

CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIFACVEST  
CURSO DE CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO  
FRANCO FOSCARINI

**SSE: SISTEMA SEMAFÓRICO EQUILIBRADO**

LAGES

2015

FRANCO FOSCARINI

**SSE: SISTEMA SEMAFÓRICO EQUILIBRADO**

Projeto apresentado à Banca Examinadora do  
Trabalho de Conclusão de Curso I de Ciência  
da Computação para análise e Aprovação.

LAGES

2015

FRANCO FOSCARINI

## **SSE: SISTEMA SEMAFÓRICO EQUILIBRADO**

Trabalho de Conclusão de Curso de Ciência da Computação apresentado ao Centro Universitário FACVEST como parte dos requisitos para obtenção do título de bacharel em Ciências da Computação.

Prof. MSc. Márcio José Sembay.

Lages, SC \_\_\_/\_\_\_/2014.

Nota \_\_\_\_\_

---

Coordenador do Curso de graduação  
LAGES  
2015

## RESUMO

O trabalho a seguir apresenta, um estudo sobre tráfegos, suas inserções e, maneiras de controlá-lo e também ferramentas para o tornar mais eficiente, uma vez que o mesmo gerenciado de maneira ineficiente pode acabar prejudicando invés de ajudar. O objetivo desse trabalho é de acordo com a pesquisa bibliográfica, desenvolver um sistema onde a distribuição do tráfego seja feita de maneira inteligente e equilibrada não se esquecendo de que pedestres também fazem parte do trânsito. Utilizando ferramentas de baixo custo e o algoritmo certo, pode-se equilibrar o direito de passagem dos pedestres e dos veículos e assim pode-se diminuir o tempo de espera em um semáforo, evitando congestionamentos tornando-o mais seguro e eficiente tanto para veículos como para pedestres.

**Palavras-chave:** Tráfego; Semáforo; Distribuição; Gerenciado; Trânsito;

## **ABSTRACT**

Work Forward presents a Study of traffic, and it's inserts and control, A ways, and it Also Tools paragraph It, it more efficient, Once even managed way inefficient can End Becoming hum hindrance. The aim of this study and the agreement with bibliographical research, develop hum System Where Traffic Distribution br intelligent and balanced way made forgetting to also pedestrians are part of the transit. Using tools with low cost and one algorithm, can be balancing the passage of law of pedestrians and vehicles and can be decrease waiting hum pace in traffic , avoiding congestion making, it's the safest, and ceasing to be hum hindrance lasting everyday situations.

**Key words:** Traffic; Traffic lights; Distribution; Managed; Traffic;

## **RESUMEN**

El siguiente artículo presenta un estudio sobre el tráfico, sus anexos y las maneras de controlarlo y también herramientas para que sea más eficiente, ya que se logró de manera ineficiente puede llegar a ser un obstáculo. El objetivo de este trabajo es de acuerdo a la literatura, a desarrollar un sistema en el que se hará la distribución del tráfico de una manera inteligente y equilibrada sin olvidar que los peatones también son parte del tráfico. El uso de herramientas de bajo costo y el algoritmo adecuado, se puede equilibrar el derecho de paso de los peatones y vehículos por lo que puede reducir el tiempo de espera en un semáforo, evitando la congestión por lo que es más seguro, y al no ser un impedimento duradero situaciones cotidianas.

**Palabras clave:** Tráfico; Semáforos; Distribución; Gestionado; tráfico;

## Sumário

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>8</b>
1.1. Justificativa .....	9
1.2. Importância .....	9
1.3. Objetivos gerais .....	10
1.3.1 Objetivos específicos .....	10
<b>2 ESTUDOS SOBRE O TRÁFEGO .....</b>	<b>11</b>
2.1 Interseções .....	11
<b>3 HISTÓRIA DO SEMÁFORO .....</b>	<b>12</b>
3.1 Semáforo .....	13
3.2 Tipos de semáforos .....	13
3.2.1 Semáforo Veicular .....	13
3.2.2 Semáforo para Pedestres .....	14
<b>4 MOVIMENTO E APROXIMAÇÃO .....</b>	<b>14</b>
<b>5 CONTROLES DE INTERSEÇÕES .....</b>	<b>18</b>
5.1 Tipos de Controladores .....	18
5.2 Estratégias de troca de foco. ....	19
5.3 Controles Isolados do Cruzamento .....	19
<b>6 PLANOS SEMÁFORICOS .....</b>	<b>21</b>
6.1 Controles Arteriais de Cruzamentos (Rede aberta) .....	21
6.2 Controle de Cruzamento em Área (Rede Fechada) .....	22
<b>7 TEORIAS GERAIS DOS FLUXOS .....</b>	<b>26</b>
7.1 Densidade, espaçamento, intervalo.....	27
7.2 Relação Velocidade X Densidade.....	28
7.3 Velocidade .....	28
7.4 Densidades (Concentração). ....	29
7.5 Fluxos de Saturação .....	30

<b>8 TEMPO PERDIDO .....</b>	<b>30</b>
8.1 Tempos de Segurança .....	31
<b>9 ARDUINO.....</b>	<b>32</b>
9.1 Arduino Uno .....	33
9.2 Sensores infravermelho de presença.....	33
<b>10 PROGRAMAÇÃO .....</b>	<b>33</b>
10.1 Linguagem de Programação C.....	34
<b>11 INTERNET .....</b>	<b>34</b>
11.1 Conexões via Norduino .....	35
<b>12 TOLERÂNCIA A FALHAS .....</b>	<b>36</b>
12.2 Escolha das técnicas de tolerância a falhas.....	37
<b>13 METODOLOGIA.....</b>	<b>37</b>
13.1 Caracterização de pesquisa. ....	37
13.2 Estudo Bibliográfico. ....	38
<b>14 PRÉ-PROJETO .....</b>	<b>39</b>
14.1 Introdução .....	39
14.4 Diagramas do Projeto.....	40
14.5 Diagrama Fluxo de Dados .....	41
14.6 Protótipos da Interface do Sistema .....	41
<b>15 REFÊRENCIAS .....</b>	<b>43</b>



## 1 INTRODUÇÃO

Os semáforos tradicionais perderam sua eficiência, pois contavam com tempo fixo e não apresentavam qualquer característica que atendesse a variação do trânsito que existe hoje em dia. Eles apenas tinham temporizadores diferentes que mudavam conforme o horário do dia.

Com o avanço da informatização e da automação, possibilitam formas mais eficientes de se controlar o tráfego. A elaboração de um sistema de controle computadorizado, no qual todas as ações são comandadas pelo mesmo indicando quando a troca de foco semafórico deve ocorrer. Já com os semáforos inteligentes que tem a missão de tornar a locomoção urbana mais eficiente, os focos semafóricos são alternados conforme o fluxo de veículos que passam pelo cruzamento. No momento em que o veículo passar a uma determinada distância antes do semáforo, os dados serão enviados ao controlador que irá monitorar e definir os intervalos, visando melhorar a circulação de pedestres e veículos.

Dessa forma, dando a oportunidade tanto de pedestres como de veículos, poderem passar sem delongas assim garantindo a fluidez.

Isso faz com que nos deparemos com um sério problema de mobilidade urbana, esse problema acaba gerando um caos nos horários de picos, ou seja, no horário em que pais vão buscar seus filhos nas escolas, pessoas saem do trabalho para ir para a casa, ou ir a restaurantes, em menos de minutos se cria congestionamentos, e os principais culpados são os pedestres, motoristas desatenciosos, e um deficiente controle de distribuição de tráfego.

Outro fato que prejudica bastante a locomoção é o fato de muitas vezes os motoristas ficarem “presos” no sinal vermelho enquanto na outra via não trafega nenhum veículo, fazendo com que o semáforo deixe de ser um controlador de tráfego e passe a ser um acarretador de congestionamento.

Os semáforos tradicionais perderam sua eficiência, pois contavam com tempo fixo e não apresentavam qualquer característica que atendesse a variação do trânsito que existe hoje em dia. Eles apenas tinham temporizadores diferentes que mudava conforme o horário do dia.

Com o avanço da informatização e da automação, possibilitam formas mais eficientes de se controlar o tráfego. A elaboração de um sistema de controle computadorizado, no qual todas as ações são comandadas pelo mesmo, indicando quando a troca de foco semafórico deve ocorrer. Já com os semáforos inteligentes que tem a missão de tornar a locomoção urbana mais eficiente, os focos semafóricos são alternados conforme o fluxo de veículos que passam pelo cruzamento.

No momento em que o veículo passar a uma determinada distância antes do semáforo, os dados serão enviados ao controlador que irá monitorar e definir os intervalos, visando melhorar a circulação de pedestres e veículos.

Dessa forma, dando a oportunidade tanto de pedestres como de veículos, poderem passar sem delongas assim garantindo a fluidez.

### **1.1. Justificativa**

Com cada vez mais veículos circulando pelas ruas, segundo o DENATRAN o Brasil teve um aumento em sua frota de cerca de 110% em apenas 10 anos e nisso muitas cidades estavam despreparadas para esse grande fluxo no trânsito, diversas cidades implantaram semáforos nos cruzamentos a fim de controlar o fluxo de veículos.

Mas com o passar dos anos, semáforos convencionais e rotatórias acabaram se tornando ineficientes, mas não por culpa dos mesmos, mas sim, pois muitos motoristas acabam se distraíndo e acabam “perdendo o sinal”. (USP, 2012).

“Hoje é comum a gente ver alguns usuários parando por mais tempo, retenção, passando ou lendo mensagem no celular, então o semáforo abre pra ele e ele muitas vezes precisa que alguém atrás dê uma buzina pra que ele se desloque[...]” (USP, 2012).

Outro grande problema é a fluidez do trânsito e as paradas desnecessárias, diversas vezes é possível observar um veículo parado no sinal, num ambiente onde está apenas ele, sem qualquer outro motorista ou pedestre. Esse é um dos diversos exemplos que podemos citar em que o Semáforo mal otimizado pode causar.

Pensando em diversas situações que podem ocorrer durante uma simples parada momentânea no semáforo (foco semaforico vermelho), neste projeto será implementado um sistema que controle o tráfego de modo que faça com que a abertura de um semáforo não seja demasiadamente longa, dando a oportunidade tanto de pedestres como de veículos, poderem passar sem delongas assim garantindo a fluidez.

### **1.2 Importância**

A proposta desse projeto é aprimorar o controle de tráfego, de uma forma que ele se adapte as diversas situações que podem acontecer no trânsito, sem se esquecer dos pedestres que acabam ficando um pouco de lado em diversas situações de segurança de trânsito.

### **1.3 Objetivos gerais**

O Objetivo Geral desse trabalho é recolher fatos sobre sistema semafórico e apresentá-los, mostrando o quanto um sistema ineficiente pode prejudicar a mobilidade urbana, assim dando fundamento teórico para o desenvolvimento do sistema de controle equilibrado.

#### **1.3.1 Objetivos específicos**

Os objetivos específicos no decorrer do desenvolvimento deste projeto contam com estudo e criação de um sistema e algoritmo que atendam às necessidades propostas. Sendo assim:

- a) Se obter um estudo sobre sistema semafórico, fluxos, inserções.
- b) Utilizar tecnologias como arduino, norduino, sensores de distância, peso e infravermelho, para que o sistema não fique obsoleto prematuramente,
- c) Desenvolver um algoritmo que equilibre os direitos de passagem.

No decorrer do trabalho será mostrado e explicados alguns conceitos que terão que ser levados em conta para o desenvolvimento do projeto.

## 2 ESTUDOS SOBRE O TRÁFEGO

### 2.1 Interseções

Ruas e avenidas são o meio físico por onde os veículos trafegam, em um cruzamento que tenha de duas ou mais vias podem existir movimentos que não podem ser realizados ao mesmo tempo, pois são conflitantes como a Figura 1 abaixo ilustra. (Manual de Semáforos, 1984).

No entanto, foi criadas regras de controle de direito de passagem com o objetivo de facilitar e melhorar o fluxo do tráfego e assim reduzir riscos e acidentes para os veículos e pedestres que ali trafegam. (Manual de Semáforos, 1984).

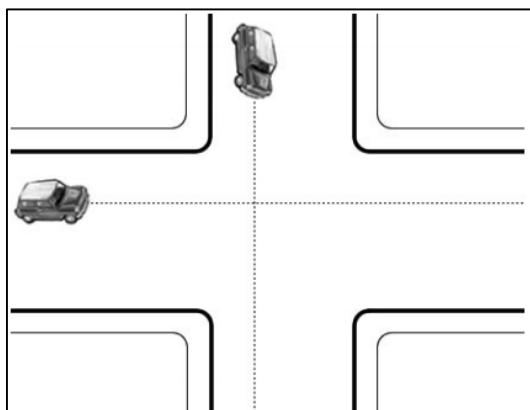
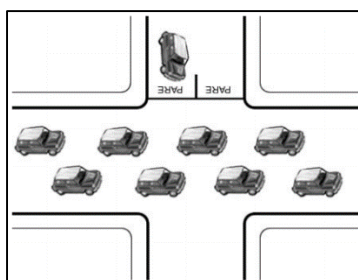


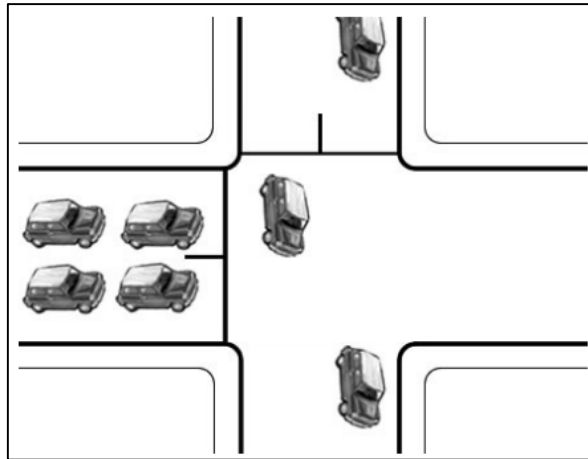
Figura 1. Movimentos Conflitantes.  
Fonte: (Manual de Semáforos, 1984).

Em determinadas vias onde apresentam um baixo fluxo de tráfego, os veículos conflitantes são facilmente ordenados por uma regra do Capítulo III do CTB artigo 29 “I - a circulação far-se-á pelo lado direito da via, admitindo-se as exceções devidamente sinalizadas”. Entretanto em vias com alto fluxo de veículos essa regra acaba gerando congestionamento como a Figura 2 abaixo demonstra, sendo necessário criar novas regras para aproximações de cruzamento. (Manual de Semáforos, 1984).



**Figura 2.** Inserção congestionada.  
Fonte: (Manual de Semáforos, 1984).

Para tentar driblar esse problema foi criada uma ordenação sequencial e cíclica de permissões para a travessia de uma interseção que basicamente é fornecido um tempo para realizar a travessia da interseção., (Manual de Semáforos, 1984).



**Figura 3.** Interseção controlada por tempo.

Fonte: (Manual de Semáforos, 1984).

A autorização e proibição de movimentos em uma interseção são feitas por um equipamento denominado semáforo.

### **3 HISTÓRIA DO SEMÁFORO**

O primeiro sistema de semáforo que se ouvir falar foi em Londres 1868, e utilizavam-se luzes com gás para que pudesse ser visualizado à noite, ele possuía dois braços onde ambos eram movimentados por policiais, o sistema era simples, quando estavam na horizontal indicava-se que o veículo deveria parar, já em 45 graus os veículos deveriam prosseguir, mas o tempo de duração foi bem curto, cerca de um mês após a instalação do sistema, o semáforo explodiu ferindo o policial responsável por manusear o semáforo (2012).

Em Berlin na Alemanha, no meio de alguns cruzamentos foi construído torres onde policiais trocavam luzes para guiar os motoristas, ao longo dos anos esse sistema sofreu diversas mudanças chamando atenção dos Estados Unidos onde foi criado e instalado o sistema de três cores, principio utilizado até o dia de hoje (LINARDI, 2007)

### 3.1 Semáforo

Semáforo é um dispositivo de controle de tráfego, que comunica os motoristas e pedestres através de sinais luminosos, assim alternando o direito de passagem de veículos e pedestres.

Ele é composto de focos luminosos afixados em grupo ao lado da rua, ou suspenso sobre ela com postes, com o principal objetivo de liberar ou segurar momentaneamente o tráfego, controlam através de circuitos elétricos a comutações dos focos. (DENATRAN, 1984).



**Figura 4.** Representação de um Semáforo  
Fonte: (2012).

### 3.2 Tipos de semáforos

Temos duas categorias de semáforos de trânsito, uma para Veículos e a outra para Pedestres, ambas vão ser utilizadas no projeto, para a fim de assegurar que os pedestres e os motoristas terão os mesmos direitos de passagem, e também obrigação de parar em determinadas situações. (BBC e BBC, 2009).

#### 3.2.1 Semáforo Veicular

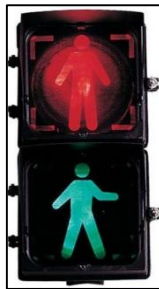
Os semáforos veiculares são formados por três focos semaforicos diferentes, de forma que o foco Verde indica que o cruzamento está livre para passagem, amarela indica que a passagem está prestes a ser fechada (em geral só se usa para tráfego de veículos), Vermelho indica que a passagem pelo cruzamento está momentaneamente impedida. (BBC e BBC, 2009).



**Figura 5.** Representação de um semáforo Veicular  
Fonte: (2012).

### 3.2.2 Semáforo para Pedestres

O semáforo para pedestres auxilia os transeuntes a fazerem a travessia em segurança, utiliza dois focos semafóricos, mas diferente do Veicular. O foco superior é “um boneco parado” com foco vermelho, já o foco inferior é “um boneco andando” com fogo verde. (SUN)



**Figura 6.** Representação de um semáforo para Pedestres  
Fonte: (2012).

Neste projeto como um dos principais objetivos é assegurar que o pedestre venha a ter uma passagem segura para outro lado da via, utilizaremos Semáforos para pedestres, onde ele contara com um algoritmo específico para esse tipo de semáforo sendo ativado e priorizado através de um botão.

## 4 MOVIMENTO E APROXIMAÇÃO

O movimento que representa a origem e o destino de veículos em uma interseção no cruzamento. Graficamente é representado por um traço, indicando a sua direção, e uma seta, indicando o seu sentido.

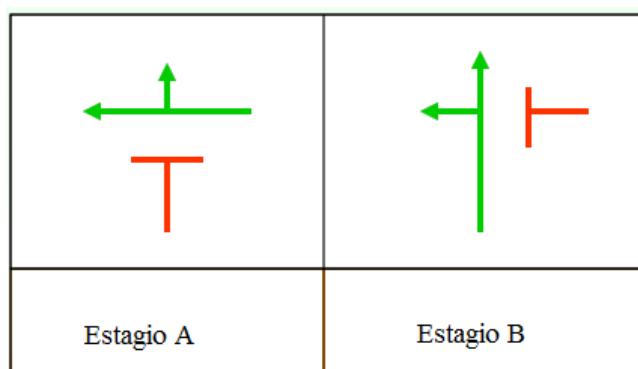
A seguir teremos algumas definições que explicaram alguns processos, representações, e alguns conceitos que são importantíssimos para a compreensão e desenvolvimento do projeto.

**Tabela 1.** Movimentos e Aproximações.

Movimento veicular não conflitante	Movimentos cujas trajetórias não se interceptam nem convergem em nenhum ponto da área de conflito.
Movimentos conflitantes não compatíveis	Movimentos com origens diferentes cujas trajetórias se interceptam ou convergem em algum ponto da área de conflito.
Aproximações	Trechos de via por aonde os veículos chegam à interseção. Pode ter mais de um movimento.

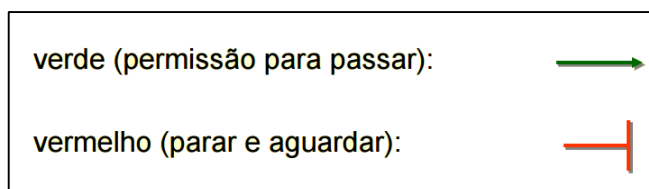
Fonte: (AKISHINO, 2012).

A partir dos movimentos temos um intervalo de tempo em que um ou mais movimentos compatíveis recebem ao mesmo tempo o direito de passagem, chamamos esse processo de **estágio**, simplificando, compreende o tempo de verde e o tempo de entreverdes que sucedem. (AKISHINO, 2012).



**Figura 7.** Exemplo de Diagrama de Estágio.

Fonte: Próprio Autor.

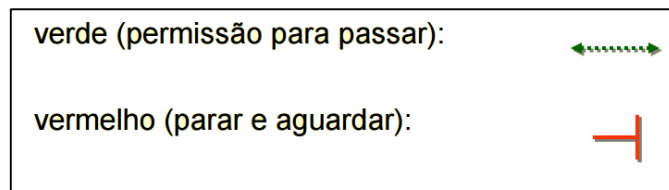


**Figura 8.** Representação gráfica para o Diagrama de Estágios de o Movimento veicular.

Fonte: Próprio Autor.

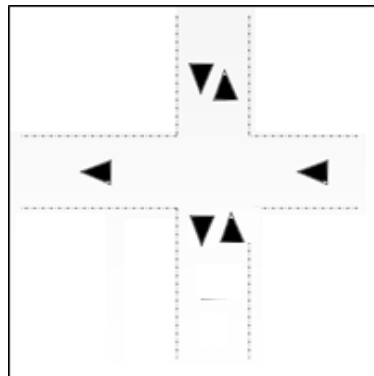


Temos também a representação semelhante, mas para pedestres:



**Figura 9.** Representação gráfica para o Diagrama de Estágios para Pedestres.  
Fonte: Próprio Autor.

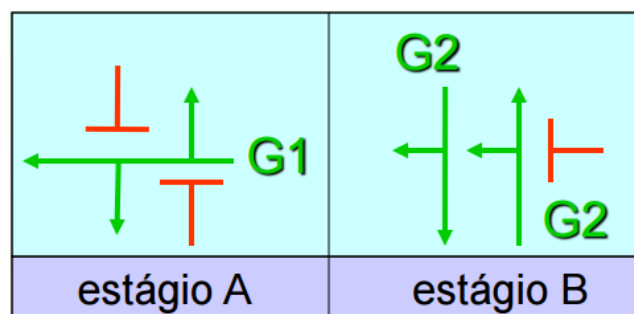
A Figura 10 a seguir representara um cruzamento imaginário, que será utilizado como exemplo para a demonstração dos Grupos Semafóricos.



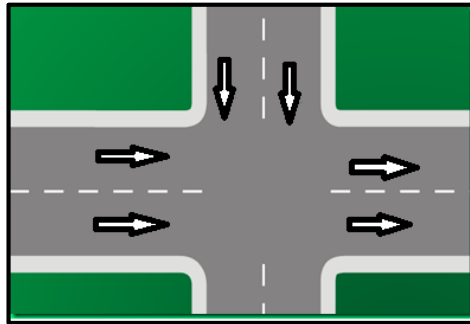
**Figura 10.** Cruzamento imaginário.  
Fonte: Próprio Autor.

A partir do cruzamento imaginário, obtemos dois grupos:

- a) Grupo 1 – Onde possui três movimentos veiculares.
- b) Grupo 2 – Com quatro movimentos veiculares.

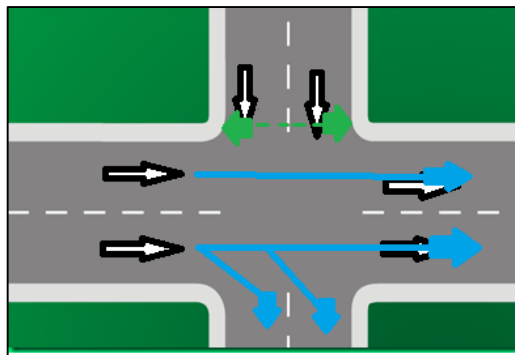


**Figura 11.** Exemplo de grupo semaforico.  
Fonte: (CUCCI NETO, 09).

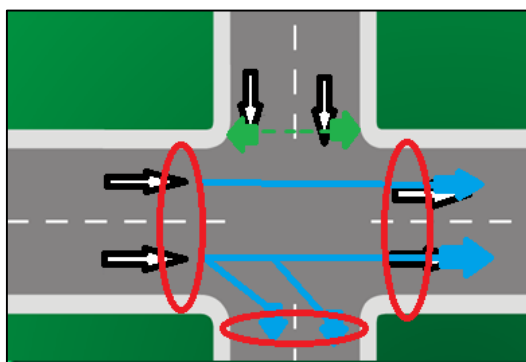


**Figura 12.** Croqui esquemático de um Semáforo.  
Fonte: Próprio autor.

Se imaginarmos um cruzamento simples, com “duas mãos” como a Figura a cima mostra, em sentidos iguais e de mesma direção não parece haver muitos problemas, pois afinal quando abre um sinal o outro fecha, mas e se houver pedestres, como eles teriam tempo para atravessar? Responderemos essa questão logo a seguir.

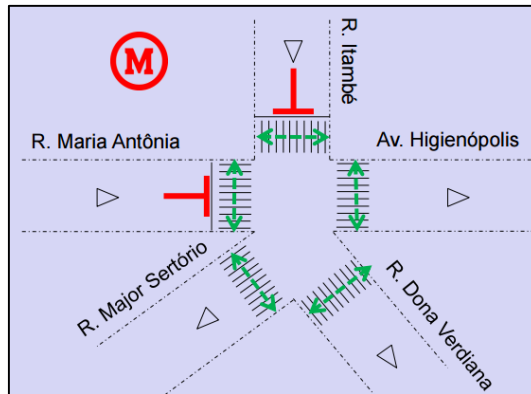


**Figura 13.** Distribuição de grupos semafóricos.  
Fonte: Próprio Autor.



**Figura 14.** Quando os Pedestres Atravessariam?  
Fonte: Próprio Autor.

Por conta da demora, acabaria causando muita frustração, uma solução viável disso é o botão para pedestres.



**Figura 15.** Estágio de Pedestres.  
Fonte: (CUCCI NETO, 09).

Utiliza-se um botão para acionamento do estágio de pedestres, evitando paradas desnecessárias, aumentando o respeito ao semáforo e melhorando a fluidez, evitando que pedestres apressados desrespeitem o semáforo e atravessem enquanto há fluxo de veículos. (AKISHINO, 2012).



**Figura 16.** Representação do Botão para Pedestres.  
Fonte: (2012).

## 5 CONTROLES DE INTERSEÇÕES

O (Manual de Semáforos, 1984). tem como definição por Controlador de Tráfego “um equipamento que comanda o semáforo através do envio de pulsos elétricos para a comutação das luzes”. As determinações do tempo das trocas de grupos focais podem ser realizadas através de um agente de trânsito ou de forma automatizada através de um computador.

### 5.1 Tipos de Controladores

Se tem dois tipos de classificação para controlador de tráfego, com base no tempo de sua operação, tempo fixo ou por tempo que varia de acordo com o fluxo do tráfego.

- A. Tempo Fixo:** Nos controladores que possuem tempo fixo seu ciclo é constante mesmo nos instantes de mudança de estágio, mesmo que esteja com alto fluxo ou baixo fluxo de veículos na via, seu tempo não muda e são baseados nos planos de tráfego. Alguns permitem armazenar mais de um plano, assim dependendo da hora do dia, podem mudar os ciclos.
- B. Fluxo de Tráfego:** Esses são mais complexos em vista que seu ciclo depende do fluxo do tráfego, assim ele depende dos sensores e de um algoritmo para as decisões de trocas.

## 5.2 Estratégias de troca de foco.

O controle de fluxo executado pelo controlador é realizado através de um plano adotado para o local, que é baseado em três políticas:

**Tabela 2.** Estratégias de Controle de Tráfego.

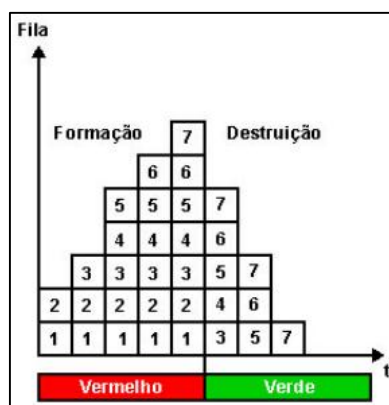
<b>Controle isolado de cruzamento:</b>	O controle de fluxo da interseção é feito com base na densidade de veículos existentes na interseção local.
<b>Controle arterial de cruzamento:</b>	Da prioridade em operar os semáforos de uma via principal, mas dando continuidade de movimento entre as interseções vizinhas.
<b>Controle de cruzamentos em área:</b>	Não há prioridades, todos operam de modo igual.

Fonte: (Manual de Semáforos, 1984).

## 5.3 Controles Isolados do Cruzamento

Duas análises devem ser feitas para a escolher o tipo de controlador, tempo fixo ou fluxo de tráfego:

O Atraso Veicular é o tempo que é perdido durante o período de foco vermelho do semáforo que inclui até mesmo o tempo perdido na desaceleração que gera fila, e também na aceleração que obstrui a fila.



**Figura 17. Formação e obstrução de uma fila.**  
**Fonte: Manual do trânsito**

A Capacidade máxima de interseção é a quantidade máxima de veículos que conseguem atravessar o cruzamento em um determinado tempo, é determinada pela quantidade de veículos que passam e um determinado período, por isso é importante que se tenha um estudo sobre a via para avaliar qual a sua capacidade de inserção e vasão de modo que assim possa se avaliar qual o será a melhor solução para controle de tráfego. (TRB, 2000).

Denomina-se capacidade o número máximo de veículos que pode passar em uma via controlada por sinalização semafórica durante uma hora, considerando-se a sua operação normal. (TRB, 2000).

$$Cap = FS \times \frac{t_{v.efet}}{t_c}$$

**Figura 18. Fórmula de Inserção.**  
**Fonte: (TRB, 2000).**

**Tabela 3. Variáveis de Inserção.**

<i>Cap</i>	Capacidade, em veículos por hora ou ucp/h.
<i>FS</i>	Fluxo de saturação, em veículos por hora ou ucp/h.
<i>T<sub>v,efet</sub></i>	Tempo de verde efetivo, em segundos.
<i>T<sub>c</sub></i>	Tempo de ciclo, em segundos.

Fonte: (TRB, 2000).

Lembrando que, “O controlador ideal é aquele que produza o menor atraso possível e a maior capacidade da interseção”. (Manual do semáforo).

Tem que ter muito cuidado ao escolher um controlador, pois deve-se elaborar um plano de tráfego para estabelecer tempo de ciclo, sequência e duração dos estágios, principalmente se for por fluxo de veículos já que ciclos e estágios não serão pré-definidos.

## 6 PLANOS SEMÁFORICOS

É referido como implantação semafórica a fim de se obter um controle de tráfego em uma via. Para dar continuidade ao planejamento é preciso entender algumas informações para um melhor entendimento.

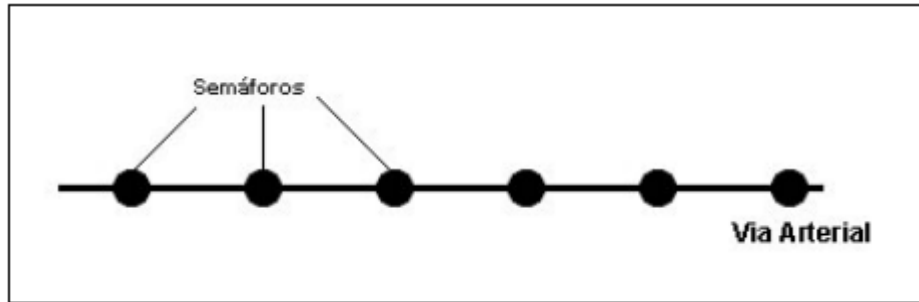
- a) Ciclo: É uma volta completa de todos os semáforos, onde ele dá a oportunidade de todos que estão com o impedimento momentâneo atravessarem. (ROESS, ET AL 2004).
- b) Estágio: Configuração do Semáforo que permite a passagem de um dos semáforos e interrompe momentaneamente a dos outros, sem que um entre em conflito com o outro (dois semáforos com passagem permitida). (ROESS, ET AL 2004).
- c) Fase: São as diferentes configurações de movimento, é nela que é decidido quem irá passar ou ficar parado momentaneamente. (BEZERRA, 2007).
- d) Defasagem: Diferença de abertura entre dois sinais (tempo).



**Figura 19. Exemplo de diagrama de estágio.**  
Fonte: (ROESS, ET AL 2004).

### 6.1 Controles Arteriais de Cruzamentos (Rede aberta)

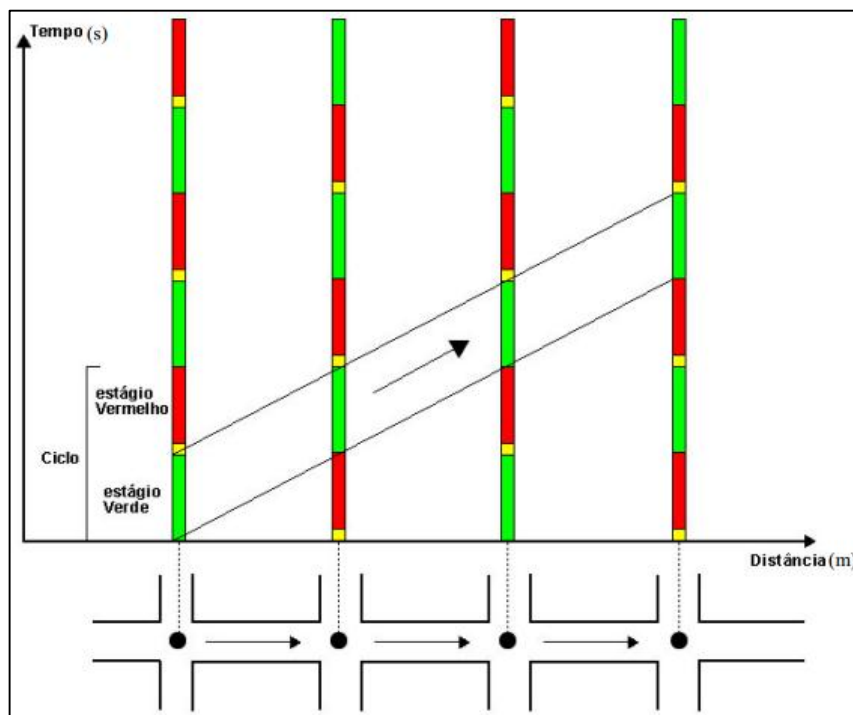
O principal objetivo dessa estratégia é fazer com que o semáforo ao longo de uma via arterial seja aberto sincronizadamente, a fim de estabelecer um sistema progressivo de aberturas, como resultado se tem um fluxo contínuo de veículos formando um sistema. (Manual de Semáforos, 1984).



**Figura 20.** Exemplo de uma Rede Aberta.

Fonte: (Manual de Semáforos, 1984).

Para estabelecer uma coordenação entre a abertura de um semáforo e a abertura do próximo, se tem um tempo denominado defasagem onde é calculado o tempo médio, portanto é adotado o tráfego de tempo fixo. (1984)



**Figura 21.** Espaço vs. Tempo em uma arterial.

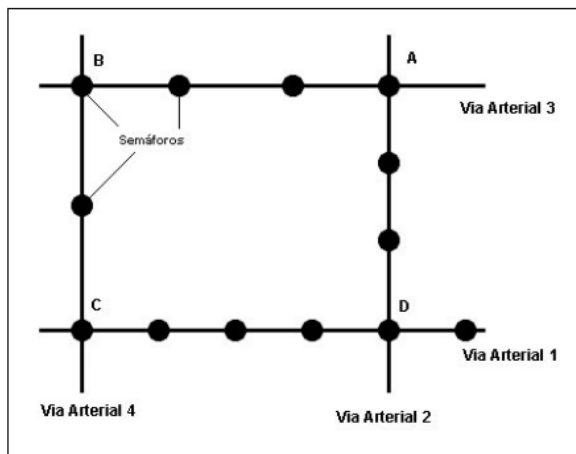
Fonte: (Manual de Semáforos, 1984).

## 6.2 Controle de Cruzamento em Área (Rede Fechada)

Com o aumento do fluxo de veículos nas vias arteriais, e a instalação de semáforos, motoristas tentam contornar o alto fluxo, e dessa forma acabam pegando vias secundárias,

gerando um alto tráfego nas mesmas, fazendo mais que necessário o uso de semáforos onde antes não era preciso.

Antes, apenas arteriais continham semáforos para controlar o fluxo, mas com o tempo perderam certas características, dando origem ao controle de tráfego por região.



**Figura 22.** Exemplo de uma rede fechada.

Fonte: (Manual de Semáforos, 1984).

Todos os pontos se ligam e formam cruzamentos, seus planos semaforicos são interdependentes, caracterizando uma rede fechada.

Através da tabela a seguir pode-se ver a utilização de três modelos de trafego para esse tipo de configuração:

Tabela 4. Modelos de tráfego para rede fechada.

<b>Sistemas que utilizam planos de tempo fixo:</b>	Baseado em dados do comportamento do tráfego na região, os tempos de ciclo e estágio são calculados previamente e aplicados nos controladores de tráfego;
<b>Sistemas em que cada interseção da rede é atuada localmente:</b>	Um controlador de tráfego efetua as mudanças de estágio com base na detecção de veículos, porém vinculada a plano básico de coordenação;
<b>Sistemas totalmente atuados:</b>	Os períodos de verde de cada estágio são continuamente calculados em função da detecção de veículos. Também é denominado de sistema em tempo real.



Fonte: (Manual de Semáforos, 1984).

Para o tipo de controle de rede fechada, previamente é necessário realizar um mapeamento a fim de saber quais interseções sinalizadas vão ser agrupadas, e qual terão que trabalhar de maneira conjunta.

Ao se mapear uma subárea de uma via, é preciso agrupar áreas em que os controles sejam semelhantes, abaixo a tabela irá mostrar fatores que devem ser levados em consideração.

**Tabela 5.** Fatores.

<b>Relação geográfica:</b>	Distância entre as interseções e existência de barreiras naturais ou artificiais como rio, ponte, cruzamento em nível com ferrovia etc. As interseções de uma subárea devem ser adjacentes entre si;
<b>Volume de Tráfego:</b>	Quanto maior for o volume de tráfego na via, maior será a necessidade de fazer a coordenação;
<b>Características do fluxo:</b>	Quando a chegada de veículos à interseção for em pelotões cíclicos, a coordenação dos semáforos resultará em uma redução no atraso e número de paradas do fluxo. Porém, se a chegada de veículos ocorrer de forma constante o período de vermelho produzirá sempre os mesmos valores de atraso e parada.

Fonte: (Manual de Semáforos, 1984).

Para avaliar se há necessidade de coordenação entre duas interseções pode-se utilizar o índice de dependência.

$$i = \frac{0,5}{1+t} \left( \frac{x \cdot q_{\max}}{q_1 + q_2 + \dots + q_n} - 1 \right)$$

**Figura 23.** Fórmula do índice de dependência.

Fonte: (Manual de Semáforos, 1984).

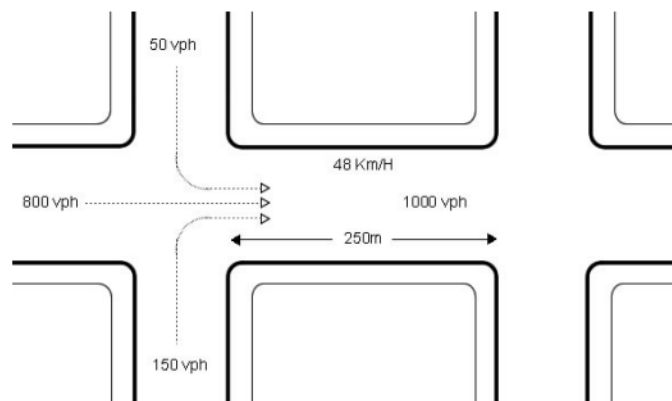
**Tabela 6.** Variáveis de índice de interdependência.

I=	Índice de interdependência
T=	Tempo de percurso entre ambos os semáforos (minutos)
X=	Número de faixas
$Q_{max}$ =	Fluxo direto procedente do trecho anterior (veículos / hora)
$q_1 + q_2 + \dots + q_n$ = fluxo total que chega à interseção (veículos / hora)	

Fonte: (Manual de Semáforos, 1984).

O índice de interdependência pode assumir valores entre 0 e 1, onde 0 indica que não há dependência e 1 que indica uma fonte dependência.

Se caso os valores obtidos sejam entre 0 e  $\leq 0,34$  é recomendado um controle isolado. Valores que sejam obtidos entre 0,35 e  $\leq 0,43$  o controle pode ser isolado ou coordenado. Acima de 0,44 somente semáforos coordenados. (Manual de Semáforos, 1984).



**Figura 24.** Problema de interdependência

Fonte: (Manual de Semáforos, 1984).

Supondo que a via à coma contem 3 faixas, ligando dois cruzamentos pode-se obter os seguintes dados:

$$V_m = \frac{48000}{60} = 800m / \text{min}$$

$$t = \frac{250}{800} = 0,31 \text{ min}$$

$$i = \frac{0.5}{1,31} \left( \frac{3.800}{800 + 150 + 50} - 1 \right)$$

$$i = 0,38 \left( \frac{2400}{1000} - 1 \right)$$

$$i = 0,53$$

**Figura 25.** Fórmula aplicada.

Fonte: (Manual de Semáforos, 1984).

Com o valor obtido de 0,53 tem-se a recomendação de utilizar a operação coordenada entre ambos os semáforos.

## 7 TEORIAS GERAIS DOS FLUXOS

Podemos utilizar vários elementos no sistema viário tais como formulações matemáticas, teoria das probabilidades e da física. Densidade, velocidade, fluxo e capacidade são estudados pela Teoria da supracitada, sendo mostradas de três formas, macroscópica, microscópica e Mesoscópica. (GREENSHIELDS, 1935).

O estudo Macroscópico tem como referência o comportamento de correntes de tráfego contínuo, ignorando qualquer interferência externa. Foi idealizado para aplicação em situações de fluxo ininterrupto como em vias expressas e rodovias. (GREENSHIELDS, 1935).

O estudo Microscópico se referencia pela interação de dois veículos em um trafego, onde o fluxo é interrompido, afetado por fatores externos, relativos às interações entre veículos indeterminados dentro de um fluxo de tráfego. (GREENSHIELDS, 1935).

O estudo Mesoscópico atende os grupos que se formam ao longo dos tráfegos. (GREENSHIELDS, 1935).

## 7.1 Densidade, espaçamento, intervalo.

O modelo de Greenshields nos permite ver uma abordagem didática do comportamento do tráfego, usando as variáveis de densidade, espaçamento, intervalo e suas associações com a capacidade veicular no tráfego. (CUCCI NETO, 09)

**Tabela 7.** Tabela e fórmula da Densidade.

D=	Densidade
N=	Número de Veículos
L=	Extensão ou Trecho considerado
<b><math>D = N/L</math></b>	

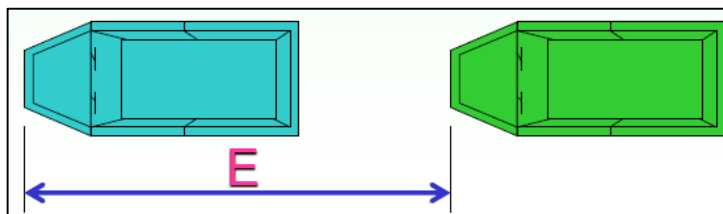
Fonte: (CUCCI NETO, 09).

Tal quantidade de Densidade necessita unicamente do espaçamento entre os veículos um em frente ao outro.

**Tabela 8.** Tabela das Variáveis de espaçamento.

E	Distância entre as partes dianteiras (Paralamas) de dois Veículos sucessivos no mesmo tráfego e na mesma faixa (unidade de $E = m/veículo$ ).
D	Densidade de Veículos.
<b><math>D=1/E</math></b>	

Fonte: (CUCCI NETO, 09).



**Figura 25.** Exemplo de Espaçamento.

Fonte: (CUCCI NETO, 09).

**Tabela 9.** Intervalo

Intervalo (I)	Tempo decorrido entre as passagens de 2 veículos sucessivos por uma seção de via, na mesma faixa.
---------------	---

Fonte: (CUCCI NETO, 09).

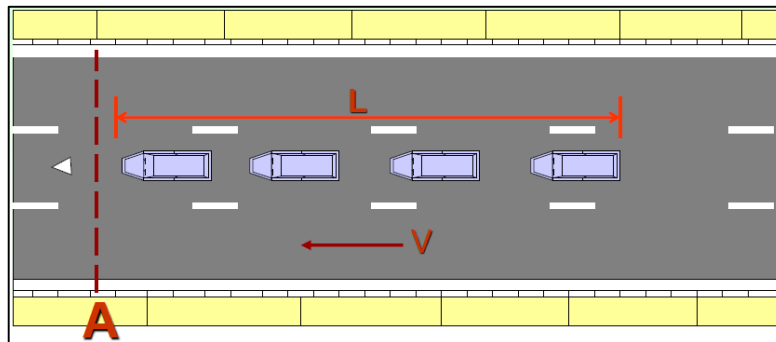
Embora seja possível relacionar essas variáveis à capacidade, em geral esta última é obtida por outras formas (Fórmulas matemáticas, tabelas ou até mesmo coletas de dados em campo). (CUCCI NETO, 09).

## 7.2 Relação Velocidade X Densidade

O tempo gasto em uma distância percorrido depende de muitos fatores, dentre eles podemos citar, Velocidade e Densidade. (CUCCI NETO, 09)

A densidade implica muito na velocidade, pois os veículos nem sempre vão poder trafegar na Velocidade de Diretriz pelo fato de muitas vezes a via contar com um alto tráfego de veículos em determinado lugar e horário, dessa forma acaba forçando os veículos que por ali trafegam a baixarem a velocidade média. (CUCCI NETO, 09).

Observando um trecho de uma via com o primeiro ponto “L” e o segundo “N”, e com veículos trafegando a velocidade “V” e um determinado ponto “A” da via. (CUCCI NETO, 09).



**Figura 26.** Relação Velocidade x Densidade  
Fonte: (CUCCI NETO, 09).

## 7.3 Velocidade

Velocidade é qualquer corpo que se movimenta em qualquer direção com determinado deslocamento (medida) de um ponto para outro, sendo ela finita ou não.

**Tabela 10.** Tipos de Velocidade.

A Velocidade de Projeto ou Diretriz	Velocidade julgada segura e confortável para os veículos trafegarem em vias com projetos geométricos que definem as características
-------------------------------------	---

	das mesmas, ou seja, a velocidade máxima para qual a via foi projetada.
Velocidade de Operação	Velocidade mais alta que um determinado veículo vai poder atingir em uma via, sob condições dadas favoráveis sem poder exceder a Velocidade de Diretriz.
Velocidade de Operação em fluxo livre	Velocidade mais alta que um veículo com passageiros pode passar em uma seção de uma via durante baixas densidades de veículos.
Velocidade Instantânea	Velocidade que um veículo passa a determinado ponto de uma via.
Velocidade geral de Viagem	É o tempo total gasto durante uma distância percorrida, que é dividida pelo tempo gasto, incluindo demoras com alto fluxo de veículos no tráfego.

Fonte: (ALVARENGA ROSA, 2013).

#### 7.4 Densidades (Concentração).

Densidade média é o número de veículos que se encontra por uma unidade de medida em uma via, em um determinado tempo.

Densidade crítica é quando há um grande fluxo de veículos e a via opera em plena capacidade. (ALVARENGA ROSA, 2013).

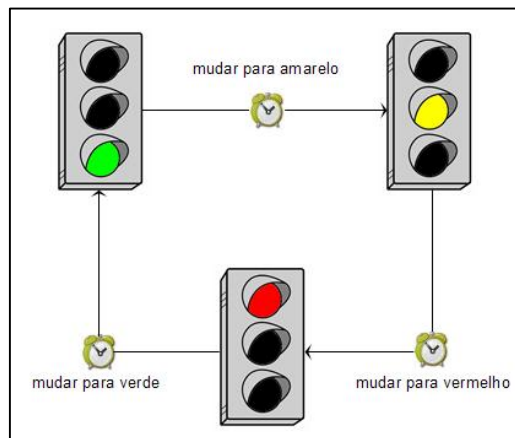


**Figura 27.** Exemplo de Alta Densidade.  
Fonte: (HORSTMAYER BOGADO, 1998).

## 7.5 Fluxos de Saturação

É a taxa de fluxo máxima que um conjunto de faixas de tráfego pode ter, com 100% de passagem permitida, tendo como “medida” Veículos/h. (TRB, 2000).

O Fluxo de Saturação ocorre quando uma fila de veículos atravessa uma linha, quando o semáforo está verde (passagem permitida), no período de tempo em que começa o sinal verde e termina o sinal amarelo. (TRB, 2000).



**Figura 28.** Fluxograma da Saturação.

Fonte: (CUCCI NETO, 09).

“A taxa de ocupação de uma aproximação é definida como sendo a relação entre a demanda de tráfego e o fluxo de saturação. ” (Manual de Semáforos, 1984, pág. 66). .

## 8 TEMPO PERDIDO

A fim de maximizar o escoamento dos veículos, o tempo de passagem se entende do tempo do foco verde até o fim do tempo de foco amarelo, o tempo perdido é a diferença entre o tempo de foco verde efetivo e a soma dos tempos de verde com amarelo. (Manual de Semáforos, 1984).

$$I = (g + t_a) - g_{ef}$$

**Figura 29.** Fórmula do Tempo perdido. Fonte: (Manual de Semáforos, 1984).

**Tabela 11.** Tempos.

$I =$	Tempo perdido, em segundos (s);
$G =$	Tempo de verde normal (s);
$T_a =$	Tempo de amarelo (s);

<i>gef</i>	Tempo de verde efetivo;
------------	-------------------------

Fonte: (TRB, 2000)

## 8.1 Tempos de Segurança

Cada foco do semáforo corresponde a uma cor e a uma ação, e todas essas ações tem o objetivo único de guiar motoristas garantindo a segurança de pedestres e motoristas. Quando um foco verde se acaba outro se inicia subsequente, chamamos esse processo de **entreverdes**. (AKISHINO, 2012)

**Tabela 12.** Fórmulas de Segurança.

Ta	Tempo do foco amarelo
Tvg	Tempo do Foco Vermelho Geral (Depende das dimensões da via)
<b>Entreverdes = Ta + Tvg</b>	

Fonte: (AKISHINO, 2012).

O Foco Amarelo (Ta) está relacionado à velocidade dos veículos, para o tempo do foco amarelo deve-se usar a velocidade regulamentada para a via. (CONTRAN, 1988).

- a) Trânsito rápido (não tem semáforo) = 80 km/h.
- b) Arterial = 60 km/h.
- c) Coletora = 40 km/h.
- d) Local = 30 km/h.

Velocidade máxima regulamentada (Km/h)	Tempo de amarelo calculado (s)	Tempo de amarelo arredondado (s)
≤ 40	2,98	3
50	3,48	4
60	3,98	4
70	4,47	5
80	4,97	5

**Figura 30.** Tempos do foco amarelo x tempo.

Fonte: (CONTRAN, 1988).

A tabela acima informa os tempos de amarelo (Ta) segundo as velocidades (considerando via sem rampa), seguindo o método do manual de semáforos do (CONTRAN, 1988).



Tempo de vermelho Geral é o tempo necessário para o veículo que cruzou a faixa de retenção saia da zona de conflito (Rota de Colisão), tendo iniciado a travessia do cruzamento no final do amarelo. (CONTRAN, 1988).

$$T_{vg} = (L + C) / V$$

**Figura 31.** Fórmula do Tempo de foco Vermelho Geral.  
Fonte: (CUCCI NETO, 09).

**Tabela 13.** Relação Foco Vermelho.

<b>T<sub>vg</sub></b>	Tempo de foco vermelho geral em segundos
<b>L</b>	Largura do cruzamento, incluindo a faixa de pedestre anterior (m).
<b>C</b>	Comprimento do tipo de veículo predominante (m)
<b>V</b>	Velocidade do veículo

Fonte: (AKISHINO, 2012).

Valores obtidos para C = 5 m e V = 60 Km/h

Largura (L)	tempo de vermelho de segurança (s)	
	calculado	utilizado
10 m	0,9	1
30 m	2,1	3
50 m	3,3	4

**Figura 32.** Tempo de Foco vermelho de Segurança  
Fonte: (CONTRAN, 1988).

## 9 ARDUINO

Pensando em uma plataforma eletrônica de baixo custo Massimo Banzi e David Cuartielles criaram o então Arduino uma plataforma que podemos chamar tanto de embarcada quanto física, em meados de 2005, com o objetivo de fornecer algo em que praticamente qualquer pessoal com algum conhecimento em eletrônica pudesse desenvolver qualquer tipo de Sistema Interativo. (BASCONCELLO FILHO, 2015).

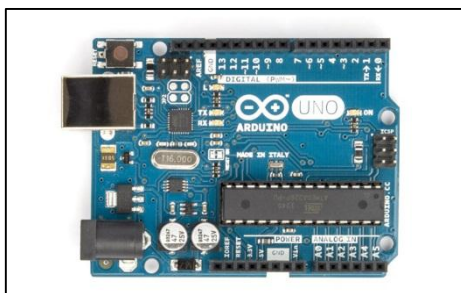
O Arduino pode ser utilizado para o desenvolvimento de objetos interativos, que pode comportar diversas Entradas e Saídas, com diversos sensores e chaves controlando objetos simples como luzes até mesmo objetos mais complexos como motores com engrenagens ou polias. O desenvolvimento de Projetos e relativamente simples, do ponto de vista de que o projeto pode ser

independente (onde o único mediador é o Arduino) ou complexo que utiliza Software como Flash, *Processing*, *Maxmsp*. (ARDUINO, 2015).

A criação do software se dá por meio de linguagens de programação, onde a sua implementação se dá pelo *Wiring* que é basicamente *c/c++*, onde se tem uma plataforma computacional física semelhante, que é baseada pela multimídia de programação *Processing*. (ARDUINO, 2015).

## 9.1 Arduino Uno

A versão Uno do Arduino, tem um grande diferencial que facilita muito a vida dos desenvolvedores, invés de se utilizar um chip *FTDI* para a conversão do sinal da E/S Serial, utiliza um chip *Atmega8U2* já programado como um conversor de sinal para E/S serial.



**Imagem 33.** Arduino uno.  
Fonte: (SHOP).

## 9.2 Sensores infravermelho de presença

O sensor infravermelho, tem como princípio emitir um feixe de onda infravermelha de longa distância, onde é rebatido, quando um objeto passa pela frente do foto-sensor. Para que isso aconteça é necessário que o emissor e receptor estejam um em frente ao outro.

A ideia é relativamente básica e simples, mas de alta eficácia, consiste na instalação, nos semáforos, sensores de movimento que identificam a aproximação de veículo. Ao detectar essa aproximação, o dispositivo implementará um contador onde um algoritmo irá verificar se pode abrir o sinal de trânsito no sentido em que foi localizada a movimentação.

## 10 PROGRAMAÇÃO

O computador de uma forma simplificada é uma máquina que processa instruções fornecidas por um usuário. Essa instrução é processada pelo Processador, vulgo cérebro do

Computador. Todo computador tem ao menos um microprocessador, o Arduino nada mais é que um computador muito pequeno, ele utiliza o modelo ATmega, um micro controlador que pode ser chamado de microprocessador. (2011).

## **10.1 Linguagem de Programação C**

C é uma linguagem de programação compilada, onde é estruturada, criada por Dennis Ritchie, utilizada inicialmente para criar o Sistema Operacional Unix. O C acabou influenciado diversas Linguagens de Programação, a mais notável C++.

O seu desenvolvimento teve origem, na *AT&T Bell Labs*, entre o final da década de 60 e o início da década de 70, mas segundo Dennis Ritchie o período mais produtivo foi 1972, a linguagem recebeu o nome de C, por conta da sua inspiração e algumas características herdadas a Linguagem de Programação nomeada B pelo seu criador Ken Thompson. (BIONATI, 2011).

Para o algoritmo que será criado, será utilizado a Linguagem de Programação C, onde o código fonte será otimizado, limpo e, claro, de forma que não ocupe toda a memória do Arduino, assim podendo facilitar qualquer alteração.

## **11 INTERNET**

A rede mundial de computadores a qual chamamos de internet surgiu durante a guerra fria, sendo criada inicialmente para fins militares onde seria apenas uma forma de comunicação entre os norte-americanos a manter a comunicação entre os mesmos em caso de emergência. (2014).

Entre as décadas de 70' e 80' começou a ser utilizada de forma um pouco mais ampla, sendo utilizados por estudantes, professores de grandes universidades. Mas somente na década de 90' com ajuda do engenheiro Tim Bernes Lee desenvolveu o popular *www* (*World Wide Web*) popularizando a internet, e possibilitando os Web Designers a criarem sites com interfaces gráficas mais amigáveis. (2014)

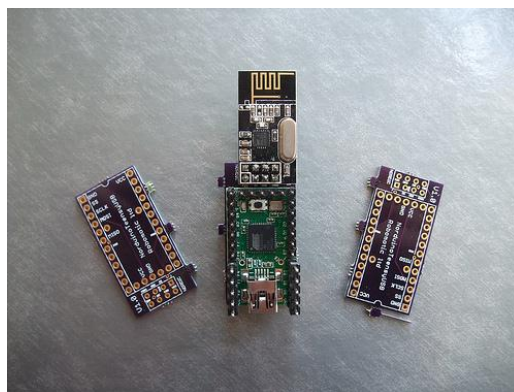
Nos dias atuais, é impossível pensar em um mundo sem internet devido à comodidade que a mesma trás, neste projeto utilizaremos a internet como meio de controle do Projeto.

## 11.1 Conexões via Norduino

Noduino é um Framework desenvolvido por Sebastian Müller a fim de controlar o arduino remotamente, obtendo até mesmo relatórios (Logs).

Características do Norduino:

- a) Utiliza o próprio ambiente do Arduino.
  - b) Hardware e software compatível com sensores existentes *Jeenode*.
  - c) Usa um *Nordic* nRF24L01 + para transmissão rápida de dados taxa na faixa de 2,4 GHz.
  - d) Pode ser utilizado com uma antena integrada ou externa SMA.
  - e) Pode ser utilizada com o adaptador USB *SparkFun Nordic*.
  - f) Pode ser interligado a um computador através de um NorduinoUSB (em desenvolvimento).
- (MÜLLER, 2012).



**Figura 34.** Norduino.  
Fonte: (MÜLLER, 2012)

Utilizando a Linguagem de Programação Java Script, não se tem diferença alguma entre estar controlando por Porta Serial, ou via Web Socket, permanecendo o mesmo código, e mantendo a portabilidade. (MÜLLER, 2012).

**Tabela 14.** Representação de um algoritmo via Noduino

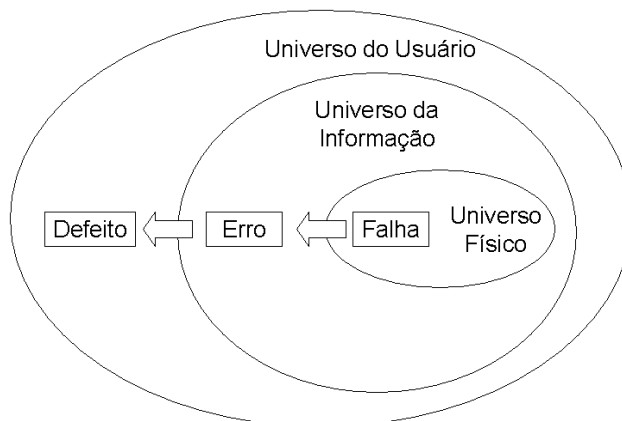
```
var Noduino = new NoduinoObj(  
{ debug: true, host: 'http://localhost:8090'}, Connector);  
Noduino.connect(function(err, board) {  
  if (err) { return console.log(err); }  
  board.withLED({pin: 13}, function(err, LED) {  
    if (err) { return console.log(err); }  
  
    LED.blink(250);  
    LED.on('on', function() }  
    console.log('LED is on!');  
  });  
});  
});
```

Fonte: (MÜLLER, 2012).

## 12 TOLENRÂNCIA A FALHAS

Na busca de sistemas mais confiáveis, alguns meios foram desenvolvidos para oferecer mais confiança aos sistemas e a quem utiliza, dentre esses meios está a tolerância a falhas. (JALOTE PANKAJ, 1994).

Tendo em mente que falhas são inevitáveis, seja ela por causas internas ou externas procura-se atribuir aos sistemas a capacidade de tolerar a ocorrência de falhas apresentando funcionamento desejado, ou pré-definido, evitando assim danos ao usuário. E para isso que isso ocorra, algum tipo de redundância deve ser utilizado. (JALOTE PANKAJ, 1994).



**Figura 35.** Modelo dos três universos.

Fonte: (JALOTE PANKAJ, 1994).

### **12.1 Identificação e análise de possíveis falhas.**

Há algumas falhas prováveis que talvez surjam no sistema proposto, em relação a temporização do sistema pode ser alterada devido à ocorrência de alguma falha, pois o sistema pode gerar saídas erradas (troca de foco), por conta de erros no projeto ou alguma interferência externa pode modificar algum valor de entrada.

Além disso, o sistema pode simplesmente parar seu funcionamento, devido a desgaste físico do material como por exemplo, deixando de gerenciar o sistema.

A frequência de ocorrência das falhas ainda não pode ser identificada, pois o sistema ainda não está em teste, apenas em desenvolvimento. Apenas após o seu desenvolvimento e com a utilização do sistema por algum tempo, poderá ser extraída essa informação.

### **12.2 Escolha das técnicas de tolerância a falhas**

O grau de confiabilidade exigido na especificação da aplicação do sistema indica somente que o sistema deve ser capaz de avisar a ocorrência de falhas no decorrer de seu processamento, apresentando um comportamento pré-definido que garanta a segurança dos motoristas e pedestres.

## **13 METODOLOGIA**

Neste tópico serão apresentados os métodos e procedimentos que servem como referencial teórico que são à base do projeto, onde determinam a sua característica e também a forma que serão apresentados.

### **13.1 Caracterização de pesquisa.**

O trabalho descreve e caracteriza o trabalho como pesquisa de caráter exploratório e explicativo.

A pesquisa exploratória tem como características proporcionar familiaridade com o problema, tornando-o explícito e mostrando hipóteses, também mostrando exemplos que

estimulam a compreensão em formas bibliográficas e estudos de caso “A pesquisa exploratória visa proporcionar maior familiaridade com o problema” (Gil, 2008).

O caráter explicativo visa identificar fatores que determinam o problema, ou fatores que contribuem para ocorrência do problema. Assim aprofunda o conhecimento da realidade dos fatos explicando o porquê do problema, com formas de pesquisa experimental. (Gil, 2008).

### **13.2 Estudo Bibliográfico.**

Foram utilizados diversas formas de pesquisa, em livros, artigos online, monografias e documentos digitais para a realização desse trabalho, realizando assim um estudo sobre fluxos, inserções, semáforos e meios de como controla-lo para que se possa elaborar o projeto para controla-lo de maneira eficiente, equilibrando direitos de passagem.

## **14 PRÉ-PROJETO**

### **14.1 Introdução**

A partir do conhecimento adquirido através de todos os tópicos do referencial teórico, o projeto provavelmente será desenvolvido sob a base do Arduino, utilizando a linguagem de programação C, onde seu algoritmo levará em conta diversas cadeias condicionais e operações matemáticas que serão responsáveis por “abrir e fechar” os focos semaforicos, controlando o fluxo do tráfego.

### **14.2 Análise**

A primeira etapa para o desenvolvimento será a análise, deve-se observar as interseções dos veículos e assim seus movimentos conflitantes, onde uma ordenação sequencial cíclica não tenha efeito, para assim poder ser preciso utilizar uma solução tecnológica.

Vendo os movimentos e aproximações dos veículos, é possível se ter uma ideia de que alguns movimentos quando não conflitantes podem ter o mesmo direito de passagem, chamaremos esse processo de estágio.

Não podendo se esquecer dos pedestres, a implantação do botão para pedestres será muito útil, pois será através dele que os pedestres poderão "pedir" o direito de passagem.

### **14.3 Comportamento**

O SSE: Sistema semaforico equilibrado, se trata de um sistema que controla o tráfego a partir do fluxo, senso assim o mesmo irá usar sensores para detectar veículos, e outras ferramentas para garantir a segurança dos pedestres, como o botão para pedestres, também garantindo um tempo maior de defasagem (diferença de tempo entre a abertura de dois semaforos) para dar tempo aos pedestres para atravessarem a via atrasando os entreverdes.

A ideia parte do princípio de acelerar o trânsito, sendo assim, quando operado em um cruzamento com uma via arterial, o mesmo dará preferência de mais tempo para as vias arteriais, mas dando continuidade no tráfego das interseções vizinhas, o mesmo acontecerá com os pedestres, todos terão seu momento de passagem, mas a prioridade de tempo será maior para a via arterial.



Caso haja vias secundárias próximas que venham a congestionar será utilizada a técnica de controle em área, como a figura 22 do trabalho ilustra e, claro sendo utilizado os fatores para poder realizar tal ação também mostrada no trabalho.

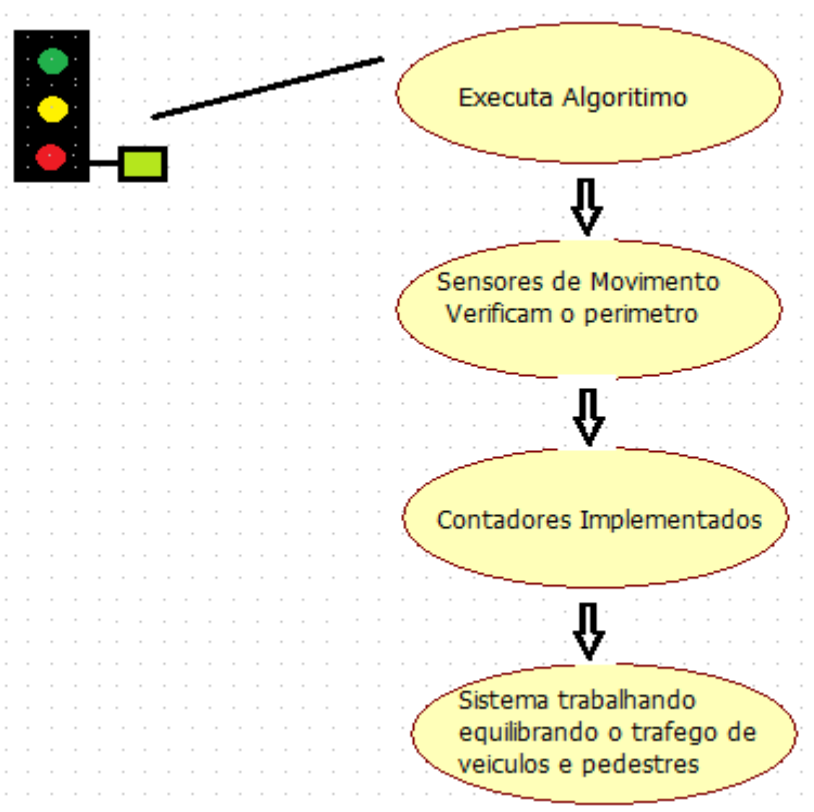
Em demais situações em que o tráfego conta com interseções iguais, pedestres terão a prioridade, em vista que no momento em que não houver pedestres o sistema estará controlando apenas os veículos.

A densidade em frente a um semáforo não vai depender apenas da chegada dos veículos, mas também da capacidade de escoamento dos veículos e da passagem dos pedestres, de outros motoristas e também outros fatores ocasionais.

O sistema vai contar com todas as fórmulas e ajustes mostrados no tópico de tempos de segurança.

#### 14.4 Diagramas do Projeto

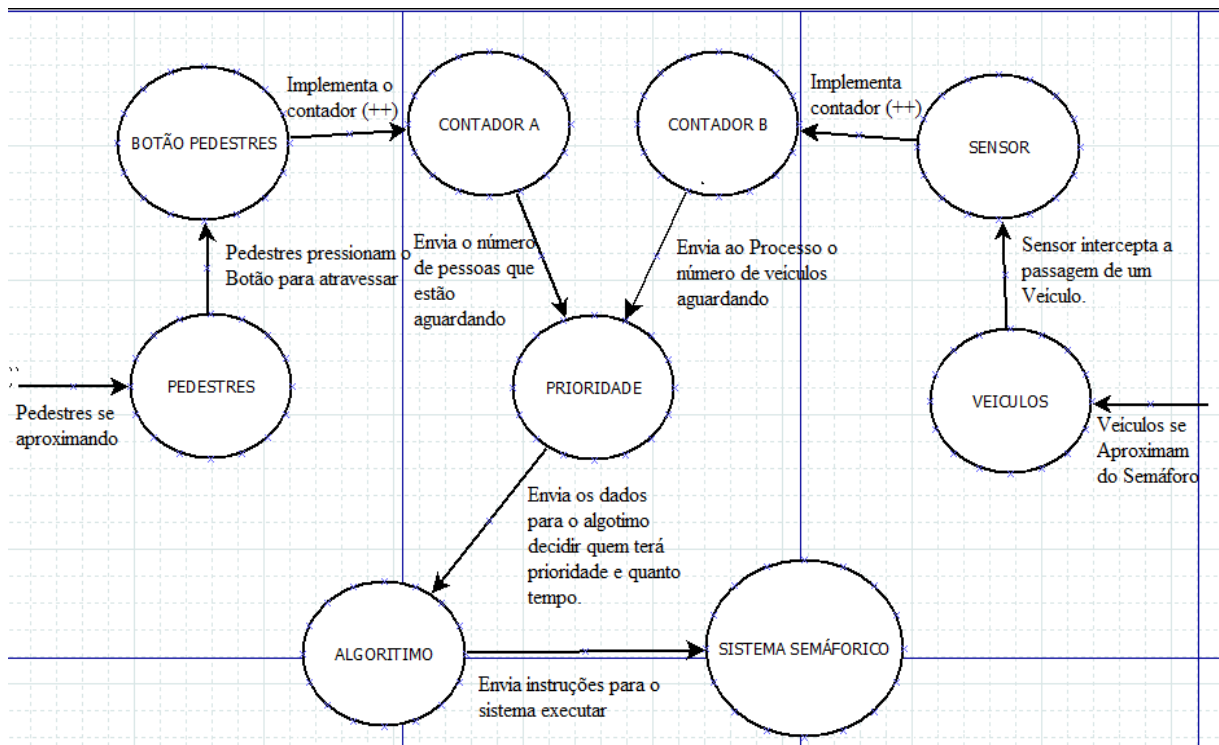
Após o estudo do referencial teórico, podem-se elaborar diagramas para mostrar como funcionará o fluxo de dados do projeto, através da sua execução,



**Figura 35.** Diagrama de Casos de Uso.  
Fonte: Próprio autor.

Como ilustra a Figura 11, o diagrama de casos de uso apenas demonstra como o sistema funcionará, a partir de sua execução, assim dá para se subentender como o sistema se porta após a sua execução.

### 14.5 Diagrama Fluxo de Dados



**Figura 36.** Diagrama de Fluxo de Dados.  
Fonte: Próprio autor.

### 14.6 Protótipos da Interface do Sistema

Com diversas informações já levantadas e levadas em conta, já se é possível ter uma ideia de como será a possível interface do sistema acessado através da internet via Norduino.

Como se trata de um pré-projeto, talvez a interface sofra uma leve alteração.



**Figura 37.** Protótipo de Tela.  
Fonte: Próprio Autor.

A interface é relativamente simples, mas prática, onde o modo de operação pode ser alternado de equilibrado para clássico.

- a) O modo Equilibrado, é o SSE sendo executado onde se junta todos os elementos, que serão utilizados, como sensores, algoritmo, e contadores, dessa forma ele controlará o tráfego de forma equilibrada, fornecendo um bom tempo de passagem de veículos e também um bom tempo para os pedestres atravessarem a via.
- b) Já no modo Clássico, é a operação é realizada de forma clássica, os semáforos atuarão sem qualquer tecnologia, podendo ser utilizado em casos de emergência, como acidentes que possam estar trancando a via.
- c) Confirmação de conexão bem-sucedida (Conexão ok!).

## 15 REFÊRENCIAS

AKISHINO, P. Introdução à Engenharia de Tráfego. **Departamento de Transporte do Setor de Tecnologia da UFPR**, 25 set. 2012. Disponível em: <<http://www.dtt.ufpr.br/Planejamento%20de%20Transportes/ApostilaPlanejamentoTransportes/PlanejTranspCap03.pdf>>. Acesso em: 30 maio 2015.

ALVARENGA ROSA, D. R. **Ecivilufes Wrodpress**, jul. 2013. Disponível em: <<https://ecivilufes.files.wordpress.com/2013/07/aulatrafegorodrigo2010-2-02caracteristicastrafego.pdf>>. Acesso em: 11 Março 2015.

ARDUINO. Frequently Asked Questions. **Arduino.cc**, 01 jan. 2015. Disponível em: <<http://arduino.cc/en/Main/FAQ>>. Acesso em: 09 Março 2015.

BASCONCELLO FILHO, D. Curso de Arduino, o que é arduino? **Robotizando**, 2015. Disponível em: <[http://www.robotizando.com.br/curso\\_arduino\\_o\\_que\\_e\\_arduino\\_pg1.php](http://www.robotizando.com.br/curso_arduino_o_que_e_arduino_pg1.php)>. Acesso em: 09 Março 2015.

BBC; BBC. The man who gave us traffic lights. **BBC**, 22 jul. 2009. Disponível em: <[http://www.bbc.co.uk/nottingham/content/articles/2009/07/16/john\\_peake\\_knight\\_traffic\\_lights\\_feature.shtml](http://www.bbc.co.uk/nottingham/content/articles/2009/07/16/john_peake_knight_traffic_lights_feature.shtml)>. Acesso em: 04 mar. 2015.

BIONATI, B. B. Guia de Referência para Linguagem de Programação C. **Colégio Agrícola de Frederico Westphalen**, 4 jul. 2011. Disponível em: <[http://www.cafw.ufsm.br/~bruno/disciplinas/algoritmos\\_tsi/materiais/resumo\\_c.pdf](http://www.cafw.ufsm.br/~bruno/disciplinas/algoritmos_tsi/materiais/resumo_c.pdf)>. Acesso em: 13 mar. 2015.

C. C. Semáforos para Pedestres já estão em funcionamento. **Grupo SCN**, 16 Maio 2012. Disponível em: <[http://www.gruposcn.com.br/ourinhos/noticia\\_ler.php?s=4&conteudo\\_id=6189](http://www.gruposcn.com.br/ourinhos/noticia_ler.php?s=4&conteudo_id=6189)>. Acesso em: 09 Março 2015.

C. D. A Little History of the World Wide Web. **W3C**, 22 out. 2014. Disponível em: <<http://www.w3.org/History.html>>. Acesso em: 17 mar. 2015.

C. J. L. BREVE HISTÓRIA DO COMPUTADOR. **JL Carneiro**, 27 jul. 2011. Disponível em: <<http://www.jlcarneiro.com/breve-historia-do-computador/>>. Acesso em: 09 mar. 2015.

CHINA, J. Led Pedestrian traffic signal light. **Weiku**. Disponível em: <[http://www.weiku.com/products/5927551/Led\\_Pedestrian\\_traffic\\_signal\\_light.html](http://www.weiku.com/products/5927551/Led_Pedestrian_traffic_signal_light.html)>.

Acesso em: 04 mar. 2015.

CONTRAN. Sistema de Iluminação e Sinalização Veicular, 1988. Disponível em: <[https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&ved=0CCgQFjACahUKEwiZ1Pn6-](https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&ved=0CCgQFjACahUKEwiZ1Pn6-Z7FAhVB94AKHWNAB0&url=http%3A%2F%2Fwww.teses.usp.br%2Fteses%2Fdisponiveis%2F18%2F18153%2Fde-18122007-075512%2Fpublico%2FArquivo7.pdf&ei=5ptCVZnJMMHugwTgmoHoAQ&u)

[Z7FAhVB94AKHWNAB0&url=http%3A%2F%2Fwww.teses.usp.br%2Fteses%2Fdisponiveis%2F18%2F18153%2Fde-18122007-](https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&ved=0CCgQFjACahUKEwiZ1Pn6-Z7FAhVB94AKHWNAB0&url=http%3A%2F%2Fwww.teses.usp.br%2Fteses%2Fdisponiveis%2F18%2F18153%2Fde-18122007-075512%2Fpublico%2FArquivo7.pdf&ei=5ptCVZnJMMHugwTgmoHoAQ&u)

[075512%2Fpublico%2FArquivo7.pdf&ei=5ptCVZnJMMHugwTgmoHoAQ&u](https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&ved=0CCgQFjACahUKEwiZ1Pn6-Z7FAhVB94AKHWNAB0&url=http%3A%2F%2Fwww.teses.usp.br%2Fteses%2Fdisponiveis%2F18%2F18153%2Fde-18122007-075512%2Fpublico%2FArquivo7.pdf&ei=5ptCVZnJMMHugwTgmoHoAQ&u)>. Acesso em: 04 30 2015.

CUCCI NETO, J. Engenharia Trafego urbano. **Meu Site Mackenzie**, 2015 mar. 09. Disponível em: <[http://meusite.mackenzie.br/professor\\_cucci/](http://meusite.mackenzie.br/professor_cucci/)>. Acesso em: 11 mar. 2015.

D. D. **Manual de Semáforos**. Brasília: [s.n.], 1984.

HORSTMAYER BOGADO, W. **Programação em Linguagem C/C++**. Curitiba: CEFET-PR, 1998.

GREENSHIELDS, B. D. **A study of traffic capacity**. Highway Research Board Proc, v. 14, p. 448–477, 1935.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

J. SEMÁFOROS – HISTÓRIA. **Eu Achei Primeiro**, 29 Julho 2012. Disponível em: <<http://euacheiprimeiro.com/blog/2012/07/29/semaforos-historia/>>. Acesso em: 09 mar. 2015.

J. P. **Fault Tolerance in Distributed System**. 1. ed. [S.l.]: Prentice Hall, 1994.

LINARDI, F. Aventuras na Historia para viajar no tempo. **Guia do Estudante**, 01 jun. 2007. Disponível em: <<http://guiadoestudante.abril.com.br/aventuras-historia/origem-semaforo-sinal-transito-435369.shtml>>. Acesso em: 04 Março 2015.

MÜLLER,. noduino. **Get Hib**, 2012. Disponível em: <<http://sbtjn.github.io/noduino/>>. Acesso em: 17 mar. 2015.

PLAUGER, P. J. **The Standart C Library**. EUA: Prentice-Hall, 1992.

R. Roess, Et Al, [Int'l Edn] 3rd Ed Traffic Engineering, 2004 Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/174919958/Traffic-Engineering-Int-l-Edn-3rd-Ed-R-Roess-Et-Al-Pearson-2004-WW#scribd>>.

Acesso em: 12 mar. 2015

SANDERS, A. How do Passive Infrared Sensors Work? **EHOW**, 22 nov. 2008. Disponível em: <[view-source:www.ehow.com/how-does\\_4613770\\_passive-infrared-sensors-work.html](http://view-source:www.ehow.com/how-does_4613770_passive-infrared-sensors-work.html)>. Acesso em: 14 mar. 2015.

SHOP, M. Arduino Uno R3. **Multilógica Shop**. Disponível em: <<http://multilogica-shop.com/Arduino-Uno>>. Acesso em: 2015 Março 09.

SUN, H. M. Um Paradoxo nas travessias semaforizadas de pedestres. **Sinal de Transito**. Disponível em: <[http://www.sinaldetransito.com.br/artigos/verde\\_verm.pdf](http://www.sinaldetransito.com.br/artigos/verde_verm.pdf)>. Acesso em: 04 mar. 2015.

TRB. **Highway Capacity Manual**. Transportation Research Board. National Research Council, Washington, D.C. Disponível em: <<http://www.trb.org/Main/Public/Blurbs/152169.aspx>>. Acesso em: 04 mar. 2015.

USP, E. P. D. Semáforos inteligentes. **Escola Politécnica da Universidade de São Paulo**, 27 jul. 2012. Disponível em: <<http://www.poli.usp.br/comunicacao/noticias/destaques/1088-semaforos-inteligentes.html>>. Acesso em: 04 mar. 2015.