

SINCRONISMO DE SEMÁFOROS

**Cláudio Abdalla da Cunha¹, Sebastião Alves da Silva², Daniela Freitas Borges³,
Emerson Carlos Guimarães³, Alan Kardec Candido dos Reis³, Olavo Antônio de
Oliveira Reis³**

¹*Discente da Universidade do Estado de Minas Gerais - UEMG, Ituiutaba, Brasil
(claudioabdalla2014@gmail.com)*

²*Bacharel em Engenharia Elétrica. Universidade do Estado de Minas Gerais - UEMG,
Ituiutaba, Brasil*

³*Docente da Universidade do Estado de Minas Gerais - UEMG, Ituiutaba, Brasil*

Resumo: Os meios de locomoção são uma das necessidades básicas do ser humano, usados para trabalhar, estudar e cuidar de assuntos pessoais. Com o aumento da população e crescimento das cidades, o fluxo de pessoas e veículos aumentou, podendo causar acidentes e morte. Torna-se fundamental a instalação de semáforos para proporcionar maior segurança na travessia de pedestres e veículos. O presente trabalho objetivou mostrar um sincronismo para um semáforo mais funcional e automatizado, com melhor fluxo.

Palavras-chave: Trânsito; Pedestres; Semáforos.

INTRODUÇÃO

Quando falamos de sociedade, logo pensamos em meios de locomoção, pois uma das necessidades básicas do ser humano é se locomover de forma rápida e segura. Com o aumento da população e o crescimento das cidades, o transporte urbano tem assumido proporções preocupantes.

Diante disso, surgiu a necessidade do controle de tráfego, que historicamente originou-se no século XIX em Londres. Existem diferentes formas de controle de tráfego para reduzir o número de conflitos e melhorar a segurança nas interseções, porém a mais utilizada é o controle semaforico (Leandro, 2001).

Sendo assim, o primeiro semáforo instalado foi no dia 9 de dezembro de 1868, na junção das ruas Great George Street e Bridge Street, no borough de Westminster, próximo à ponte de Westminster e ao Palácio de Westminster, concebido por John Peake Knight, engenheiro especialista em assuntos ferroviários.

Esse semáforo tinha dois braços móveis que se acionavam movendo cabos a partir de uma torre. O sistema era parecido com o dos sinais que regulam o trânsito ferroviário, contendo duas lâmpadas de gás com uma luz vermelha e outra verde. Entretanto, em 2 de janeiro de 1869, aconteceu um acidente, uma explosão, provocando a morte de um agente policial. Diante disso, esses semáforos foram retirados e até agosto de 1914 não se instalou mais nenhum.

Porém, com o crescimento tanto da população quanto dos meios de locomoção, foi observada uma evolução do sistema de controle por luzes, sendo cada vez mais necessário em nosso cotidiano. Contudo, atualmente, o sincronismo de semáforos é crucial para garantir a segurança e fluência nos cruzamentos e nos tráfegos em todo mundo, tanto para os meios de locomoção quanto para os pedestres.

Toda implementação do sistema de sincronismo de semáforos passa por rigoroso estudo do tráfego; em sua aplicação, deve ser considerada toda padronização regulamentada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e também pelas normatizações disponibilizadas pela empresa concessionária de energia elétrica local, devido uso da rede dos postes onde passa a fiação utilizada para ligação dos circuitos de comandos, bem como a alimentação de todo sistema de sinalização.

O sincronismo de semáforos visa otimizar não só a mobilidade urbana, como também a segurança ambiental, pois, enquanto reduz os congestionamentos, as emissões de poluentes também são reduzidas.

O trabalho tem como foco a cidade de Ituiutaba, que, com o progresso no desenvolvimento, igual a outras grandes cidades brasileiras, é crescente o número de interseções semaforizadas, cujo objetivo é proporcionar uma maior segurança à travessia de pedestres e tráfego dos veículos.



Sabe-se, no entanto, que normalmente o aumento de segurança promove perda de fluidez na malha viária, resultando em longos tempos, como na cidade de Ituiutaba, em específico, na avenida 17, à qual foi acrescentado o tempo semafórico para pedestres.

Mas mesmo assim ainda diferentemente de outras cidades, o bom sincronismo dos semáforos na avenida fez com que recompensasse o tempo longo dos verdes, visto que com a tecnologia existente atualmente, foi possível tornar um semáforo mais funcional e automatizado, com o tráfego de veículos mais rápido e sem congestionamento.

Em meio ao ritmo acelerado das cidades e ao longo das últimas décadas, as cidades têm enfrentado um aumento significativo no volume de tráfego, a sua coordenação eficiente se torna uma necessidade premente. A gestão do tráfego urbano é desafiadora, e os semáforos regulam o fluxo de veículos e pedestres.

O sincronismo e a correta coordenação dos sinais luminosos não apenas impactam diretamente na otimização do fluxo de veículos e pedestres, mas também desempenham um papel importante na redução de tempo de deslocamentos e na minimização de congestionamentos. Diante disso, compreender os princípios e aplicações do sincronismo de semáforos revela-se fundamental para promover uma mobilidade urbana mais eficiente e segura.

Este trabalho visa o estudo e análise dos métodos utilizados na implantação do sistema de sincronismo de semáforos na cidade de Ituiutaba-MG, usando como exemplo neste trabalho de conclusão de curso, os semáforos instalados no cruzamento da rua vinte dois com a avenida dezanove (Figura 13). E por meio desse estudo, visamos demonstrar cálculos, programação via software e a instalação física do sistema, confrontando com as normas técnicas envolvidas e buscando a melhor forma da aplicação prática do controle de tráfego nas áreas urbanas.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho de conclusão de curso se baseia em um projeto que teve por base a abordagem quantitativa. Segundo Lakatos e Marconi (2003):

“A pesquisa quantitativa é um método de pesquisa social que tem sua máxima na quantificação dos dados, com intuito de solucionar um determinado problema por meio de análise estatística e relações entre as variáveis (Lakatos; Marconi, 2003).”

Ademais, Serapioni (2000, p. 188) contribui ao dizer: “A investigação quantitativa atua em níveis de realidade e tem como objetivo trazer à luz dados, indicadores e tendências observáveis”. Consequentemente, pode-se afirmar que a pesquisa

quantitativa se baseia em fatos, na essência e na constância dos acontecimentos, porém, as variáveis constituem uma realidade inerente a esse tipo de investigação.

Com base nisso, a coleta de dados é de suma importância para a instalação e sincronismo de semáforos em uma malha viária de uma avenida. A contagem de veículos durante um dia proporciona verificar os horários de maior fluxo de veículos.

Começando pela instalação do semáforo, todos os novos semáforos foram instalados com fiações subterrâneas (Figuras 10 e 11). Para realizar essa instalação, foi necessário cortar o asfalto para a passagem de tubos, por onde os fios foram posteriormente conduzidos. Anteriormente, os fios eram instalados de maneira aérea.

Foram utilizados como materiais, os grupos focais a LED (Figura 3), formados pelos focos específicos de cada sinalização. Além dos focos convencionais (verde, amarelo e vermelho, no caso dos focos veiculares), também foram instalados focos numéricos, nos quais é possível visualizar a contagem regressiva do tempo. Os focos de pedestres apresentam o tempo, porém, as cores são apenas o verde e o vermelho. Sendo LED, estes possuem sinalização com melhor luminosidade, maior durabilidade e menor consumo, gerando economia para o município.

O cabo utilizado para a ligação dos focos (Figura 6) veiculares é o PP Flex 4x1,5 mm, devido à necessidade de conexão dos focos verde, amarelo e vermelho, sendo que o quarto fio (preto) atua como neutro. Nos focos de pedestres, utilizamos o cabo PP Flex 3x1,5 mm, conectando apenas os focos verde e vermelho, além do neutro. Este mesmo cabo é utilizado para a alimentação do controlador.

A caixa medidora com lente (Figura 7) é instalada no poste da CEMIG mais próximo ao controlador semafórico, com altura de 3 metros; ela alimenta o controlador semafórico com uma tensão de 127 volts, além de ligar o fio de aterramento cuja haste é plantada na caixa de passagem próximo à base do totem. Responsável também por conectar o controlador à rede elétrica da CEMIG e ao aterramento (Figura 12), a caixa medidora registra o consumo de todo o sistema, possibilitando a leitura desse consumo para que a CEMIG possa emitir a fatura para o município.

Os elementos de sustentação, também chamados totens (Figura 5), são compostos por um componente que sustenta todo o conjunto. Sua base é concretada, fincada 1 metro dentro do solo. Neste modelo (totem), os grupos focais são embutidos, o controlador semafórico e o GPS (Figura 1) são fixados a ele com parafusos. Além desses, há as



botoeiras sonoras para deficientes visuais (Figura 4), que, ao ser acionado, emite um bip, e quando estiver sinal verde para o pedestre, ela emite bips durante o período em que o sinal estiver verde, acelerando o ritmo ao aproximar-se do final desse tempo, cessando ao final da contagem.

Foi escolhido um totem para fixar o controlador dos semáforos JSM (Figura 1), que contém, GPS (Figura 1), módulos de potência (Figura 2.1), unidade lógica CPU (Figura 2.2), fonte de alimentação 127V (Figura 2.3), tomada auxiliar, disjuntores, chave CPU e aterramento do chassi do controlador (Figura 2.5), dispositivo de proteção contra surtos elétricos (DPS), bornes de conexão alimentação dos focos (Figura 2.6). Além disso, foram utilizadas ferramentas do eletricitista, caminhão munck (Figura 8), serviços e ferramentas de pedreiros, cabos de alimentação principal e focos, caixa de medição padrão CEMIG (Figura 7).

Os controladores semafóricos contemplados pela NBR 16653:2017: sinalização semafórica viária – Controladores eletrônicos; possuem capacidades distintas e devem incorporar algumas funções mínimas essenciais para seu adequado funcionamento. Para esse projeto, também foram utilizados Manual de Instalação de Equipamentos JSM; manual CET – 2023; NR 10 – Segurança em Instalações e Serviços em eletricidade; NR 35 – Segurança no trabalho em altura; ABNT NBR 5410:2004: instalações elétricas de baixa tensão e ND-3.1 - Projetos de Redes de Distribuição Aéreas Urbanas - CEMIG.

Primeiramente, cada controlador deve ser capaz de gerenciar no mínimo dois grupos semafóricos, que são conjuntos de sinais de trânsito que operam de maneira coordenada para controlar o fluxo de veículos e pedestres em uma interseção. Cada grupo semafórico é responsável por gerenciar uma direção ou movimento específico dentro da interseção, garantindo que os sinais mudam de maneira sincronizada para evitar conflitos e promover a segurança e a eficiência do tráfego, garantindo assim a coordenação básica necessária para a gestão do tráfego em interseções.

Além disso, é requerido que os controladores possuam no mínimo dois estágios, que significa o final de um tempo amarelo ou vermelho intermitente (para pedestre) de uma fase, transitando para o vermelho de outra fase ou seis intervalos, o que assegura a flexibilidade e a eficiência na alternância das fases semafóricas, ajustando-se às diversas condições de trânsito. Essas fases são os semáforos, como, por exemplo, se no cruzamento há três semáforos, então eu tenho três fases no cruzamento, no qual duas fases abrem juntas e a outra não, logo, nesse cruzamento eu tenho três fases e dois tempos.

No que concerne aos planos de tráfego, cada controlador deve ser capaz de operar pelo menos um plano adicional, além do plano de amarelo intermitente, proporcionando maior adaptabilidade às variáveis dinâmicas do tráfego urbano.

Adicionalmente, é imprescindível que os controladores disponham de, no mínimo, dois eventos para a ativação dos planos, o que possibilita uma resposta mais ágil e precisa às mudanças nas condições de circulação. Esses eventos seriam alguma anormalidade que acontece no cruzamento, como, por exemplo, grupo de pessoas no cruzamento para fazer marketing de uma empresa, fazendo apresentação aos usuários da via.

Esse plano de tráfego é utilizado para ajustar o tempo dos semáforos em diferentes horários, com base em estudos realizados por meio da coleta de dados de tráfego. Por exemplo, se em determinado horário do dia transitam 200 veículos e, durante um período de pico, esse número dobra, é necessário implementar dois planos distintos. O primeiro plano, com um tempo de sinalização menor, será utilizado durante horários de menor fluxo, enquanto o segundo plano, com um tempo de sinalização maior, será ativado durante os períodos de maior movimento.

Nos horários específicos estabelecidos, ocorrerá a mudança de tempo conforme necessário. Como, no cruzamento da Rua 22 com a Avenida 17, pode-se implementar um plano que opere das 06h00 às 11h00 e outro plano que funcione das 11h00 às 13h00, correspondente ao horário de pico. Após às 13h00, o sistema retornará automaticamente ao plano 1, garantindo uma adaptação adequada às variações no volume de tráfego ao longo do dia.

A norma admite várias estratégias de controle, incluindo o controle por estágios, por grupos semafóricos, por intervalos luminosos ou qualquer outra abordagem, desde que o controlador seja capaz de atender aos requisitos funcionais estabelecidos. No entanto, os requisitos da norma foram descritos tendo como referência a estratégia de controle por estágios. Portanto, caso outra estratégia de controle seja adotada, esta deve ser capaz de viabilizar os mesmos requisitos funcionais especificados para a estratégia de controle por estágios.

Além disso, o controlador deve incluir algumas facilidades operacionais de fácil acesso. Essas facilidades mínimas incluem uma chave para ligar e desligar os focos sem desativar os circuitos lógicos do controlador, uma chave para solicitar o modo amarelo intermitente e um soquete para a conexão de um dispositivo que permita o comando manual. Essas funcionalidades são essenciais para a operação segura e eficiente do sistema semafórico, garantindo que ajustes e manutenções possam ser realizados de maneira eficaz e segura.

O primeiro passo para instalação física de um semáforo é concretar as colunas (totens) veiculares e para pedestres (Figura 5). Após três dias, assim que o concreto curar, são colocados os acessórios. Esses acessórios são os controladores, que consiste em um dispositivo programável, eletroeletrônico, que aciona os focos semafóricos, a fim de controlar o fluxo de veículos e pedestres; focos principais de pedestres, botoeiras sonoras e GPS, que é uma tecnologia que ajusta a programação dos semáforos com base na localização e no deslocamento dos veículos, visando reduzir congestionamento e melhorar a fluidez do tráfego.

Além desses, ainda temos a caixa medidor de consumo padrão CEMIG, lançamento de cabos (subterrâneo), deste do controlador até aos focos principais, e focos de pedestres, já o GPS, a sua instalação é acima do controlador. Depois de tudo pronto, ligamos para teste e programação para depois ligar em definitivo.

A partir desse controlador da marca JSM, todos os cabos são distribuídos individualmente para cada foco semafórico. O controlador é alimentado por uma tensão de 127 volts, proveniente da caixa de distribuição instalada no poste da Cemig.



Figura 1. Controlador de semáforo JSM e GPS.

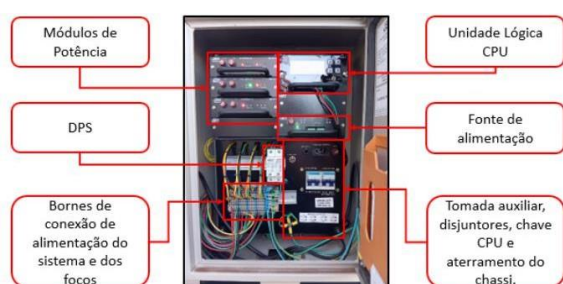


Figura 2. Controlador internamente e respectivos módulos.



Figura 2.1. Controlador JSM - Módulos de potência.



Figura 2.2. Controlador JSM - Unidade lógica CPU.



Figura 2.3. Controlador JSM - Fonte de alimentação 12V.



Figura 2.4. Controlador JSM - Dispositivo de proteção contra surtos elétricos (DPS).



Figura 2.5. Controlador JSM - Tomada auxiliar, disjuntores, chave CPU e aterramento do chassi do controlador.

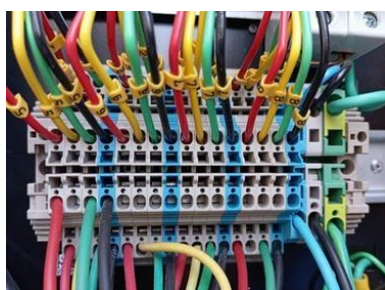


Figura 2.6. Controlador JSM - Bornes de conexão - alimentação dos focos.



Figura 3. Grupos focais a LED.



Figura 4. Botoeira sonora.



Figura 5. Elementos de sustentação.



Pedestre:
PP Flex 3x1,5 mm

Veicular:
PP Flex 4x1,5 mm

Figura 6. Cabos.

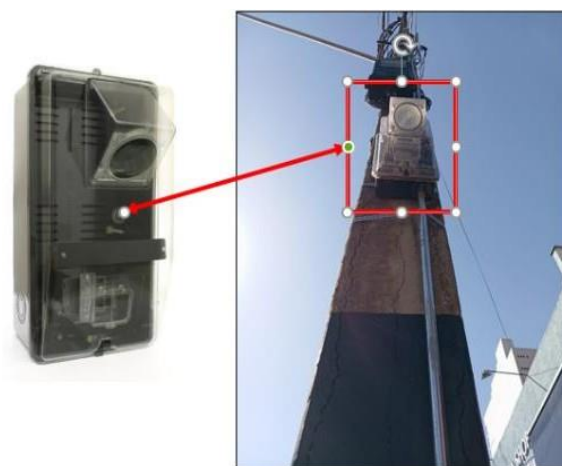


Figura 7. Caixa medidora de consumo padrão CEMIG.



Figura 8. Caminhão munck usado para transporte das estruturas e operações em alturas.



Figura 9. Estruturas a serem instaladas.



Figura 10. Construção da passagem de fiações via rede subterrânea.



Figura 11. Construção da passagem de fiações via rede subterrânea.



Figura 12. Aterramento.

Se tratando a da parte da coleta de dados, a foi conduzida manualmente (Figura 14) por duas pessoas, que registravam o fluxo de veículos à medida que estes passavam pelos pontos de observação. Esses pontos de coleta de dados estavam estrategicamente localizados na interseção entre a Avenida 17 e a Rua 22 (Figura 13).



Figura 13. Vista aérea do cruzamento em análise.



Figura 14. Registros manuais das contagens dos veículos.

Uma das pessoas posicionou-se de forma a anotar os veículos que trafegavam no sentido bairro-centro, enquanto a outra pessoa registrava os veículos que se deslocavam no sentido oposto, do centro para o bairro. Esta metodologia assegurou a obtenção de dados detalhados sobre o fluxo de tráfego em ambas as direções na referida interseção.

Para a realização do trabalho, também foram extraídos os dados da quantidade de veículos que possuem a cidade de Ituiutaba-MG, conforme a tabela 1.

Tabela 1. Quantidade de Veículos em Ituiutaba.

Veículo	Quantidade
Automóvel	31.226
Caminhonete	6.906
Experiência	4
Motocicleta	17.860
Reboque	2.786
Side-car	4
Triciclo	51
Ônibus	379
C.Trator	540
Caminhão	1.545
Ciclomotor	638
Microônibus	320
Motoneta	11.353
S.Reboque	803
Tr.Rodas	4
Utilitário	399
TOTAL	76.229

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A tabela 2 contém os cálculos colhidos na Avenida 17 e na Rua 22, conforme citado na metodologia.

LOCAL	HORÁRIO INICIAL	HORÁRIO FINAL	CARRO	MOTO	ÔNIBUS	CAMINHÕES	BICICLETAS
Av 17 Sentido Bairro/ Centro	06:00	12:00	1600	730	8	31	45
Av 17 Sentido Bairro/ Centro	12:00	18:00	2040	1100	15	9	20
Av 17 Sentido Bairro/ Centro	06:00	12:00	2050	1350	27	20	70
Av 17 Sentido Bairro/ Centro	12:00	18:00	4100	2700	32	41	58
Rua 22 Sentido Bairro/ Centro	06:00	12:00	480	219	3	9	14
Rua 22 Sentido Bairro/ Centro	12:00	18:00	612	330	6	3	6

Figura 15. Coleta de dados do fluxo na Avenida 17 e na Rua 22.

O total de veículos que passaram pelo cruzamento foi de 17.728. Os tempos calculados para os semáforos foram os seguintes: Entre os horários das 06h01min até às 23h59min, na Avenida 17, 45 segundos para o sinal verde e 3 segundos para o sinal amarelo; na Rua 22, 32 segundos para o sinal verde e 3 segundos para o sinal amarelo. Para pedestres: 15 segundos e amarelo intermitente, das 00h00 às 06h00.

A via de maior movimento recebe um tempo de sinal verde mais prolongado, considerando que a conversão à esquerda foi proibida neste cruzamento. O tempo maior atribuído à Avenida 17 foi determinado também para garantir que os veículos que necessitam fazer o retorno no próximo cruzamento possam acessar a rua 22 com sinal aberto, evitando congestionamento.

Com base nesses dados, é possível ajustar o tempo do sinal verde por meio da programação realizada na CPU do controlador semafórico. Ela é responsável por processar informações dos sensores de tráfego, executar algoritmos e coordenar as operações dos semáforos em uma interseção. Ela toma decisões com base nos dados coletados para ajustar os tempos de sinalização, garantindo a fluidez e segurança no trânsito. Essa unidade é essencial para o funcionamento eficiente do sistema de controle de semáforos.

Quando o sincronismo é simultâneo, que é o caso do nosso estudo, não há necessidade de calcular o tempo gasto por veículos de um cruzamento a outro. Já no sincronismo progressivo, precisa ser calculado o tempo necessário para que os veículos passem em todos os verdes sem ser preciso parar.

Com os avanços tecnológicos disponíveis atualmente, foi possível aprimorar significativamente



a funcionalidade e a automação dos semáforos, resultando em um tráfego de veículos mais fluido e menos propenso a congestionamentos. A modernização dos sistemas semafóricos, agora podem ser equipados com sensores, controladores inteligentes e algoritmos de otimização, permite uma adaptação em tempo real às condições de tráfego, reduzindo os tempos de espera e melhorando a eficiência geral das vias.

O ritmo acelerado das cidades, impulsionado pelo crescimento urbano e pelo aumento da população, tem levado a um incremento substancial no volume de tráfego nas últimas décadas. Esse crescimento não apenas intensificou a necessidade de uma coordenação mais eficiente do tráfego, mas também colocou em evidência a importância de sistemas semafóricos inteligentes que possam responder dinamicamente às flutuações no fluxo de veículos.

Os semáforos modernos utilizam uma combinação de tecnologias, como câmeras de vigilância, sensores de movimento, e sistemas de comunicação em tempo real, que não é nosso caso ainda, para monitorar continuamente o tráfego e ajustar

os tempos dos sinais consoante a demanda atual. Esta automação permite a implementação de estratégias avançadas de controle de tráfego, como o ajuste adaptativo dos ciclos semafóricos e a coordenação em rede de múltiplas interseções, que trabalham juntas para maximizar o fluxo de tráfego e minimizar os congestionamentos.

Além disso, a integração desses sistemas com outras infraestruturas urbanas e plataformas de gerenciamento de tráfego oferece aos gestores urbanos ferramentas poderosas para planejar, monitorar e ajustar as operações de tráfego de maneira eficiente. Isso é especialmente crucial em áreas metropolitanas, onde a densidade de veículos pode variar significativamente ao longo do dia, exigindo uma resposta ágil e eficaz para manter o fluxo de veículos constante.

Em suma, a adoção dessas tecnologias avançadas e a modernização dos sistemas semafóricos refletem a necessidade premente de adaptar a infraestrutura urbana ao crescimento contínuo das cidades e ao aumento do volume de tráfego. A coordenação eficiente do tráfego, agora suportada por soluções tecnológicas de ponta, não só melhora a mobilidade urbana, mas também contribui para a redução da poluição, o consumo de combustível e o estresse dos motoristas, promovendo um ambiente urbano mais sustentável e habitável.

Com base nos estudos e no projeto apresentado, se espera a redução dos acidentes de trânsito, uma vez que o semáforo controla o fluxo de veículos e pedestres, prevenindo colisões. Além disso, foi

antecipada com sucesso a melhoria na fluidez do tráfego, reduzindo congestionamentos e proporcionando maior segurança para todos os usuários da via.

CONCLUSÃO

Os objetivos deste trabalho foram alcançados, uma vez que conseguimos mostrar e explicar sobre a instalação e o funcionamento dos semáforos da cidade de Ituiutaba-MG.

O estudo indica que a instalação dos semáforos atendeu às expectativas e trouxe benefícios significativos para a comunidade. Após a implementação dos semáforos, houve uma redução no número de acidentes registrados, além da diminuição do tempo médio de espera dos veículos no cruzamento.

Segundo as opiniões coletadas das pessoas entrevistadas, a princípio, causou polêmica devido às mudanças tanto na proibição de conversão à esquerda em vários cruzamentos, quanto o acréscimo de semáforos em toda avenida, entretanto, conforme foram aprimorados os tempos programados, a maioria dos entrevistados considerou que o tráfego se tornou mais rápido e os pedestres passaram a atravessar com maior segurança nos momentos apropriados.

A instalação de semáforos nos cruzamentos proporcionou inúmeros benefícios, incluindo a redução de acidentes, a melhoria na fluidez do tráfego e o aumento da segurança para pedestres e ciclistas, economia de tempo para os motoristas e pedestres e redução de emissões ao implementarmos sistemas mais inteligentes de sincronização de semáforos.

A análise dos resultados, fundamentada em dados estatísticos e no feedback dos moradores, foi crucial para esta conclusão. Assim, é possível afirmar que a instalação dos semáforos atendeu às necessidades locais, contribuindo para um ambiente viário mais seguro e eficiente.

REFERÊNCIAS

- Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT NBR 5410:2004: Instalações elétricas de baixa tensão. Rio de Janeiro: ABNT. 209 p., versão corrigida, 2008.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT NBR 16653:2017: Sinalização semafórica viária – Controladores eletrônicos. Rio de Janeiro, 2017.
- Companhia Energética de Minas Gerais. ND-3.1: Projetos de Redes de Distribuição Aéreas Urbanas. Belo Horizonte, 2014. Disponível em: [nd3_1_000001p.pdf](https://www.cemig.com.br/nd3_1_000001p.pdf) (cemig.com.br). Acesso em: 01 de junho de 2024.



Companhia Energética de Minas Gerais. ND-3.3 - Projetos de Redes de Distribuição Subterrâneas. Belo Horizonte, 2014. Disponível em: Manual de Distribuição - Projetos de Redes de Distribuição Subterrâneas. Acesso em: 15 de junho de 2024.

Jsm Engenharia. Disponível em: <http://www.jsmengenharia.com.br/fotos.php>. Acesso em: 02 de Junho de 2024.

Lakatos, Eva Maria; Marconi, Marina de Andrade. Fundamentos de metodologia científica. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

Leandro, C.H.P. (2001) Procedimento Multicriterial para Estruturação e Caracterização de Sistemas Centralizados de Controle do Tráfego Urbano. Dissertação de Mestrado, Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, RJ.

Ministério do Trabalho e Emprego (Brasil). NR-10: Segurança em instalações e serviços em eletricidade. Brasília, 1978. Disponível em: nr-10.pdf(www.gov.br). Acesso em: 01 de junho de 2024.

Ministério do Trabalho e Emprego (Brasil). NR-35: Trabalho em Altura, Brasília, 2012. Disponível em: NR35atualizada2023.pdf (www.gov.br). Acesso em: 01 de junho de 2024.

Quem inventou e onde foi instalado o primeiro semáforo?. Disponível em: abril.com.br. Acesso em: 20 de maio de 2024.

Semáforo: quando surgiu, no Brasil e no mundo. Disponível em: www.karvi.com.br. Acesso em: 20 de maio de 2024.

Serapioni, Mauro. Métodos qualitativos e quantitativos na pesquisa social em saúde: algumas estratégias para a integração. Ciência & Saúde Coletiva, 5(1):187-192, 2000.

Sinalização semafórica. Disponível em: <https://sinaltapropista.com.br/sinalizacao-semaforica-sinalta/>. Acesso em: 02 de Junho de 2024.

Transporte ferroviário no Brasil: história, cenário atual e mais. Disponível em: totvs.com. Acesso em: 23 de maio de 2024.