

**André Luis Martins Neto**  
**Bruno Sérgio Bretas**  
**Hermano Rubens Piazzzi**  
**Hernani Santana Vartuli**  
**Márcio Medeiros Araújo**  
**Marcos Araújo Medeiros**

**CONTROLE DE UM SISTEMA SEMAFÓRICO COORDENADO,  
ALIMENTADO POR ENERGIA SOLAR**

Centro de Ensino Superior

Conselheiro Lafaiete

2011

André Luis Martins Neto  
Bruno Sérgio Bretas  
Hermano Rubens Piazzzi  
Hernani Santana Vartuli  
Márcio Medeiros Araújo  
Marcos Araújo Medeiros

**CONTROLE DE UM SISTEMA SEMAFÓRICO COORDENADO,  
ALIMENTADO POR ENERGIA SOLAR**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao  
Centro de Ensino Superior de Conselheiro  
Lafaiete como requisito parcial para obtenção do  
título de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientador: Geraldo Leão Lana

Centro de Ensino Superior

Conselheiro Lafaiete

2011

## **FOLHA DE APROVAÇÃO**

**André Luis Martins Neto**

**Bruno Sérgio Bretas**

**Hermano Rubens Piazzzi**

**Hernani Santana Vartuli**

**Márcio Medeiros Araújo**

**Marcos Araújo Medeiros**

### **CONTROLE DE UM SISTEMA SEMAFÓRICO COORDENADO, ALIMENTADO POR ENERGIA SOLAR**

Trabalho conclusão de curso apresentado ao Curso de Engenharia Elétrica do Centro de Ensino Superior de Conselheiro Lafaiete, como pré-requisito para obtenção de grau de bacharel em Engenharia Elétrica: Banca Examinadora.

( ) Aprovado

( ) Reprovado

Data:    /    /

---

Orientador Geraldo Leão Lana  
Especialista em Automação e Sistemas de Controle

---

Diretor Antônio Efigênio Antunes  
Especialista em Educação

---

Coordenador João Victor Carvalho Tereza  
Mestrando em Engenharia Elétrica

---

Professor Convidado Wandir Pereira Filho  
Especialista em Ciência da Computação

---

Professora Maria Angélica de Carvalho Assis Barbosa  
Especialista em Metodologia do Ensino Superior

Agradecemos a Deus pela força, coragem e persistência para não desistirmos nessa grande e realizadora etapa de nossas vidas.

Ao professor Wandir Pereira Filho pelo incentivo e a atenção dispensada durante a elaboração deste trabalho.

Aos familiares, muito obrigado pelo incentivo e pelo apoio, para poder alcançar os objetivos.

A todos os amigos e amigas do Centro de Ensino Superior de Conselheiro Lafaiete, que nos acompanharam e nos ajudaram a chegar ao final desta etapa de nossa caminhada.

## RESUMO

Este trabalho apresenta o dimensionamento de um sistema semafórico, demonstra a utilização do mesmo em uma via e descreve sua lógica de programação. O semáforo permite a utilização de uma fonte de energia alternativa, possibilitando que o mesmo continue controlando as interseções do trânsito, mesmo quando ocorrer interrupções no fornecimento de energia da concessionária. Para promover sua eficácia, será adotado o tipo de pesquisa simples que inclui métodos que são importantes na sua medição. Sendo assim, será possível utilizar uma forma de controle que vise aperfeiçoar o fluxo de veículos e que seja flexível quanto à alteração do sistema de controle, sem que seja necessário interromper o seu funcionamento, isto acarretará melhoria na qualidade de vida da população.

**Palavras-chave: Dimensionamento, Sistema Semafórico, Energia, Trânsito, Controle.**

## **ABSTRACT**

This paper presents the design of a semaphore system, demonstrates its use in a way and describes its programming logic. The light allows the use of an alternative energy source, enabling it to continue controlling the traffic intersections, even when there is disruption in the supply of utility power. To promote its efficiency, will be adopted the kind of research that includes simple methods that are important to measure it. Thus, you can use a form of control aimed at improving the flow of vehicles and is flexible regarding the change control system, without needing to stop its operation, this will entail improving the quality of life.

**Keywords: Scaling, semaphore system, Energy, Traffic, Control.**

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Via de acesso ao CES-CL .....	15
Figura 2 – Diagrama de blocos.....	16
Figura 3 – Diagramas de luminosidade do LED .....	18
Figura 4 – Especificação técnica do LED .....	18
Figura 5 – Iluminação do LED .....	19
Figura 6 – Diagrama de desempenho do refletor .....	20
Figura 7 – Conexão paralela.....	22
Figura 8 – Regulador de carga em série .....	25
Figura 9 – Regulador de carga <i>shunt</i> .....	25
Figura 10 – Mapa insolação no Brasil .....	29
Figura 11 – Detalhe de um sensor indutivo.....	33
Figura 12 – Laço indutivo .....	35
Figura 13 – Laço indutivo sendo instalado no pavimento.....	36
Figura 14 – Módulo detector digital.....	36
Figura 15 – Módulo transmissor 505U-K wireless I/O .....	37
Figura 16 – Receptor Elpro 105 U – Rádio de I/O.....	1
Figura 17 – Sistemas de controle de tráfego .....	42
Figura 18 – Representação das formas de controle normalmente aplicadas.....	47
Figura 19 – Simulação gráfica utilizando linguagem VBA .....	50
Figura 20 – Simulação para dimensionamento do controlador .....	53
Figura 21 – Placa microcontrolador Arduíno Mega 2560.....	54
Figura 22 – Foto do LED.....	60
Figura 23 – Foto do sensor indutivo.....	61
Figura 24 – Foto do <i>display</i> .....	61
Figura 25 – Foto do controlador placa Arduíno .....	62
Figura 26 – Fotos da montagem do protótipo .....	63

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Características do painel solar .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
Tabela 2 – Cálculo do consumo das cargas .....	26
Tabela 3 – Vantagens e desvantagens de tecnologias detectoras de veículos .....	32
Tabela 4 – Tabela de tempo médio de espera de fluxoliberação .....	51
Tabela 5 – Características do microcontrolador .....	55

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas.

AREF – *Analog Reference*.

CD – Candela.

LED – Diodo emissor de luz.

MCD – Milicandelas.

CA – Corrente Alternada.

CC – Corrente Contínua.

ICSP – *In-Circuit Serial Programming*.

ILD – *Inductive Loop Detector*.

FEM – Força Eletromotriz.

NBR – Norma Brasileira.

PMMP – Potência no Ponto de Máxima Potência.

PU – Por Unidade.

SF – Sistemas Fotovoltaicos.

USB – *Universal Serial Bus*.

UV – Ultravioleta.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	13
2. ESTUDO DO PROJETO .....	15
2.1. Desenho estrutural do projeto.....	15
2.2. Diagrama de blocos .....	16
3. SEMÁFOROS DE LED’S.....	17
3.1. Utilização de sinaleiros LED’s nos sistemas semaforicos.....	17
3.2. Características gerais do LED especificado .....	17
3.3. Refletor .....	19
3.4. Cálculos de luminosidade.....	20
4. FONTE DE ENERGIA .....	21
4.1. Painel solar especificado para o projeto em silício cristalino.....	21
4.1.1. Tipos de conexão .....	22
4.2. Baterias .....	22
4.2.1. Tipos de baterias utilizadas .....	22
4.2.2. Diferença entre bateria de partida e bateria solar .....	22
4.2.3. Características ideais para uso de baterias em sistema fotovoltaico .....	23
4.2.4. Reguladores de cargas .....	24
4.3. Especificação da placa solar .....	25
4.3.1. Cálculos do consumo das cargas .....	25
4.3.2. Dimensionamento dos equipamentos do sistema .....	26
5. LAÇOS INDUTIVOS.....	31
5.1. Relações dos detectores de veículos .....	32
5.2. Sensoriamentos indutivos de veículos.....	33
5.3. Princípios de funcionamento .....	33
5.4. Aplicações veiculares dos sensores indutivos .....	34
5.5. Especificações do sensor indutivo.....	35
5.5.1. Características técnicas.....	35
5.5.2. Principais aplicações .....	36
6. TRANSMISSÃO WIRELESS .....	36
6.1. Princípios de funcionamento .....	36

6.2. Especificação do transmissor.....	37
6.2.1. Características do sistema do emissor.....	37
6.2.2. Modo de operação.....	37
6.2.3. Aplicações de processos de monitoramento sem fio.....	38
6.2.4. Características do sistema do receptor.....	38
7. DESCRIÇÃO DO CONTROLE.....	40
7.1. Detalhamentos do controle.....	40
7.2. Tipos de estratégias de controle.....	42
7.2.1. Controle isolado.....	42
7.2.2. Controle isolado a tempo fixo.....	43
7.2.3. Controle isolado atuado pelo tráfego.....	43
7.2.4. Controle isolado semi-atuado pelo tráfego.....	44
7.2.5. Controle coordenado.....	44
7.2.6. Controle de tráfego em área.....	44
7.2.7. Divisão do controle semafórico centralizado.....	45
7.3. O procedimento proposto.....	46
7.4. Definições da forma de controle do tráfego a ser empregada.....	47
7.4.1. Descrição da lógica desenvolvida.....	47
7.5. Lógicas desenvolvidas para simulação.....	49
7.6. Especificações do controlador.....	52
7.7. Descrição do controlador.....	54
7.7.1. Microcontrolador.....	54
7.7.2. Esquema e referência de <i>design</i> .....	55
7.7.3. Alimentação.....	55
7.7.4. Memória.....	56
7.7.5. Comunicação.....	57
7.7.6. Programação.....	58
7.7.7. Proteção de sobre-corrente USB.....	59
7.7.8. Características físicas e compatibilidade com <i>shields</i> .....	59
8. IMPLEMENTAÇÃO DO PROTÓTIPO.....	60
9. CUSTOS.....	64
9.1. Custo médio dos equipamentos semafóricos.....	64
9.2. Itens adicionados ao projeto.....	64

10. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	65
11. REFERÊNCIAS.....	67
ANEXOS.....	69

## 1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, o número de meios de transporte motorizados, como carros, motos e ônibus que utilizam as vias urbanas, aumentaram significativamente. Este acréscimo acarretou um volume maior no fluxo de veículos, que, algumas vezes, continua sendo absorvido pela mesma estrutura viária das cidades. Um dos motivos desse agravamento é a impossibilidade de mudanças nas vias de tráfego nos grandes centros urbanos.

Assim sendo, o problema levantado é: como otimizar o sistema do fluxo de veículos urbanos, sem grandes alterações nas estruturas físicas já existentes?

O objetivo geral é desenvolver um sistema de controle para um cruzamento, que permita o bom desempenho do tráfego nos aspectos de segurança, fluidez e conforto, para isto, será necessário o controle eficaz dos semáforos, desde a sua instalação até a atribuição dos tempos de operação, compatíveis com a segurança, demanda de tráfego e capacidade viária.

Para alcançar o objetivo geral, podem-se listar os seguintes objetivos específicos:

- definir um cruzamento para implantar o sistema de tráfego em estudo;
- realizar um estudo bibliográfico referente ao controle semaforico e sobre sua aplicabilidade no contexto do tráfego terrestre urbano de veículos;
- analisar quais são as principais variáveis que compõem os processos do sistema e como elas interferem no meio em estudo;
- especificar e detalhar os componentes que serão utilizados no sistema como tipos de fontes de energia, modos de transmissão e controle.
- simulação do controle para implementação do sistema de semáforo;
- montagem de um modelo do sistema semaforico em escala menor.

Os resultados serão de melhoria na qualidade de vida da população, nos fatores tempo de deslocamento, poluição ambiental e economia de recursos na diminuição dos atrasos e redução de acidentes.

Na pesquisa que possibilita a elaboração do controle semaforico, foram seguidos procedimentos metodológicos apresentados a seguir:

- 1ª Etapa: Levantamento bibliográfico;
- 2ª Etapa: Pesquisa sobre sistemas de controle semafórico;
- 3ª Etapa: Especificação dos componentes que serão utilizados no projeto;
- 4ª Etapa: Simulação da lógica de controle em *software*;
- 5ª Etapa: Montagem de um modelo do sistema.

O trabalho está constituído da seguinte maneira:

Tópico 1 – Na introdução apresenta os subsídios necessários e norteadores da pesquisa, que são: apresentação do problema, as justificativas e contribuições, bem como os objetivos a serem alcançados pelo presente trabalho.

Tópico 2 – O estudo do projeto apresenta o desenho estrutural e elétrico do projeto, diagrama de bloco do sistema semafórico, normas e legislações.

Tópico 3 – O sistema semafórico apresenta o descritivo do semáforo e especificação e características do sistema de sinalização.

Tópico 4 – A fonte de energia apresenta o descritivo da fonte geradora de energia e especificação dos componentes do sistema como célula solar, bateria e controlador de carga.

Tópico 5 – O laço indutivo apresenta o descritivo do sensor para controle de fluxo e especificação do laço indutivo.

Tópico 6 – O sistema de transmissão apresenta o descritivo do sistema de transmissão e especificação dos módulos de transmissão adotados.

Tópico 7 – O sistema de controle apresenta o descritivo do controle do semáforo e especificação do controlador adotado.

Tópico 8 – A implementação do protótipo.

Tópico 9 – O custo do projeto.

## 2. ESTUDO DO PROJETO

### 2.1. Desenho estrutural do projeto

Para desenvolvimento do sistema semafórico (conforme Figura 1), será utilizado como referência as vias de acesso ao Centro de Ensino Superior de Conselheiro Lafaiete. A mesma é constituída de duas avenidas de mão dupla com possibilidade de conversão em ambos os sentidos.

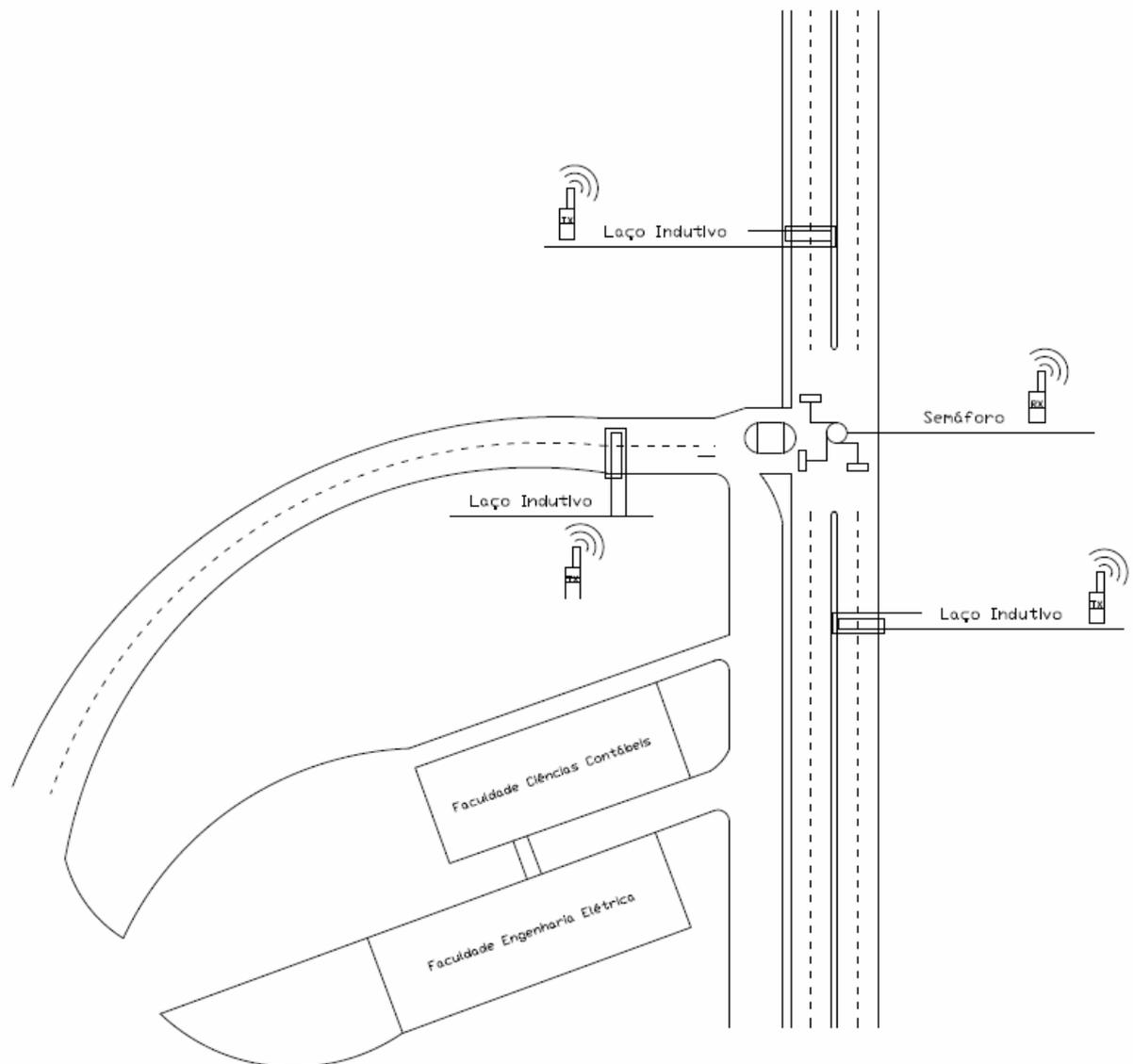


Figura 1 - Via de acesso ao CES-CL

## 2.2. Diagrama de blocos

No diagrama de blocos (Figura 2) é detalhado o funcionamento do sistema semafórico, constituído de 3 avenidas, todas com laço indutivo para contagem de veículos e 3 rádios transmissores para emissão do sinal discreto do número de veículos que trafegam nas respectivas avenidas. No centro do cruzamento é alocada uma torre mecânica para sustentação dos 3 semáforos a LED, sistema de alimentação solar, micro-controlador e rádio transmissor/receptor que recebe o sinal da contagem de veículos e envia via cabos elétricos para o micro-controlador, podendo também comunicar-se com uma futura central de monitoramento interligando vários outros semáforos.

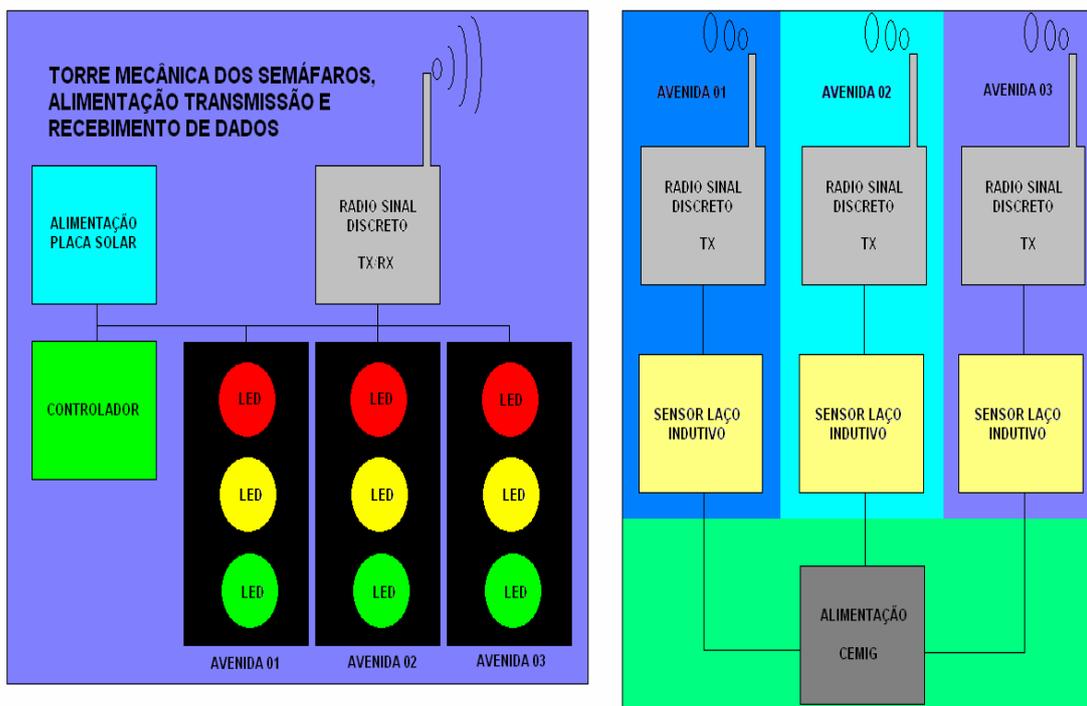


Figura 2 - Diagrama de blocos

### 3. SEMÁFOROS DE LED'S

#### 3.1. Utilização de sinaleiros LED's nos sistemas semafóricos

Nas aplicações de engenharia de tráfego, o desenvolvimento do LED já se tornou técnica e comercialmente exequível, existindo disponíveis no mercado linhas de produtos tais como painéis de mensagens variáveis, placas de sinalização e semáforos. Este fato baseia-se nas inúmeras vantagens dos LED'S sobre as lâmpadas convencionais, principalmente quando se trata de custo.

O baixo consumo de energia do diodo emissor de luz resulta em ganhos de redução da ordem de 80 a 90%, quando comparado ao consumo de lâmpadas incandescentes de mesma intensidade luminosa. A luz emitida é monocromática, não sendo necessários filtros para se obter uma determinada cor. A vida útil de um LED é de aproximadamente 100.000 horas. (MENESES, 2003)

#### 3.2. Características gerais do LED especificado

Para utilização deste projeto será necessária a utilização de um LED que tenha como tensão 12 V, para que não haja a necessidade de se utilizar fontes adicionais e ou conversores de tensão. A potência do mesmo não deverá ultrapassar 10 W, pois desta forma interferiria de forma direta no dimensionamento da placa solar. O sinaleiro deve atingir a luminosidade mínima de 7000 mcd por LED, onde um sinaleiro possui na faixa de 108 a 160 LED'S, o usual dos projetos atuais. Tendo em base estas informações, verificou-se que a melhor forma de se utilizar o sinaleiro seria a utilização de um LED com alto brilho e baixa potência, unificado com um refletor de alumínio que aumenta em até 2,5 vezes sua luminosidade. Com base nesses dados, foram verificados diversos fabricantes, sendo o MASTER LED Spot MR16 12V 4W o que melhor atendeu a todos os quesitos referidos.

As lâmpadas Philips MASTER LED Spot MR16 12V 4W proporcionam até 80% de economia de energia em comparação às soluções de iluminação tradicionais e requerem o mínimo de manutenção devido à vida útil extremamente longa. Para completar, possuem a garantia de um desempenho de iluminação excelente e confiável devido a mais moderna tecnologia empregada pela Philips. (Fonte: Fabricante Philips)

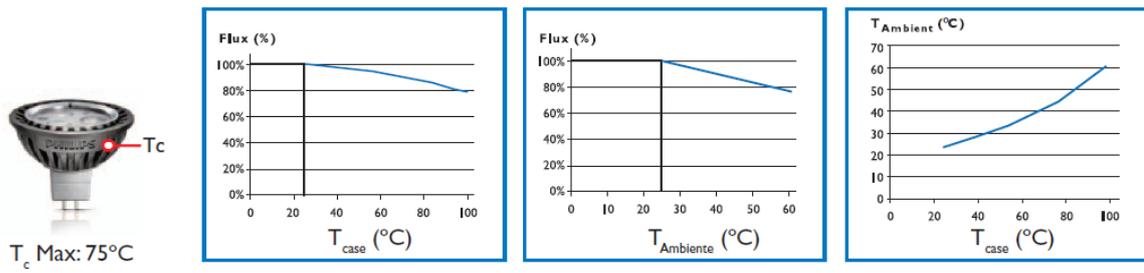


Figura 3 - Diagramas de luminosidade do LED – Fonte: Fabricante Philips

**Especificações técnicas**

Formato	Base	Ângulo de abertura (°)	Potência (W)	Tensão (V)	Intensidade luminosa (cd)	Fluxo luminoso (lm)	Temperatura de cor (K)	Índice de reprodução de cor (IRC)	Vida útil (horas)	Fator de potência	Dimerizável
Bulbo A55	E27	-	6W	220-240V	-	240	2.700K	85	45.000	> 0.5	sim
Bulbo A55	E27	-	6W	220-240V	-	240	4.200K	70	45.000	> 0.5	sim
Bulbo A60 Glow	E27	-	7W	220-240V	-	400	2.700K	85	25.000	> 0.5	sim
Bulbo A60 Glow	E27	-	7W	220-240V	-	400	4.200K	70	25.000	> 0.5	sim
NR63	E27	25°	7W	220-240V	575	-	2.700K	85	45.000	> 0.5	sim
NR63	E27	25°	7W	220-240V	800	-	4.200K	70	45.000	> 0.5	sim
NR63	E27	40°	7W	220-240V	230	-	2.700K	85	45.000	> 0.5	sim
NR63	E27	40°	7W	220-240V	320	-	4.200K	70	45.000	> 0.5	sim
MR16	GU5.3	24°	4W	12V	550	-	2.700K	90	45.000	> 0.5	não
Twist	GU10	25°	7W	220-240V	> 1000	-	2.700K	85	45.000	> 0.5	sim
Twist	GU10	25°	7W	220-240V	> 1000	-	4.200K	70	45.000	> 0.5	sim
Twist	GU10	40°	7W	220-240V	> 400	-	2.700K	85	45.000	> 0.5	sim
Twist	GU10	40°	7W	220-240V	> 540	-	4.200K	70	45.000	> 0.5	sim
PAR30s	E27	25°	11W	220-240V	1.880	-	2.700K	80	45.000	> 0.5	não

Para mais informações de como dimerizar, consulte o serviço de orientação técnica da Philips.

**Dimensões (mm)**

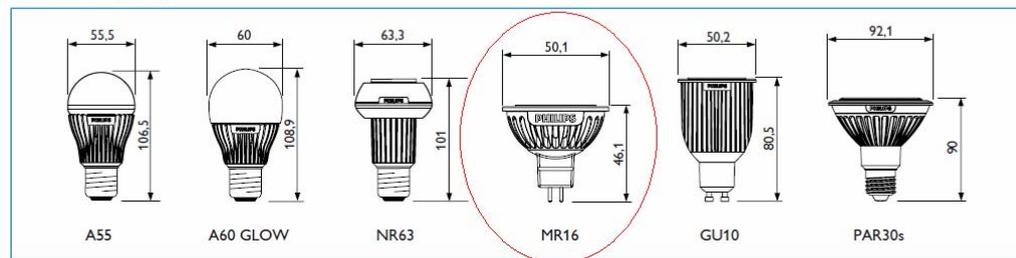


Figura 4 - Especificação técnica do LED – Fonte: Fabricante Philips

### 3.3. Refletor

O refletor Khatod's é facetado, recolhe a luz gerada pelos LED's, reflete a luz em um feixe de 30°, enquanto assegura uma distribuição uniforme, graças a um revestimento de alto desempenho. Este dispositivo exclusivo permite a distribuição mais uniforme da luz produzida pelo LED, e reduz o brilho do fluxo. Uma reflexão especial criada na parte inferior permite eliminar completamente o efeito do brilho ao gerar um fluxo homogêneo que é distribuído sobre a superfície das facetas em forma especial. O resultado é um excelente fluxo luminoso, uma eficiência elevada da iluminação e um efeito anti-brilho total.

A intensidade luminosa emitida pelo LED é medida a partir de  $1 \pm 0,02$  m de distância. As medições são repetidas pelo acoplamento do LED com KCLP1277CR refletor nas mesmas condições de teste. (Fonte: Fabricante Khatod)

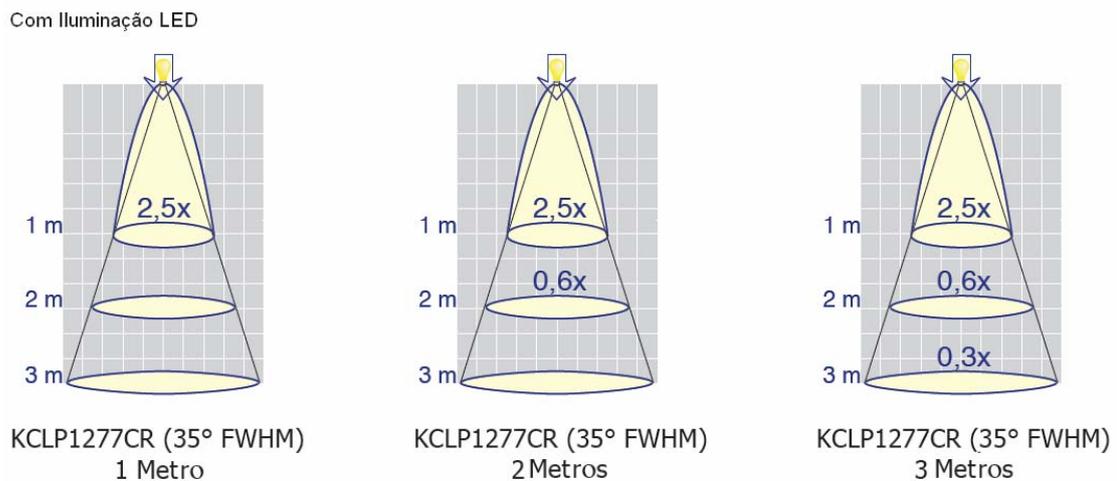


Figura 5 - Iluminação do LED – Fonte: Fabricante Khatod



Figura 6 - Diagrama de desempenho do refletor – Fonte: Fabricante Khatod

### 3.4. Cálculos de luminosidade

Luminosidade de um painel à LED convencional:  $170(\text{LED's}) * 7(\text{cd}) = 1.190\text{cd}$

Potência luminosa dimensionada =  $550\text{cd}(\text{Philips MASTER LED}) * 2.5(\text{Fator de amplificação refletor}) = 1375\text{cd}$ .

A luminosidade atende aos requisitos mínimos dos projetos atuais. (Fonte: Fabricante Philips)

## 4. FONTE DE ENERGIA

Um dos problemas enfrentados pelo sistema semafórico baseia-se na falta de alimentação de energia proveniente das concessionárias. A paralisação de um sistema semafórico gera inúmeros transtornos. Sendo assim, será implementada uma alternativa que não afete consideravelmente no custo do projeto e que evite a paralisação do sistema semafórico, no caso da falta de abastecimento de energia elétrica proveniente de uma concessionária.

### 4.1. Painel solar especificado para o projeto em silício cristalino

<b>Painéis em Silício Cristalino</b>						
<b>Potência (Wp)</b>	<b>Volts (Vcc)</b>	<b>Amperes (A)</b>	<b>Dimensões (mm)</b>	<b>Peso (Kg)</b>	<b>Tipo de célula</b>	<b>Inter-conexão*</b>
5	16,9	0,29	205x352x22	1,2	Si-Multicristalino	42
10	17,4	0,58	304x352x22	1,6	Si-Multicristalino	42
20	16,9	1,2	520x352x22	2,3	Si-Multicristalino	36
35	15	2,33	875x343x35	4,5	Si-Multicristalino	36
50	16,7	3	1280x343x35	6,8	Si-Multicristalino	36
60	16,9	3,56	1432x343x35	7,1	Si-Multicristalino	36
85	17,4	4,89	1028x668x35	9,1	Si-Multicristalino	36
125	17,1	7,3	1450x654x36	11	Si-Multicristalino	36
130	17,6	7,39	1425x 652x58	12,5	Si-Multicristalino	36
175	35,9	4,87	1620x810x50	15,5	Si-Multicristalino	26
235	30,1	7,7	1685x993x50	23	Si-Multicristalino	32
* Dimensões em mm (AxLxE) / Peso líquido em Kg. / Potência de pico em Wp. / Volts = Tensão de pico em Vcc / Ampères = Corrente de pico. * Interconexão: Máximo de painéis que podem ser interconectados em série. * Rendimento acima de 14%.						

Tabela 1 - Características do painel solar – Fonte: Fabricante Sunlab Power

Potência dos painéis (Wp) = quantidade de painéis x potência de cada painel

Potência dos painéis (Wp) = 3 x 125 = 375 Wp

Com um conjunto de três painéis solares de 125W conectados em paralelo será gerada uma potência de 300W. O sistema a ser alimentado de 290W, sendo assim o painel de 125W atenderá ao projeto.

#### 4.1.1. Tipos de conexão

Conexão paralela utilizada:

As correntes são adicionadas, a tensão é constante:

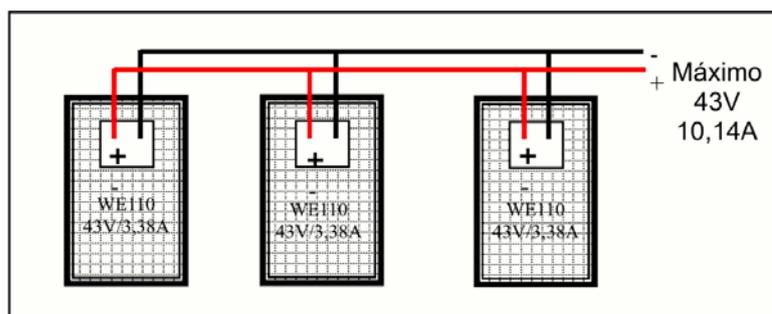


Figura 7 - Conexão paralela – Fonte: SILVA, 2006

Vantagem: Baixa voltagem; no caso de sombra em um módulo, não causará o desligamento dos outros módulos.

Obs.: Em sistemas stand-alone deve-se usar sempre a conexão paralela. No máximo, deve-se conectar não mais que 4 módulos em paralelo. Deverá ser utilizado um diâmetro de 2,5 mm<sup>2</sup> de módulo para módulo, e um cabo de diâmetro de 2x4mm<sup>2</sup> do último módulo para o regulador carga. (SILVA, 2006)

#### 4.2. Baterias

##### 4.2.1. Tipos de baterias utilizadas

- a) Ácido-chumbo.
- b) Selada *fleece*.
- c) Selada gel.

##### 4.2.2. Diferença entre bateria de partida e bateria solar

Uma bateria de partida é feita para tempos curtos de solicitação durante o procedimento de partida de um carro. O que significa que ela deve prover alta corrente por um tempo muito

curto (máximo de cinco segundos). Ela não é construída para grandes ciclos de carga e descarga. As placas de carga, dentro, são relativamente finas.

Uma bateria solar tem as placas de carga muito mais espessas, pois é feita para longo tempo de potência, logo, os ciclos de carga e descarga são maiores. O tempo de vida e a capacidade bem como a potência são muito melhor que uma bateria de partida. (SILVA, 2006)

#### 4.2.3. Características ideais para uso de baterias em sistema fotovoltaico

A operação de uma bateria, usada em um Sistema Solar, deve atender a dois tipos de ciclos:

- ciclos rasos a cada dia;
- ciclos profundos por vários dias (tempo nublado) ou semanas (durante o inverno).

Os ciclos profundos ocorrem quando o carregamento não é suficiente para repor a quantidade de carga usada pelos aparelhos durante todo o dia. Por isso, o estado de carga depois de cada ciclo diário.

As características mencionadas a seguir devem ser observadas para que as baterias tenham um bom desempenho quando instaladas em um sistema fotovoltaico:

- elevada vida cíclica para descargas profundas;
- necessidade de pouca ou nenhuma manutenção;
- elevada eficiência de carregamento;
- baixa taxa de auto-descarga;
- confiabilidade;
- mínima mudança no desempenho, trabalhando fora da faixa de temperatura de operação.

Outros fatores que também devem ser considerados, no momento de escolher a bateria adequada para esta aplicação, são:

- disponibilidade dos fornecedores;
- distância, duração e custo do transporte para o local;
- necessidade de manutenção durante o armazenamento;
- peso;

- disponibilidade e custo das unidades de controle, se necessário.

As baterias níquel-cádmio não apresentam, por exemplo, problemas de ciclos profundos ou de sulfatação e podem ser, portanto, deixadas completamente descarregadas. Entretanto, o elevado custo tem limitado o seu uso em pequenos sistemas.

Baterias automotivas são projetadas para curtos períodos de rápida descarga, sem danificá-las. Este é o motivo pelo qual elas não são apropriadas. No entanto, não é suficiente para que se deixe de usá-las já que estas apresentam como atrativos o seu baixo custo. Em qualquer situação, é indispensável conhecer as características elétricas de bateria selecionada e escolher um controlador de carga adequado. (SILVA, 2006)

#### 4.2.4. Reguladores de cargas

Controladores de cargas são incluídos na maioria dos sistemas fotovoltaicos, com os objetivos básicos de facilitar a máxima transferência de energia dos arranjos fotovoltaicos para a bateria ou bancos de baterias, além de protegê-las contra cargas e descargas excessivas, aumentando, conseqüentemente, a sua vida útil.

Os controladores devem desconectar o arranjo fotovoltaico quando a bateria atingir carga plena e interromper o fornecimento de energia quando o estado de carga da bateria atingir um nível mínimo de segurança.

Existem diversos tipos de reguladores de carga. A concepção mais simples é aquela que envolve uma só etapa de controle. O regulador monitor observa constantemente a tensão da bateria.

Quando a referida tensão alcançar um valor para o qual se considera que a bateria esteja carregada (aproximadamente 14.1 Volts para uma bateria de chumbo ácido de 12 Volts nominais) o regulador interromperá o processo de carga. Isto pode ser conseguido abrindo o circuito entre os módulos fotovoltaicos e a bateria (controlador tipo *serie*) ou curto-circuitando os módulos fotovoltaicos (controlador tipo *shunt*). (SILVA, 2006)

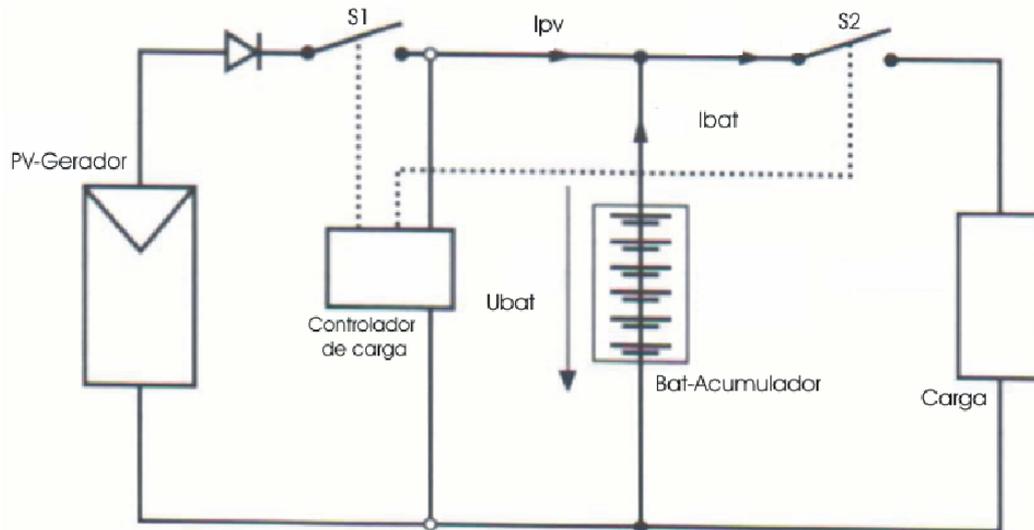


Figura 8 - Regulador de carga em série – Fonte SILVA, 2006

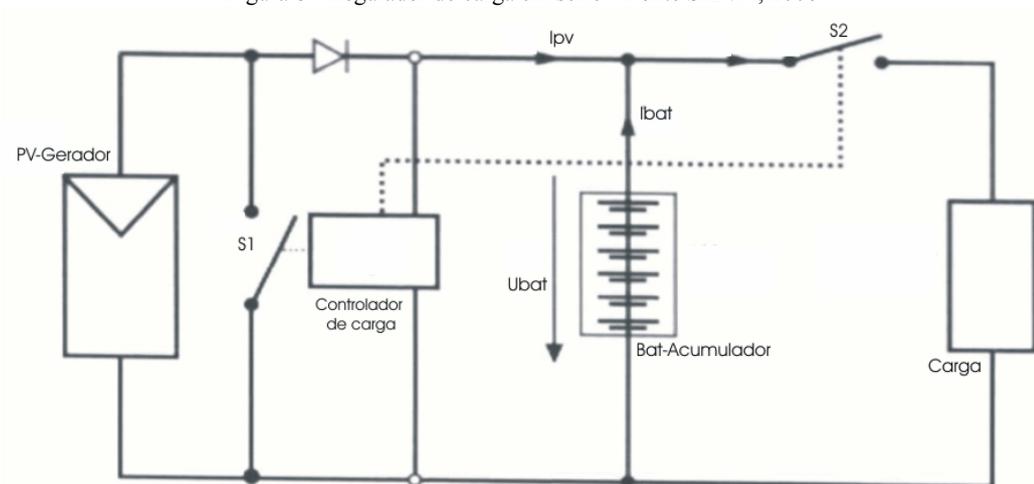


Figura 9 - Regulador de carga *shunt* – Fonte: SILVA, 2006

Quando o consumo faz com que a bateria comece a descarregar-se e, portanto, a baixar sua tensão, o regulador reconecta o gerador à bateria e recomeça o ciclo.

No caso de reguladores de carga cuja etapa de controle opera em dois passos, a tensão de carga a fundo da bateria pode ser algo superior a 14,1 Volts. O regulador fica definido ao especificar o seu nível de tensão (que coincidirá com o valor de tensão do sistema) e a corrente máxima. (SILVA, 2006)

### 4.3. Especificação da placa solar

#### 4.3.1. Cálculos do consumo das cargas

O objetivo da tabela 2 é determinar os dados básicos relativos às cargas que se deseja alimentar:

Equipamentos - Enumerar os equipamentos elétricos que serão alimentados pelo sistema.

Tensão (Volts) - Definir a tensão elétrica dos equipamentos;

Potência (Watts) - Especificar a potência nominal dos equipamentos;

Corrente (Ampère) - Calcular a corrente elétrica nominal dos equipamentos. (Potência/ tensão do banco de baterias);

Uso (h/dia) - Determinar o número médio de horas diárias previstas para efetiva utilização dos equipamentos;

Consumo (Ah/dia) - Calcular o consumo médio diário de energia elétrica dos equipamentos na tensão do banco de baterias (12 V). Para os equipamentos alimentados em corrente contínua basta multiplicar a Corrente (A) pelo Uso (h/dia). ( Fonte: Fabricante SOLENERG)

Levantamento do sistema						Consumo de Icc	
Item	Equipamentos	Tensão Bateria (v)	Potencia (W)	Uso (h/dia)	Consumo (w/dia)	Corrente (A)	Consumo (Ah/dia)
1	LED semáforo	12	4	24	96	0,33333	7,99992
2	LED semáforo	12	4	24	96	0,33333	7,99992
3	LED semáforo	12	4	24	96	0,33333	7,99992
4	Controlador	12	5	24	120	0,41666	10
5	RX/TX	12	5	24	120	0,41666	10
Total	-	12	22	24	528	1,8333	43.9992

Tabela 2 - Cálculo do consumo das cargas – Fonte: Fabricante SOLENERG.

Conclui-se que o sistema deverá gerar um mínimo de 528 Watts por dia para a aplicação.

#### 4.3.2. Dimensionamento dos equipamentos do sistema

##### 4.3.2.1. Banco de baterias

Deve-se calcular a capacidade do banco de baterias levando em conta o consumo e a confiabilidade requerida para o sistema. Esta capacidade em Ah é calculada usando uma das duas expressões abaixo (considerar a que resulta na maior capacidade):

$$Capacidade(Ah) = \frac{\text{Consumo total (Ah/dia)} \times \text{Autonomia (dias)}}{\text{Profundidade descarga no final da autonomia (pu)}}$$

$$Capacidade(Ah) = \frac{43,9992 \times 4}{0,6}$$

$$Capacidade(Ah) = 293,328Ah$$

Consumo total (Ah/dia): conforme tabela 2.

Autonomia (dias) Prever um período sem insolação de 3 a 5 dias de acordo com o clima local e a confiabilidade desejada. Normalmente em sistemas de telecomunicação de 4 a 5 dias.

Profundidade da descarga no final da autonomia (pu) - 0,5 a 0,7 (descargas mais profundas significam vida útil menor para a bateria). O valor normalmente adotado para baterias de chumbo cálcio estacionárias apropriado para sistemas fotovoltaicos é 0,6. Para baterias automotivas considerar 0,5.

$$Capacidade(Ah) = \frac{\text{Consumo total (Ah/dia)}}{\text{Profundidade descarga no final de cada noite}}$$

$$Capacidade(Ah) = \frac{43,9992}{0,2}$$

$$Capacidade(Ah) = 219,996Ah$$

Consumo total (Ah/dia): conforme tabela 2.

Profundidade da descarga no final de cada noite (pu) - 0,15 (vida útil da bateria 5 anos) a 0,20 (vida útil da bateria 4 anos). Valores típicos: 0,20 (estacionaria) e 0,15 (automotiva).

#### 4.3.2.2. Profundidade de descarga

Nunca devemos descarregar completamente uma bateria de chumbo-ácido. A profundidade de descarga, em torno de 20 % da capacidade nominal, informa que dos 2,5 Ah de nossa bateria só podemos usar  $0,2 \times 2,5 = 0,5$  Ah sob pena de danificá-la irremediavelmente. Os acumuladores de níquel-cádmio, ao contrário, devem trabalhar em ciclos de carga e descarga completas para evitar a redução da sua vida útil.

#### 4.3.2.3. Painel fotovoltaico

Para o dimensionamento do painel fotovoltaico deve-se usar a seguinte expressão:

- potência mínima do gerador (Wp): Potencia mínima total do conjunto de módulos necessária para produzir a energia solicitada pela carga.
- consumo Total (Ah/dia): Retirar da tabela
- Vmp módulo: Tensão de máxima potencia do módulo a ser utilizado (ou dos módulos em série). Normalmente 17,4 V para módulos Isofoton em sistemas de 12 V.
- fator de perdas e segurança: Para levar em conta a redução da geração do módulo devido à tolerância na fabricação, temperatura de trabalho, poeira, degradação, sombras desalinhamentos , perdas na bateria, no controlador, instalação, incerteza sobre o consumo, etc. Valor típico: 0,8

$$\text{Potencia mínima do gerador (Wp)} = \frac{\text{Consumo total (Ah/dia)} \times \text{Vmp módulo}}{\text{horas equivalentes de sol pleno} \times \text{Fator de perdas e segurança}}$$

$$\text{Potencia mínima do gerador (Wp)} = \frac{43.9992 \times 17,4}{6 \times 0,8}$$

$$\text{Potencia mínima do gerador (Wp)} = 159.497\text{Wp}$$

- horas equivalentes de sol pleno (horas/dia): Depende da latitude e nível de nebulosidade do local. Considerar o nível médio do mês mais crítico no plano escolhido para instalar os módulos. O módulo deve ter uma inclinação que privilegie o pior mês. Verificar na figura 28 o valor que corresponde a região em que o sistema será instalado. Neste caso serão utilizadas 6 horas. (Fonte: Fabricante SOLENERG)



Figura 10 - Mapa insolação no Brasil

Fonte: LABSOLAR, co-autoria do INPE Patrocínio INMET, Atlas de Irradiação Solar de Brasil, (1995/98).

#### 4.3.2.4. Controlador de carga – Ampère

Para o dimensionamento do controlador de carga verificar quais são as correntes máximas que ele deverá suportar tanto do lado dos módulos quanto do lado das cargas. Adotar o maior valor encontrado (arredondar para cima com uma folga mínima de 10%).

O cálculo da corrente do controlador de carga, do lado das cargas, pode ser obtido através da fórmula:

$$\text{Corrente do Controlador de Carga} = \frac{\text{Consumo máximo (Watts)}}{\text{Tensão do Banco de Baterias(V)}}$$

$$\text{Corrente do Controlador de Carga} = \frac{22}{12}$$

$$\text{Corrente do Controlador de Carga} = 1,8333A$$

Para cálculo da corrente do controlador de carga no lado dos módulos deverá ser utilizada a fórmula abaixo, considerando a corrente de curto circuito total do arranjo de séries de módulos utilizados. A corrente de curto-circuito de um módulo de 50 W /12 v é de 3,27 A. Pode-se considerar em média em sistemas de 12 V que a corrente de curto circuito está em torno de 0,06 a 0,07 A / Wp e a metade em sistemas de 24 V. (Fonte: Fabricante SOLENERG)

Corrente do Controlador = Corrente do Módulo x Número de Módulos

Corrente Controlador de Carga = Corrente curto-circuito dos módulos X nº módulos paralelo

Corrente do Controlador de Carga = 5,34 x 2

Corrente do Controlador de Carga = 10,68 A

## 5. LAÇOS INDUTIVOS

Devido à falta de controle no fluxo de veículos nas vias compostas por semáforos convencionais, foi especificado um detector para contagem de veículos, visando um controle total de quantos veículos trafegam nas vias, para que assim seja construída uma lógica de controle relacionando a quantidade de veículos com o tempo de liberação do mesmo nos semáforos, e a mais tradicional das tecnologias de detecção de veículos visando custo e benefício, é sem dúvida por laço indutivo (também conhecido como ILD - *Inductive Loop Detector*). Muitas vezes são usados em configuração simples (um único laço) para medição de tráfego e operação de trânsito de forma inteligente. Outras vezes pode ser instalado em “armadilha” de velocidade.

## 5.1. Relações dos detectores de veículos

<b>Tecnologia</b>	<b>Vantagens</b>	<b>Desvantagens</b>
Ultrassônico	· Tamanho compacto, fácil instalação.	· Pode ser sensível à temperatura e Turbulência do ar
Micro-ondas <i>Doppler</i>	· Bom para condições meteorológicas adversas · Mede velocidade dos veículos diretamente	· Requer uma antena de feixe estreito para confinar área de interesse a uma única faixa no modo de visualização no sentido da via
Micro-ondas – Presença real	· Bom para condições meteorológicas adversas · Detecta veículos parados · Opera com visada lateral da via	· Requer uma antena de feixe estreito para confinar área de interesse a uma única faixa no modo de visualização no sentido da via
Infravermelho Passivo (somente recebe sinal)	· Distância de alcance sob neblina maior do que sensores de imagem na área da luz visível	· Degradação potencial por chuva ou Neve intensa. · Imprecisão na medida de velocidade
Processadores de imagem e vídeo no espectro de luz visível	· Provê dados para gerenciamento de tráfego e imagem para gerenciamento de incidentes · Uma única câmera e processador podem cuidar de muitas faixas · Riqueza de informações sobre tráfego torna-se disponível	· Degradação potencial por condições meteorológicas adversas. · Veículos grandes podem ocultar veículos menores · Sombras, reflexos do chão molhado e transições dia/noite podem resultar em detecções falsas ou perdidas.
Laser pulsado	· Alta direcionalidade · Grande alcance · Portátil, normalmente instalado na lateral da via	· Custo elevado · Obstrução por outros veículos · Degradação potencial por condições meteorológicas adversas.
Laser de varredura	· Excelente classificação dos veículos	· Custo elevado · Necessidade de ser colocado sobre a via, verticalmente
Fibra ótica	· Imunidade a adversidades meteorológicas · Imunidade a distúrbios eletromagnéticos	· Custo elevado · Necessita interrupção da via e cortes no pavimento
Acústico passivo	· Instalação lateral à via · Auxilia na classificação	· Adequado apenas à detecção de passagem de veículos
Cabos piezo elétricos	· Sensível ao peso do veículo, permite peso em movimento. · Imune a adversidades meteorológicas	· É preciso interromper a via e fazer cortes no pavimento · Não permite detecção de presença (a menos que o veículo pare exatamente (Sobre o sensor))
Pneumático	· Baixo custo · Usado em contagem de veículos para gerenciamento de tráfego	· Componentes mecânicos envolvidos sofrem manutenção freqüente. · Instalação normalmente provisória.
Micro <i>loop</i> (3M)	· Cortes no pavimento são mínimos · Fácil instalação.	· Não permite instalação em latitudes próximas à linha do equador, pois detecta variações no campo magnético da terra
Laços indutivos (ILD – Indutiva <i>Loop</i> Detector)	· Baixo custo · Permite classificação pela assinatura Magnética · Robusto · Imune a adversidades meteorológicas	· É preciso interromper a via e fazer cortes no pavimento · Instalação permanente

Tabela 3 - Vantagens e desvantagens de tecnologias detectoras de veículos – Fonte: KLEIN, 1997

## 5.2. Sensoriamentos indutivos de veículos

Também conhecido como laço indutivo, este sensor é composto de uma ou mais voltas de um cabo isolado, enrolado em sulcos no pavimento, formando uma bobina (Figura 11). Esta bobina é o elemento indutivo de um circuito eletrônico que detecta a passagem dos veículos. Esta detecção é realizada através de alterações na indutância do sensor, provocadas pela passagem dos veículos.

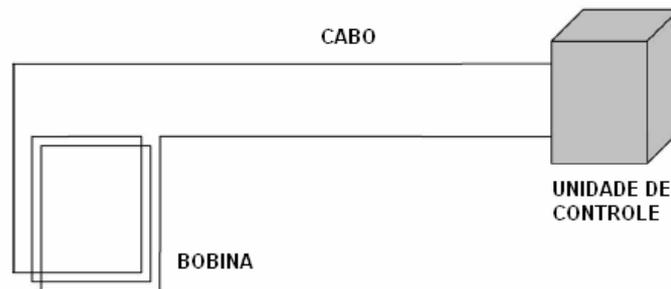


Figura 11 - Detalhe de um sensor indutivo – Fonte: KI & BAIK, 2006

## 5.3. Princípios de funcionamento

A indutância do sensor devido ao seu próprio fluxo magnético é chamada de auto-indutância (FULLERTON,1990). Quando um veículo entra na região de influência do campo magnético produzido pelo laço, correntes elétricas de baixa intensidade, chamadas de correntes de *Eddy* (CALVERT, 2004), são induzidas em suas partes condutivas.

Estas correntes induzidas geram outro fluxo magnético que se acopla ao fluxo inicialmente estabelecido. Isto faz com que o sensor indutivo e o veículo tenham entre si uma indutância mútua. De acordo com a Lei de *Lenz*, um fluxo magnético devido a uma corrente induzida tem sentido oposto ao fluxo que induziu a corrente (HALLIDAY, 2003). Logo, esta interação sensor/veículo resulta em um decréscimo da indutância do laço, pois o campo magnético induzido no veículo tende a se opor ao campo magnético do laço indutivo (NISHIMOTO, 2006).

O efeito ferromagnético tende a aumentar a indutância do sensor. Por terem o coeficiente de permeabilidade magnética maior que o coeficiente do ar, os materiais ferromagnéticos produzem um aumento de indutância. Todavia, geralmente o efeito do campo magnético

induzido no veículo sobrepõe o efeito ferromagnético, e o sensor sofre um decréscimo de indutância (FULLERTON, 1990).

#### 5.4. Aplicações veiculares dos sensores indutivos

Pode-se utilizar o sensor indutivo solitariamente (*single loop detectors*) ou em pares (*double loop detectors*). Os sensores utilizados em pares, também conhecidos como *speed traps*, permitem o cálculo da velocidade dos veículos com boa precisão. Equipamentos de monitoramento de velocidade, como as lombadas eletrônicas, usam esta técnica. A velocidade do veículo é calculada a partir da obtenção do tempo decorrido entre os acionamentos do primeiro e do segundo sensor. Como a distância entre os dois sensores é conhecida, a velocidade pode ser obtida através da equação básica da cinemática (equação 1).

$$V = d / t \quad (\text{eq. 1})$$

Onde:

d = distância entre os laços;

t = tempo decorrido entre os acionamentos do primeiro e segundo laço;

Algumas técnicas de cálculo de velocidade utilizam o tempo entre os acionamentos para melhorar a confiabilidade da medição. Desta maneira, são realizadas duas medições: uma utilizando o tempo entre os acionamentos e outra utilizando o tempo entre os acionamentos (NISHIMOTO, 2006). Outros equipamentos utilizam três laços indutivos para minimizar os erros, realizando três medições. A velocidade é calculada entre o primeiro e o segundo sensor, entre o primeiro e o terceiro e entre o segundo e o terceiro. Caso a diferença entre as três velocidades calculadas seja superior a um limiar pré-determinado, a medição é descartada.

Outra informação obtida com duplos sensores é o comprimento magnético do veículo. O comprimento é dito magnético, pois com sensores indutivos é possível contabilizar apenas o comprimento das partes magnéticas do veículo, ou seja, das partes metálicas. Extensões de carrocerias de madeira após o término do chassi, por exemplo, não são detectadas. Com o conhecimento da velocidade e do tempo que o sensor permaneceu acionado, calcula-se o comprimento magnético do veículo utilizando a mesma equação do cálculo da velocidade. O comprimento obtido deve ser subtraído da dimensão do laço na direção longitudinal da pista,

pois durante o tempo de acionamento do sensor o veículo percorre uma distância equivalente à soma do seu comprimento e da dimensão do laço na direção longitudinal da pista (ANDREOTTI, 2001).

Os sistemas de apenas um sensor são utilizados em semáforos acionados sob demanda, controle de abertura de cancelas em estacionamentos, para realizar a contagem do fluxo, determinar a taxa de ocupação e a velocidade média na via. A velocidade média pode ser estimada com apenas um laço caso se saiba o comprimento médio dos veículos que trafegam por um determinado local (NISHIMOTO, 2006). Neste trabalho, será utilizado esse sistema (*single loop detectors*), pois se necessita apenas de contagem de veículos para controle dos semáforos com fluxo de veículos percorridos nas vias.

### 5.5. Especificações do sensor indutivo



Figura 12 - Laço Indutivo – Fonte: NISHIMOTO, 2006

#### 5.5.1. Características técnicas

- Laço e terminal formado por um único cabo elétrico sem emendas;
- Espiras paralelas na formação do laço garantindo alta sensibilidade;
- Selado dentro de um tubo isolante de alta resistência mecânica;
- Totalmente vedado contra infiltrações;
- Preenchido com material flexível e isolante;
- Laço e terminal com medidas especiais, fabricado sob encomenda;

- Testado e pronto para ser instalado.

### 5.5.2. Principais aplicações

Em pedágios, analisadores de tráfego, radares, lombadas eletrônicas, semáforos inteligentes, estacionamentos, bloqueio de fechamento de cancelas, etc. Utilizados pelas mais exigentes empresas de integração de sistemas de pedágio, e concessionárias de rodovias. Ideal para Sistemas Inteligentes de Gerenciamento de Tráfego urbano, onde a malha de laços indutivos não pode falhar.



Figura 13 - Laço Indutivo sendo instalado no pavimento – Fonte: NISHIMOTO, 2006.

Detector Digital de Veículos com um canal de presença e pulso de saída Modelo DDV1C-Os *Kalts*.



Figura 14 - Módulo detector digital

## 6. TRANSMISSÃO WIRELESS

### 6.1. Princípios de funcionamento

Para evitar a utilização de cabos elétricos no sistema de contagem de fluxo de veículos automotivos, será necessária a utilização de outro meio de transmissão. Devido ao custo e benefício será utilizado um sistema via rádio para emitir o número de pulsos detectados pelo laço indutivo, até o controlador. O sistema deverá ser ligado em paralelo com a alimentação do circuito eletrônico do laço indutivo. Deverá também ser critério de avaliação para especificação, a segurança da transmissão e seu alcance mínimo e máximo do sinal de controle.

## 6.2. Especificação do transmissor

### 6.2.1. Características do sistema do emissor



Figura 15 – Módulo transmissor 505U-K wireless I/O – Fonte: site ELPRO.

O módulo 505U-K wireless I/O é uma solução econômica para o monitoramento remoto de sinais de processo. O 505U-K se conecta a sinais de pulso, discreto ou analógico dos transdutores processo e transmite esses valores de sinal via rádio. O 505U-K é adequado para alarme ou aplicações de medição, bem como o monitoramento de plantas em geral.

O 505U-K tem um rádio transmissor interno 869MHz que opera em uma faixa de rádio sem licença no Brasil. O 505U-K tem um alcance de até 5km. É adequado para monitoramento em indústrias de utilidade pública como água, electricidade e gás, e também é uma solução de custo eficaz para aplicações de curto alcance em fábricas e plantas.

### 6.2.2. Modo de operação

O 505U-K é compatível com os modelos 105U/869 wireless I/O. – As Unidades 105U podem ser utilizadas para produzir os sinais de processo, ou agir como uma interface sem fio

conectado a um PLC, DCS ou PC. O 505U-K transmite o valor dos seus sinais de entrada sempre que o as alterações do sinal, ou depois de um tempo de atualização da pré-configurados. Cada mensagem de transmissão inclui verificação de erros para confirmar a validade da mensagem. O K-505U pode ser configurado para repetir o envio vários para garantir que a transmissão seja recebida corretamente. Mais de 10 000 unidades 505U-K podem operar em conjunto num único sistema.

O consumo de energia do 505U-K é muito baixa, uma vez que o mesmo conserva a energia voltando ao modo espera no intervalo entre as medições dos sinais de entrada e transmissões.

O K-505U pode ser alimentado por uma fonte de alimentação de 6 a 30 VCC. Ele também pode ser alimentado a partir de um ou mais ELPRO packs BU-5 bateria sem qualquer outra fonte de energia. Cada bateria pode alimentar o 505U-K para mais de um ano, dependendo da configuração do sinal de entrada. A unidade K-505U proporciona um alarme interno em baixa tensão - este alarme pode ser transmitido por rádio.

Compartimento impermeável IP66:

O 505U-K é fechado em um resistente gabinete de alumínio pintado, à prova de tempo para IP66. Sinal e de alimentação para a unidade de conexões são feitas através de um conector à prova de intempéries.

### 6.2.3. Aplicações de processos de monitoramento sem fio

#### 6.2.3.1. Entradas

A unidade K-505U pode se conectar a dois sinais discretos ou de pulso e um sinal analógico, e irá transmitir o valor de uma entrada sempre que apresentar alterações do sinal. O valor da entrada também é transmitida se o sinal não mudou dentro de um tempo de atualização da pré-configurados. Sinais de pulso usar a conexão de entrada mesmas entradas discretas. Ver especificações gerais em anexo.

#### 6.2.4. Características do sistema do receptor



Figura 16 - Receptor Elpro 105 U – Rádio de I/O – Fonte: Site ELPRO

A ELPRO 105U oferece uma alternativa de baixo custo para instalações, em distâncias curtas ou longas. Transdutor e sinais de controle ligados a um módulo (sinais de entrada) são transmitidos a outros módulos, onde os sinais são recriados como sinais de saída, ou passado através de um barramento de dados a um dispositivo de *host*, como um PLC ou DCS sistema SCADA.

O 105U ELPRO *wireless* intervalo de I/O é fácil de usar e simples de instalar. Os módulos são totalmente integrados, incluindo micro controlador de entrada / saída (I/O) circuitos, transceptor de rádio, a porta serial RS485/232 e fonte de alimentação com recursos de *backup* de bateria. Cada módulo é instalado em uma força industrial caixa de alumínio extrudado, com tiras de plug-terminal para facilitar a conexão da fiação e manutenção.

#### 6.2.4.1. Modo de alimentação

O 105U ELPRO inclui um interruptor de modo fornecimento de energia que vai aceitar uma variedade de fontes de tensão. O 105U irá operar partir de uma fonte DC de 11 a 30 volts ou uma Alimentação AC de 15 a 24 volts. A conexão poder ser 110/240V é feita através de um pequeno adaptador do transformador.

## 7. DESCRIÇÃO DO CONTROLE

### 7.1. Detalhamentos do controle

Por serem pouco disseminados os vários tipos de controle semafórico no Brasil, é comum que a grande maioria da população acredite que este sistema é apenas um sinaleiro que em um tempo cíclico habilita ou não a passagem de veículos em uma via. O que de fato não é verdade.

Um bom dimensionamento de um sistema de controle semafórico garante uma otimização do uso da infraestrutura viária, reduzindo congestionamentos, melhorando as condições de segurança além de ser uma alternativa para melhorar o fluxo de tráfego nas vias sem a necessidade de ampliação das mesmas.

Os semáforos modernos foram desenvolvidos a partir de equipamentos manuais de operação de tráfego utilizados em Londres no ano de 1868. Em 1913, James Hoge inventou o primeiro semáforo elétrico como hoje é conhecido (aplicado em Cleveland em 1914). Esta invenção aparece como sendo a origem do semáforo a três cores, o qual se propagou nos Estados Unidos no começo da década de 20. Semáforos interligados começaram a ser utilizados na cidade de Salt Lake City em 1917. Um sistema progressivo foi proposto em 1922. Os primeiros semáforos atuados foram instalados em New Haven, East Norwalk e Baltimore em 1928. (BONETTI, 2001)

De acordo com ROESS (1998), os primeiros sistemas de controle de tráfego urbano com a utilização de computadores foram implantados na década de 60, com iniciativas na Europa, no Canadá e nos Estados Unidos. O primeiro grande projeto de controle computacional de tráfego foi realizado em Toronto, no Canadá. A operação deste sistema se iniciou em 1963 e envolveu 864 interseções. Os primeiros sistemas de controle do tráfego urbano tiveram como objetivo melhorar as condições de circulação e fluidez exclusivamente dos veículos privados.

Com o tempo, estes objetivos foram se expandindo, passando a incluir, entre outros, a priorização do transporte coletivo, a maximização da segurança dos pedestres e dos ciclistas, além da redução do consumo de combustível e da emissão de poluentes. (LEANDRO, 2001)

Segundo LUCÉLIA (2005), os primeiros sistemas de controle de tráfego em área eram formados por um computador localizado em uma central de controle e semáforos instalados em campo. Da central, os comandos eram enviados para os controladores semaforicos em campo e os únicos dados que voltavam do campo eram avisos sobre falhas nos equipamentos. As principais características destes sistemas são apresentadas a seguir e a sua configuração básica está ilustrada na Figura 17 (a):

- a) Não havia retorno de informação dos detectores instalados em campo e os planos semaforicos não correspondiam às reais condições do tráfego.
- b) Os planos eram gerados “off-line”, de forma manual ou com o uso de um computador, com base em dados coletados com antecedência em estudos de campo.
- c) As soluções computacionais eram processadas em períodos em que o computador responsável pelo controle de tráfego não estava sendo utilizado para este fim ou em outra máquina.

Embora este tipo de sistema parecesse muito limitado e talvez deficiente, havia algumas vantagens no seu emprego em relação à operação não automatizada:

- a) Possibilidade de atualizar tempos semaforicos a partir de uma localização central.
- b) Possibilidade de se ter vários planos semaforicos e planos especiais.
- c) Coleta de dados sobre falhas nos equipamentos.
- d) Obtenção de dados de desempenho do pessoal contratado para manutenção.

Um modelo de sistema um pouco mais evoluído consiste no apresentado na Figura 17 (b). Neste sistema, além dos dados sobre falhas de equipamentos, são enviados para a central dados sobre o tráfego de veículos (coletados por detectores instalados nas vias) tais como velocidade, taxa de ocupação e fluxo veicular.

Nas últimas décadas, com a evolução tecnológica, os sistemas de controle de tráfegos foram adquirindo uma maior complexidade e outros dispositivos foram agregados a eles. Além disso, foi adicionada ao sistema a figura do usuário, como receptor de informações e tomador de decisões. Conseqüentemente, o fluxo de dados e informações tornou-se mais complexo, conforme ilustrado na Figura 17 (c).

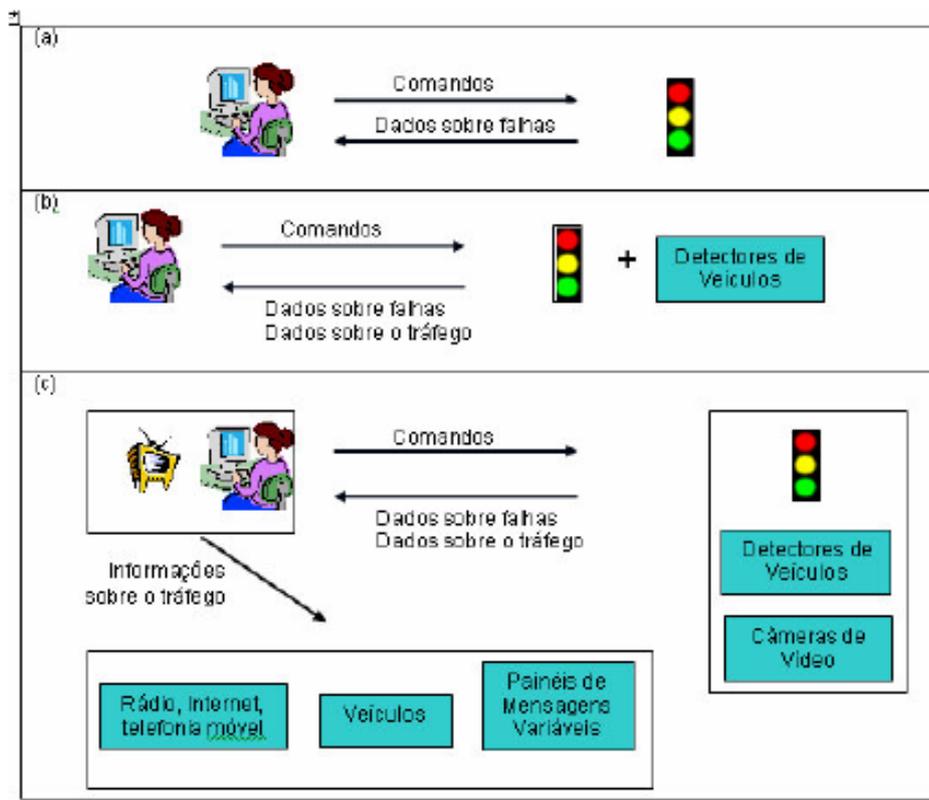


Figura 17 - Sistemas de controle de tráfego, retirada de LUCÉLIA (2005).

Segundo LUCÉLIA (2005), Estes sistemas são compostos basicamente por equipamentos instalados nas vias e uma central de controle de tráfego interligado por algum meio de comunicação como, por exemplo, linhas telefônicas privadas. Nestas centrais, são emitidos os comandos a serem obedecidos pelos equipamentos em campo.

## 7.2. Tipos de estratégias de controle

Quanto às estratégias de operação adotadas, o controle de tráfego pode ser isolado ou coordenado (LEANDRO, 2001), existindo ainda subdivisões nesta classificação conforme será mostrado a seguir:

### 7.2.1. Controle isolado

De acordo com LEANDRO (2001), na estratégia de controle isolado, os semáforos atuam independentemente dos demais, ou seja, não ocorre nenhum tipo de coordenação ou sincronismo semafórico.

Segundo RIBEIRO (1992) *apud* LEANDRO (2001), o controle de tráfego isolado, em sua maioria, é feito seguindo-se a teoria lançada por WEBSTER (1958), por meio do atraso veicular. O método de WEBSTER e COBBE (1966) para a determinação de tempos de ciclo e de verde baseia-se nos valores dos atrasos das interseções semaforizadas, sendo base em diversos métodos de cálculos de planos semafóricos.

Basicamente, podemos definir a operação com controle isolado em três tipos a operação em tempo fixo, operação semi-atuada pelo tráfego e a operação atuada pelo tráfego.

#### 7.2.2. Controle isolado a tempo fixo

Mais comumente usado, o controle por tempo fixo, baseia-se em planos pré-calculados com base em contagens volumétricas e classificatórias realizadas previamente. Normalmente, estes planos de tempo fixo são constantes durante todo o dia, sem considerar os períodos de pico. Entretanto, pode-se ter mais de um plano para a operação semafórica, considerando as variações de volume de tráfego durante o dia.

Devido o fluxo de veículos estarem em constante mudança, à base de dados para o cálculo de tempo fixo necessita ser atualizada periodicamente, para que o controle seja eficiente, criando assim uma enorme desvantagem para este método. Os planos de tempo fixo podem ser determinados por meio de *softwares* como, por exemplo, o TRANSYT (*Traffic Network Study Tool*) (ROBERTSON, 1969), desenvolvido na Inglaterra. Este programa determina planos ótimos variando defasagens e tempos de verde de um plano inicial, buscando minimizar uma medida de custo que reflete as paradas e o atraso de veículos numa rede semafórica (TRL, 1999).

#### 7.2.3. Controle isolado atuado pelo tráfego

O controle atuado pelo tráfego baseia-se na atualização dinâmica do tempo de verde em função da corrente de tráfego adequando assim às necessidades do tráfego.

Segundo LUCÉLIA (2005), o princípio básico do funcionamento em modo atuado é o da variação do tempo de verde associado a um determinado estágio de sinalização entre um valor

mínimo e um valor máximo, ambos programáveis. Para a determinação da variação do tempo de verde é necessário que se tenha em campo, além do controlador atuado (com lógica de decisão), unidades detectoras de veículos. Utilizando as informações enviadas pelos detectores e, de acordo com o programa armazenado no controlador, é tomada a decisão de prolongar ou encerrar o verde para uma determinada aproximação.

#### 7.2.4. Controle isolado semi-atuado pelo tráfego

Este tipo de operação é recomendado para o caso de uma importante via apresentar os acessos laterais com volumes relativamente baixos. Neste tipo de sistema, são instalados detectores veiculares somente nos acessos laterais – diferentemente da totalmente atuada, que necessita de detectores em todas as aproximações da interseção que se deseja controlar – a uma distância prudente da faixa de retenção, de modo que, quando for detectado certo número de veículos, o tempo de verde da via principal seja interrompido (LEANDRO, 2001).

#### 7.2.5. Controle coordenado

Descreve o controle de uma rede de sistemas semafóricos, que operam com o mesmo ciclo semafórico para que seja possível obter uma constante coordenação entre os mesmos. Entretanto, nesta situação, é possível que alguns semáforos operem com um valor de tempo de ciclo e outros com valores de tempo múltiplos dos demais.

Segundo LUCÉLIA (2005), esta estratégia tem a finalidade de coordenar o tráfego, seja por progressão na via arterial ou coordenação em uma área. Para tal, é necessário determinar alguns parâmetros, como ciclo, tempo de verde de cada aproximação e, principalmente, defasagem (diferença, em segundos ou %, do comprimento do ciclo entre os instantes de acionamento da indicação verde do semáforo de dois cruzamentos).

#### 7.2.6. Controle de tráfego em área

Como o próprio nome já indica, o controle é feito em uma determinada área, onde as sub-regiões e suas interseções são operadas em campo. Os controladores se comunicam com um

controlador mestre, denominado “computador de zona”, Estes computadores de zona ainda se comunicam com um computador central.

Os Sistemas de Controle do Tráfego em Área consistem num conjunto de tecnologias empregadas para aumentar o desempenho do tráfego de redes urbanas, reduzindo acidentes, consumo de combustível, poluição sonora e emissão de gases (BELL, 1995). Normalmente, estes sistemas gerenciam o tráfego da cidade por meio de três sub-sistemas (MEDEIROS *et al.*, 2000 *apud* MENESES, 2003):

- Circuito fechado de televisão (CFTV).
- Painéis de mensagens variadas (PMV).
- Controle semafórico centralizado.

O sub-sistema CFTV permite o monitoramento remoto do tráfego nas principais interseções viárias da cidade. Já o sub-sistema PMV viabiliza a comunicação com os usuários das vias. Por sua vez, o sub-sistema de controle semafórico centralizado otimiza, em tempo fixo ou em tempo real, o controle de interseções semafóricas, reduzindo atrasos e número de paradas nas interseções (MENESES, 2003).

#### 7.2.7. Divisão do controle semafórico centralizado

##### 7.2.7.1. Operação centralizada em tempo fixo

Na operação centralizada em tempo fixo, o computador central armazena e implementa os planos semafóricos previamente calculados, com dados que refletem condições padrões esperadas do tráfego. Estas condições são obtidas em dias típicos, periodicamente, ou em ocasiões especiais, como eventos esportivos ou sociais. Nesta operação, o momento da entrada de cada plano de tráfego previamente calculado ocorre por intermédio de uma tabela horária, ou seja, em um determinado instante do dia, um determinado plano entra em operação, automaticamente imposto pelo computador central (LEANDRO, 2001).

##### 7.2.7.2. Operação centralizada por seleção dinâmica

Neste tipo de operação, a inserção dos planos de tráfego não é regida por uma tabela horária, diferentemente da centralização em tempo fixo. Na seleção dinâmica, existe uma série de planos semafóricos previamente dimensionados e armazenados em um computador, correspondentes a diversos fluxos veiculares. Ou seja, caso em uma determinada área ou interseção o volume em suas aproximações aumente ou diminua, automaticamente o computador selecionará o plano previamente estabelecido para aquele respectivo volume (LEANDRO, 2001).

#### 7.2.7.3. Operação centralizada em tempo real

Na centralização em tempo real, o computador central recebe as informações dos detectores veiculares, analisa os dados, minimiza uma função objetivo modificando os planos semafóricos (tempos de ciclo, tempos de verde e defasagens) das interseções, enviando-os aos controladores de campo (LEANDRO, 2001).

O funcionamento de um sistema em tempo real depende principalmente de uma densa rede de detectores veiculares (CLOWES, 1985 *apud* LEANDRO, 2001). É fundamental que se tenha controle de todo o fluxo veicular em todas as aproximações de todas as interseções a serem controladas.

### 7.3. O procedimento proposto

Conforme apresentado, diversas estratégias de controle são utilizadas para otimizar um sistema de controle de tráfego. Entretanto, se consideramos uma necessidade de adequação de uma nova estratégia de controle, seria necessário, uma alteração no *software* onde demandaria a paralisação do sistema, ou uma possível alteração de *hardware*. A proposta deste trabalho é unificar as estratégias de controle em uma única programação, a fim de se viabilizar a alteração de estratégias automaticamente, sem que haja perda de funcionalidade e que não demande alteração de *hardware*.

#### 7.4. Definições da forma de controle do tráfego a ser empregada

A forma de controle de tráfego em vias urbanas é representada na figura 18.

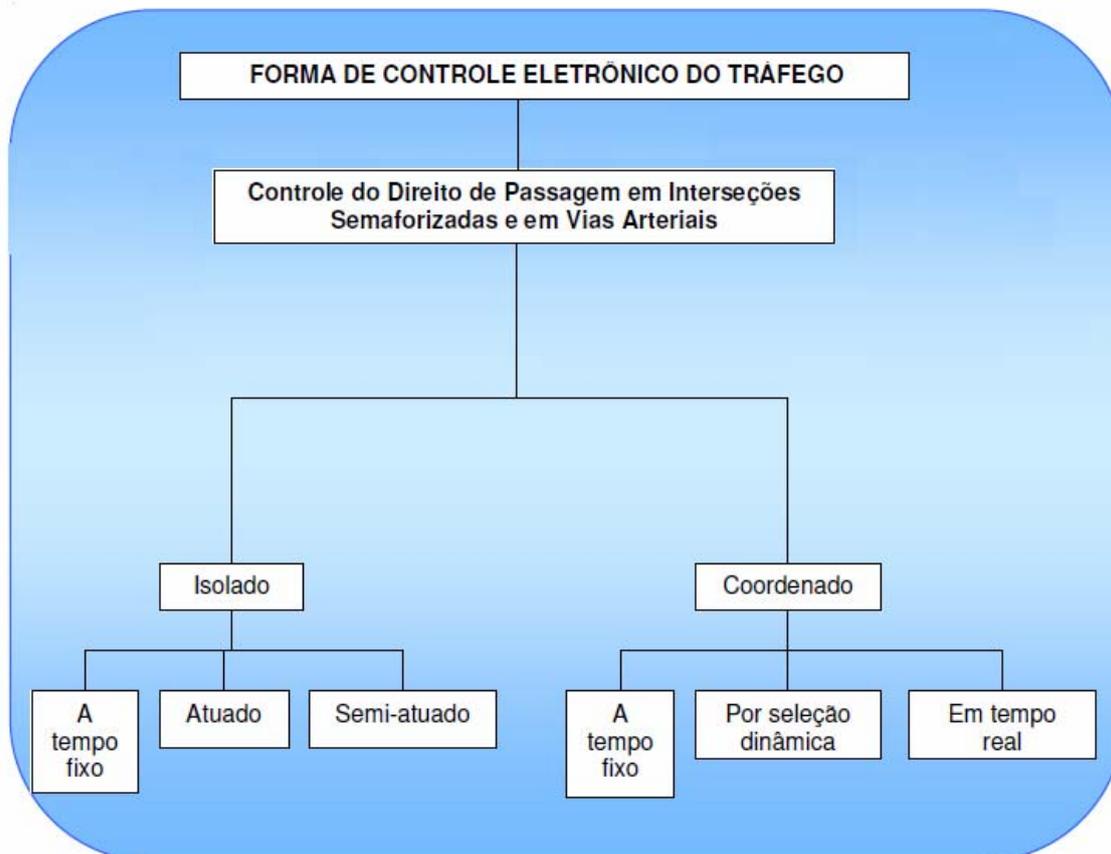


Figura 18 - Representação das formas de controle normalmente aplicadas.

É importante ressaltar que, no controle do direito de passagem em interseções semaforizadas e em vias arteriais, as modalidades “atuado” e “semi-atuado” são realizadas necessariamente com o emprego de detectores de veículos. Já no controle “a tempo fixo” normalmente não são empregados detectores.

##### 7.4.1. Descrição da lógica desenvolvida

Por se tratar de um conjunto de 3 semáforos integrados ao mesmo controlador, o sistema caracteriza-se por um sistema coordenado. A estratégia básica para o funcionamento do mesmo gira em torno de uma operação Centralizada em Tempo Real. Este controle é atuado pelo tráfego veicular onde o tempo de verde de uma aproximação é influenciado pela

detecção imediata de veículos, onde cada aproximação está sujeita aos tempos mínimo e máximo de verde e alguns estágios podem ser ignorados, se não houver demanda em seu detector (TRB-HCM, 1997).

Segundo HOMBURGER (1992), por exemplo, as vantagens e desvantagens da utilização de semáforos de tempos atuados em relação aos de tempos fixos podem ser resumidas em:

Vantagens:

- a) normalmente reduz o atraso (se com parâmetros ajustados);
- b) adapta-se às flutuações do fluxo de tráfego;
- c) normalmente aumenta a capacidade (pelo contínuo acréscimo de verde);
- d) pode continuar operando em condições de baixos fluxos, enquanto o semáforo a tempos fixo deve operar em amarelo intermitente;
- e) especialmente efetivo em interseções de múltiplos estágios;

Desvantagens:

- a) O custo de instalação é maior que o semáforo a tempos fixos;
- b) Os detectores têm um custo de instalação significativo e requerem manutenção específica.
- c) No caso da falta de funcionamento do detector, ou na falta de confiabilidade do mesmo, o sistema torna-se vulnerável.

Mesmo com a contagem do fluxo de veículos, se na interseção há uma via secundária, leva-se em consideração apenas a via primária, ou seja, são instalados detectores apenas nas vias secundárias deixando a via principal livre a maior parte do tempo. Como o controle já se baseia em um sistema de controle em todas as vias, será então integrado o controle semi-atuado com uma operação centralizada por seleção dinâmica, ou seja, apenas será levada em consideração a via secundária em determinadas condições específicas e pré-determinadas. No modelo apresentado, há um fluxo intenso na via secundária, no período de 19 às 23 horas, sendo assim, a mesma terá de ser considerada dentro deste horário como uma via primária, alternando o controle para tempo real.

Para eliminar a vulnerabilidade de um sistema atuado por fluxo que se deve à perda de funcionalidade do detector, como por exemplo, a perda do link de rádio entre controlador e

detector. Será efetuada uma média horária dos tempos empregados no estado de semáforo liberado para fluxo, a fim de ser utilizada na falta do laço indutivo. O valor do tempo fixo será comutado ciclicamente para os valores das medias com o passar do tempo.

#### 7.5. Lógicas desenvolvidas para simulação

Para o aperfeiçoamento da lógica, foi gerada uma simulação no ambiente de trabalho do Microsoft Excel, utilizando a linguagem VBA para desenvolvimento da programação (Detalhes no anexo deste trabalho).

Na simulação, foram gerados três números randômicos entre 1 e 15 simulando os números de carro nas vias. Cada sistema semaforico ficava aberto por um tempo mínimo, acrescentado de um tempo estipulado em 5 segundos (tempo para que o carro saia do estado estacionário e ultrapasse a interseção) multiplicado pela quantidade de carros. Em cada abertura do semáforo, era realizada uma nova média horária, pois caso o semáforo perdesse a comunicação com laço indutivo, o mesmo deveria trabalhar com a média da hora atual como tempo fixo.

No período de 19 às 23 horas a via 3 (via secundária) do protótipo funciona como via primária, considerando fluxo e tempo mínimo. Fora deste horário, o sistema semaforico só permitiria fluxo, quando houvesse algum veículo que tivesse atuado o laço indutivo, do contrário, as vias principais ficariam livres para trabalhar. Caso o número de carro ultrapasse o valor máximo de tempo por via, o valor ficaria acumulado para a próxima abertura do semáforo.

Com a lógica simulada, considera-se possível a utilização de um sistema integrando várias estratégias de controle. Estudos de campo mostraram que a efetividade potencial dos semáforos atuados depende de uma adequada parametrização ou ajuste de campo. Mesmo em interseções com graus variados de solicitação e correntes de tráfego importantes, os semáforos atuados podem operar adequadamente, em termos de atraso médio, e trazem vantagens operacionais relevantes ao acomodar as variações de demanda e oferta. Para averiguar os resultados obtidos, foi gerada durante a simulação, uma tabela comparativa com os valores de tempo no qual um veículo permaneceria na espera de liberação de fluxo em um semáforo

convencional e no sistema proposto. Conforme tabela, pode-se verificar que em determinada faixas de horário, o ganho médio de um motorista chega a 1 minuto.

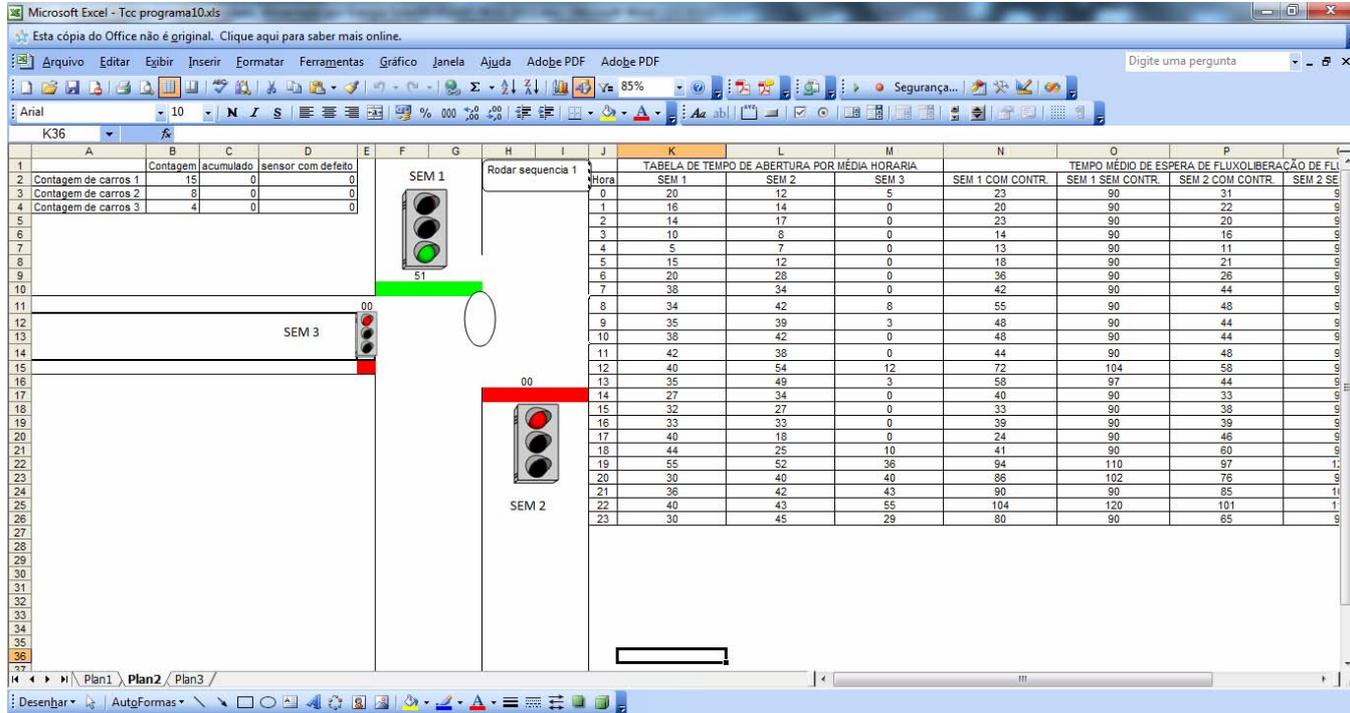


Figura 19 - Simulação gráfica utilizando linguagem VBA

<b>TABELA DE TEMPO DE ABERTURA POR MÉDIA HORARIA</b>				<b>TEMPO MÉDIO DE ESPERA DE FLUXOLIBERAÇÃO DE FLUXO(Seg)</b>					
Hora	SEM 1	SEM 2	SEM 3	SEM 1 COM CONTR.	SEM 1 SEM CONTR.	SEM 2 COM CONTR.	SEM 2 SEM CONTR.	SEM 3 COM CONTR.	SEM 3 SEM CONTR.
0	20	12	5	23	90	31	90	38	90
1	16	14	0	20	90	22	90	36	90
2	14	17	0	23	90	20	90	37	90
3	10	8	0	14	90	16	90	24	90
4	5	7	0	13	90	11	90	18	90
5	15	12	0	18	90	21	90	33	90
6	20	28	0	36	90	26	90	54	90
7	38	34	0	42	90	44	90	78	90
8	34	42	8	55	90	48	90	82	100
9	35	39	3	48	90	44	90	80	90
10	38	42	0	48	90	44	90	86	102
11	42	38	0	44	90	48	90	86	102
12	40	54	12	72	104	58	97	100	90
13	35	49	3	58	97	44	90	90	90
14	27	34	0	40	90	33	90	67	90
15	32	27	0	33	90	38	90	65	90
16	33	33	0	39	90	39	90	72	90
17	40	18	0	24	90	46	90	64	90
18	44	25	10	41	90	60	99	75	90
19	55	52	36	94	110	97	125	113	142
20	30	40	40	86	102	76	90	76	90
21	36	42	43	90	90	85	102	84	93
22	40	43	55	104	120	101	117	89	110
23	30	45	29	80	90	65	90	81	90

Tabela 4 - Tabela de tempo médio de espera de fluxoliberação.

## 7.6. Especificações do controlador

É necessário neste projeto, um dispositivo que possua uma programação aberta ao usuário, a fim de se aperfeiçoar a programação semafórica. Ou seja, a programação deverá possuir o recurso de ser alterada facilmente sem que envolva alterações de *hardware*. A capacidade de memória do equipamento deverá suportar para no mínimo, duas formas de controle do sistema semafórico, a fim de se possibilitar a alteração da forma de controle sem que o sistema semafórico perca sua funcionalidade.

O nível de tensão do dispositivo de controle do sistema semafórico não deverá ultrapassar 12 Vdc, permitindo que o dispositivo possa ser alimentado através de um painel solar.

O dispositivo deverá consumir no máximo 10 W de potência, afim de não elevar de forma considerável o consumo total de circuito, conseqüentemente mantendo a especifica da placa solar como o desejável. O dispositivo deverá possuir no mínimo dois canais de entrada e quatro de saída por semáforo, a fim de receber as informações de uma contagem de carro, e enviar devidamente para o determinado semáforo, por quanto tempo o mesmo deverá permanecer com cada sinaleiro ligado.

O dispositivo não deve ultrapassar a medida de 20 cm de comprimento, altura ou largura para que sua instalação possa ser feita junto aos sinaleiros.

Resumo da especificação técnica do dispositivo:

Tensão de alimentação: 12 Vdc.

Potencia Consumida: 10 W.

Dois pinos de entrada por semáforo.

Quatro pinos de saída por semáforo.

Memória mínima para programação 128mb.

Comprimento < 20 cm.

Altura < 20 cm.

Largura < 20 cm.

Após o desenvolvimento da simulação do sistema de controle, foi gerada uma nova simulação para verificar a funcionalidade do controlador perante a lógica proposta. Para realização da mesma foi utilizado o programa *Virtual Breadboard* onde foi possível a simulação da lógica integrada ao controlador e viabilidade de seu funcionamento.

Após simulação foi determinado que a placa Arduino Mega 2560 atenderá todas as necessidade do projeto.

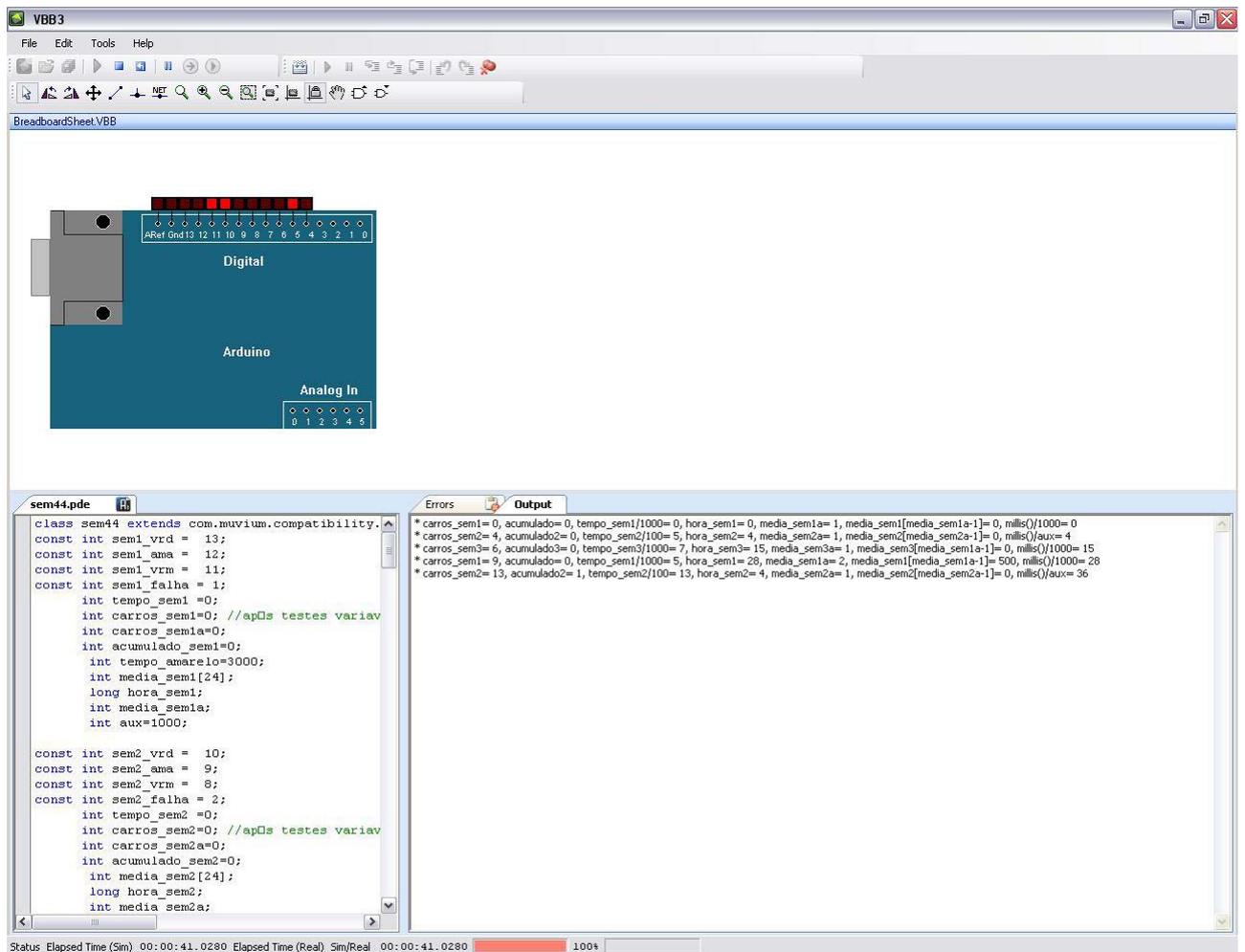


Figura 20 - Simulação para dimensionamento do controlador

## 7.7. Descrição do controlador

### 7.7.1. Microcontrolador

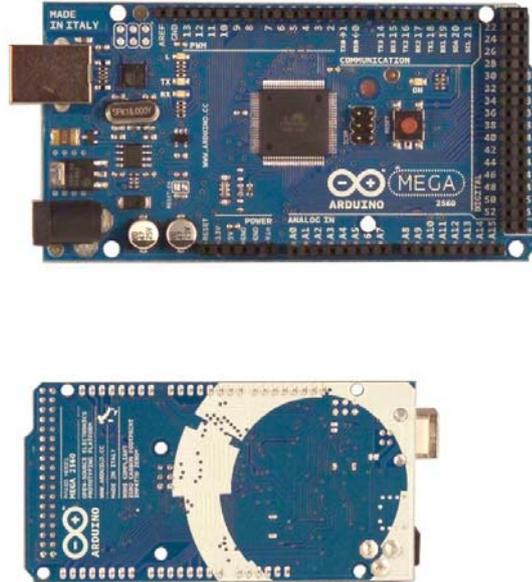


Figura 21– Placa microcontrolador Arduino Mega 2560

O Arduino Mega 2560 é uma placa microcontroladora. Ele possui 54 pinos de entradas/saídas digitais, 16 entradas analógicas, 4 UARTs (portas seriais de *hardware*), um oscilador de cristal de 16 MHz, uma conexão USB, uma entrada de alimentação, uma conexão ICSP e um botão de reset. Ele contém tudo o que é necessário para dar suporte ao microcontrolador; basta conectar a um computador com um cabo USB ou a uma fonte de alimentação e já está pronto para começar.

### 7.7.2. Esquema e referência de *design*

Microcontrolador	ATmega2560
Voltagem de alimentação	5V
Voltagem de entrada (recomendada)	7-12V
Voltagem de entrada (limites)	6-20V
Pinos digitais I/O	54 (dos quais 14 podem ser saídas PWM)
Pinos de entrada analógica	16
Corrente contínua por pino I/O	40 mA
Corrente contínua para o pino 3.3V	50 mA
Memória Flash	256 KB of which 4 KB used by bootloader
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Velocidade de Clock	16 MHz

Tabela 5 - Características do microcontrolador

### 7.7.3. Alimentação

O Arduino Mega2560 pode ser alimentado pela conexão USB ou com uma fonte externa. A entrada de alimentação é selecionada automaticamente.

A alimentação externa pode ser tanto de uma fonte como de baterias.

A placa pode operar com alimentação externa entre 6 e 20 volts. No entanto, se menos de 7 volts for fornecidos o pino de 5 V pode fornecer menos de 5 volts e a placa pode ficar instável. Com mais de 12 V o regulador de tensão pode superaquecer e danificar a placa. A faixa recomendável é de 7 a 12 volts.

Os pinos de alimentação são os seguintes:

**VIN** - A entrada de tensão da placa Arduino quando se está usando alimentação externa (em oposição aos 5 volts fornecidos pela conexão USB ou outra fonte de alimentação regulada) É

possível fornecer alimentação através deste pino ou acessá-la desde aí se estiver alimentando pelo conector de alimentação.

**5V** - Fornecimento de alimentação regulada para o microcontrolador e outros componentes da placa.

**3V3** - Uma alimentação de 3,3 volts gerada pelo *chip* FTDI. A corrente máxima é de 50 mA.

**GND** - Pinos terra.

#### 7.7.4. Memória

O ATmega2560 tem 256 KB de memória *flash* para armazenamento de código (dos quais 8KB são usados pelo *bootloader*), 8 KB de SRAM e 4 KB de EEPROM (que podem ser lidos e escritos com a biblioteca EEPROM).

Entrada e Saída: Cada um dos 54 pinos digitais do Mega2560 pode ser usado como entrada ou saída, usando as funções de `pinMode()`, `digitalWrite()`, e `digitalRead()`. Eles operam a 5 volts. Cada pino pode fornecer ou receber um máximo de 40 mA e possui um resistor interno (desconectado por *default*) de 20-50K $\Omega$ . Em adição alguns pinos possuem funções especializadas:

Serial: 0 (RX) and 1 (TX); Serial 1: 19 (RX) and 18 (TX); Serial 2: 17 (RX) and 16 (TX); Serial 3: 15 (RX) and 14 (TX). Usados para receber (RX) e transmitir (TX) dados seriais TTL. Pinos 0 e 1 são também conectados aos pinos correspondentes do *chip* serial FTDI USB-to-TTL.

Interruptores externos: 2 (interruptor 0), 3 (interruptor 1), 18 (interruptor 5), 19 (interruptor 4), 20 (interruptor 3), and 21 (interruptor 2). Estes pinos podem ser configurados para disparar uma interrupção por um valor baixo, um limite diminuindo ou subindo, ou uma mudança em um valor. Para mais detalhes veja a função `attachInterrupt()`.

PWM: 0 a 13. Fornecem saída analógica PWM de 8-bits com a função `analogWrite()`.

SPI: 50 (MISO), 51 (MOSI), 52 (SCK), 53 (SS). Estes pinos dão suporte à comunicação SPI que, embora suportada pelo *hardware*, ainda não está incluída na linguagem Arduino.

LED: 13. Há um LED conectado ao pino digital 13. Quando o pino está em HIGH o LED se acende.

I<sup>2</sup>C: 20 (SDA) and 21 (SCL). Fornecem suporte à comunicação I<sup>2</sup>C (TWI) usando a biblioteca *Wire* (documentação no site do *Wiring*). Note que estes pinos não estão na mesma posição que os pinos I<sup>2</sup>C pins no Duemilanove ou no Diecimila.

O Mega2560 tem 16 entradas analógicas, cada uma das quais com 10 bits de resolução (i.e. 1024 valores diferentes). Por padrão elas medem de 0 a 5 volts, embora seja possível mudar o limite superior usando o pino AREF e a função `analogReference()`. Há um par de pinos diferentes na placa:

AREF. Voltagem de referência para as entradas analógicas. Usados com `analogReference()`.

Reset. Marque este valor como LOW para resetar o microcontrolador. Tipicamente usado para adicionar um botão de reset em *shields* que bloqueiam o que há na placa.

#### 7.7.5. Comunicação

O Arduino Mega2560 possui várias facilidades para se comunicar com um computador, com outro Arduino ou outros microcontroladores. O ATmega2560 fornece quatro portas de comunicação serial UARTs para TTL (5V). Um chip FTDI FT232RL direciona uma destas portas para a conexão USB e os *drivers* FTDI (que acompanham o *software* do Arduino) fornecem uma porta com virtual para *softwares* no computador. O *software* do Arduino inclui um monitor serial que permite que dados simples de texto sejam enviados de e para a placa Arduino. Os LEDs RX e RT piscarão enquanto dados estiverem sendo transmitidos pelo *chip* FTDI e pela conexão USB ao computador (mas não para comunicação serial nos pinos 0 e 1).

Uma biblioteca *Software Serial* permite comunicação serial em qualquer um dos pinos digitais do Mega2560.

O ATmega2560 também fornece suporte para comunicação I2C (TWI) e SPI. O *software* Arduino inclui uma biblioteca *Wire* para simplificar o uso do bus I2C (veja a documentação no *site* do *Wiring* para mais detalhes). Para usar a comunicação SPI, veja o *datasheet* do ATmega2560.

### 7.7.6. Programação

O Arduino Mega2560 pode ser programado com o *software* do Arduino (*download*). Para detalhes, veja a referência e os tutoriais.

O ATmega2560 no Arduino Mega2560 vem com o *bootloader* pré gravado, o que possibilita o envio de novos códigos sem o uso de um programador de *hardware* externo. Ele se comunica usando o protocolo original STK500.

É possível também suplantando o *bootloader* e programando o microcontrolador através do cabeçalho ICSP (*In-Circuit Serial Programming*); veja estas instruções para mais detalhes.

Reset Automático (*Software*) - Ao invés de necessitar o pressionamento físico do botão de *reset* antes de um *upload*, o Arduino Mega2560 é desenhado de modo a permitir que o *reset* seja feito pelo *software* executado em um computador conectado. Uma das linhas dos fluxos de controle de *hardware* (DTR) do FT232RL é conectada diretamente à linha de *reset* do ATmega2560 através de um capacitor de 100 nanofarads. Quando esta linha é acessada (rebaixada), a linha de *reset* decai por tempo suficiente para resetar o *chip*. O *software* Arduino utiliza esta capacidade para possibilitar que novos códigos sejam enviados simplesmente clicando no botão de *upload* do ambiente de programação do Arduino. Isto significa que o *bootloader* fica fora do ar por um tempo mais curto, uma vez que o rebaixamento do DTR pode ser bem coordenado com o início do *upload*.

Esta montagem tem outras implicações. Quando o Mega2560 é conectado a um computador rodando Mac OS X ou Linux, ele é resetado cada vez que uma conexão é feita com o *software* (via USB). Durante o próximo meio segundo (aproximadamente) o *bootloader* estará rodando no Mega2560. Uma vez que ele é programado para ignorar dados mal formados (isto é, qualquer coisa que não seja um *upload* de novo código), ele vai interceptar os primeiros *bytes* de informação enviados à placa depois que uma nova conexão seja aberta. Se um programa rodando na placa recebe uma pré-configuração ou outros dados assim que ele começa, certifique-se de que o *software* com o qual ele se comunica espera meio segundo depois que a conexão seja estabelecida antes de começar a enviar os dados.

O Mega2560 tem uma trilha que pode ser cortada para desabilitar o *auto-reset*. Esta trilha pode depois ser unida novamente por solda para reabilitar esta funcionalidade, tendo a identificação "RESET-EN". Também é possível desabilitar o *auto-reset* conectando um resistor de  $110\Omega$  do 5V à linha de *reset*.

#### 7.7.7. Proteção de sobre-corrente USB

O Arduino Mega2560 possui um fusível resetável que protege as portas USB do computador contra curto-circuito e sobrecorrente. Apesar de muitos computadores possuírem sua própria proteção interna, o fusível resetável dá um grau extra de segurança. Se mais de 500 mA forem drenados ou aplicados na porta USB, o fusível automaticamente abrirá o circuito até que o curto ou a sobrecarga sejam removidos.

#### 7.7.8. Características físicas e compatibilidade com *shields*

As dimensões máximas de comprimento e largura da placa Mega 2560 são 4,0 pol. (101,60 mm) e 2,1 pol. (53,34 mm) respectivamente, com o conector USB e *jack* de alimentação ultrapassando um pouco as dimensões da placa em si. Três furos para montagem com parafusos permitem montar a placa numa superfície ou caixa. Note que a distância entre os pinos de entrada e saída digitais de números 7 e 8 é de 0,16", não é sequer múltiplo dos 0,10" do espaçamento entre os outros pinos.

O Mega2560 é projetado para ser compatível com a maioria dos *shields* feitos para o *Diecimila* ou *Duemilanove*. Os pinos de entrada e saída digitais 0 a 13, os adjacentes AREF e GND, entradas analógicas 0 a 5, o conector *power* e o ICSP estão todos em posições equivalentes. Além do mais, a UART principal ( porta serial ) está localizada nos mesmos pinos (0 e 1), bem com as interrupções 0 e 1 ( pinos 2 e 3 respectivamente ). SPI está disponível através do conector ICSP em ambos (Mega2560 e *Uno/Duemilanove/Diecimila*). Note que o I<sup>2</sup>C não está localizado nos mesmos pinos no Mega2560 (20 e 21) e no *Duemilanove* (entradas analógicas 4 e 5). (Fonte: Fabricante ARDUÍNO)

## 8. IMPLEMENTAÇÃO DO PROTÓTIPO

Depois de ter especificado os componentes do projeto foi desenvolvido um protótipo para simular o sistema e para demonstrar a eficácia do sistema que foi projetado. Foi desenvolvido um controle de um semáforo que funciona como atuado por fluxo, semi-atuado e convencional. Na construção do protótipo, foi utilizado alguns componentes diferentes do projetado somente para certificarmos que o controle funciona perfeitamente.

Utilizamos um LED de baixa potência no protótipo para que seja visualizado o funcionamento do controle (Figura 22). Sendo que no projeto foi especificado um LED de alta potência e de alta luminosidade.



Figura 22 - Foto do LED

Utilizado sensor de presença indutivo a fim de substituir o laço indutivo, gerando pulsos discretos simulando a passagem de veículos, visando um controle total de quantos veículos trafegam nas vias, para que assim seja construída uma lógica de controle relacionando a quantidade de veículos com o tempo de liberação do mesmo nos semáforos.

Na figura 23 mostra como foi adaptado o sensor indutivo no protótipo.



Figura 233 - Foto do sensor indutivo

Foi utilizado um *display* de 16 segmentos para cada semáforo, todos comunicando diretamente com o controlador para visualizar a contagem do número de veículos e o tempo referente a cada semáforo, podendo ser útil para informações complementares bastando apenas implementar o que se deseja na lógica do controlador. E para trabalhos futuros no projeto, basta apenas substituir o *display* por um de tamanho compatível com o sistema semafórico especificado.

A figura 24 mostra o *display* em funcionamento.

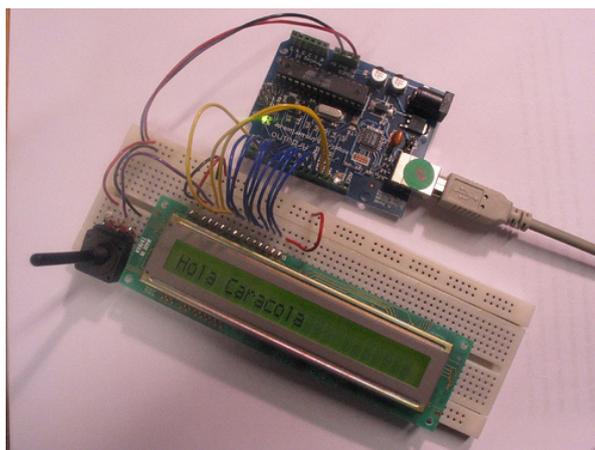


Figura 244 – Foto do *display*

O controlador utilizado no protótipo será o mesmo especificado no projeto, foi utilizado esse modelo devido aos seus recursos na programação, ter um baixo consumo de energia e também por ser de baixo custo comparado com um controlador de um semáforo convencional. Esse

controlador utiliza uma plataforma aberta para um desenvolvimento de *software* baseado em uma família de micro-controladores Atmel (Figura 25). Para o aperfeiçoamento da lógica, foi gerada uma simulação no ambiente de trabalho do Microsoft Excel, utilizando a linguagem VBA para desenvolvimento da programação, a partir dos resultados encontrados, foi desenvolvida uma lógica de controle em linguagem C na biblioteca interna do controlador, utilizando os conhecimentos adquiridos no decorrer do curso.

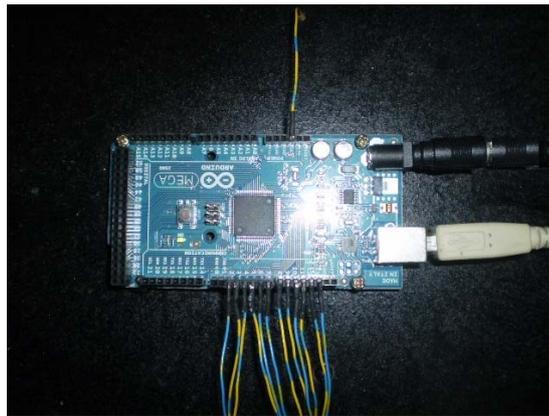


Figura 255 – Foto do controlador placa Arduino

O sistema semafórico foi baseado na via de acesso ao Centro de Ensino Superior de Conselheiro Lafaiete. O protótipo (figura 30) foi montado conforme o projeto original, exceto alguns componentes que foram substituídos por outros devido ao seu custo elevado, como o sistema de alimentação, sistema de radio, laço indutivo e o LED de alta potência. Depois da montagem completa do protótipo foi feito vários testes de seu funcionamento e comprovado que o sistema criado funciona perfeitamente e tem plena condições de ser implementado no mercado.



Figura 266 – Fotos da montagem do protótipo

## 9. CUSTOS

### 9.1. Custo médio dos equipamentos semafóricos

- Sinalizador convencional R\$ 3.285,00 x 3 unidades = R\$ 9.855,00

- Sinalizador projetado R\$ 2.880,55 x 3 unidades = R\$ 8.641,65

Diferença R\$ 9.855,00 - R\$ 8.641,65 = R\$1.213,35

- Controlador modular R\$ 5.841,41 x 1 unidade = R\$ 5.841,41

- Controlador projetado R\$ 200,00 x 1 unidade = R\$ 200,00

Diferença R\$ 5.841,41 - R\$ 200,00 = R\$5.641,41

### 9.2. Itens adicionados ao projeto

- Rádio transmissor R\$ 942,30 x 3 unidades = R\$ 2.826,90

- Rádio receptor R\$ 1.917,00 x 1 unidade = R\$ 1.917,00

- Placa solar R\$ 1.440,00 x 1 unidade = R\$ 1.440,00

- Laço indutivo R\$ 900,00 x 3 unidades = R\$ 2.700,00

Diferença R\$ 0 - R\$ 8.883,90 = - R\$ 8.883,90

Custo final = + R\$ 1.213,35 + R\$ 5.641,41 - R\$ 8.883,90 = - R\$ 2.029,14

O custo dos equipamentos do semáforo projetado é maior do que o semáforo convencional, entretanto o custo mensal será menor devido à economia de energia, além de que o sistema projetado conta com equipamentos modernos de automação e possui um funcionamento mais eficaz que o convencional, pois se trata de um controle semafórico diferenciado visando resultados positivos em fluidez de trânsito, segurança, qualidade de vida e preservação do meio ambiente.

## 10. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o conhecimento adquirido, foi defendido nesse trabalho um novo controle de um sistema semafórico, visando otimizar o tempo de espera para liberação do fluxo.

Para o dimensionamento de uma estratégia de controle, foi observado que a aplicabilidade de um único sistema pode se tornar ineficaz quando deparado a situações fora da rotina. Foi observado que para a realização de uma possível alteração na forma de controle com os controladores convencionais, tem-se necessária a paralisação do sistema, interferindo diretamente no fluxo veicular.

A fim de atenuar os problemas descritos foi especificado um novo controlador, onde o mesmo possui abertura para uma programação livre, possibilitando o desenvolvimento de novos modelos de controle. Para comprovar a funcionalidade do *software e hardware* apresentados, foi aplicada em um protótipo a programação defendida. O protótipo possui o mesmo controlador especificado, e um sinaleiro similar.

Outro problema enfrentado pelos sistemas convencionais é a exposição à perda de funcionalidade devido à falta de disponibilidade de energia elétrica proveniente das concessionárias. Esta falha gerada é um grave problema principalmente em grandes cidades, pois nesta situação, os sistemas semafóricos não têm redundância e tornam-se inoperantes criando um grande problema nas vias de trânsito. Sendo assim, foi dimensionado também neste trabalho um sistema de alimentação, que mesmo com a indisponibilidade da concessionária, o semáforo não perde sua funcionalidade devido à alimentação do projeto ser proveniente de uma placa solar e bateria. Com a utilização de novas tecnologias para serem empregadas no sistema semafórico, o custo final dos equipamentos especificados no projeto quando comparado ao sistema convencional é relativamente menor. Isto devido à economia feita no controlador, que compensou inclusive a implementação do laço indutivo e do sistema de rádio.

Para verificar a eficácia deste controle, foi gerada uma simulação comparativa entre o valor de espera de um sistema de tempo fixo convencional e o novo controle apresentado. Nesta simulação pode-se observar a diferença em tempo ganho com o novo controle. Também foi

demonstrada a funcionalidade deste sistema em um protótipo utilizando o controlador dimensionado, a fim de garantir sua funcionalidade.

## 11. REFERÊNCIAS

ABDULHAI, B., TABID, Seyed M. "**Espaço-temporal de reconhecimento de padrões para a indutância "re-identificação do veículo.** Transportation Research Part C, 2003

ANDREOTTI, M. T. **Sensoriamento indutivo para veículos automotores.** Dissertação de mestrado apresentada ao CPGEI, CEFET-PR. Abril, 2001.

ARDUÍNO. **Arduíno Mega 2560** [S.l. s.n.] Disponível em:  
< <http://arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardMega2560>> Acesso em 15 de Dez. 2010.

AVERY, P., RYAN, WANG, Y., RUTHERFORD, Scott G. "**A classificação de veículos baseados em comprimento Usando imagens de descalibradas Câmeras de Vídeo**", 2004 IEEE Intelligent Transporte Conferência Systems, PP 737-42, Washington, DC, EUA, outubro, 2004.

BONETTI JÚNIOR, Wagner. **Utilização e Parametrização de Semáforos Atuados pelo Tráfego** – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Transportes, São Paulo, Brasil, 2001. Disponível em:  
<[http://www.sinaldetransito.com.br/artigos/uso\\_e\\_parametrizacao\\_de\\_semaforos\\_atuados\\_%20pelo\\_trafego.pdf](http://www.sinaldetransito.com.br/artigos/uso_e_parametrizacao_de_semaforos_atuados_%20pelo_trafego.pdf)> Acesso em 20 de Nov. 2010.

CALVERT, J. B. Eddy Currentes. **Inside Transformers**, Maio, 2004. Disponível em:  
<<http://www.du.edu/~jcalvert/phys/eddy.htm>> Acesso em 07 de Jan. 2011, 23h55min: 20.

CÓDIGO BRASILEIRO DE TRANSITO. Conselho nacional de transito, Sinalização horizontal conselho nacional de transito, sinalização vertical. Brasília, Denatran, 2008.

FULLERTON, IJ, Kell, JH, Moinhos, **MK Detector de Trânsito** - 2 ed. Federal Highway Administration (FHWA). Julho de 1990

GAJDA, J., SROKA, R., STENCELI, M. WAJDA, ZEGLEN A., T. **A Classificação de veículo, com base em Detectores indutivos** , Instrumentação IEEE e tecnologia de medição Conferência, p. 460-4, Budapeste, Hungria, maio de 2001

HALLIDAY, D., RESNICK, R., WALKER, J. **Fundamentos de Física – Eletromagnetismo.** V.3, 6 ed. 2003.

HARLOW, C., PENG, S. **Sistema automático de classificação dos veículos com sensores de gama**, Transporte Parte C Research, 9:231-47, 2001.

KI, Y., BAIK, D. **Modelo para medição de velocidade precisa, utilizando detectores de laço duplo.** Transações de IEEE sobre Tecnologia Veicular, v. 55, n. 4 de Julho de 2006.

KHATOD. **Catálogo de iluminação - LED** [S.l. s.n.] Disponível em:  
<[http://www.khatod.com/Documenti/kclp1277cr\\_test\\_report.pdf](http://www.khatod.com/Documenti/kclp1277cr_test_report.pdf)> Acesso em 15 de Jan 2010.

LEANDRO, C. H. P., **Procedimento Multicriterial para Estruturação e Caracterização de Sistemas Centralizados de Controle de Tráfego Urbano**, Dissertação: Programa de Mestrado em Engenharia de Transportes, Instituto Militar de Engenharia, 2001.

MENESES, Hamifranco Brito ; LOUREIRO, Carlos Felipe Grangeiro. **Modelagem e Análise de Dados Dinâmicos do Tráfego Urbano: Uma Revisão Conceitual e Aplicada**. Programa de Mestrado em Engenharia de Transportes – PETRAN e Universidade Federal do Ceará – UFC. Disponível em: <[www.sinaldetransito.com.br/artigos/modelagem.pdf](http://www.sinaldetransito.com.br/artigos/modelagem.pdf) > Acesso em 23 de Nov. de 2010, 22h25min: 10.

NISHIMOTO, R. E. **Novas Geometrias de Laços Indutivos**. Dissertação de mestrado apresentada ao CPGEI, UTFPR. Dezembro, 2006.

PFANNERSTILL, E. **Monitoramento Automático de Tráfego Condições de Re-identificação de Veículos**, Proceedings - Conferência sobre o controle IEE Trânsito Rodoviário, relatório de 299, p. 172-5, 1989.

PHILIPS. **Iluminação, catálogo lâmpadas** [S.1. s.n.] Disponível em: <[http://www.catalogosiluminacao.philips.com.br/imagem/produto/lampadas/manual/catalogo\\_accent\\_led\\_set08.pdf](http://www.catalogosiluminacao.philips.com.br/imagem/produto/lampadas/manual/catalogo_accent_led_set08.pdf)> Acesso em 15 de Nov. 2010.

OH, S., RITCHIE, Stephen G., OH, C., **Real Time Traffic Medição de loop de solteiro Assinaturas indutivo**, 81ª Reunião Anual do Conselho de Pesquisa de Transportes, Washington, D. C., de janeiro de 2002.

RIO DE JANEIRO. Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito - CRESESB. **Manual de Engenharia Para Sistemas Fotovoltaicos**. 1999. 204p.

RIO DE JANEIRO. Instituto Militar de Engenharia. In: LUCÉLIA FHELBERG PEREIRA. **Um procedimento de apoio a decisão para escolha de sistemas de controle de tráfego considerando a coleta automatizada de dados**. Mestrado apresentada ao Curso de Mestrado em Engenharia de Transportes do Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, 2005. Disponível em: < <http://dominiopublico.qprocura.com.br/dp/29133/um-procedimento-de-apoio-a-decisao-para-escolha-de-sistemas-de-controle-de-trafego-considerando-a-coleta-automatizada-de-dados.html>>. Acesso em 17 Jan. 2011, 23h45min: 35.

ROESS, R.P. MCSHANE, W.R. e ES, Prassas, **Engenharia de Tráfego**. Aprendiz Hall, 2ª ed., Estados Unidos da América, 1998.

SILVA, Ivson Ribeiro da. **Implantação do curso de energia solar no SENAI de Pernambuco**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2006.

SOLENERG. **Dimensionamento de sistema fotovoltaico**. [S.1. s.n.] Disponível em: < <http://www.solenerg.com.br/minicurso/dimensionamentosistemafotovoltaico.pdf>> Acesso em: 05 de Dez. de 2010, 16h27min: 26.

SUNLAB. **Integrando Tecnologias para um mundo melhor** [S.1. s.n.] Disponível em: < <http://www.sunlab.net.br> > Acesso em 10 de Nov. 2010.

## ANEXOS

### Lógica de Programação de Simulação do Sistema Semafórico Declaração das variáveis publicas (Microsoft Excel)

'declaração das variáveis publica, ou seja, as variáveis que não podem ter seu valor apagado na mudança de lógica.

Public acumulado1 'os valores acumulados, são os valores de carros, que excederam ao maximo.

Public acumulado2

Public acumulado3

Public media1(23) As Integer 'o valor da média, é em referencia a media horaria, para uma possivel utilização como tempo fixo

Public media2(23) As Integer

Public media3(23) As Integer

Public Conta\_tempo\_paradosem1 As Variant

Public tempo As Variant

Public i As Variant 'Valor de i, é o incremento de tempo para abertura do semaforo

Public i2 As Integer

Public i3 As Integer

Public iretido As Variant 'valor de i um passo de calculo atrasado, para calculo de carro retido

Public i2retido As Variant

Public i3retido As Variant

Public limmax As Integer 'limite maximo de carros para que tempo não seja excessivo

Public tempofixo As Integer 'valor de um sistema convencional em tempo fixo

Public iretidofixo As Variant 'tempo fixo retido e atrasado um passo de calculo

Public i2retidofixo As Variant

Public i3retidofixo As Variant

'Inicia a sequencia do sistema

Sub rodar\_sequencia()

ActiveSheet.Shapes("Picture 17").Visible = False 'Habilitam e desabilitam as cores do sistema semaforico, no primeiro loop, todos em vermelho

ActiveSheet.Shapes("Picture 15").Visible = True

ActiveSheet.Shapes("Picture 16").Visible = True

ActiveSheet.Shapes("Picture 19").Visible = False

ActiveSheet.Shapes("Picture 20").Visible = True

ActiveSheet.Shapes("Picture 21").Visible = True

ActiveSheet.Shapes("Picture 25").Visible = False

ActiveSheet.Shapes("Picture 24").Visible = True

ActiveSheet.Shapes("Picture 23").Visible = True

Plan2.Cells(10, 6).Interior.ColorIndex = 3 'coloca a celula aonde é apresentado o tempo, na cor do semaforo

Plan2.Cells(17, 8).Interior.ColorIndex = 3

```

Plan2.Cells(15, 5).Interior.ColorIndex = 3
acumulado1 = 0 'zera o valor das variaveis, para que não ocorra lixo na memoria
acumulado2 = 0
acumulado3 = 0
media1(23) = 0
media2(23) = 0
media3(23) = 0
i = 0
i2 = 0
i3 = 0
iretido = 0
i2retido = 0
i3retido = 0
Conta_tempo_paradosem1 = 0
limmax = 11 'o limita o numero de carros que irão concluir passagem, para que tempo não seja excessivo
tempofixo = 42
Call Conta_tempo_sem1
End Sub
Sub Conta_tempo_sem1()
'Dim tempo As Variant 'Varia de tempo encremenado
Dim tempoAmarelo As Variant 'declara o tempo que o semaforo fica em amarelo
Dim hora As Integer
Dim sensor_com defeito As Integer 'simula o sensor com defeito
sensor_com defeito = Plan2.Range("d2")

Plan2.Range("c4") = acumulado3 'Mostra o valor acumulado
Plan2.Range("c3") = acumulado2
Plan2.Range("c2") = acumulado1
Plan2.Range("b2") = Int((15 * Rnd) + 1) 'gerar aleatoriamente numero de carros
If acumulado1 < 0 Then 'Se o acumulador é menor que zero, não pode entrar nos calculos
acumulado1 = 0
End If

If Plan2.Range("b2") + acumulado1 < limmax Then 'Delimita um valor maximo de carros, para que o semaforo não fique
aberto por mais de 60s
i = (Plan2.Range("b2") + acumulado1) * 5 + 5 'uiliza o valor acumulado junto para determinar o tempo
acumulado1 = 0
Else 'caso seja maior que 12, acumula para proxima abertura os carros que restaram.
acumulado1 = Plan2.Range("b2") + acumulado1 - limmax
i = limmax * 5
End If

If media1(Hour(Now)) = 0 Then 'inibi que o valor zero entre na media
media1(Hour(Now)) = i
End If

```

```

If sensor_com defeito = 1 Then 'logica de sensor danificado, coloca tempo valor da media.
i = Plan2.Cells((Hour(Now) + 3), 11)
Else
media1(Hour(Now)) = (media1(Hour(Now)) + i) / 2 'com o sensor normal, habilita para média
Plan2.Cells((Hour(Now) + 3), 11) = media1(Hour(Now))
End If

tempo = TimeValue(Now) + TimeSerial(0, 0, i) 'acrescenta o valor variavel no tempo
Do
Plan2.Cells(10, 6) = TimeValue(tempo) - TimeValue(Now) 'mostra o tempo na celula referida e o semaforo
Plan2.Cells(10, 6).Interior.ColorIndex = 4
ActiveSheet.Shapes("Picture 17").Visible = True
ActiveSheet.Shapes("Picture 15").Visible = True
ActiveSheet.Shapes("Picture 16").Visible = False

Loop Until TimeValue(Now) >= (TimeValue(tempo) + TimeSerial(0, 0, 1)) 'loop até tempo demarcado.

'Amarelo
tempoAmarelo = TimeValue(Now) + TimeSerial(0, 0, 3) 'acrescenta o valor variavel no tempo
Do
Plan2.Cells(9, 6) = TimeValue(tempoAmarelo) - TimeValue(Now) 'mostra o tempo na celula referida
Plan2.Cells(10, 6).Interior.ColorIndex = 6
ActiveSheet.Shapes("Picture 17").Visible = True
ActiveSheet.Shapes("Picture 15").Visible = False
ActiveSheet.Shapes("Picture 16").Visible = True
Loop Until TimeValue(Now) >= TimeValue(tempoAmarelo) 'loop até tempo demarcado.

Plan2.Cells(10, 6).Interior.ColorIndex = 3
ActiveSheet.Shapes("Picture 17").Visible = False
ActiveSheet.Shapes("Picture 15").Visible = True
ActiveSheet.Shapes("Picture 16").Visible = True
Plan2.Cells(9, 6) = 0

'Valor de tempo que carro ficou no semaforo, devido os outros estarem fechado, controle apresenado x controle fixo
Plan2.Cells((Hour(Now) + 3), 14) = (6 + Plan2.Cells((Hour(Now) + 3), 14).Value + i2 + i3 + iretido) / 2
Plan2.Cells((Hour(Now) + 3), 15) = (6 + Plan2.Cells((Hour(Now) + 3), 15).Value + tempofixo + tempofixo + iretidofixo) / 2
iretidofixo = 0
iretido = 0
If Plan2.Range("b2") + acumulado1 > limmax Then
iretido = (i2 + i3) * ((Plan2.Range("b2") + acumulado1 - limmax) / limmax) / 2
iretidofixo = (tempofixo + tempofixo) * ((Plan2.Range("b2") + acumulado1 - limmax) / limmax) / 2
End If
'inicia semaforo 2
Call Conta_tempo_sem2

```

End Sub

Sub Conta\_tempo\_sem2()

'Varia de tempo encremenado

Dim tempoAmarelo\_sem2 As Variant

Dim tempo\_sem2 As Variant 'quantos segundos irá incrementar

Dim sensor\_com defeito2 As Integer

Plan2.Range("c4") = acumulado3

Plan2.Range("c3") = acumulado2

Plan2.Range("c2") = acumulado1

Plan2.Range("d3") = sensor\_com defeito2

Plan2.Range("b3") = Int((15 \* Rnd) + 1) 'gerar aleatoriamente numero de carros

If acumulado2 < 0 Then 'Se o acumulador é menor que zero, não pode entrar nos calculos

acumulado2 = 0

End If

If Plan2.Range("b3") + acumulado2 < limmax Then 'Delimita um valor maximo de 12 carros, para que o semaforo não fique aberto por mais de 60s

i2 = (Plan2.Range("b3") + acumulado2) \* 5 + 5 'se menor que 12, utiliza o valor acumulado junto para determinar o tempo  
acumulado2 = 0

Else 'caso seja maior que 12, acumula para proxima abertura os carros que restaram.

acumulado2 = Plan2.Range("b3") + acumulado2 - limmax

i2 = limmax \* 5

End If

If media2(Hour(Now)) = 0 Then

media2(Hour(Now)) = i2

End If

If sensor\_com defeito2 = 1 Then 'logica de sensor danificado, coloca tempo valor da media.

i2 = Plan2.Cells((Hour(Now) + 3), 12)

Else

media2(Hour(Now)) = (media2(Hour(Now)) + i2) / 2

Plan2.Cells((Hour(Now) + 3), 12) = media2(Hour(Now))

End If

tempo\_sem2 = TimeValue(Now) + TimeSerial(0, 0, i2) 'acrescenta o valor variavel no tempo

Do

Plan2.Cells(16, 8) = TimeValue(tempo\_sem2) - TimeValue(Now) 'mostra o tempo na celula referida

Plan2.Cells(17, 8).Interior.ColorIndex = 4

ActiveSheet.Shapes("Picture 19").Visible = True

ActiveSheet.Shapes("Picture 20").Visible = True

ActiveSheet.Shapes("Picture 21").Visible = False

Loop Until TimeValue(Now) >= (TimeValue(tempo\_sem2) + TimeSerial(0, 0, 1)) 'loop até tempo demarcado.

'Amarelo

tempoAmarelo\_sem2 = TimeValue(Now) + TimeSerial(0, 0, 3) 'acrescenta o valor variavel no tempo

Do

Plan2.Cells(16, 8) = TimeValue(tempoAmarelo\_sem2) - TimeValue(Now) 'mostra o tempo na celula referida

Plan2.Cells(17, 8).Interior.ColorIndex = 6

ActiveSheet.Shapes("Picture 19").Visible = True

ActiveSheet.Shapes("Picture 20").Visible = False

ActiveSheet.Shapes("Picture 21").Visible = True

Loop Until TimeValue(Now) >= TimeValue(tempoAmarelo\_sem2) 'loop até tempo demarcado.

Plan2.Cells(17, 8).Interior.ColorIndex = 3

ActiveSheet.Shapes("Picture 19").Visible = False

ActiveSheet.Shapes("Picture 20").Visible = True

ActiveSheet.Shapes("Picture 21").Visible = True

Plan2.Cells(16, 8) = 0

Plan2.Cells((Hour(Now) + 3), 16) = (6 + Plan2.Cells((Hour(Now) + 3), 16) + i2 + i3) / 2

Plan2.Cells((Hour(Now) + 3), 17) = (6 + Plan2.Cells((Hour(Now) + 3), 17) + tempofixo + tempofixo + i2retidofixo) / 2

i2retidofixo = 0

i2retido = 0

If Plan2.Range("b3") + acumulado2 > limmax Then

i2retido = (i + i3) \* ((Plan2.Range("b3") + acumulado2 - limmax) / limmax) / 2

i2retidofixo = (tempofixo + tempofixo) \* ((Plan2.Range("b3") + acumulado1 - limmax) / limmax) / 2

End If

Call Conta\_tempo\_sem3

End Sub

Sub Conta\_tempo\_sem3()

Dim tempoAmarelo\_sem3 As Variant

Dim tempo\_sem3 As Variant 'quantos segundos irá incrementar

Dim sensor\_com\_defeito3 As Integer

Plan2.Range("c4") = acumulado3

Plan2.Range("c3") = acumulado2

Plan2.Range("c2") = acumulado1

Plan2.Range("d4") = sensor\_com\_defeito3

Plan2.Range("b4") = Int((15 \* Rnd) + 1) 'gerar aleatoriamente numero de carros

If (Now >= TimeValue("19:0:0") And Now <= TimeValue("23:0:0")) Or ((Plan2.Range("b4") + acumulado3) > 0) Then ' faz com que o semaforo trabalhe de forma semi-atuada a menos que esteja entre horario 19 as 23(maior fluxo)

If acumulado3 < 0 Then 'Se o acumulador é menor que zero, não pode entrar nos calculos

acululado3 = 0

End If

If Plan2.Range("b4") + acumulado3 < limmax Then 'Delimita um valor maximo de 12 carros, para que o semaforo não fique aberto por mais de 60s

i3 = (Plan2.Range("b4") + acumulado3) \* 5 + 5 'se menor que 12, utiliza o valor acumulado junto para determinar o tempo  
acumulado3 = 0

Else 'caso seja maior que 12, acumula para proxima abertura os carros que restaram.

acumulado3 = Plan2.Range("b4") + acumulado3 - limmax

i3 = limmax \* 5

End If

If media3(Hour(Now)) = 0 Then

media3(Hour(Now)) = i3

End If

If sensor\_com\_defeito3 = 1 Then 'logica de sensor danificado, coloca tempo valor da media.

i3 = Plan2.Cells((Hour(Now) + 3), 13)

Else

media3(Hour(Now)) = (media3(Hour(Now)) + i3) / 2

Plan2.Cells((Hour(Now) + 3), 13) = media3(Hour(Now))

End If

tempo\_sem3 = TimeValue(Now) + TimeSerial(0, 0, i3) 'acrescenta o valor variavel no tempo

Do

Plan2.Cells(11, 5) = TimeValue(tempo\_sem3) - TimeValue(Now) 'mostra o tempo na celula referida

Plan2.Cells(15, 5).Interior.ColorIndex = 4

ActiveSheet.Shapes("Picture 25").Visible = True

ActiveSheet.Shapes("Picture 24").Visible = True

ActiveSheet.Shapes("Picture 23").Visible = False

Loop Until TimeValue(Now) >= (TimeValue(tempo\_sem3) + TimeSerial(0, 0, 1)) 'loop até tempo demarcado.

'Amarelo

tempoAmarelo\_sem3 = TimeValue(Now) + TimeSerial(0, 0, 3) 'acrescenta o valor variavel no tempo

Do

Plan2.Cells(11, 5) = TimeValue(tempoAmarelo\_sem3) - TimeValue(Now) 'mostra o tempo na celula referida

Plan2.Cells(15, 5).Interior.ColorIndex = 6

ActiveSheet.Shapes("Picture 25").Visible = True

ActiveSheet.Shapes("Picture 24").Visible = False

ActiveSheet.Shapes("Picture 23").Visible = True

Loop Until TimeValue(Now) >= TimeValue(tempoAmarelo\_sem3) 'loop até tempo demarcado.

Plan2.Cells(15, 5).Interior.ColorIndex = 3

ActiveSheet.Shapes("Picture 25").Visible = False

ActiveSheet.Shapes("Picture 24").Visible = True

ActiveSheet.Shapes("Picture 23").Visible = True

```
Plan2.Cells(11, 5) = 0
```

```
Plan2.Cells((Hour(Now) + 3), 18) = (6 + Plan2.Cells((Hour(Now) + 3), 18) + i2 + i3) / 2
```

```
Plan2.Cells((Hour(Now) + 3), 19) = (6 + Plan2.Cells((Hour(Now) + 3), 19) + tempofixo + tempofixo) / 2
```

```
i3retidofixo = 0
```

```
i3retido = 0
```

```
If Plan2.Range("b4") + acumulado3 > limmax Then
```

```
i3retido = (i + i2) * ((Plan2.Range("b4") + acumulado3 - limmax) / limmax) / 2
```

```
i3retidofixo = (tempofixo + tempofixo) * ((Plan2.Range("b4") + acumulado1 - limmax) / limmax) / 2
```

```
End If
```

```
Call Conta_tempo_sem1
```

```
Else
```

```
Call Conta_tempo_sem1
```

```
End If
```

```
End Sub
```

## Lógica de Programação de Simulação do Sistema Semafórico

### - Lógica do programa –

```

#include <LiquidCrystal.h>

LiquidCrystal lcd(44, 42, 46, 48, 50, 52); //DISPLAY SEMAFORO 1
LiquidCrystal lcd2(30, 32, 28, 26, 24, 22); //DISPLAY SEMAFORO 2
LiquidCrystal lcd3(43, 45, 41, 39, 37, 35); //DISPLAY SEMAFORO 3
int qmc=12; //limita a quantidade maxima de carros
int tempo_amarelo=1000; //Tempo em que o semaforo irá permanecer no amarelo
int aux=1000; //variavel para alocar numero de tempo em segundos
int tempo_minimo=1; //tempo minimo para semaforo
int variavel_tempo=3; //Variavel que multiplica o numero de carros pelo fator de tempo
int iniciaciclo; //Variavel para iniciar o sistema semaforico
const int sem1_vrd = 13; //semaforo verde na porta 13
const int sem1_ama = 12; //semaforo amarelo na porta 12
const int sem1_vrm = 11; //semaforo vermelho na porta 11
int sem1_falha; //indicação de falha no semaforo na porta 50
const int sem1_carros_sensor=4; //contagem de carro na porta 2
int sem1_aux_cont_carros; //auxilia na contagem de carros.
int sem1_carros_qnt; //quantidade de carro no semaforo
int sem1_acumulado; //Valor acumulado dos carros
int sem1_carros_valor_p_semaforo; // Valor que irá servir de base de calculo para semaforo
long sem_hora; //Hora de funcionamento do semaforo, utilizada para alocação das medias
int sem_hora_p_media; //Indicador da hora na tabela
int sem1_tempo_aber; //tempo em que o semaforo irá permanecer aberto
long sem1_media[24]; //tabela de media de hora para abertura do semaforo
int sem1_Contatempo; //variavel para travar tempo para contagem regressiva do semaforo
int sem1_ciclo=0; //ciclo do semaforo 1
int sem1_liberasem;
//semaforo 2
const int sem2_vrd = 10; //semaforo verde na porta 13
const int sem2_ama = 9; //semaforo amarelo na porta 12
const int sem2_vrm = 8; //semaforo vermelho na porta 11
int sem2_falha; //indicação de falha no semaforo
const int sem2_carros_sensor=2; //contagem de carro na porta 2
int sem2_aux_cont_carros; //auxilia na contagem de carros.
int sem2_carros_qnt; //quantidade de carro no semaforo
int sem2_acumulado; //Valor acumulado dos carros
int sem2_carros_valor_p_semaforo; // Valor que irá servir de base de calculo para semaforo
long sem2_hora; //Hora de funcionamento do semaforo, utilizada para alocação das medias
int sem2_hora_p_media; //Indicador da hora na tabela
int sem2_tempo_aber; //tempo em que o semaforo irá permanecer aberto
long sem2_media[24]; //tabela de media de hora para abertura do semaforo

```

```

int sem2_Contatempo;//varaivel para travar tempo para contagem regressiva do semaforo
int sem2_ciclo=0;//ciclo do seamforo 1
int sem2_liberasem;
//semaforo 3
const int sem3_vrd = 5;//semaforo verde na porta 13
const int sem3_ama = 6;//seamforo amarelo na porta 12
const int sem3_vrm = 7;//semaforo vermleho na porta 11
int sem3_falha;//indicação de falha no semaforo na porta 50
const int sem3_carros_sensor=3; //contagem de carro na porta 2
int sem3_aux_cont_carros; //auxilia na contagem de carros.
int sem3_carros_qnt;//quantidade de carro no semaforo
int sem3_acumulado;//Valor acumulado dos carros
int sem3_carros_valor_p_semaforo;// Valor que irá servir de base de calculo para semaforo
long sem3_hora;//Hora de funcionamento do semaforo, utilizada para alocação das medias
int sem3_hora_p_media;//Indicador da hora na tabela
int sem3_tempo_aber;//tempo em que o semaforo irá permanecer aberto
long sem3_media[24];//tabela de media de hora para abertura do semaforo
int sem3_Contatempo;//varaivel para travar tempo para contagem regressiva do semaforo
int sem3_ciclo=0;//ciclo do seamforo 1
int sem3_liberasem;
int sem3_tempoaberto;
int qmc_sem3;
int tempo_mininmo_sem3;
int tempo_amarelo_sem3;
long hora_atual=17;
int tempo_falha=100;
int a;

void setup() {
  Serial.begin(19200);
  pinMode(sem1_vrd, OUTPUT);
  pinMode(sem1_ama, OUTPUT);
  pinMode(sem1_vrm, OUTPUT);
  // pinMode(sem1_falha,INPUT);
  pinMode(sem1_carros_sensor,INPUT);

  pinMode(sem2_vrd, OUTPUT);
  pinMode(sem2_ama, OUTPUT);
  pinMode(sem2_vrm, OUTPUT);
  //pinMode(sem2_falha,INPUT);
  pinMode(sem2_carros_sensor,INPUT);

  pinMode(sem3_vrd, OUTPUT);
  pinMode(sem3_ama, OUTPUT);
  pinMode(sem3_vrm, OUTPUT);
  //pinMode(sem3_falha,INPUT);

```

```

    pinMode(sem3_carros_sensor,INPUT);
    lcd.begin(16, 2);
    lcd2.begin(16, 2);
    lcd3.begin(16, 2);
}

void loop() {
    /*São declaradas as mensagens que aparecem no display contendo a quantidade de carros que passaram mais o indice
    acumulado*/

    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print("NCarros");
    lcd.setCursor(8, 0);
    lcd.print(sem1_carros_qnt);
    lcd.setCursor(10,0);
    lcd.print("ACU");
    lcd.setCursor(14, 0);
    lcd.print(sem1_acumulado);

    lcd2.setCursor(0,0);
    lcd2.print("NCarros");
    lcd2.setCursor(8, 0);
    lcd2.print(sem2_carros_qnt);
    lcd2.setCursor(10,0);
    lcd2.print("ACU");
    lcd2.setCursor(14, 0);
    lcd2.print(sem2_acumulado);

    lcd3.setCursor(0,0);
    lcd3.print("NCarros");
    lcd3.setCursor(8, 0);
    lcd3.print(sem3_carros_qnt);
    lcd3.setCursor(10,0);
    lcd3.print("ACU");
    lcd3.setCursor(14, 0);
    lcd3.print(sem3_acumulado);

    /*resetar falha dos sensores*/
    if((digitalRead(sem1_carros_sensor)==HIGH)&&(digitalRead(sem2_carros_sensor)==
    HIGH)&&(digitalRead(sem3_carros_sensor)== HIGH)){
        sem1_falha=0;
        sem2_falha=0;
        sem3_falha=0;
    }
}

```

```

/* Caso o sensor seja atuado é incrementando em uma variavel auxiliar "sem1_aux_cont_carros", de modo que
independente do tempo em que o sensor permanece atuado, contabiliza-se apenas um pulso. O pulso é gerado
quando o sensor volta para o estado zero, e o contador auxiliar já é maior que um.*/
if(iniciaciclo<1){
  sem1_liberasem==sem1_liberasem++;
  iniciaciclo=iniciaciclo++;
}
if(( digitalRead(sem1_carros_sensor)==LOW)&&(sem1_aux_cont_carros>0) ){
sem1_carros_qnt==sem1_carros_qnt ++;
sem1_aux_cont_carros=0;
}
if (digitalRead(sem1_carros_sensor)== HIGH) {
sem1_aux_cont_carros=sem1_aux_cont_carros++;
if((sem1_aux_cont_carros>tempo_falha)||sem1_falha>0){sem1_falha==sem1_falha++;}
delay(100);
}
if (sem1_liberasem>0){

/*logica para implementar horario. caso hora seja zero, ou valor de 3600segundos atras seja menor que a
diferença de agora e hora em quem sem1_hora foi setado, significa que passou uma hora, portanto incrementa a palavra da
media,
montando assim uma tabela.
*/

if((sem_hora==0&&a<=0) || (millis()/1000-sem_hora)>3600){
  sem_hora=millis()/1000;
  if( sem_hora_p_media<1){sem_hora_p_media=hora_atual;a=a++;}
  sem_hora_p_media = sem_hora_p_media + 1;
  if (sem_hora_p_media==25){
    sem_hora_p_media==1;
  }
}
}

/*logica para iniciar o ciclo do sistema semaforico, travando o tempo na varaivel sem1_contatempo para que seja comparado
com o tempo atual*/
if (sem1_ciclo<1){
digitalWrite(sem1_vrm, LOW);
sem1_Contatempo=millis()/1000;
sem1_ciclo==sem1_ciclo++;
/*verifica a quantidade de carros que passou, se irá extrapolar o maximo,
caso ocorra, acumula a sobra para proxima abertura do semaforo, caso não abra o semaforo com possivel sobra anterior e
zera o valor da sobra*/

if (sem1_carros_qnt + sem1_acumulado > qmc){

```

```

sem1_carros_valor_p_semaforo = qmc;
sem1_acumulado +=(sem1_carros_qnt- qmc);
sem1_tempo_aber =( tempo_minimo*variavel_tempo + sem1_carros_valor_p_semaforo*variavel_tempo);
sem1_media[sem_hora_p_media]=(sem1_media[sem_hora_p_media] + sem1_tempo_aber)/2;

/*valor em que o semaforo irá ficar aberto, ou utilizando contagem ou média*/
if (sem1_falha>0){
    sem1_tempo_aber = sem1_media[sem_hora_p_media];
}
}
else{
sem1_carros_valor_p_semaforo = sem1_carros_qnt + sem1_acumulado;
sem1_acumulado=0;
sem1_tempo_aber =( tempo_minimo*variavel_tempo + sem1_carros_valor_p_semaforo*variavel_tempo);
sem1_media[sem_hora_p_media]=(sem1_media[sem_hora_p_media] + sem1_tempo_aber)/2;
/*valor em que o semaforo irá ficar aberto, ou utilizando contagem ou média*/
if (sem1_falha>0){
    sem1_tempo_aber == sem1_media[sem_hora_p_media];
}
}
}

/*enquanto o tempo do sistema for menor com o tempo requisitrado no momento em que o semaforo vermelho apagou mais o
valor
de tempo que o semaforo devera permanecer abero, manten-se o sinal verde acesso e indicando no display a condição de
tempo*/
if ((millis()/1000 <= (sem1_Contatempo + sem1_tempo_aber))&&(sem1_ciclo>0)){
    if(millis()/1000==sem1_Contatempo){lcd.clear();}
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print("tempo");
    lcd.setCursor(7,1);
    lcd.print(sem1_Contatempo + sem1_tempo_aber-millis()/1000);
    if ((sem1_Contatempo + sem1_tempo_aber-millis()/1000)<10){lcd.setCursor(8,1);lcd.print(" ");}
if (millis()/1000 <= (sem1_Contatempo + sem1_tempo_aber/2)){sem1_carros_qnt=0;}

digitalWrite(sem1_ama, LOW);
digitalWrite(sem1_vrm, LOW);
digitalWrite(sem1_vrd, HIGH);

}

/*quando o tempo de verde é alcançado, plota na porta serial as variaveis de controle, e coloca o semaforo vermelho,
liberando o proximo semaforo para funcionamento*/

if ((millis()/1000 >= (sem1_Contatempo + sem1_tempo_aber))&&(sem1_ciclo>0)){

```

```

Serial.print("*");
Serial.print(" Quantos carros passaram1= ");
Serial.print(sem1_carros_qnt,DEC);
Serial.print(", acumulado1= ");
Serial.print( sem1_acumulado, DEC);
Serial.print(", tempo semaforo aberto1= ");
Serial.print(sem1_tempo_aber, DEC);
Serial.print(", hora_sem= ");
Serial.print(sem_hora_p_media);
Serial.print(", Valor da media1 ");
Serial.print(sem1_media[sem_hora_p_media]);
Serial.print(", Contador sem em falha ");
Serial.print(sem1_aux_cont_carros);
Serial.print(", semaforo em falha ");
Serial.println(sem1_falha);

lcd.clear();

digitalWrite(sem1_vrd, LOW);
digitalWrite(sem1_ama, HIGH);
delay(tempo_amarelo);
digitalWrite(sem1_ama, LOW);
digitalWrite(sem1_vrm, HIGH);
sem1_ciclo=0;
sem1_liberasem=0;

sem2_liberasem=sem2_liberasem++;

}
}

//SEMAFORO 2

/* Caso o sensor seja atuado é incremenando em uma variavel auxiliar "sem1_aux_cont_carros", de modo que independente do tempo em que o sensor permanece atuado, contabiliza-se apenas um pulso. O pulso é gerado quando o sensor volta para o estado zero, e o contador auxiliar já é maior que um.*/

if (( digitalRead(sem2_carros_sensor)==LOW)&&(sem2_aux_cont_carros>0) ){
sem2_carros_qnt==sem2_carros_qnt ++;
sem2_aux_cont_carros=0;
}
if ( digitalRead(sem2_carros_sensor)== HIGH) {
sem2_aux_cont_carros=sem2_aux_cont_carros++;
if((sem2_aux_cont_carros>tempo_falha)||sem2_falha>0){sem2_falha==sem2_falha++;}
delay(100);
}

```

```

    }

    if (sem2_liberasem>0){

        /*logica para implementar horario. caso hora seja zero, ou valor de 3600segundos atras seja menor que a
        diferença de agora e hora em quem sem1_hora foi setado, significa que passou uma hora, portanto incrementa a palavra da
        media,
        montando assim uma tabela.
        */

        if (sem2_ciclo<1){
            digitalWrite(sem2_vrm, LOW);
            sem2_Contatempo=millis()/1000;
            sem2_ciclo==sem2_ciclo++;
            /*verifica a quantidade de carros que passou, se irá extrapolar o maximo,
            caso ocorra, acumula a sobra para proxima abertura do semaforo, caso não abra o semaforo com possivel sobra anterior e
            zera o valor da sobra*/

            if (sem2_carros_qnt + sem2_acumulado > qmc){
                sem2_carros_valor_p_semaforo = qmc;
                sem2_acumulado = sem2_carros_qnt + sem2_acumulado - sem2_carros_valor_p_semaforo;
                sem2_tempo_aber =( tempo_mininmo*variavel_tempo + sem2_carros_valor_p_semaforo*variavel_tempo);
                sem2_media[sem_hora_p_media]=(sem2_media[sem_hora_p_media] + sem2_tempo_aber)/2;
                /*valor em que o semaforo irá ficar aberto, ou utilizando contagem ou média*/
                if (sem2_falha>0){
                    sem2_tempo_aber = sem2_media[sem_hora_p_media];
                }
            }
            else{
                sem2_carros_valor_p_semaforo = sem2_carros_qnt + sem2_acumulado;
                sem2_acumulado=0;
                sem2_tempo_aber =( tempo_mininmo*variavel_tempo + sem2_carros_valor_p_semaforo*variavel_tempo);
                sem2_media[sem_hora_p_media]=(sem2_media[sem_hora_p_media] + sem2_tempo_aber)/2;
                /*valor em que o semaforo irá ficar aberto, ou utilizando contagem ou média*/
                if (sem2_falha>0){
                    sem2_tempo_aber = sem2_media[sem_hora_p_media];
                }
            }
        }

        if ((millis()/1000 <= (sem2_Contatempo + sem2_tempo_aber))&&(sem2_ciclo>0)){
            if(millis()/1000==sem2_Contatempo){lcd2.clear();}
            lcd2.setCursor(0,1);

```

```

        lcd2.print("tempo");
        lcd2.setCursor(7,1);
        lcd2.print(sem2_Contatempo + sem2_tempo_aber-millis()/1000) ;
        if ((sem2_Contatempo + sem2_tempo_aber-millis()/1000)<10){lcd2.setCursor(8,1);lcd2.print(" ");}
if (millis()/1000 <= (sem2_Contatempo + sem2_tempo_aber/2)){sem2_carros_qnt=0;}
digitalWrite(sem2_ama, LOW);
digitalWrite(sem2_vrm, LOW);
digitalWrite(sem2_vrd, HIGH);
}

if ((millis()/1000 >= (sem2_Contatempo + sem2_tempo_aber))&&(sem2_ciclo>0)){
Serial.print("*");
Serial.print(" Quantos carros passaram2= ");
Serial.print(sem2_carros_qnt,DEC);
Serial.print(", acumulado2= ");
Serial.print( sem2_acumulado, DEC);
Serial.print(", tempo semaforo aberto2= ");
Serial.print(sem2_tempo_aber, DEC);
Serial.print(", hora_sem= ");
Serial.print(sem_hora_p_media);
Serial.print(", Valor da media2 ");
Serial.print(sem2_media[sem_hora_p_media]);
Serial.print(", Contador sem em falha2 ");
Serial.print(sem2_aux_cont_carros);
Serial.print(", semaforo em falha2 ");
Serial.println(sem2_falha);
lcd2.clear();

digitalWrite(sem2_vrd, LOW);
digitalWrite(sem2_ama, HIGH);
delay(tempo_amarelo);
digitalWrite(sem2_ama, LOW);
digitalWrite(sem2_vrm, HIGH);
sem2_ciclo=0;
sem2_liberasem=0;
sem3_liberasem=sem3_liberasem++;

}
}

//SEMAFORO 3
/* Caso o sensor seja atuado é incremenando em uma variavel auxiliar "sem1_aux_cont_carros", de modo que independente do tempo em que o sensor permanece atuado, contabiliza-se apenas um pulso. O pulso é gerado quando o sensor volta para o estado zero, e o contador auxiliar já é maior que um.*/

```

```

if (( digitalRead(sem3_carros_sensor)==LOW)&&(sem3_aux_cont_carros>0) ){
sem3_carros_qnt==sem3_carros_qnt ++;
sem3_aux_cont_carros=0;
}
if ( digitalRead(sem3_carros_sensor)== HIGH) {
sem3_aux_cont_carros=sem3_aux_cont_carros++;
if((sem3_aux_cont_carros>tempo_falha)||sem3_falha>0){sem3_falha==sem3_falha++;}
delay(100);
}

if (sem3_liberasem>0){

/*logica para implementar horario. caso hora seja zero, ou valor de 3600segundos atras seja menor que a
diferença de agora e hora em quem sem1_hora foi setado, significa que passou uma hora, portanto incrementa a palavra da
media,
montando assim uma tabela.
*/

if (sem3_ciclo<1){
digitalWrite(sem3_vrm, LOW);
sem3_Contatempo=millis()/1000;
sem3_ciclo==sem3_ciclo++;

if((sem_hora_p_media<19)||sem_hora_p_media>23){
qmc_sem3=100;
tempo_minimo_sem3=0;
tempo_amarelo_sem3=0;}
else{
qmc_sem3=qmc;
tempo_minimo_sem3=tempo_minimo;
tempo_amarelo_sem3=tempo_amarelo;}
if(sem3_carros_qnt>0){tempo_amarelo_sem3=tempo_amarelo;}

/*verifica a quantidade de carros que passou, se irá extrapolar o maximo,
caso ocorra, acumula a sobra para proxima abertura do semaforo, caso não abra o semaforo com possivel sobra anterior e
zera o valor da sobra*/

if (sem3_carros_qnt + sem3_acumulado > qmc_sem3){
sem3_carros_valor_p_semaforo = qmc_sem3;
sem3_acumulado = sem3_carros_qnt + sem3_acumulado - sem3_carros_valor_p_semaforo;
sem3_tempo_aber =( tempo_minimo_sem3*variavel_tempo + sem3_carros_valor_p_semaforo*variavel_tempo);
if ( (sem3_falha>0)&&(sem_hora_p_media>=19||sem_hora_p_media<=23)){sem3_tempo_aber = 45;}
if ( (sem3_falha>0)&&(sem_hora_p_media<19||sem_hora_p_media>23)){sem3_tempo_aber = 15;}

```

```

    }
    else{
        sem3_carros_valor_p_semaforo = sem3_carros_qnt + sem3_acumulado;
        sem3_acumulado=0;
        sem3_tempo_aber =( tempo_minimo_sem3*variavel_tempo + sem3_carros_valor_p_semaforo*variavel_tempo);
        if( (sem3_falha>0)&&(sem_hora_p_media>=19||sem_hora_p_media<=23)){sem3_tempo_aber = 45;}
        if( (sem3_falha>0)&&(sem_hora_p_media<19||sem_hora_p_media>23)){sem3_tempo_aber = 15;}

    }
}

}

if ((millis()/1000 < (sem3_Contatempo + sem3_tempo_aber)&&(sem3_ciclo>0)){
    if(millis()/1000==sem3_Contatempo){lcd3.clear();}
    lcd3.setCursor(0,1);
    lcd3.print("tempo");
    lcd3.setCursor(7,1);
    lcd3.print(sem3_Contatempo + sem3_tempo_aber-millis()/1000);
    if ((sem3_Contatempo + sem3_tempo_aber-millis()/1000)<10){lcd3.setCursor(8,1);lcd3.print(" ");}
    if (millis()/1000 <= (sem3_Contatempo + sem3_tempo_aber/2)){sem3_carros_qnt=0;}
    digitalWrite(sem3_ama, LOW);
    digitalWrite(sem3_vrm, LOW);
    digitalWrite(sem3_vrd, HIGH);
}

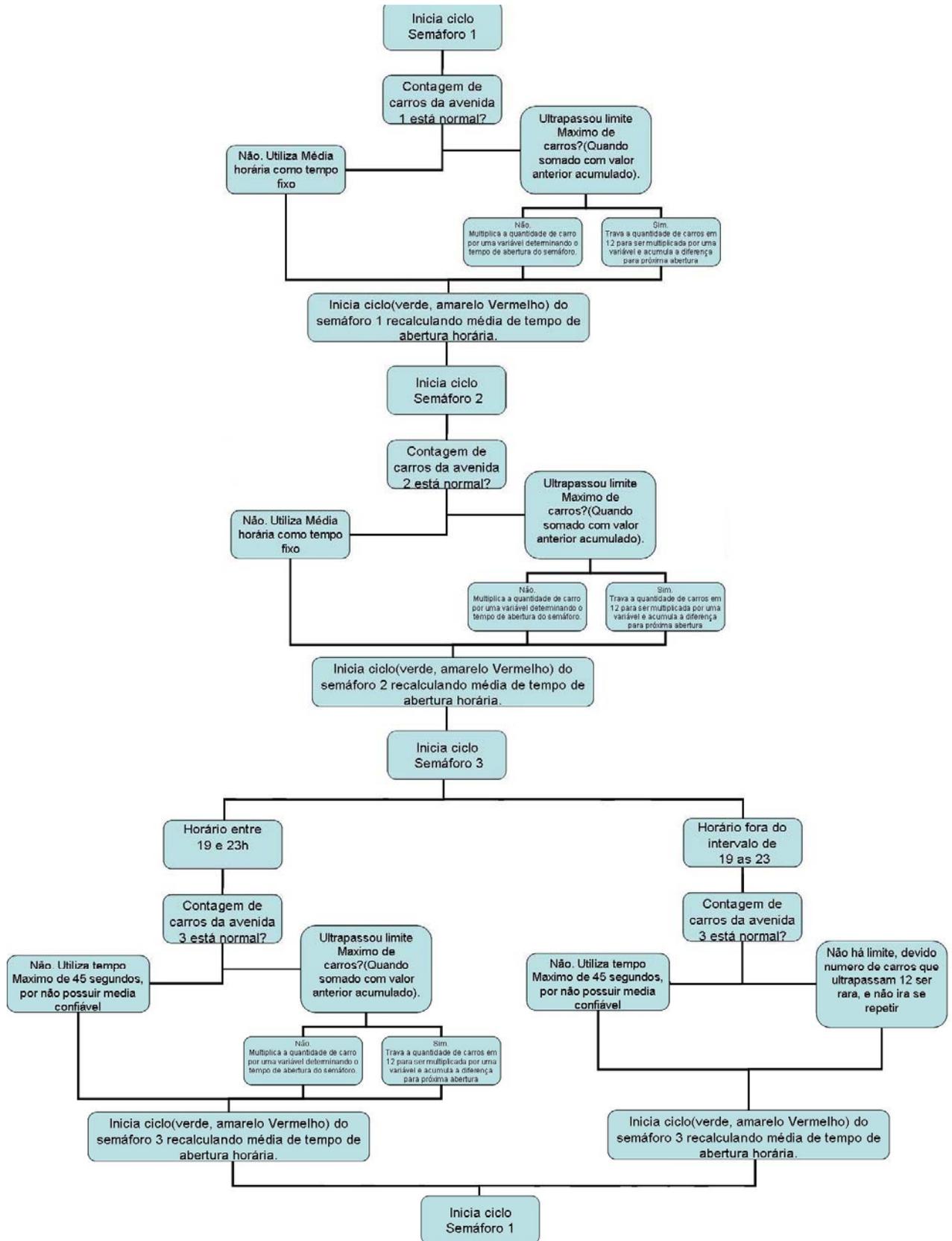
if ((millis()/1000 >= (sem3_Contatempo + sem3_tempo_aber)&&(sem3_ciclo>0)){
    Serial.print("*");
    Serial.print(" Quantos carros passaram3= ");
    Serial.print(sem3_carros_qnt,DEC);
    Serial.print(", acumulado3= ");
    Serial.print( sem3_acumulado, DEC);
    Serial.print(", tempo semaforo aberto3= ");
    Serial.print(sem3_tempo_aber, DEC);
    Serial.print(", hora_sem= ");
    Serial.print(sem_hora_p_media);
    Serial.print(", Valor da media3 ");
    Serial.print(sem3_media[sem_hora_p_media]);
    Serial.print(", Contador sem em falha3 ");
    Serial.print(sem3_aux_cont_carros);
    Serial.print(", semaforo em falha3 ");
    Serial.println(sem3_falha);

    lcd3.clear();
}

```

```
digitalWrite(sem3_vrd, LOW);  
digitalWrite(sem3_ama, HIGH);  
delay(tempo_amarelo_sem3);  
digitalWrite(sem3_ama, LOW);  
digitalWrite(sem3_vrm, HIGH);  
sem3_ciclo=0;  
sem3_liberasem=0;  
sem1_liberasem=sem1_liberasem++;  
sem3_tempoaberto==0;  
}  
}
```

## **Fluxograma do sistema semaforico**



**Detector Digital de Veículos com 1 Canal de Presença e Pulso de Saída  
Modelo DDV1C-Os Kalts.**

**Características técnicas:**

Circuito com 1 canal de presença, temporizador e pulso de saída;  
Circuito microcontrolado;  
Sensibilidade de detecção programável em até 7 níveis;  
4 frequências selecionáveis;  
Operação em modo presença na entrada do laço indutivo;  
Operação em modo pulso de 0,1S na entrada do laço indutivo;  
Temporizador ajustável entre 0,1 a 5S após a saída do laço indutivo;  
Pulso de saída ajustável entre 0,1 a 5S após o temporizador;  
Sintonia automática;  
TIMEOUT de 5 minutos em modo presença (veículo parado sobre o laço indutivo);  
Alimentação 110 / 220 v AC;  
Consumo 2VA;  
LED de indicação de detecção de veículo;  
LED de indicação de pulso de saída ativado;  
LED de sinalização de falha de laço indutivo aberto;  
Dip switch para programação da sensibilidade;  
Chave para simular uma detecção de veículo;  
Chave de RESET manual;  
Saída de detecção com contatos de relé (normalmente aberto ou fechado);  
Pulso de saída com contatos de relé (normalmente aberto ou fechado);  
Alta confiabilidade (usado em controle de velocidade de veículos);  
Fornecido em caixa de ABS ou placa de circuito impresso para montagem em painel;  
Dimensões da placa de circuito impresso: 25 x 87 x 126 mm (alt. x larg. x comp.);  
Dimensões da caixa de proteção: 55 x 97 x 147 mm (alt. x larg. x comp.);  
Proteção contra surtos nas entradas de alimentação e laço indutivo;  
Conexões: bornes para 2,5 mm<sup>2</sup> máximo;  
Folha de instruções;  
Verniz de proteção contra condensação;  
Temperatura de operação: -20°C a +50°C;  
Temperatura de estocagem: -20°C a +70°C;  
Umidade acima de 95% de umidade relativa sem conden.

**Especificações gerais do Transmissor**

Ambiental -40 a 60 ° C, 0 - 99% RH

EMC conforme EN 300 683

Carcaça IP66 estrutura em alumínio pintado 170 x 64 x 36 mm, 0,5 kg

Conector à prova de intempéries para conexões externas.

SMA conector para antena ou cabo coaxial.

LED's indicadores - Rádio TX, a Operação OK

Alimentação 6-30 VDC

Consumo de energia - (modo sleep) quiescentes <140µA

modo de operação (@ 12VDC) \* loop <10mA analógicos + 2, durante a transmissão de rádio (35 ms) 300mA @ 12VDC

Alimentação de loop analógico gerado internamente, 24VDC 50mA

O acompanhamento interno de abastecimento estado de baixa tensão - podem ser transmitidas aos módulos remotos como uma "entrada discreta".

O acompanhamento interno da tensão de alimentação - pode ser transmitida para o módulo de controle remoto como uma "entrada analógica".

Entrada Discreta / Pulso duas entradas de contactos sem tensão / NPN, ou a entrada de tensão TTL 0-1,5 VDC on / off 3.5-13VDC

Entradas de pulso máxima taxa de contatos livres de potencial TTL 300 Hz 10 KHz 50 KHz disponível no IP2 usando um divisor de configuração Cima / Baixo contagem de pulso adequado para encoders de eixo em quadratura ou incremental Pulsação calculado como uma entrada analógica interna - faixa de 0 - escala configurável 1000Hz.

Entrada Analógica selecionável 0-24mA (4-20mA, 0-10mA) ou 0-10V (0-5V, 0-10V) intervalo de entrada pode ser calibrado pelo usuário.

"Flutuante" de entrada diferencial de tensão 27V de modo comum, resolução de 12 bits de precisão <0,1% da escala completa.

Status Setpoint configura o estado de (a) quando o valor analógico <SP baixo e reinicia (off) quando o valor analógico> SP alta status transmitido como por entrada discreta.

Porta Serial

DB9 RS232 DCE fêmea, utilizado para configuração e diagnóstico.

Rádio Transmissor

869,4 - canal, 869.65MHz fixo

500mW transmissor de energia

Em conformidade com a EN 300 220

Linha de 5km alcance da vista

O alcance pode ser prorrogado por até cinco 905U repetidores.

Cada transmissão pode ser configurado para ser enviado 1-5 vezes.

Configuração e Diagnóstico

Windows de configuração de pacotes

Modo de Operação:

As entradas digitais / pulso medido em mudança e cada segundo de 0,5. Entrada analógica medido em período de amostragem do usuário-configurado.

Entrada mensagens transmitidas para as saídas configuradas quando as entradas mudam de valor, ou depois do tempo de atualização configurada. Usuário tempo paralisia configurável para inibir transmissões.

Poderes Unidades baixo.

BU-5 Bateria

6 x pilhas alcalinas AA 9V, até 1,4 anos de vida útil, dependendo da configuração de entrada Cerco, especificações como por 505U-K gabinete.

Temperatura - depende do tipo de bateria utilizada.

## **Especificações gerais do Receptor**

## Especificações Gerais:

Temperatura de -20 a 60 degC (-40 a 60 degC para 869 unidades MHz) Umidade 0 - 99% RH

Conforme a EMC 89/336/CEE, EN55022, EN50082-1, AS3548

Habitação - case de alumínio extrudado 130 x 185 x 60mm com montagem em trilho DIN

Terminais removíveis até 2.5sqmm fiação

Indicador LED para fonte de alimentação, o estado OK, eu digital I/O.

### Entradas e Saídas

Discrete Inputs adequado para contactos sem tensão ou transistor NPN, molhando contato 5mA atual, o atraso "de estabilização" configurável 0,1-8 seg

105-1 quatro entradas

105-2 quatro entradas

105-4 até 16 entradas (4 fixo + 12 selecionável).

### Saídas

105-1 quatro contatos de relé

5A AC 50V, 30V DC, 2ª

105-2 uma saída FET 30VDC 500mA

105-3 oito saídas FET 30VDC 500mA

105-4 até 16 de saída FET (4 fixo + 12 selecionável).

### Entradas Analógicas

"Flutuante" entradas diferenciais, 27V de tensão de modo comum, alimentação de loop de 24V fornecida, filtragem de 0,1 configurável - 8 seg.

105-1 dois grupos de 4 a 20 mA, resolução de 15 bits, precisão 0,1%

105-2 seis 0-20mA (opcional de fábrica 0-5V).

Saídas Analógicas corrente para comum, máximo 27V a tensão de loop, loop max

Resistência 1000 ohms

105-1 dois grupos de 4 a 20 mA, resolução de 15 bits, precisão 0,1%

105-3 oito 0-20mA (opcional de fábrica 0-5V),

resolução de 12 bits, precisão 0,1%.

### Pulso de Entradas

Utilizam o pulso nos canais de entrada discreto

Max taxa de pulso de 100Hz, largura de pulso 5msec min

105-1 uma entrada (DI1)

105-2 quatro entradas (ED1-4), primeiro PI 1KHz (DI1) max

usando configurável 10/01 multiplicador

105-4 quatro entradas (ED1-4), primeiro PI 1KHz (DI1) max usando configurável 10/01 multiplicador.

Saídas Pulso

FET máximo 30VDC 500mA 100Hz

105-1 um PO dedicados

105-3 quatro (DO1-4)

105-4 quatro (DO1-4).

Alimentação

Bateria de abastecimento 11,5-15,0 VCC

Abastecimento normal 15-24 ou 15-30 VDC VAC sobretensão e potência reversa protegida 110-250 VAC disponível através de um adaptador transformador.

Circuito de carga da bateria incluída para 1,2-12 AHr bateria selada

Solar do regulador para a conexão direta do painel solar (até 30W) e uma bateria solar (100AHr)

O acompanhamento interno de abastecimento normal falhar, o status da carga solar, e tensão da bateria. Esses valores podem ser transmitidos a módulos remotos para o monitoramento.

Um DC interno / conversor DC fornece 24VDC 150mA para loop analógico fornecimento.

Rádio transceptor.

Único canal, sintetizou, a modulação de frequência direta

Frequência / espaçamento Canal / potência do transmissor / Faixa

405-490 MHz / 12,5 kHz / 10-500mW / 10 km

400-500 MHz / 12.5 KHz / 1-5W / 40 km

220-235 MHz / 25 KHz / 5W / 40 + km

869 MHz / 250 KHz / 500mW / 5 km

Em conformidade com a EN 300 220 para os modelos de licença livre, EN 300 113 para licenciados modelos.

O alcance pode ser estendido usando até cinco unidades intermediárias como 105U repetidores.

Conexão da antena é BNC ou SMA (869 MHz apenas) e protegido por prendedor interno de quitação de gás (400 MHz apenas).

Porta Serial

RS232/RS485 9600 baud, 8 bits, sem paridade, 1 bit de parada

RS232 DB9 9 pinos conector macho

RS485 conector terminal, distância máxima de 1200m.

## **Especificações das Placas Solares**

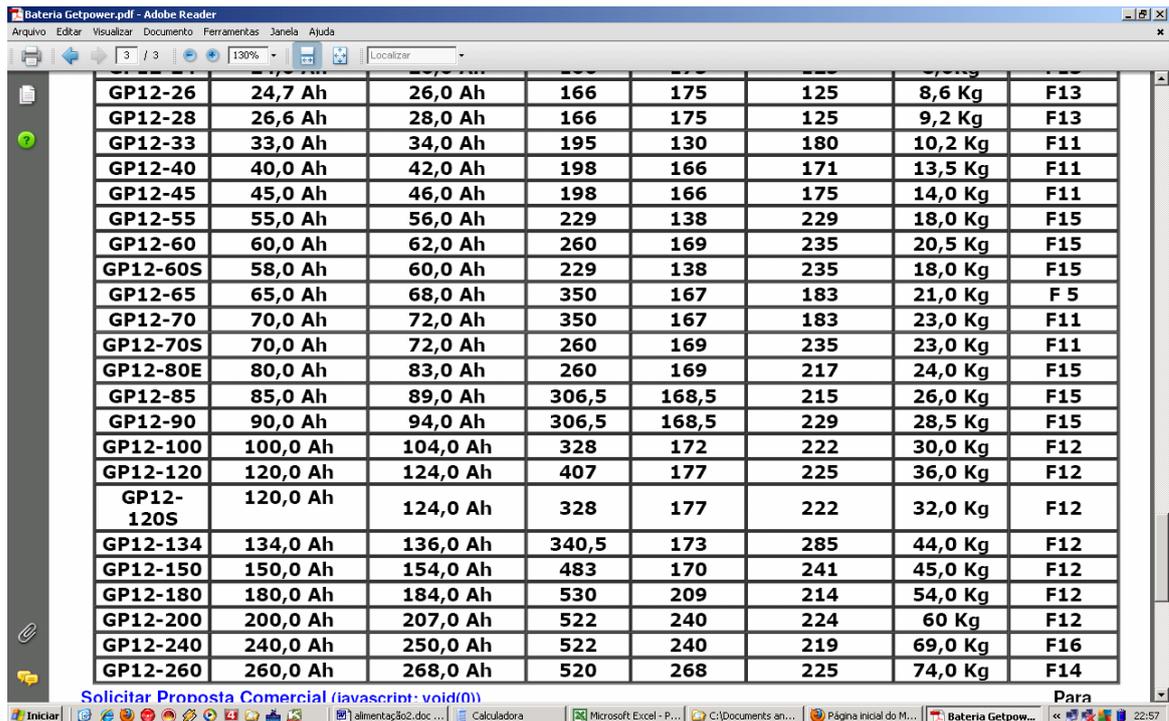
Material utilizado:

2 módulos de 85 em paralelo – 170Wp

2 baterias de 150Ah = 300Ah

1 controlador de carga de 15A

## Bateria



GP12-26	24,7 Ah	26,0 Ah	166	175	125	8,6 Kg	F13
GP12-28	26,6 Ah	28,0 Ah	166	175	125	9,2 Kg	F13
GP12-33	33,0 Ah	34,0 Ah	195	130	180	10,2 Kg	F11
GP12-40	40,0 Ah	42,0 Ah	198	166	171	13,5 Kg	F11
GP12-45	45,0 Ah	46,0 Ah	198	166	175	14,0 Kg	F11
GP12-55	55,0 Ah	56,0 Ah	229	138	229	18,0 Kg	F15
GP12-60	60,0 Ah	62,0 Ah	260	169	235	20,5 Kg	F15
GP12-60S	58,0 Ah	60,0 Ah	229	138	235	18,0 Kg	F15
GP12-65	65,0 Ah	68,0 Ah	350	167	183	21,0 Kg	F 5
GP12-70	70,0 Ah	72,0 Ah	350	167	183	23,0 Kg	F11
GP12-70S	70,0 Ah	72,0 Ah	260	169	235	23,0 Kg	F11
GP12-80E	80,0 Ah	83,0 Ah	260	169	217	24,0 Kg	F15
GP12-85	85,0 Ah	89,0 Ah	306,5	168,5	215	26,0 Kg	F15
GP12-90	90,0 Ah	94,0 Ah	306,5	168,5	229	28,5 Kg	F15
GP12-100	100,0 Ah	104,0 Ah	328	172	222	30,0 Kg	F12
GP12-120	120,0 Ah	124,0 Ah	407	177	225	36,0 Kg	F12
GP12-120S	120,0 Ah	124,0 Ah	328	177	222	32,0 Kg	F12
GP12-134	134,0 Ah	136,0 Ah	340,5	173	285	44,0 Kg	F12
GP12-150	150,0 Ah	154,0 Ah	483	170	241	45,0 Kg	F12
GP12-180	180,0 Ah	184,0 Ah	530	209	214	54,0 Kg	F12
GP12-200	200,0 Ah	207,0 Ah	522	240	224	60 Kg	F12
GP12-240	240,0 Ah	250,0 Ah	522	240	219	69,0 Kg	F16
GP12-260	260,0 Ah	268,0 Ah	520	268	225	74,0 Kg	F14

### Tensão nominal

Uma bateria não apresenta em seus terminais uma tensão fixa. A tensão nominal, que para a nossa bateria é de 12 V, representa a média dos valores encontrados durante um processo normal de descarga.

### Capacidade

**nominal**

A capacidade nominal, dada em Ampères-hora, se retirada da bateria a levaria a um estado de total descarregamento. A capacidade nominal da nossa bateria é de 2,5 Ah.

### Profundidade

**de**

**descarga**

Nunca devemos descarregar completamente uma bateria de chumbo-ácido. A profundidade de

descarga, em torno de 20 % da capacidade nominal, informa que dos 2,5 Ah de nossa bateria só podemos usar  $0,2 \cdot 2,5 = 0,5$  Ah sob pena de danificá-la irremediavelmente. Os acumuladores de níquel-cádmio, ao contrário, devem trabalhar em ciclos de carga e descarga completas para evitar a redução da sua vida útil.

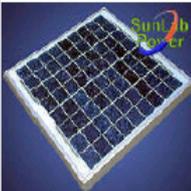
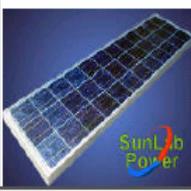
### **Corrente de carga**

Devemos usar uma fonte de corrente para carregar nossa bateria e o seu valor geralmente é encontrado dividindo por 10h a capacidade nominal. A corrente de carga será então de 0,25 Ampères. A **corrente de descarga** apresenta também esse mesmo valor.

### **Tensão de flutuação**

A bateria descarrega-se sozinha se abandonada em circuito aberto. É preciso então manter uma fonte de tensão ligada aos seus terminais para que ela permaneça em seu estado de plena carga. Em nosso caso a tensão de flutuação é de 12,9 V.

## Painel

Painéis em Silício Cristalino										
		<p>Os painéis ou módulos solares são formados por células fotovoltaicas que convertem a energia da luz em eletricidade. A luz é formada por fótons, partículas de energia luminosa, que ao se chocarem com as células do painel, compostas por materiais depositados sobre silício cristalino (poli ou mono), causam a transferência desta energia aos elétrons das células. Forma-se a corrente e o campo elétrico na célula. Com a tensão e a corrente temos a potência que é medida em Watts pico.</p> <p>Os painéis de Si-Cristalino da Sunlab Power® possuem 20 anos de garantia de geração com rendimento maior de 80%, 5 anos contra defeitos de fabricação e rendimento acima de 14%.</p>								
Painéis Solares	Data sheet	Código	Modelo	Dimensões(cm)	Peso (Kg)	Potência (Wp)	Volts (Vcc)	Amperes (A)	Tipo de célula	Inter-conexão
		90808	SF-1	15 X 15 X 2,3	0,1	0,8	7,2	0,11	Si Amorfo	40
		91004	SL-5	20,5 x 36,2 x 2,2	1,2	5	16,9	0,29	Si-Multicristalino	42
		91007	SL-10	30,4 x 36,2 x 2,2	1,6	10	17,4	0,58	Si-Multicristalino	42
		91011	SL-20	52,0 x 36,2 x 2,2	2,3	20	16,9	1,20	Si-Multicristalino	36
		91009	SL-35	87,5 x 34,3 x 3,5	4,5	35	15,0	2,33	Si-Multicristalino	36
		91014	SL-50	128,0 x 34,3 x 3,5	6,8	60	16,7	3,0	Si-Multicristalino	36
		91015	SL-60	143,2 x 34,3 x 3,5	7,1	60	16,9	3,56	Si-Multicristalino	36
		91018	SL-80	102,8 x 66,8 x 3,5	9,1	85	17,4	4,89	Si-Multicristalino	36
		91012	SC-125	145 x 65,4 x 3,5	8,0	125	17,1	7,3	Si-Multicristalino	36
		91016	S-130	149 x 66 x 3,5	8,0	130	16,9	7,6	Si-Multicristalino	36
		91017	SC-175	162 x 81 x 5,0	15,5	175	35,9	4,87	Si-Multicristalino	26
		91013	SC-235	168,5 x 99,3 x 5,0	23,0	235	30,1	7,7	Si-Multicristalino	32

\* Dimensões em cm (AxLxE) / Peso líquido em Kg. / Potência de pico em Wp. / Volts = Tensão de pico em Vcc / Ampères = Corrente de pico em Ampères / Conex. = Conexão máxima de painéis do mesmo modelo em série.

25°C.

Modelo	SC-125	SC-130
Capacidade Nominal	125 Wp	130Wp
Código/	91012	91016
Tensão pico Vmpp	17,1 V	17,6
Tensão circuito aberto Voc	24,5 V	24,5 V
Corrente em curto Isc	9,90 A	8,10 A
Corrente Nominal In	7,30 A	7,39 A
Tensão max do sistema Vdc	1000	1000

A abreviação "mpp" significa o melhor ponto de potência.

<b>CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS</b>	<b>KS 5T</b>	<b>KS 10T</b>	<b>KS 20T</b>	<b>KC 40 T</b>	<b>KC 50 T</b>	<b>KC 65 T</b>	<b>KC 85 T</b>	<b>KC 130 TM</b>	<b>KD 135</b>
Potência Nominal = Watt pico	5	10	20	43	54	65	87	130	135
Tolerância	+10%/-5%	+10%/-5%	+10%/-5%	+10%/-5%	+10%/-5%	+10%/-5%	+10%/-5%	+10%/-5%	+5%/-5%
Potência (Watt por dia)	25	50	100	215	270	325	435	650	675
Corrente (Amper por dia)	1,45	2,90	5,80	12,40	15,55	18,75	25,10	36,95	38,15
Corrente Nominal (Amper)	0,29	0,58	1,16	2,48	3,11	3,75	5,02	7,39	7,63
Corrente de Curto-Circuito (Amper)	0,31	0,62	1,24	2,65	3,31	3,99	5,34	8,02	8,37
Tensão Nominal (Volts)	17,40	17,40	17,40	17,40	17,40	17,40	17,40	17,60	17,70
Tensão de Circuito Aberto (Volts)	21,70	21,70	21,70	21,70	21,70	21,70	21,70	21,90	22,10
<b>DIMENSÕES</b>									
Peso (Kg)	1,50	1,80	2,90	4,50	5,00	6,00	8,30	11,90	12,50
Altura (mm)	206	305	540	526	639	751	1007	1425	1500
Largura (mm)	352	352	380	652	652	652	652	652	668
Espessura (mm)	22	22	22	54	54	54	58	58	46

## **Diagramas Elétricos 1 e 2**