



CONTROLE DE FLUXO DE VEÍCULOS E TEMPO DE TRAVESSIA DE PEDESTRES UTILIZANDO MATRIZES E A PLATAFORMA ARDUINO

Júlia Pereira de Castro

Fábio Cavalcanti

Escola Estadual Dom Paulo Rolim Loureiro

Resumo

O objetivo desta pesquisa é apresentar a possibilidade de trabalhar com os estudantes a matemática aplicada juntamente com a lógica de programação para resolução de problemas do cotidiano como, por exemplo, determinar o tempo adequado que os pedestres, crianças e idosos, precisam para atravessar as ruas/avenidas e determinar o fluxo de veículos de um cruzamento de duas vias com interseção em “T”, uma via arterial e uma via coletora. A partir do conceito de matrizes e a utilização da plataforma Arduino, houve duas situações estudadas. Na simulação 1, a preferência era para o tempo máximo de farol verde para os veículos e tempo mínimo para os pedestres. Nessa simulação, a quantidade de veículos que cruzam os seis semáforos em uma hora chegou a 3000. Na simulação 2, a preferência foi dada para o tempo de 40 segundos para que um idoso pudesse atravessar uma avenida de 30 metros com segurança. Com essa simulação a quantidade de veículos que cruzam os semáforos em uma hora chegou a 1200. A técnica aplicada é bem simples e pode ser reproduzida em qualquer aula de matemática ou robótica e pode servir de introdução a algo bem mais complexo que pode ter outras variáveis envolvidas, como sensores no chão que medem o fluxo dos veículos em tempo real. A partir de uma problemática do cotidiano, é possível mostrar para a comunidade que a escola pode participar da resolução de várias situações, como a demonstrada na pesquisa.

Palavras-chave: Arduino, Matrizes, Controle de fluxo de veículos e pedestres.

Introdução

A partir da maximização dos lucros como premissa básica da lógica dos mercados financeiros e da cadeia de produção, atualmente o controle de tráfego de veículos é condição necessária para economizar recursos não renováveis como combustíveis fósseis, atenuar a depreciação dos veículos e do pavimento asfáltico das vias, diminuir o tempo de entregas para as residências, comércio e empresas, entre outros. No entanto, precisamos pensar no bem-estar de todos, não apenas dos produtores e distribuidores, mas principalmente de pessoas idosas e crianças que precisam atravessar a pé ou com auxílio de cadeira de rodas os cruzamentos das grandes cidades. Na grande maioria dos casos, os idosos não conseguem atravessar uma avenida, por exemplo da cidade de São Paulo, com uma largura de 30 metros. Segundo Duim e Antunes (2016), os idosos desenvolvem, em média, uma velocidade aproximada de 0,8 m/s e para atravessar uma faixa de pedestre de uma avenida, eles precisariam de um tempo mínimo de 37,5 segundos. Em praticamente todos os principais cruzamentos de vias das grandes cidades

do país, o tempo é muito inferior a 15 segundos, isto é, os idosos só conseguem percorrer em média 12 metros e ficam no meio das vias correndo o risco de serem atropelados.

Uma das maneiras de se entender como funciona o controle de tráfego para maximizar o tempo que uma pessoa atravessa a via ou determinar a quantidade de veículos que passam nos cruzamentos, a partir dos semáforos instalados nos principais cruzamentos de vias das cidades ao redor do mundo e das cidades brasileiras, é utilizando o conceito de matrizes. Na matemática, matriz é uma forma de representar dados dividindo-os em colunas e linhas, isto é, dados dois números não nulos **m** e **n** naturais inteiros maiores ou igual a 1, chama-se matriz **m** por **n** (indica-se $m \times n$) toda tabela retangular A formada por $m.n$ números reais distribuídos em m linhas e n colunas,

$$A = \begin{matrix} & a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & & & \vdots \\ a_{m1} & a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{matrix}$$

Nas matrizes que utilizamos nas simulações, determinamos que as colunas e linhas continham os valores de tempo de farol verde para cada sentido que os veículos poderiam ir, por exemplo, do sentido A para o sentido B, para posteriormente determinar a quantidade provável de veículos que cruzam os semáforos em todos os sentidos.

Para concretização do objetivo da proposta de aplicação das matrizes no controle de tráfego de veículos com os semáforos, utilizamos o recurso tecnológico da plataforma Arduino, que é uma prototipagem eletrônica de controle de sensores de entrada e saída. Conforme Cury e Hirschmann (2014), o Arduino pode ser utilizado como ferramenta construtivista na educação matemática assim como facilitar a aprendizagem, estimular o trabalho em grupo, desenvolver o raciocínio lógico e a autoestima.

Com uma linguagem simples de programação, a plataforma Arduino oferece várias formas e tutoriais, com uma grande comunidade de usuários organizada em sites e fóruns na internet, para auxiliar os estudantes uma nova forma de exercer a criatividade (SÃO PAULO, 2014). Após determinar em cada matriz qual semáforo fica aberto ou fechado, o próximo passo foi escrever a programação pela interface de software chamada Arduino IDE (Integrated Development Environment). Concluída a programação, foram feitos testes para depois da confecção da maquete com os seis semáforos indicando as possíveis conversões com seus respectivos tempos de abertura e fechamento.

Objetivo

O objetivo desta pesquisa é apresentar a possibilidade de trabalhar com os estudantes a

matemática aplicada juntamente com a lógica de programação para resolução de problemas do cotidiano como, por exemplo, determinar o tempo adequado que os pedestres, crianças e idosos, precisam para atravessar as ruas/avenidas a partir do fluxo de veículos de um cruzamento de duas vias com interseção em “T”, uma via arterial e uma via coletora.

Metodologia

Com a utilização do conceito de matrizes, iremos mostrar que é possível determinar o fluxo de veículos de um cruzamento de duas vias com interseção em “T”, sendo uma via arterial e outra via coletora e determinar o tempo adequado que uma pessoa idosa precisa para atravessar uma avenida com 30 metros de largura. Para as duas simulações de tempo de travessia e controle de fluxo de veículos com 6 semáforos, além de 3 semáforos para pedestre, foi utilizado a plataforma Arduino com sua interface de programação similar à linguagem C++.

Para a demonstração do projeto uma maquete foi construída de acrílico com semáforos de LEDs, nas cores amarelo, verde e vermelho; resistores de $330\ \Omega$, fios jumpers, ferro de solda e duas placas Arduino UNO. Nos testes do projeto, além dos materiais citados anteriormente, foi utilizado um protoboard para os testes dos semáforos e um computador para a programação da interface Arduino IDE.

Desenvolvimento

A partir de um cruzamento de duas vias com interseção em “T”, sendo uma via arterial e uma via coletora controlados por seis semáforos para veículos e três semáforos para pedestres, iremos demonstrar que é possível determinar a quantidade de veículos que passam nesse cruzamento em uma hora além de demonstrar a importância de pensar nas pessoas com dificuldade de locomoção para que tenham um tempo maior para atravessar as grandes avenidas das cidades brasileiras.

Para a simulação 1, onde os veículos têm o tempo maior de fluxo, na figura 1 temos a representação de um cruzamento de duas ruas, cujo fluxo de veículos nos pontos A, B e C é definido por três conjuntos de semáforos. Um semáforo para o sentido de A para B e um semáforo de A para C, um semáforo do sentido de B para A e de B para C, por fim um semáforo de C para A e de C para B, totalizando seis semáforos independentes.

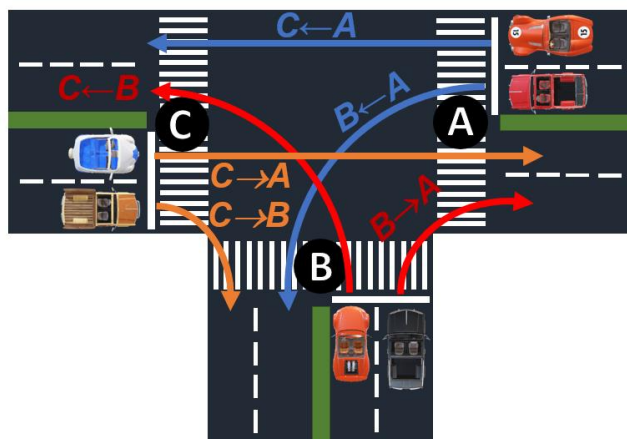


FIGURA 1- SIMULAÇÃO 1: O DIAGRAMA DO CRUZAMENTO DE VIAS EM “T” COM AS INDICAÇÕES E SENTIDOS PARA CADA SEMÁFORO. FONTE: AUTORES (ADAPTADO DE SMOLE, 2016, p. 235).

As matrizes M_1 , M_2 , M_3 , M_4 , M_5 e M_6 indicam o tempo, em minutos, durante o qual os semáforos se mantêm simultaneamente abertos segundo a sequência: de A para B e de A para C, de B para A e de B para C e de C para A e de C para B:

$M_1 = \begin{matrix} \text{De} \\ \text{A} \begin{bmatrix} 0 & 1/2 & 1 \end{bmatrix} \\ \text{B} \begin{bmatrix} 1/2 & 0 & 0 \end{bmatrix} \\ \text{C} \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \\ \text{Para A} & \text{B} & \text{C} \end{matrix}$	$M_2 = \begin{matrix} \text{De} \\ \text{A} \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \\ \text{B} \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \\ \text{C} \begin{bmatrix} 1 & 1/2 & 0 \end{bmatrix} \\ \text{Para A} & \text{B} & \text{C} \end{matrix}$	$M_3 = \begin{matrix} \text{De} \\ \text{A} \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \\ \text{B} \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \\ \text{C} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \\ \text{Para A} & \text{B} & \text{C} \end{matrix}$
$M_4 = \begin{matrix} \text{De} \\ \text{A} \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \\ \text{B} \begin{bmatrix} 1/2 & 0 & 1/2 \end{bmatrix} \\ \text{C} \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \\ \text{Para A} & \text{B} & \text{C} \end{matrix}$	$M_5 = \begin{matrix} \text{De} \\ \text{A} \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \\ \text{B} \begin{bmatrix} 1/2 & 0 & 1/2 \end{bmatrix} \\ \text{C} \begin{bmatrix} 0 & 1/2 & 0 \end{bmatrix} \\ \text{Para A} & \text{B} & \text{C} \end{matrix}$	$M_6 = \begin{matrix} \text{De} \\ \text{A} \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \\ \text{B} \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1/2 \end{bmatrix} \\ \text{C} \begin{bmatrix} 0 & 1/2 & 0 \end{bmatrix} \\ \text{Para A} & \text{B} & \text{C} \end{matrix}$

Para um período de 4 minutos, definimos que na via arterial de A para C e de C para A, o tempo de farol aberto foi determinado por 1 minuto e na via coletora, de B para A e de B para C, o tempo determinado foi de 30 segundos. Somando as matrizes $M_1 + M_2 + M_3 + M_4 + M_5 + M_6$, chegamos aos valores da matriz M abaixo:

$$M = \begin{bmatrix} 0 & 1/2 & 3 \\ 3/2 & 0 & 3/2 \\ 2 & 3/2 & 0 \end{bmatrix}$$

Como precisamos determinar a quantidade de veículos que passam por hora, é necessário um período máximo de funcionamento de um semáforo que é de 4 minutos, isto é, o tempo que os 6 faróis ficam verde, amarelo e vermelho. Desta forma, multiplicamos a matriz M por 15, que é 60 minutos dividido por 4 minutos e chegamos na matriz N :

$$N = 15.M$$

$$N = \begin{bmatrix} 0 & 7,5 & 45 \\ 22,5 & 0 & 22,5 \\ 30 & 22,5 & 0 \end{bmatrix}$$

Para a simulação 2, utilizamos a mesma estrutura das matrizes M_1 , M_2 , M_3 , M_4 , M_5 e M_6 . Com foco nos pedestres, a figura 2 mostra uma situação hipotética onde num cruzamento de vias em “T” temos de um lado uma estação de metrô, uma escola do outro lado e também um hospital, reforçando o caráter preferencial para pessoas com baixa locomoção, crianças que podem necessitar de cadeira de rodas e idosos.



FIGURA 2- SIMULAÇÃO 2: O DIAGRAMA DO CRUZAMENTO DE VIAS EM “T” COM INDICAÇÕES DA ESCOLA, HOSPITAL E ESTAÇÃO DO METRÔ. FONTE: AUTORES (ADAPTADO DE SMOLE, 2016, p. 235).

Nessa simulação, o tempo máximo que os faróis ficam abertos é de 1 minuto de A para C e de C para A (Matriz M_2). Nas demais matrizes, o tempo máximo é de 20 segundos (1/3 de um minuto) entre faróis verde, amarelo e vermelho para todos os semáforos.

De A $M_1 = B \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1/3 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1/3 & 0 & 0 \end{bmatrix}$ C Para A B C	De A $M_2 = B \begin{bmatrix} 0 & 1/3 & 0 \\ 1/3 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$ C Para A B C	De A $M_3 = B \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1/3 \\ 0 & 1/3 & 0 \end{bmatrix}$ C Para A B C
De A $M_4 = B \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 1/3 & 0 & 0 \\ 0 & 1/3 & 0 \end{bmatrix}$ C Para A B C	De A $M_5 = B \begin{bmatrix} 0 & 1/3 & 1/3 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$ C Para A B C	De A $M_6 = B \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1/3 & 1/3 & 0 \end{bmatrix}$ C Para A B C

Somando as matrizes, chegamos na matriz M' ,

$$M' = \begin{bmatrix} 0 & 2/3 & 2/3 \\ 2/3 & 0 & 1/3 \\ 2/3 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

A cada 4 minutos de ciclo, isto é, o farol poderá ficar fechado para os veículos 40 segundos exceto quando os veículos ficam 1 minuto de A para C e de C para A. Tempo total para que uma pessoa possa atravessar a rua com segurança. Numa hora, o tempo que cada farol fica verde será:

$$N' = 15.M'$$

$$N' = \begin{bmatrix} 0 & 10 & 10 \\ 10 & 0 & 5 \\ 10 & 15 & 0 \end{bmatrix}$$

É possível perceber quando a preferência é do veículo, o tempo máximo que o farol fica aberto é de 45 minutos, de A para C, em uma hora para um sentido e de 25 minutos neste mesmo sentido quando a preferência é do pedestre.

Resultados e Discussões

Supondo que num minuto passam 20 carros nessas ruas, podemos determinar a quantidade de carros no total que passam nesse cruzamento multiplicando 20 pela matriz N , surgindo a matriz Z . Com esse controle de fluxo, é possível determinar a quantidade de 3000 carros por hora na via arterial juntamente com a via coletora.

$$Z = 20.N$$

$$Z = \begin{bmatrix} 0 & 150 & 900 \\ 450 & 0 & 450 \\ 600 & 450 & 0 \end{bmatrix}$$

Podemos verificar que na via arterial de A para C a quantidade de carros que podem passar em até uma hora é de 900 e na via de A para B coletora a quantidade de 150 veículos. Na arterial de A para C a quantidade de veículos é maior pois no período o farol verde fica 45 minutos, 3 minutos no farol verde por ciclo, enquanto na coletora de A para B o farol verde fica ligado apenas 15 minutos.

Quando o pedestre tem a preferência de tempo de travessia e supondo que o tempo seja no mínimo de 40 segundos, tanto para pessoas idosas quanto para crianças com necessidades especiais de locomoção, a quantidade de carros será de 1200 veículos por hora, conforme a

soma dos valores da matriz abaixo.

$$Z' = 20.N'$$

$$Z' = \begin{bmatrix} 0 & 200 & 200 \\ 200 & 0 & 100 \\ 200 & 300 & 0 \end{bmatrix}$$

Para a montagem da maquete foram utilizados os seguintes materiais:

- Duas placas Arduino Uno;
- Protoboard, LEDs e fios jumpers (período de teste);
- 6 conjuntos de semáforos de LED na cor verde, amarelo e vermelho;
- 6 conjuntos de semáforos de LED na cor verde e vermelho para a travessia dos pedestres;
- Fios condutores de eletricidade;
- Ferro de Solda;
- Fio de Solda;
- Placas de acrílico preto;
- Placas de MDF de 1,0 mm.

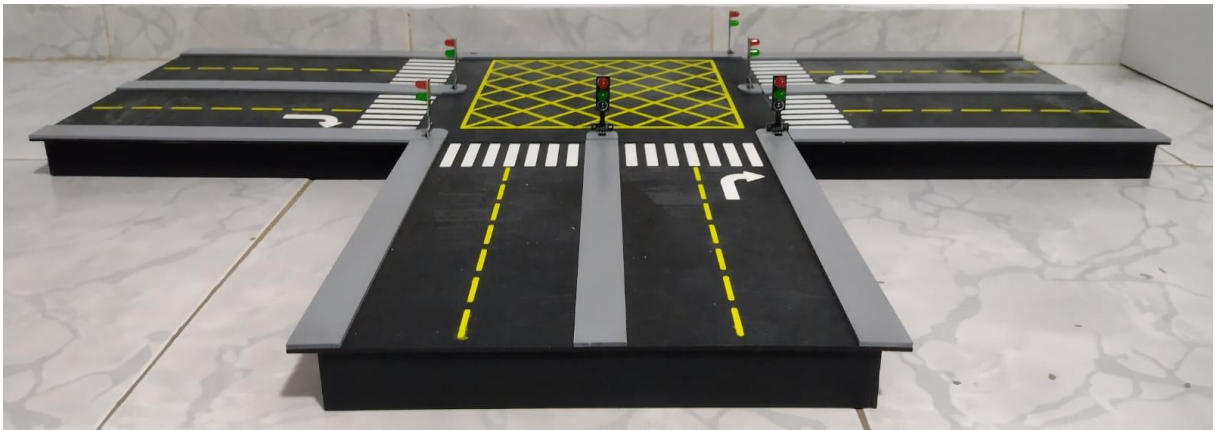


Figura 3 – Projeto pronto para testes de programação. Fonte: Autores.

Considerações Finais

Situações do cotidiano muitas vezes fogem da discussão de sala de aula. Melhorar a qualidade de vida das pessoas que estão no entorno de uma escola, pode ser um dos objetivos primordiais do projeto político pedagógico das unidades escolares. A partir de duas situações distintas, uma prevalecendo a lógica da maior quantidade possível do fluxo de veículos num

determinado cruzamento e na outra prevalece o tempo mínimo que pessoas com mobilidade reduzida possam atravessar uma avenida sem riscos de atropelamento. Com a plataforma Arduino como demonstração e concretização do projeto, utilizamos o conceito de matrizes para mostrar que é possível determinar a quantidade de veículos que passam por hora num cruzamento de duas vias com interseção “T” de uma via arterial e uma via coletora. Na simulação 1, a preferência era para o tempo máximo de farol verde para os veículos e tempo mínimo para os pedestres. Nessa simulação, a quantidade de veículos que cruzam os seis semáforos em uma hora chegou a 3000. Na outra simulação, a preferência foi dada para o tempo de 40 segundos para que um idoso pudesse atravessar uma avenida de 30 metros com segurança. Com essa simulação a quantidade de veículos que cruzam os semáforos em uma hora chegou a 1200. Os resultados demonstram que é necessário repensar a engenharia de tráfego atual favorável apenas aos veículos em detrimento aos pedestres menos favorecidos, como as pessoas idosas que precisam de um tempo maior para atravessar as vias.

Referências Bibliográficas

CURY, T. E.; HIRSCHMANN, D. R. **Ensino de Matemática através do Arduino**. IERGS/UNIASSEL. VI, Porto Alegre, 2014.

DUIM, E.; ANTUNES, J. L. F., Tempo de travessia para pedestre e a velocidade de marcha de pessoas idosas, in “Walking speed of older people and pedestrian crossing time”, Journal of Transport and Health, São Paulo, 2016.

SMOLE, K. S.; DINIZ, M. I., **Matemática. Ensino Médio - Volume 2**. 1ª ed., Saraiva, São Paulo, 2016.

SÃO PAULO (Estado), **Robótica: Ensino Médio**; Caderno do Professor / Secretaria da Educação; São Paulo, 2014.