

Desenvolvimento de um Protótipo de Semáforo Inclusivo

Jaguanhara Gomes de Oliveira Neto, Eduardo H. M. Cruz

¹Instituto de Informática – Instituto Federal do Paraná (IFPR)
Rua José Felipe Tequinha 14.000 – 87.703-536 – Paranavaí – PR – Brasil

jaguanhara@hotmail.com

eduardo.cruz@ifpr.edu.br

Abstract. *The main objective of this work is to develop an inclusive traffic light using the Arduino microcontroller, so that it is viable and inexpensive to implement. The goal is to solve problems such as facilitating the crossing of pedestrians and visually impaired people, generating greater fluidity both for people on the streets and for vehicles, among others.*

Resumo. *Este presente trabalho, tem como principal objetivo desenvolver um semáforo inclusivo, utilizando o microcontrolador Arduino. A ideia é que seja viável e de baixo custo sua implementação, para resolver problemas específicos como: facilitar a travessia dos pedestres e pessoas com deficiência visual, gerar maior fluidez tanto para as pessoas que estão nas ruas como para os veículos, entre outros.*

1. Introdução

Devido ao grande aumento da população e do volume de veículos, nota-se conseqüentemente, cada vez mais a disputa por espaços nas vias das cidades. Devido a isto, é necessária uma mediação constante nas vias terrestres. Não são poucos os artigos, projetos e pesquisas científicas que são realizados com o intuito de amenizar os conflitos gerados no trânsito, propondo diversas formas de solução, como a reeducação de condutores de veículos e pedestres, criação de vias inteligentes, semáforos com ciclos ajustáveis, maior rigorosidade na aplicação das leis e normas, entre outras soluções para esta problemática.

Segundo o último Censo Demográfico [IBGE 2010], existem aproximadamente 46 milhões de pessoas com deficiência no Brasil. Destes, cerca de 36 milhões são deficientes visuais, onde 7 milhões possuem grande dificuldade visual. A grande maioria tem uma vida ativa, trabalham e estudam, e por este motivo necessitam se locomover pelas cidades. Porém, ainda são muitos os municípios brasileiros que não estão preparados para proporcionar acessibilidade a estes cidadãos. O respeito a estes cidadãos significa ter uma série de cuidados para que eles sejam incluídos ao nosso convívio, e a acessibilidade faz parte desse respeito que devemos ter para com eles.

Conforme consta na Lei No 10.098/2000 [MEC 2000], acessibilidade significa dar a essas pessoas condições para alcançarem e utilizarem, com segurança e autonomia, os espaços, mobiliários, equipamentos urbanos, as edificações, os transportes e os sistemas e meios de comunicação. Porém, para dar a tal segurança e autonomia, torna-se necessária também a orientação para proporcionar mais independência. Apesar do rebaixamento de calçadas, sinalização tátil no piso, entre outros que constam na NBR 9050 [ABNT 2015], é perceptível a desorientação, principalmente para aquelas pessoas com deficiência visual.

Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS) [OMS 2020], nos últimos 15 anos, a taxa de mortalidade no trânsito se manteve estável. Porém, o fato desta afirmação soar positiva não muda que pessoas continuem morrendo ou se ferindo no trânsito, na maioria dos casos pedestres e ciclistas. A OMS vem tentando reduzir o número de acidentes e melhorar a segurança viária. Contudo, um dos grandes problemas constatados e que impede que esta melhoria aconteça é o mau planejamento do desenho das vias, visto que a organização delas é que vai ditar o comportamento dos veículos e pedestres daquele local. Logo, redesenhar vias seria uma das soluções para tentar reduzir o número de acidentes e promover uma maior inclusão social de pessoas que possuem algum tipo de necessidade especial. Este é um processo complicado, que demanda muito tempo para analisar o trânsito e como ele influencia nas demais vias, além do alto custo.

O presente trabalho tem por finalidade, o estudo da viabilidade de desenvolvimento de um protótipo de semáforos inclusivos, onde estes possam orientar e auxiliar as pessoas com deficiência. Tem como característica principal o baixo custo e uma atenção muito grande a pequenos detalhes, que são extremamente importantes para a segurança, como: o aumento do tempo de transição entre os ciclos do semáforo, a comunicação visual que é realizada com os condutores (através de display), solicitando atenção mais elevada durante a travessia de pessoas com deficiência visual, e também o auxílio sonoro para estes, alertando e orientando durante a travessia, tornando-a mais segura para todos envolvidos no processo. A utilização de semáforos inclusivos reflete em melhoria na fluidez do trânsito e segurança de todos, principalmente, na melhor orientação para as pessoas com deficiência visual. Isto mostra como a Tecnologia Assistiva pode ser valiosa para o urbanismo, inclusão e a sustentabilidade, principalmente no trânsito.

Este trabalho está organizado da seguinte forma: Primeiramente é apresentada a história dos semáforos e trabalhos correlatos. Em seguida, é apresentado o semáforo inclusivo, onde o mesmo foi subdividido em metodologia, projeto, custo financeiro e por fim, o tópico de experimentação que apresenta uma situação com dados reais; a conclusão com as devidas considerações e as referências bibliográficas.

2. A história dos semáforos e trabalhos correlatos

Esta seção trata um pouco da história do semáforo e cita algumas propostas que foram criadas no intuito de tornar o semáforo mais funcional, para que possa suportar a grande quantidade de automóveis e pedestres, que vem crescendo cada vez mais com o passar dos anos.

2.1. A história dos semáforos

Há 152 anos, em 1868, a tecnologia do semáforo foi originalmente concebida devido ao fluxo de carruagens ter se tornado intenso. Já em 1920, foi instalado, em Detroit-Michigan, o primeiro semáforo do mundo do tipo verde/amarelo/vermelho [SINAL DE TRÂNSITO 2014]. Diante destes poucos dados, originou-se um questionamento que se tornou uma das bases desta e de outras pesquisas referentes a esta tecnologia: Como será que este mesmo semáforo irá suportar o advento dos carros autônomos?

Dentro do conceito de Smart City, a tecnologia está numa busca constante de avanços, com o intuito de melhorar os serviços existentes e criar ambientes mais práticos e inovadores. Pelo mundo a fora, em diversos países como Alemanha, China, Estados

Unidos e Japão, já têm a seu dispor semáforos inteligentes em pleno funcionamento, que com o auxílio de câmeras associadas à inteligência artificial, podem verificar a quantidade de veículos, calcular e ajustar o tempo dos semáforos, melhorando assim o fluxo e a segurança.

Esta não é uma realidade muito distante, já existem semáforos com estas mesmas características em diversas cidades do Brasil. Uma das aplicações mais evidentes ficam nas cidades de Maringá e Ivaiporã, ambas localizadas no estado do Paraná (PR). Em Maringá, foram instalados dois semáforos inteligentes, batizados de “Agent”, localizados no cruzamento da Avenida João Paulino com a Rua Saldanha Marinho.

Idealizado pelo maringaense Aleksandro Montanha [MONTANHA, Aleksandro 2018], um dos sócios da empresa “Seebot”, empresa que desenvolve soluções para a melhoria da mobilidade urbana, o “Agent” consegue, por meio de um software de inteligência artificial e câmeras, analisar o trânsito em tempo real e ajustar os tempos de verde, vermelho e amarelo para otimizar a espera do motorista e melhorar o fluxo do trânsito. Consegue guardar a experiência adquirida a cada vez que abre e fecha para veículos, já que possui um sistema de inteligência artificial embarcado, que permite a melhor interpretação do comportamento daquela via, armazenando as informações e comparando seus resultados com o melhor resultado conseguido. Segundo consta no site da Seebot, o equipamento, além da otimização do tempo, que indica melhoria no fluxo de veículos na razão de 30%, consegue ler placas detectando infrações de trânsito, reduz a emissão de poluentes melhorando a qualidade do ar, além da possibilidade de integração com outros fabricantes.

A exemplo do desenvolvimento nesta área, a fabricante alemã de veículos Audi [AUDI 2019], há 4 anos utilizando a tecnologia vehicle to infrastructure (V2I), criou o sistema Green Light Optimized Speed Advisory (Glosa), que permite que o veículo realize troca de informações em tempo real com a central de tráfego. Esta, por sua vez, verifica a localização do veículo e informa quando o semáforo à frente vai fechar ou abrir, permitindo que este condutor se mantenha na “onda verde”. Este sistema já está disponível na Europa e em mais de 4.700 cruzamentos só nos Estados Unidos.

Há várias outras propostas interessantes como a do professor Christoph Stiller [STILLER, Christoph 2016], do Instituto de Tecnologia de Karlsruhe na Alemanha, chamada Light Traffic. Este sistema que controla o tráfego foi criado pelo Massachusetts Institute of Technology (MIT) em parceria com o Instituto Federal de Tecnologia de Zurique. A princípio, o semáforo se torna uma torre de controle como as utilizadas nos aeroportos e quando estes entram em contato com os veículos que se aproximam pelas vias que se cruzam, recebem informações como velocidade e intenção do veículo. O semáforo, por sua vez, determina a ordem mais adequada de fluxo para cada um deles, informando a velocidade ideal de aproximação no painel do veículo.

Tecnologias como a V2I e outras que podem ser usadas no controle inteligente do trânsito, são vistas como uma opção de comunicação acessível para o que se chama informalmente de Internet of Vehicle (IoV). E para que semáforos realmente se tornem inteligentes, é interessante que os veículos recebam tecnologia que viabilize essa proposta. É necessário que haja padronização dos sistemas utilizados e, principalmente, a alteração no aspecto comportamental e cultural, pois, ainda que no longo prazo, espera-se

um efeito educacional importante. Muitos pesquisadores acreditam que esses sistemas poderão melhorar o fluxo e a capacidade de tráfego nas vias e em alguns casos, até eliminar a necessidade de semáforos.

2.2. Trabalhos correlatos

Nesta subseção são apresentados trabalhos que tem como objeto final desenvolver semáforos inteligentes, porém com objetivos, metodologias, componentes e outras características diversas. Os critérios utilizados para a seleção dos trabalhos correlatos foi de buscar trabalhos que tenham um protótipo de semáforo inteligente e que utilizaram microcontroladores para a construção.

2.2.1. Gestão de congestionamentos e veículos de emergência utilizando knn em semáforos inteligentes

O trabalho [BERETTA, Marina dos Santos 2017] tem como objetivo diminuir congestionamentos, acidentes, desconfortos e outros problemas gerados pela má administração dos semáforos. Porém, o principal objetivo é fazer com que os semáforos possam agir de forma inteligente quando veículos de emergência estiverem a caminho de uma eventual ocorrência. Consequentemente, o atraso do veículo será menor podendo dar esperanças a vítima acidentada, além de também auxiliar no fluxo dos veículos. Para a elaboração deste projeto, foram analisadas as normas de trânsito, o fluxo do trânsito, análise dos semáforos e softwares específicos para o trânsito. A utilização do Machine Learning (KNN – K Nearest Neighbors) teve como propósito tornar, com o decorrer das experiências, um semáforo cada vez mais inteligente, visto que, com o uso da inteligência artificial, cada situação que fosse simulada ou presenciada. O semáforo então se torna capaz de apresentar resultados para futuras situações.

2.2.2. Semáforo inteligente para veículos de emergência

O trabalho [ALVES, Samuel Izaias 2018] tem por finalidade desenvolver um dispositivo que auxilia na locomoção de veículos de emergência, onde através do Arduino são acoplados sensores nos sinais e nos veículos de emergência para que os mesmos não precisem parar em cruzamentos, evitando atrasos que podem custar vidas. O usuário do projeto, através de um botão, pode acionar o semáforo para abrir ou controlar o tempo do semáforo.

O ponto negativo citado pelo próprio autor do projeto é que, para realizar as funções, o dispositivo teria que estar próximo do semáforo, pois a longas distâncias o dispositivo apresenta falhas no seu funcionamento, podendo causar acidentes e transtornos.

2.2.3. Projeto de Controlador Inteligente para Semáforo

O projeto [YUKI, Helio Saburo] visa desenvolver um semáforo inteligente onde, através de sensores, ele possa administrar o tempo de abertura dos semáforos de acordo com o total de veículos parados. Para detectar o número de veículos querendo ultrapassar, seriam

feitas fendas no asfalto, onde dentro seriam colocados fios de cobre enrolados de forma que, quando uma corrente elétrica fosse enviada, criasse um campo eletromagnético, identificando o total de carros presentes naquele semáforo. Já o software utilizado para controlar a abertura dos sinais e a duração deles foi desenvolvido no software Circuitmaker, para promover a visualização dos circuitos e a forma que está se comportando.

2.2.4. Semáforos inteligentes para a regulação do tráfego veicular

O autor [SANTAMARIA Maria V. Bances and MOSCOL Mario F. Ramos 2015] teve como objetivo desenvolver um sistema inteligente de semáforo (SSI), onde câmeras web iriam detectar a quantidade de carros presentes, assim permitindo organizar de melhor forma o tráfego de carros daquela área em tempo real. O trabalho foi desenvolvido na linguagem Python, utilizando o microcontrolador PIC 18F2550, e baseando-se na lógica Fuzzy, ou seja, uma lógica onde é analisado a probabilidade ou meio termo de uma determinada situação. Diferente da lógica booleana, onde apenas são admitidos valores "verdadeiros" ou "falsos", a lógica Fuzzy trabalha com "meia verdade" ou "meio falso". Por utilizar-se de inteligência artificial, a lógica Fuzzy acaba sendo uma grande aliada desta tecnologia.

2.2.5. Controle Inteligente de Semáforos Utilizando Redes Neurais Artificiais com Funções de Base Radial

O projeto [HEINEN, Milton R. 2013] tem como objetivo ter um controle inteligente sobre os semáforos, onde cada semáforo será um agente de uma rede neural artificial (RNAs) e aprendizado por reforço (AR). Por fim, para realizar os testes, utilizou-se do simulador Intelligent Transportation System for Urban Mobility (ITSUMO). Os testes foram feitos de duas formas: o primeiro foi realizado com um cruzamento simples; e o outro com nove cruzamentos. Os resultados foram: no primeiro caso houve uma diminuição de quarenta por cento nos veículos parados; já, na segunda simulação, houve um maior número de veículos, pois se tratava de um mapa maior e maior número de cruzamentos.

3. Plataforma de prototipação

Nesta seção, será apresentado o microcontrolador utilizado de maneira resumida. É muito comum identificar a utilização dos microcontroladores em processos que envolvam a automação, inteligência artificial e termos relacionados, visto que, através da programação podem ser realizadas diversas atividades, automatizando tarefas enfrentadas no dia a dia.

O modelo que é utilizado neste projeto é o Arduino MEGA ADK, plataforma de código aberto de prototipagem eletrônica com hardware e software flexíveis e fáceis de usar. Basicamente, é composta por dois componentes: A placa, que é o hardware, utilizada para monitorar os sinais dos sensores, e o software, onde é escrito o código para que o hardware execute.

Uma das principais diferenças deste projeto para auxiliar o semáforo será um display LCD, para maior interação com os condutores, e estes tenham mais um recurso visual a seu dispor, elevando a margem de segurança. Considerando esta ideia, é necessário

que aconteça uma conexão entre o microcontrolador e o display. Para que seja realizada esta conexão, foi utilizada a biblioteca LiquidCrystal, para que mensagens de texto sejam apresentadas aos condutores dos veículos, no intuito de melhor orientá-los. A Figura 1 ilustra o Arduino MEGA ADK¹.



Figura 1. Arduino.

4. O semáforo inclusivo

Esta seção tem como objetivo apresentar a metodologia utilizada, o custo e o projeto desenvolvido neste trabalho de conclusão de curso.

4.1. Metodologia

A metodologia utilizada para a construção deste projeto foi através de pesquisas bibliográficas, levando em consideração materiais e dados já publicados, com o intuito de estudar a viabilidade da implementação de um semáforo inclusivo de baixo custo. As fontes de pesquisas presentes neste projeto são fontes de categorias primárias, secundárias e terciárias, ou seja, são respectivamente fontes originais, fontes que são análises de fontes primárias e fontes que são sintetizações.

Inicialmente foi realizado o projeto no software Tinkercad, simulando diversos tipos de semáforos, até chegar ao protótipo definitivo. Logo após, foram realizadas pesquisas sobre os diversos componentes utilizados na construção do semáforo, suas especificações, características, entre outros, para que houvesse melhor compreensão da sua atuação sobre o projeto como um todo. Foram analisados também trabalhos semelhantes onde o objetivo em comum era construir um semáforo, para que pudessem ser feitas melhorias no projeto a ser desenvolvido. Consequentemente, chegou-se ao principal objetivo deste trabalho, no qual é o desenvolvimento de um semáforo inclusivo para pessoas que possuem algum tipo de deficiência visual e ter um melhor custo benefício utilizando o Arduino.

4.2. O projeto

Diante de tantas soluções e considerações com relação à estrutura e veículos, nota-se também, que se tornou necessário buscar soluções para o fator mais importante nesta equação, que é o transeunte, principalmente àqueles que possuem algum tipo de necessidade especial. Por este motivo, o projeto desenvolvido visa proporcionar melhores condições de locomoção pelas vias para aqueles que possuem alguma necessidade especial, apresentando o melhor custo benefício por utilizar componentes de baixo custo

¹Imagem disponível em: <https://store.arduino.cc/usa/arduino-mega-adk-rev3>

Tabela 1. Tabela de preços (Março/2020)

Quantidade	Material	Descrição	Preço(R\$)
20	Resistor	220(Ω)	R\$ 3,50
4	Botão	Push-Button 5V	R\$ 2,50
10	LED	Amarelo	R\$ 3,00
10	LED	Vermelho	R\$ 3,00
10	LED	Verde	R\$ 3,00
2	Buzzer Ativo	5V	R\$ 4,80
1	Arduino MEGA ADK		R\$ 100,00
1	Protoboard	MB102(830pontos)	R\$ 14,90
40	Jumpers	Macho/Fêmea	R\$ 15,00
1	Fonte	5V	R\$ 10,00
1	Módulo I2C	Módulo para LCD	R\$ 13,00
1	Display LCD	16x2	R\$ 19,00
Total	Vários fornecedores	Sem o frete	R\$ 191,20

associado ao microcontrolador Arduino. Quando comparado com outras soluções apresentadas aqui anteriormente, que utilizaram tecnologia muito cara e de ponta, apresenta uma economia substancial, além de poder ser investida futuramente em outras áreas, inclusive no próprio projeto. Diversas fontes afirmam que o melhor custo benefício do Arduino não se dá apenas pelo valor, mas, principalmente, pela facilidade de programação na plataforma, utilizando a linguagem mais flexível e por ser um software livre. Qualquer pessoa poderá criar um software ou modificar um já existente. Além da existência de uma vasta comunidade e fóruns ativos dispostos a tirar dúvidas daqueles que tenham menos conhecimento.

O presente projeto promove o desenvolvimento de semáforos inclusivos, uma vez que, com a instalação destes, diversas mudanças poderão ser observadas, tais como promover maior autonomia e segurança para as pessoas com necessidades especiais. Consequentemente, os condutores dos veículos estarão cientes da existência destes indivíduos com necessidades especiais realizando a travessia na via, sendo assim, conduzirão seus veículos de forma mais segura e atenta. Por fim, diversos problemas e situações inesperadas poderão ser evitadas, tornando o trânsito mais estável, seguro e fluido.

4.3. Custo Financeiro

Como citado anteriormente, a elaboração deste projeto tem como um dos principais objetivos ser acessível economicamente e que promova um melhor custo benefício, quando comparado com projetos equivalentes. A Tabela 1 apresenta o custo médio da implementação do projeto. (Março/2020)

4.4. Projeto hardware

No início, utilizou-se a ferramenta Tinkercad para criação do código, simulação e verificar a possibilidade de criação de um semáforo, segundo a Figura 2. Após obter sucesso na criação do código e simulação, o próximo passo foi montar fisicamente o projeto utilizando o Arduino MEGA ADK e os componentes necessários listados na Figura 3. A Tabela 2 contém as portas utilizadas no Arduino.

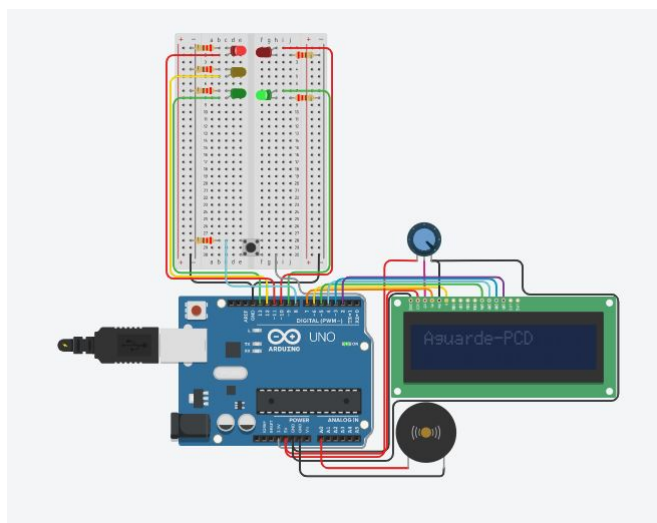


Figura 2. Projeto montado no Tinkercard

Tabela 2. Tabela das portas utilizadas no Arduino

Portas	Função
GND	Aterramento para os LEDs
13	LED verde do semáforo de carros
12	LED amarelo do semáforo de carros
11	LED vermelho do semáforo de carros
10	LED vermelho do semáforo de pedestres
9	LED verde do semáforo de pedestres
8	Porta de acionamento do botão
5V	Porta de alimentação para o botão
3.3V	Porta de alimentação para o buzzer
GND	Aterramento para o buzzer
A0	Porta de acionamento do buzzer
5V	Porta de alimentação para o I2C
GND	Aterramento para o I2C
SDA 20	Porta para o Serial Data
SCL 21	Porta para o Serial Clock

O botão que foi inserido na protoboard simula a ação de um pedestre e, quando pressionado por 0,5 segundos, este componente indica a intenção que o pedestre tem de atravessar a via. Com isto, dispara um comando para que luzes indicadoras nas cores padrão de um semáforo, verde, amarelo e vermelho, de forma coordenada, realizem a função de abrir e fechar o semáforo. Estas luzes estão alocadas em paralelo na protoboard, a fim de manter uma mesma diferença de potencial e dividir a corrente elétrica pelo sistema. Cada uma destas está associada a um resistor de 220 Ohms, pois a corrente elétrica que entra é de 5V, e na ausência destes resistores, a corrente elétrica se dissiparia totalmente nos díodos emissores de luz e no fio. Consequentemente, acabaria queimando todos os componentes. Por este motivo, os resistores foram inseridos no intuito de preservar os díodos emissores de luz, regulando a passagem de corrente elétrica. E isso tudo,

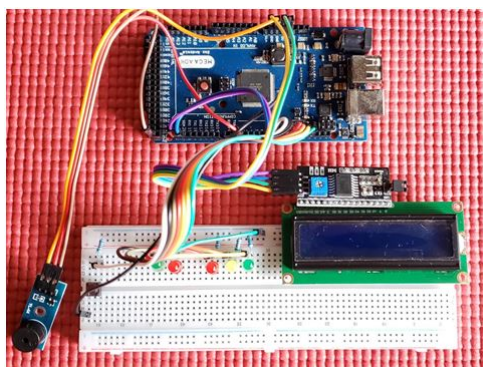


Figura 3. Projeto montado fisicamente

levando em consideração a segunda Lei de Ohm.

Durante esta ação, onde o semáforo para os veículos está sempre aberto para manter o fluxo da via, após o acionamento do botão, se inicia o ciclo que neste primeiro momento, envia um alerta aos condutores dos veículos através da luz amarela indicando a iminência do fechamento do semáforo. Na sequência, para aumentar a margem de segurança, por dois segundos, tanto o semáforo de pedestres quanto o semáforo de veículos permanecem fechados, fazendo com que condutores de veículos e pedestres estejam realmente parados e atentos para o próximo ciclo. A Figura 4 ilustra o diagrama.

Na próxima etapa, o semáforo verde para pedestres abre e, após um segundo, é acionado o sinal sonoro que é realizado através de um buzzer, com a finalidade de indicar a livre travessia para pessoas que possuem necessidades visuais especiais, mantendo-as desta forma sempre informadas sobre o tempo da travessia e quando do final desta, que ocorre alguns segundos antes do fechamento do semáforo. Em paralelo a este evento, com intuito de orientar os condutores dos veículos, é apresentado um sinal visual através do display instalado próximo ao semáforo, informando a existência de pessoas com necessidades especiais realizando a travessia da via, e que será necessário redobrar a atenção para evitar situações inesperadas ou até mesmo acidentes. Este display LCD foi associado ao módulo I2C e, para poder implementá-lo no projeto, foi necessário a utilização da biblioteca LiquidCrystal I2C no código, para que houvesse a comunicação com o Arduino.

Para concluir o ciclo, após finalizar o tempo de travessia dos pedestres, novamente ambos os semáforos serão fechados por dois segundos, oferecendo mais uma vez a margem de segurança entre pedestres e veículos, para que posteriormente o semáforo de veículos abra e estes, possam voltar a trafegar normalmente até que o próximo ciclo se inicie. Entretanto, prevendo que ocorra determinada situação, onde por ventura, um pedestre queira apertar repetidamente o botão no intuito de abrir o semáforo antes da finalização do ciclo ou de interferir no tempo semaforico, foi inserido um tempo de guarda do botão de acionamento.

E também, no intuito de evitar a interrupção do tempo destinado ao semáforo verde dos veículos e ferir a resolução Nº 483, do Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito - Volume V Sinalização Semaforica, de 09 de Abril de 2014, que afirma que o tempo máximo permitido do ciclo de um semáforo não deve ser superior a 120 segundos[CONTRAN 2014]. Muitas convenções afirmam que a velocidade média de um

ser humano é de 1.20m/s e, mesmo diante disto, ainda é necessário levar em consideração o cálculo do tempo de travessia do pedestre, que se dá através da fórmula:

$$Tt = \frac{Lp}{Vt} \quad (1)$$

Onde Tt é o tempo de travessia, Lp é a largura da pista e Vt é a velocidade do pedestre. Esta fórmula indica que o tempo de travessia é diretamente proporcional à largura da via e inversamente proporcional a velocidade do pedestre na travessia.

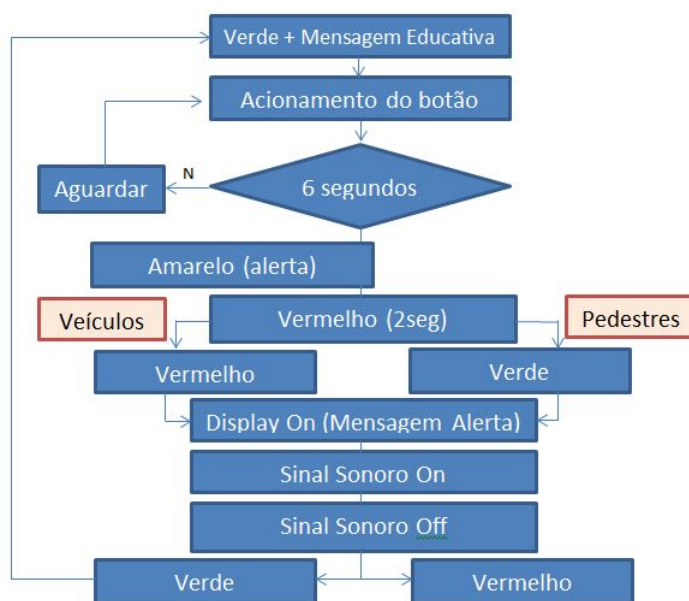


Figura 4. Diagrama

5. Experimentação

Como experimento, foi realizada a simulação no cruzamento da Avenida Heitor de Alencar Furtado com a Rua Felipe dos Santos, cruzamento que é considerado o quinto local em acidentes da cidade de Paranavaí, situado no estado do Paraná. A Figura 5 ilustra o cenário experimentado.

Sempre visando melhorar o fluxo de veículos e promover uma maior segurança para os pedestres, principalmente a dos que possuem necessidades especiais, foi realizada a simulação de semáforos de veículos e pedestres neste cruzamento.

Levando em consideração a resolução CONTRAN Nº 483, volume V do Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito, que afirma que o pedestre caminha na velocidade de 1,2m/s e que, segundo o Google Mapas, a Avenida Heitor de Alencar Furtado possui uma largura de 16,0 metros, sem levar em consideração suas marginais, foi utilizada a Equação 1 no intuito de calcular o tempo médio que levaria para este pedestre concluir a travessia em segurança.

Neste experimento, o pedestre aperta o botão indicando que tem a intenção de atravessar. O ciclo então se inicia com ambos os semáforos, de pedestre e de veículos, fechando por 2 segundos, contribuindo com a segurança dos envolvidos. Aplicando os

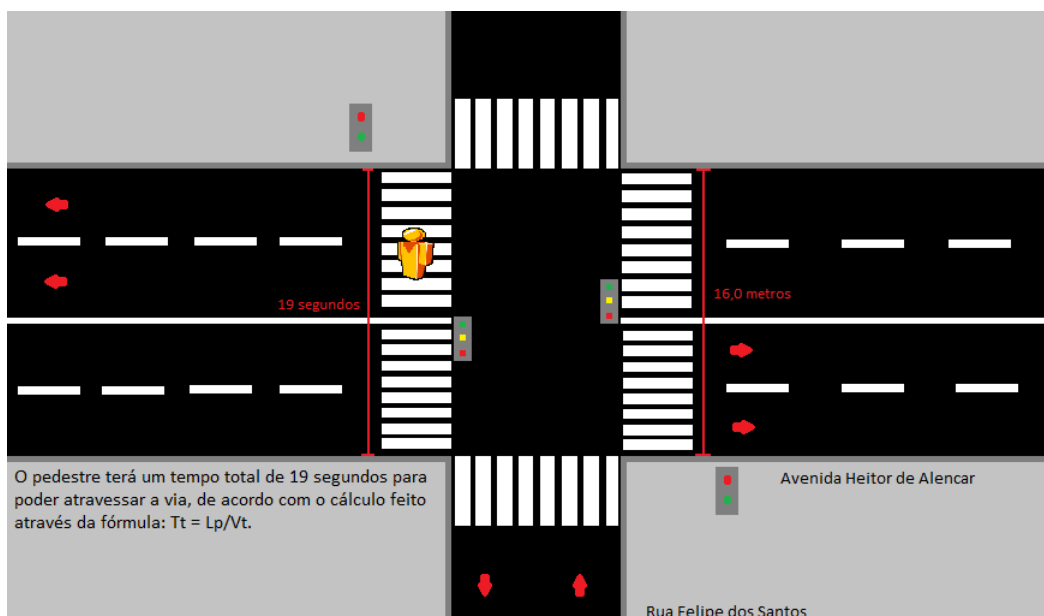


Figura 5. Esquemático do experimento.

dados na equação, a travessia teria uma duração de 13,33 segundos. Porém, levando em consideração que nem todos se locomovem na mesma velocidade, foi adotado um total de 15 segundos, e uma adição de 2 segundos de segurança onde novamente ambos os semáforos ficam fechados, encerrando o ciclo deste semáforo em 19 segundos no total. Logo, não excede o limite de 120 segundos conforme a Resolução N^o 483, do Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito - Volume V Sinalização Semafórica, de 09 de Abril de 2014.

6. Conclusão

Através da realização deste projeto, fica evidente a importância da implementação do mesmo, no qual tem como principal objetivo criar um protótipo com baixo custo, que irá auxiliar no fluxo de pedestres que possuem necessidades especiais, visto que a maioria destas pessoas possui vida ativa e necessita se locomover para realizar suas atividades diárias. Outros objetivos, como auxiliar no fluxo de automóveis e pedestres, reduzir o número de acidentes, reduzir conflitos no trânsito, entre outros, fazem parte das metas deste projeto.

Por meio desta proposta, ainda se tem um melhor custo benefício, tendo em vista que a criação do Arduino era para que os alunos de instituições conseguissem projetar seus trabalhos em uma plataforma de excelente qualidade e baixo custo. Logo, o semáforo inclusivo desenvolvido se tornaria mais em conta, pois, os dispositivos utilizados para a construção são mais acessíveis do que os que são utilizados nos semáforos comuns.

Referências

ABNT (2015). Abnt 2015. Disponível em: <https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=344730>. Acesso em: 05 março 2020.

ALVES, Samuel Izaias (2018). Semáforo inteligente para veículos de emergência. Disponível em: <http://repositorio.ufu.br/handle/123456789/23983>. Acesso em: 05 março 2020.

AUDI (2019). Glosa. Disponível em: <https://www.audi-mediacycenter.com/en/press-releases/audi-networks-with-traffic-lights-in-europe-11649>. Acesso em: 05 março 2020.

BERETTA, Marina dos Santos (2017). Gestão de congestionamentos e veículos de emergência utilizando knn em semáforos inteligentes. Disponível em: <https://200.10.239.71/handle/11077/1661>. Acesso em: 05 março 2020.

CONTRAN (2014). Contran 2014. Disponível em: [https://infraestrutura.gov.br/images/Educacao/Publicacoes/Manual_VOL_V_\(2\).pdf](https://infraestrutura.gov.br/images/Educacao/Publicacoes/Manual_VOL_V_(2).pdf). Acesso em: 05 de março de 2020.

HEINEN, Milton R. (2013). Controle inteligente de semáforos utilizando redes neurais artificiais com funções de base radial. Disponível em: <http://www.eati.info/eati/2013/assets/anais/artigo38.pdf>. Acesso em: 05 março 2020.

IBGE (2010). Ibge brasil. Disponível em: <https://censo2010.ibge.gov.br/>. Acesso em: 05 março 2020.

MEC (2000). Lei n 10.098, de 19 de dezembro de 2000. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L10098.htm. Acesso em: 05 de março de 2020.

MONTANHA, Aleksandro (2018). Semáforo inteligente. Disponível em: <https://seebot.com.br/agent.html>. Acesso em: 05 março 2020.

OMS (2020). Oms. Disponível em: <http://www.senado.gov.br/noticias/Jornal/emdiscussao/motos/saude/estudo-da-organizacao-mundial-da-saude-oms-sobre-mortes-por-acidentes-de-transito-em-178-paises-e-base-para-decada-de-acoes-para-seguranca.aspx>. Acesso em: 05 de março de 2020.

SANTAMARIA Maria V. Bances and MOSCOL Mario F. Ramos (2015). Semáforos inteligentes para la regulación del tráfico vehicular. Disponível em: <http://revistas.uss.edu.pe/index.php/ING/article/view/113>. Acesso em: 05 março 2020.

SINAL DE TRÂNSITO (2014). O primeiro semáforo. Disponível em: <https://www.sinaldetransito.com.br/index.php>. Acesso em: 05 março 2020.

STILLER, Christoph (2016). Light traffic. Disponível em: <http://senseable.mit.edu/light-traffic/>. Acesso em: 05 março 2020.

YUKI, Helio Saburo. Projeto de controlador inteligente para semáforo. Disponível em: http://www.fem.unicamp.br/~lotavio/tgs/2008_ControladorInteligenteParaSem%C3%A1foro_TG_H%C3%A9lioYuki.pdf. Acesso em: 05 março 2020.