelo abaixo, criado por Nazareno Stanislau Affonso.

Figura 4 – Modelo correto de cruzamento de vias



<https://www1.folha.uol.com.br/cotidiano/1155396-padrao-nos-cruzamentos-ajudou-campanha-de-pedestres-em-brasilia.shtml>

Pensado em problemas e dificuldades no controle e gerenciamento dos cruzamentos, tanto para veículos quanto para pedestres, o presente projeto de pesquisa visa amortizar prejuízos causados no trânsito e criar uma cultura de “cidade inteligente” utilizando dados em tempo real, dispositivos conectados à internet, sensores e controladores, sistemas integrados e uma realidade moderna, inovadora, criativa para uma Guarulhos melhor.

Objetivos

O principal foco deste projeto de pesquisa, é trazer para a sociedade em geral, a inovação e a tecnologia chamada de “inteligência artificial” que podem oferecer benefícios para o gerenciamento e controle eficiente do trânsito, em cruzamentos com a utilização de dispositivos semafóricos com o auxílio de câmeras inteligentes integradas ao sistema de tráfego para a cidade de Guarulhos.

Outro benefício com este projeto será a ampla pesquisa e discussão sobre os resultados positivos que estes dispositivos podem gerar, em relação à melhoria do fluxo urbano de veículos, transporte urbano, ciclismo, pedestres, diminuição de acidentes entre diversos outros fatores já conhecidos das grandes cidades.

Portanto, a pesquisa revelará resultados que podem ajudar o cidadão guarulhense e todo o sistema viário de trânsito municipal, regional, e quem dirá nacional, pois inovações como estas já são realidades em várias cidades do mundo, em uso cotidiano, e colhendo frutos positivos com estas soluções tecnológicas.

O projeto foi todo pensado, e pesquisado com base em uma bibliografia extensa disponíveis na internet, onde foi feito um filtro de autores e trabalhos que tiveram mais aderência com o tema.

Metodologia

O estudo envolveu a condução de uma análise abrangente da literatura por meio de um método organizado, com o objetivo de examinar a vanguarda das tecnologias usadas na criação de semáforos inteligentes. Através de um processo bem definido e transparente, essa análise sistemática possibilitou uma abordagem mais imparcial por parte do pesquisador, evitando qualquer viés ideológico na análise do problema (THORPE et al., 2005) e (TRANFIELD; DENYER, 2009).

O projeto foi planejado em ser desenvolvido por etapas, incluindo a pesquisa acadêmica bibliográfica, com a consulta de autores com publicações sobre a temática, a arquitetura e desenho de um modelo protótipo inicial, a etapa da construção do algoritmo e programação do funcionamento do dispositivo, e por fim a fase de testes e implantação em ambiente controlado (maquete).

DESENVOLVIMENTO

Devido ao crescimento contínuo das áreas urbanas, surgiu uma crescente necessidade de aprimorar a mobilidade nas cidades. No entanto, a situação atual não tem capacidade para acomodar o aumento no número de carros, especialmente durante os horários de maior movimento e eventos específicos, assim como para melhorar a interação entre as vias e os pedestres. O propósito deste projeto, abordado neste artigo, é otimizar o fluxo do tráfego, resultando em uma mobilidade urbana aprimorada, o que por sua vez reduzirá o tempo de deslocamento atualmente necessário. Essa solução beneficia não apenas os motoristas, mas também toda a comunidade nas áreas em que for implementada.

Gerenciando o tráfego urbano

O funcionamento de um semáforo inteligente baseia-se na coleta de dados em tempo real. Sensores de tráfego, câmeras, e até mesmo dispositivos conectados a veículos fornecem informações sobre o volume de tráfego, a velocidade dos veículos e a presença de pedestres. Esses dados são então processados por um sistema central que toma decisões instantâneas sobre a programação dos semáforos (ALMEIDA, 2015, p.31). Diferentemente dos semáforos tradicionais, que têm cronogramas fixos, os semáforos inteligentes adaptam-se dinamicamente às condições do trânsito, por conta da inteligência artificial.

Os semáforos inteligentes oferecem uma série de benefícios técnicos e práticos. Reduzem congestionamentos e atrasos, melhorando a fluidez do tráfego. Isso não apenas economiza tempo para os motoristas, mas também reduz a emissão de poluentes, contribuindo para a melhoria da qualidade do ar. Além disso, a segurança viária é aprimorada, pois os dispositivos podem detectar infrações e acidentes em tempo real, permitindo uma resposta rápida das autoridades competentes (vide quadro de óbitos de trânsito nos últimos anos na cidade de Guarulhos).

Na cidade já existe a “Central de Inteligência Integrada de Guarulhos¹”, um setor da Secretaria de Transportes e Mobilidade Urbana, que gerencia e monitora todo trânsito da cidade. Com a implantação dos semáforos inteligentes, os operadores podem ajustar a sincronização dos semáforos em tempo real para atender às necessidades do momento, como eventos especiais ou mudanças no padrão de tráfego devido a obras públicas.

Os semáforos inteligentes estão alinhados com a tendência de cidades inteligentes. Eles podem se comunicar com veículos conectados, fornecendo informações sobre o tempo restante até a próxima mudança de sinal, o que contribui para uma direção mais segura e eficiente. Além disso, esses semáforos são parte integrante de uma infraestrutura urbana inteligente, que envolve a coleta e análise de dados para tomada de decisões informadas no planejamento urbano (COSTA, p.108).

Projeto prático

O desenvolvimento de um modelo físico do semáforo inteligente, foi pensado e planejado baseado em outros modelos existentes de sinalização de cruzamentos. A melhoria foi a inclusão da câmera integrada a uma caixa (CPU) que se conecta à rede de trânsito, de acordo com a figura abaixo.

Figura 5 – Modelo de semáforo com câmera integrada



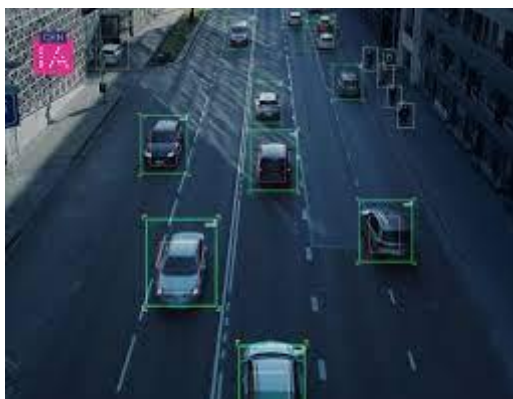
Fonte: Adaptado pelo autor. <https://midias.folhavoria.com.br/files/2017/07/camera-semaforo.jpg>

¹ CIIG - A central faz o monitoramento do trânsito por meio de câmeras que possibilitam a maior fluidez do tráfego com o atendimento mais rápido das ocorrências, desde semáforos quebrados e lâmpadas queimadas até acidentes e alagamentos, com acionamento das equipes de resgate e da Defesa Civil. Disponível em: <https://www.guarulhos.sp.gov.br/central-de-inteligencia-integrada-de-guarulhos>

Todo o sistema do semáforo, funciona de forma integrada, as luzes com o sistema de IA, para monitorar os veículos identificados e assim controlar o fluxo nos cruzamentos. O sistema de semáforo inteligente é composto por vários componentes interconectados, que são descritos a seguir:

- Câmeras de Visão Computacional: são instaladas em postes ou estruturas próximas aos semáforos e fornecem imagens em tempo real das vias. Essas câmeras são equipadas com sensores de alta resolução e podem capturar informações detalhadas sobre o tráfego, como a presença de veículos, pedestres, ciclistas e condições climáticas, com o uso de sistema de inteligência artificial.
- Sistema de Processamento de Imagem: as imagens capturadas pelas câmeras são processadas por algoritmos de visão computacional que identificam objetos, como carros e pedestres, em tempo real. Esses algoritmos são treinados com técnicas de IA para reconhecer padrões e tomar decisões precisas com base nas informações visuais. Um modelo desse tipo de sistema pode ser observado na figura abaixo.

Figura 6 – Exemplo de sistema computacional de processamento de imagem



Fonte: <https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcSyS3agsuvegVbf84cjsxFUk9-Jv3znfMCE5Dey42mtQnbLvXBjpL59XDXFOXbq4vIIYsRg&usqp=CAU>

- Unidade de Controle Central: uma unidade de controle central, geralmente baseada em computadores de alto desempenho, recebe todas as informações processadas das câmeras. Essa unidade é responsável pela tomada de decisões sobre o tempo de sinalização do semáforo com base nas condições de tráfego atuais. Atualmente essa unidade é a CIIG.

- Semáforos Inteligentes: os semáforos são equipados com luzes LED que podem ser controladas individualmente. Eles recebem instruções da unidade de controle central e ajustam o tempo de sinalização conforme necessário para otimizar o fluxo de tráfego.

Funcionamento do sistema do semáforo inteligente

As câmeras de visão computacional capturam imagens em tempo real e identificam veículos, pedestres e outros elementos de tráfego. Isso é feito através da análise de movimento, formas e padrões visuais (FELIPE; OLIVEIRA; VILARIM; NAZÁRIO; SANTOS, 2021). Os dados sobre o tráfego são coletados e enviados para a unidade de controle central. Isso inclui o número de veículos, a velocidade, a direção e a presença de pedestres aguardando para atravessar o cruzamento. A partir daí, a unidade de controle central utiliza algoritmos de IA para analisar os dados recebidos e determinar a programação ideal dos semáforos. Com base nas decisões tomadas pela IA, os semáforos são ajustados em tempo real. Isso pode incluir a extensão do tempo verde para uma rua com tráfego pesado ou a criação de intervalos de travessia segura para pedestres.

Ao ajustar dinamicamente o tempo de sinalização com base nas condições de tráfego, o sistema reduz significativamente os congestionamentos em cruzamentos urbanos, resultando em uma fluidez melhorada do tráfego. A detecção de pedestres e a criação de intervalos de travessia segura aumentam a segurança para todos os usuários da via, reduzindo o risco de acidentes (NOBRE, 2015).

O sistema de IA nos semáforos

Todo o sistema computacional precisa ser trabalhado e desenvolvido com o objetivo de aprender sobre os padrões do trânsito e assim, propor decisões sobre a fluidez nas vias. Para tanto, o processo por trás dos semáforos é bem complexo.

As câmeras de visão computacional instaladas em postes ou estruturas próximas ao cruzamento capturam imagens em tempo real das vias. Essas câmeras podem ser posicionadas estrategicamente para cobrir todas as faixas de tráfego. Antes de qualquer análise, as imagens são pré-processadas para melhorar a qualidade e reduzir o ruído. Isso pode envolver a correção de iluminação, ajuste de contraste e remoção de elementos indesejados, como sombras.

O próximo passo é a segmentação, onde a IA identifica objetos em movimento nas imagens. Algoritmos de segmentação determinam quais partes da imagem correspondem a veículos em movimento. Uma vez que os veículos são identificados, a IA extrai características

relevantes, como tamanho, forma, velocidade e direção de movimento. Isso ajuda a classificar os veículos e determinar seu papel na interseção.

As CNNs² são uma classe de algoritmos de IA frequentemente usados para classificar objetos em imagens. A IA utiliza redes neurais convolucionais treinadas em conjuntos de dados de tráfego para classificar os veículos em categorias, como carros, caminhões, ônibus, motocicletas, bicicletas, pedestres entre outros. A IA recebe dados contínuos das câmeras em tempo real e os combina com informações históricas sobre padrões de tráfego na interseção. Isso permite que a IA tenha uma visão abrangente das condições atuais e futuras do tráfego.

Com base nas informações recebidas, a IA utiliza algoritmos de otimização para tomar decisões sobre o tempo de sinalização do semáforo. Essas decisões levam em consideração diversos fatores, como o número de veículos em cada direção, a velocidade estimada, a distância até a interseção e as necessidades dos pedestres. A IA pode ajustar os semáforos de forma dinâmica para acomodar o fluxo de tráfego em tempo real. Por exemplo, se houver muitos veículos em uma determinada direção, a IA pode estender o tempo da luz verde para aquele sentido, proporcionando uma passagem mais rápida. Da mesma forma, a IA pode criar intervalos de travessia segura para pedestres, pausando o tráfego veicular quando necessário.

O sistema inteligente também pode aprender com o tráfego ao longo do tempo, adaptando-se a padrões de tráfego sazonais ou eventos especiais, como feriados ou manifestações.

Em suma, a IA em um sistema de semáforo inteligente desempenha um papel crucial na identificação e gerenciamento eficiente de veículos, utilizando técnicas avançadas de visão computacional e redes neurais para detectar e classificar os veículos em tempo real, e toma decisões dinâmicas para otimizar o tempo de sinalização dos semáforos, melhorando assim a fluidez do tráfego e a segurança viária em cruzamentos urbanos.

Aprendizado e Adaptação do Sistema

Os sistemas de semáforos inteligentes têm a capacidade de aprender e se adaptar ao tráfego ao longo do tempo, o que é fundamental para uma otimização contínua do fluxo de tráfego nas interseções. É necessário explicar o processo desse aprendizado, para que o entendimento do funcionamento do semáforo, faça sentido do seu uso e aplicação nas vias da cidade.

² Rede Neural Convolucional (ConvNet / Convolutional Neural Network / CNN)

O sistema armazena dados de tráfego históricos ao longo do tempo, que incluem informações sobre padrões de tráfego em diferentes horários do dia, dias da semana e sazonalidades. Isso cria um banco de dados rico em informações que serve como base para as futuras decisões do sistema (FELIPE; OLIVEIRA; VILARIM; NAZÁRIO; SANTOS, 2021).

Utilizando algoritmos de análise de dados e aprendizado de máquina, o sistema analisa os dados históricos para identificar tais padrões de tráfego recorrentes. Por exemplo, ele pode detectar que o tráfego é mais intenso em determinada direção durante o horário de pico da manhã. Com base nos padrões identificados, o sistema é capaz de fazer previsões sobre o comportamento futuro do tráfego, assim programar de forma eficaz o acionamento das luzes.

Com base nas previsões e na análise de padrões, o sistema ajusta proativamente a programação dos semáforos. Ele pode começar a estender o tempo verde para uma direção específica antes mesmo de o congestionamento ocorrer, evitando a formação de filas. Além dos dados históricos, o sistema continua a coletar dados em tempo real das câmeras e sensores nas interseções. Esses dados em tempo real são usados para ajustar as decisões do sistema à medida que as condições de tráfego mudam durante o dia.

Periodicamente, o sistema avalia a eficácia de suas decisões em termos de redução de congestionamentos, melhoria do fluxo de tráfego e segurança viária. Essa avaliação é usada para refinamento contínuo e aprimoramento do sistema, o que é chamado no campo da IA de “aprendizado de máquina”³. Conforme a tecnologia avança e novos algoritmos de IA e aprendizado de máquina são desenvolvidos, o sistema pode ser atualizado para aproveitar essas inovações e melhorar ainda mais o gerenciamento do tráfego.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O sistema de semáforo inteligente com visão computacional e IA representa uma abordagem inovadora e eficaz para o controle do tráfego em cruzamentos urbanos. Por meio da detecção precisa de veículos e pedestres e do ajuste dinâmico dos semáforos, esse sistema oferece benefícios significativos em termos de redução de congestionamentos, melhoria da segurança viária e eficiência energética. À medida que as cidades buscam soluções para os

³ Aprendizado de máquina ou Machine Learning - é uma área da inteligência artificial (IA) e da ciência da computação que se concentra no uso de dados e algoritmos para imitar a maneira como os humanos aprendem, melhorando gradualmente sua precisão. (<https://www.ibm.com/br-pt/topics/machine-learning>)

desafios de mobilidade, o sistema de semáforo inteligente se destaca como uma tecnologia promissora para tornar o trânsito urbano mais eficiente e sustentável.

Este projeto de pesquisa, cumpre seu papel quando obtém a aprovação da sociedade moderna, aberta à novas tecnologias em seu dia a dia, criando oportunidades de desenvolvimento sustentável e inteligente para problemas onde a tecnologia pode resolver e assim por consequência, nós meros cidadãos, ganhamos com a qualidade de vida com qual sonhamos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, Thiago da Silva. **Modelo de Detecção e Reconhecimento de Semáforos Baseado em Atenção Visual e Inteligência Artificial**. 2015. 53 f. TCC (Graduação) - Curso de Sistemas de Informação, Universidade Federal de Sergipe, Itabaiana, 2015. Disponível em: https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/7141/2/Thiago_Silva_Almeida.pdf. Acesso em: 07 set. 2023.

COMO escrever bem: projeto de pesquisa e artigo científico. Curitiba: Appris, 2018. 186 p., il., 21 cm. (Educação, tecnologias e transdisciplinaridade).

COSTA, Marco Antonio F. da. **Projeto de pesquisa: entenda e faça**. 6.ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 2015. 140 p., 21 cm. Bibliografia: p. 109-115;

DENYER, D.; TRANFIELD, D.. *Produzindo uma revisão sistemática*. In: BUCHANAN, DA; BRYMAN, A. (Ed.). **O manual SAGE de métodos de pesquisa organizacional**. Los Angeles; Londres: SAGE, 2009.

FELIPE, Anderson; OLIVEIRA, Edlas; VILARIM, Gleiton; NAZÁRIO, Lázaro; SANTOS, Nadjane. **Implantação de semáforo inteligente como solução na mobilidade urbana**. 2021. 14 f. Monografia (Especialização) - Curso de Especialização em Desenvolvimento, Inovação e Tecnologias Emergentes, Instituto Federal de Pernambuco, Jaboatão dos Guararapes, 2021. Disponível em: <https://repositorio.ifpe.edu.br/xmlui/handle/123456789/355>. Acesso em: 07 set. 2023.

GUARULHOS, Prefeitura Municipal de. **Observatório de Segurança Viária de Guarulhos**. Disponível em: <https://sites.google.com/view/osv-gru/2023>. Acesso em: 08 set. 2023.

MENDES, Conceição Maria Carvalho. **Manual de orientações para elaboração de projeto de pesquisa**. Teresina: FUESPI, 2015. 48 p., il., 26 cm. Bibliografia: p. 48. ISBN 9788583200994 (broch.)

NOBRE, Lauro. Desafios e soluções para a mobilidade urbana. **Cadernos Fgv Projetos: Cidades inteligentes e mobilidade urbana**, São Paulo, v. 1, n. 24, p. 198-215, out. 2015. Semestral.

THORPE, R. et al.. *Usando o conhecimento em pequenas e médias empresas: uma revisão sistemática das evidências*. **International Journal of Management Reviews**, v. 4, pág. 257-281, 2005.