

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ - UTFPR
CAMPUS CURITIBA
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETROTÉCNICA - DAELT
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL

MAURICIO KRAUSS

AUTOMAÇÃO DE SISTEMA SEMAFÓRICO

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURITIBA
2014

MAURICIO KRAUSS

AUTOMAÇÃO DE SISTEMA SEMAFÓRICO

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado a disciplina de Trabalho de Diplomação, do Curso Superior de Tecnologia em Automação Industrial do Departamento Acadêmico de Eletrotécnica – DAELT – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo.

Orientador: Prof. José da Silva Maia, M.Eng.

CURITIBA
2014

MAURICIO KRAUSS

AUTOMAÇÃO DE SISTEMA SEMAFÓRICO

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado e aprovado como requisito parcial para a obtenção do Título de Tecnólogo em Automação Industrial do Departamento Acadêmico de Eletrotécnica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Curitiba, 01 de Agosto de 2014.

Prof. José da Silva Maia, M.Eng.
Coordenador de Curso de Tecnologia em Automação Industrial
Departamento Acadêmico de Eletrotécnica

Prof. Rafael Fontes Souto, M. Eng.
Responsável pelo Trabalho de Conclusão de Curso
Departamento Acadêmico de Eletrotécnica

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a Luciane Brandalise, Dr.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. José da Silva Maia, M.Eng.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Orientador

Prof. Marco Antônio Buseti de Paula, Dr.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof.^a Rosana Mayer, M.Sc.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

RESUMO

KRAUSS, Mauricio. **Automação de Sistema Semafórico**. 2014. 67f. Trabalho de Conclusão de Curso – Tecnologia em Automação Industrial, UTFPR - Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Um dos maiores problemas encontrados nos centros urbanos é o congestionamento de veículos no trânsito, fato este que nunca esteve tão acentuado quanto nos últimos tempos registrando quilômetros de engarrafamentos. O aumento dos automóveis que circulam em nossas vias e a falta de investimentos significativos no setor do transporte público são fatores que agravam cada dia mais este cenário, tornando a situação cada vez mais crítica. O estudo a seguir descreve a origem do controlador semafórico no âmbito global, relata as características de programação e da infraestrutura semafórica utilizada atualmente, para então escrever sobre a automação do sistema semafórico realizada em Porto Velho-RO, que substituiu todos os controladores semafóricos obsoletos por equipamentos com recursos tecnológicos superiores que proporcionaram o aumento da fluidez de trânsito dos principais corredores de tráfego da cidade, a partir do sincronismo semafórico. O objetivo principal deste estudo é a diminuição da lentidão do tráfego nas principais vias da cidade, demonstrando que a automação semafórica, juntamente com a padronização da programação de tráfego, reduz a incidência de engarrafamentos com a redução do tempo gasto com deslocamento nas vias da capital de Rondônia.

Palavras-chave: Congestionamento de veículos. Sistema Semafórico. Sincronismo Semafórico. Programação de tráfego.

ABSTRACT

KRAUSS, Mauricio. **Automation Semaphore System**. 2014. 67f. Completion of course work - Technology in Industrial Automation, UTFPR - Federal Technological University of Paraná.

One of the biggest problems found in urban centers is congestion of vehicles in traffic, a fact that has never been as sharp lately logging miles of traffic jams. The study below describes the origin of the traffic signal controller globally, reports the characteristics of programming and signal control infrastructure currently used, and then write about the automation system semaphore held in Porto Velho-RO, which replaced all obsolete traffic signal controllers for equipment with superior technological resources that enabled the increased fluidity of the main transit corridors of city traffic from the traffic signal timing. The main objective of this study is the decrease in slow traffic on the main roads of the city, demonstrating that the signal control automation, along with the standardization of traffic scheduling, reduces the incidence of bottlenecks by reducing the time spent on the roads of the capital shift Rondônia

Keywords: Jam vehicles. Semaphore System. Traffic signal timing. Traffic scheduling.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Reportagem de 1868	19
Figura 2 – Instalação do primeiro semáforo de Berlim	21
Figura 3 – 1º Semáforo de São Paulo SP	22
Figura 4 – 1º Semáforo de Curitiba	23
Figura 5 – Controlador Multiplano Philips	24
Figura 6 – Central Semafórica Philips.....	24
Figura 7 – Reportagem de 1868 – 1º Semáforo do Mundo	26
Figura 8 – Semáforo a programador Cíclico	26
Figura 9 – Semáforo eletromecânico	27
Figura 10 – Semáforo microprocessado	31
Figura 11 – Grupo Focal Semafórico	32
Figura 12 – Composição Semafórica.....	33
Figura 13 – Sinalização Semafórica	35
Figura 14 – Programação Semafórica	36
Figura 15 – Programação Semafórica – Estrutura de Programação.....	38
Figura 16 – Programação Semafórica – Estrutura de Planos	41
Figura 17 – Controlador Eletromecânico 1 – Porto Velho-RO	43
Figura 18 – Controlador Eletromecânico 2 – Porto Velho-RO.....	43
Figura 19 – Cruzamento em tempo real – Porto Velho-RO.....	52
Figura 20 – Croqui Semafórico – Porto Velho-RO.....	53
Figura 21 – Ficha de Programação – Porto Velho-RO.....	53
Figura 22 – Sub-área 1 – Sincronismo Corredor – Porto Velho-RO.....	54
Figura 23 – Delimitação da área atendida pela automação semafórica.....	59
Figura 24 – Modernização Semafórica de Porto Velho-RO.....	60

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Cores Semafóricas.....	34
Quadro 2 – Relação de Cruzamentos – Porto Velho-RO.....	44
Quadro 3 – SUB-ÁREA 01 - CENTRO.....	46
Quadro 4 – SUB-ÁREA 02 - OLARIA.....	47
Quadro 5 – SUB-ÁREA 03 – RIO MADEIRA.....	47
Quadro 6 – SUB-ÁREA 04 – JORGE TEIXEIRA.....	48
Quadro 7 – SUB-ÁREA 05 - AREAL.....	48
Quadro 8 – SUB-ÁREA 06 – ZONA SUL.....	49
Quadro 9 – SUB-ÁREA 07 - GUAPORÉ.....	49
Quadro 10 – SUB-ÁREA 08 – ZONA LESTE.....	50
Quadro 11 – Cálculo para sincronismo do Corredor.....	55
Quadro 12 – Ajuste de sincronismo do Corredor.....	56
Quadro 13 – Quadro Comparativo – Resultado Final – Tempo de Viagem.....	58
Quadro 14 – Anuário Porto Velho 2012 – Resumo da Frota em Porto Velho-RO.....	61
Quadro 15 – Anuário Porto Velho 2012 – Resumo de Acidentes.....	62

LISTA DE SIGLAS

CCO – Centro de Controle Operacional;

CTB – Código de Trânsito Brasileiro;

DENATRAN – Departamento Nacional de Trânsito;

DETRAN – RO – Departamento de Trânsito de Rondônia;

DST – Departamento de Serviço de Trânsito;

EMDEC - Empresa Municipal de Desenvolvimento de Campinas S/A;

GPRS - *General packet radio service* - Serviço de Rádio de Pacote Geral;

GSM – *Global System for Mobile* - Sistema Global para Comunicações Móveis ;

I.P. – *Internet Protocol* – Protocolo de Internet;

TC – Tabela de Cores;

SEMTRAN – Secretaria Municipal de Transporte e Trânsito;

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 TEMA	13
1.1.1 Delimitação do Tema.....	13
1.2 PROBLEMAS E PREMISSAS.....	13
1.3 OBJETIVOS	15
1.3.1 Objetivo Geral	15
1.3.2 Objetivos Específicos	15
1.4 JUSTIFICATIVA	16
1.5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	16
1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	17
2 REFERENCIAL TEÓRICO	18
2.1 ESTADO DA ARTE DOS CONTROLADORES SEMAFÓRICOS	18
2.2 COMPOSIÇÃO DA SINALIZAÇÃO SEMAFÓRICA.....	32
2.2.1 Grupos Focais	32
2.2.2 Infraestrutura Semáforica	32
2.3 PROGRAMAÇÃO SEMAFÓRICA	36
2.3.1 Estrutura da Programação Semafórica	37
2.3.2 Planos de Tráfego	40
3 AUTOMAÇÃO DE SISTEMA SEMAFÓRICO.....	42
3.1 LEVANTAMENTO EM CAMPO.....	42
3.2 ORGANIZAÇÃO DO SISTEMA	45
3.2.1 Sub-Área 01 - Centro	46
3.2.2 Sub-área 02 - Olaria	47
3.2.3 Sub-Área 03 - Rio Madeira.....	47
3.2.4 Sub-Área 04 - jorge teixeira.....	48
3.2.5 Sub-Área 05 - areal	48
3.2.6 Sub-Área 06 - zona sul.....	49
3.2.7 Sub-Área 07 - Guaporé	49
3.2.8 Sub-Área 08 - Zona Leste	50

3.3	PADRONIZAÇÃO DE PLANOS DE TRÁFEGO	51
3.4	CONFIGURAÇÃO DO SISTEMA	52
3.5	SINCRONISMO.....	54
4	VALIDAÇÃO DO SISTEMA.....	58
5	CONCLUSÃO	63
	REFERÊNCIAS.....	66

1 INTRODUÇÃO

O ser humano possui por natureza o intuito de criar algo para proporcionar bem estar, conforto e segurança para suprir a necessidade de seu dia-a-dia. Os meios de transporte de objetos e pessoas foram um dos eventos que marcaram o desenvolvimento da humanidade. Primeiro surgiu o meio de transporte aquático com as canoas feitas de troncos, peles de animais e outros artifícios simples encontrados na natureza. No início simples, depois, envolvendo técnicas cada vez mais complicadas, especialmente as relativas à navegação de alto mar, que requerem conhecimentos sobre ventos, astros e instrumentos específicos (MARCONI, PRESOTTO, 1986).

O primeiro meio de transporte terrestre que se tem vestígios, foi o trenó, elaborado de um tronco de árvore com rodas em sua base para facilitar o deslocamento sobre a superfície. Teve indícios que este tipo de meio de transporte se originou na era Mesolítica na Finlândia por volta do ano de 4.000 a.C. (MARCONI, PRESOTTO, 1986).

Com o aperfeiçoamento dos veículos utilizados em cada período da história, houve a necessidade da construção de ruas e estradas para uma melhor locomoção pelas cidades e povoados, pois à distância percorrida foi aumentada gradativamente a partir do melhor desempenho dos veículos agora construídos.

Segundo Modernell (1989), as estradas mais antigas de que se têm alguns registros são datadas também da época de mais ou menos 3.000 a.C., foram construídas pelo rei egípcio Quéops, por onde eram transportados os imensos blocos de pedra utilizados na construção das pirâmides. As estradas construídas, além da utilização para facilitar o deslocamento, tiveram o propósito de unir o império para os Romanos e os Persas. Fatos de nossa história indicam os Romanos como os principais peritos em construção de ruas e estradas. Teve seu início por volta de 312 a.C., com a estrada da via Ápia. Com o aumento das conquistas pelo Império Romano, novas estradas eram construídas ligando sempre ao tronco principal, à via Ápia e os outros caminhos romanos.

Os romanos detinham uma rede de 80.000 km de estradas situadas em direção ao ocidente na Gália, na Espanha e até na Inglaterra e em direção ao oriente construíram estradas na Grécia e na atual Iugoslávia. Era um total de

aproximadamente 350.000 km a extensa rede viária das estradas sem pavimentação.

Segundo Modernell (1989) com todas essas estradas surgiu o ditado popular “que todos os caminhos levam a Roma”.

Após a criação das estradas e posteriormente dos veículos, para o melhor deslocamento da população, surgiram os congestionamentos. A lentidão no trânsito é um problema constante em grandes centros urbanos, no qual é desperdiçado muito tempo em congestionamentos gigantescos, acarretando gastos financeiros em desperdícios de energia elétrica e consumo excessivo de combustível.

Segundo Rozestraten, (1988), a definição de trânsito é o conjunto de deslocamentos de pessoas e veículos nas vias públicas, dentro de um sistema convencional de normas, que tem por fim assegurar a integridade de seus participantes.

Enquanto as grandes cidades apresentam uma tendência à saturação de suas vias, muitos fatores demandam especial atenção ao problema do tráfego, fatores estes ambientais, econômicos e sociais. A emissão de poluentes, os custos em combustíveis e peças, os tempos de deslocamento, bem como a eficiência do transporte coletivo, são aspectos de grande urgência na administração das cidades.

Congestionamento ou engarrafamento se refere a uma condição em que automóveis e outros veículos rodam a baixas velocidades com paradas frequentes ou ficam todos parados em fila(s), durante quilômetros em uma estrada, pista, ruas ou avenidas, assim diminuindo o fluxo de movimento. Esse fenômeno do trânsito geralmente acontece nos períodos do dia que o fluxo de veículos é mais intenso, período este conhecido como horário de pico, que representa o momento em que o número de veículos excedem a capacidade da via: trata-se de um grave problema urbano, ocasionando perdas de tempo e consumo desnecessário de combustível.

Os engarrafamentos contribuem para o elevado nível de stress dos habitantes de grandes cidades.

Os congestionamentos ocorrem por diversos fatores, por exemplo: condições meteorológicas, acidente de trânsito, problemas mecânicos, obras, horários de tráfego mais intenso entre outros fatores.

1.1 TEMA

O Tema deste trabalho é a automação de sistema semafórico. A função do sistema é sinalizar cruzamentos entre vias, proporcionando segurança para o deslocamento de pedestres e veículos. O sistema semafórico é composto principalmente pelo controlador semafórico, componente de comando, e pelo semáforo, componente visual.

1.1.1 Delimitação do Tema

Uma competente programação do sincronismo entre semáforos representa o primeiro passo na obtenção de uma melhora significativa da fluidez e da segurança no trânsito. O passo seguinte é a utilização de sistemas para otimização online, que possa ser alterada a programação remotamente, e que esse sistema também possa informar todo o tipo de alarme à central de controle para otimizar seu funcionamento e diminuir os impactos devido a algum tipo de defeito, evitando assim a obstrução dos cruzamentos críticos e agilizando a fluidez das vias.

Esta trabalho de conclusão de curso irá mostrar a implementação de um novo sistema semafórico para a cidade de Porto Velho – RO composta por: controlador de tráfego, central de controle e programação semafórica.

1.2 PROBLEMAS E PREMISSAS

Controladores semafóricos antigos apresentam uma série de problemas relacionados a seguir:

- Existência de congestionamentos por fatores relacionados a falta de flexibilidade na programação semafórica, falta de interligação com controladores adjacentes e central de controle;
- Acidentes de trânsito ocasionados pelo mau funcionamento dos equipamentos e pela não existência de sistema de segurança contra a abertura de duas vias conflitantes simultaneamente;

- Defeitos intermitentes relacionados ao tempo de uso dos equipamentos colocando os equipamentos em estado de alerta (Amarelo Piscante) ou apagado.

Surge então o seguinte questionamento:

- **Qual a solução tecnológica capaz de solucionar os problemas decorrentes da utilização de controladores de tráfego obsoletos?**

Controladores semafóricos modernos em sua maioria são providos de sistemas (software e hardware) que inibem a incidência de duas vias conflitantes abrirem ao mesmo tempo, tornando assim o sistema mais seguro, além de possuírem a capacidade de comunicação remota a um centro de controle operacional (CCO) dando maior agilidade nas tomadas de decisões e repassando informações em tempo real, do estado dos controladores de tráfego, aos operadores do centro de controle.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo Geral

Desenvolver sistema de automação semafórica com o intuito de reduzir os congestionamentos e diminuir os acidentes de trânsito causados por controladores de tráfego obsoletos, utilizando como base a cidade de Porto Velho-RO.

1.3.2 Objetivo Específico

Nesse contexto, apresentam-se os seguintes objetivos específicos:

- Referências bibliográficas - conceitos e componentes do sistema semafórico – programação semafórica;
- Levantamento em campo - Situação inicial das condições de tráfego do sistema;
- Estruturação - Divisão dos cruzamentos por áreas e corredores para composição de onda verde;
- Programação – Programação semafórica com base no estudo de campo para padronização de sincronismo;
- Coletar dados de tempos de deslocamento antes e pós implantação do sistema;
- Verificar os resultados de tempo de deslocamento (tempo de viagem) e acidentes de tráfego.

1.4 JUSTIFICATIVA

A importância deste estudo impacta diretamente na redução de tempo de viagem decorrente de melhores condições de circulação e com a diminuição do índice de acidentes de trânsito.

A região que será estabelecida a automação do sistema semafórico, terá inicialmente uma maior confiabilidade no sistema de segurança para a não ocorrência de verdes conflitantes, com a troca de equipamentos obsoletos por controladores de tráfego com tecnologia superior, e o centro de controle dará maior agilidade nas tomadas de decisão e reduzirá gastos desnecessários com equipes de manutenção.

Este trabalho propiciará maiores informações nas áreas de componentes da sinalização semafórica ativa através de semáforos, controladores de tráfego e programação semafórica.

1.5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este estudo classifica-se como de natureza científica aplicada, no qual o problema a ser resolvido é claro (congestionamentos) e a proposta para solução também (automação do sistema semafórico).

A pesquisa aplicada visa aplicações práticas, com o objetivo de solucionar problemas que surgem no dia-a-dia, que resultam na descoberta de princípios científicos que promovem o avanço do conhecimento nas diferentes áreas.

Segundo o Professor William Costa Rodrigues (2007), o estudo científico aplicado é voltado para solução de problemas concretos da vida moderna.

A pesquisa aplicada visa desenvolver, testar e avaliar produtos e processos desenvolvendo uma tecnologia de natureza utilitária e finalidade imediata.

Em relação ao objetivo da pesquisa, refere a pesquisa descritiva e bibliográfica. Descritiva no ponto de obtenção de dados coletados em campo como o tempo de percurso de deslocamento das vias. Bibliográfica, pois existe a necessidade da busca teórica para descrever basicamente a essência da programação semafórica e seus componentes observando possíveis características para soluções emergenciais.

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho de pesquisa está estruturado da seguinte forma:

Capítulo 1 – Introdução, com apresentação do tema, problemas e objetivos principais da pesquisa;

Capítulo 2 - Fundamentação teórica: Estudo da Arte dos Controladores Semafóricos, conceitos e componentes do sistema semafórico;

Capítulo 3 – Automação semafórica para a Cidade de Porto Velho RO - Levantamento em campo da situação inicial das condições de tráfego do sistema, Organização das informações obtidas em campo, programação dos controladores;

Capítulo 4 – Validação – Coleta de dados em campo para comparação de resultados, repercussão dos meios de comunicação das alterações realizadas, demonstração dos resultados para os órgãos competentes municipais;

Capítulo 5 – Conclusão – Comentários, orientações e avaliação dos resultados;

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O trânsito exige inúmeras formas de sinalização para proporcionar maior segurança aos seus usuários, o semáforo, inserido neste contexto, é uma das ferramentas fundamentais para segurança dos pedestres e dos motoristas.

A sinalização semafórica é um instrumento imprescindível à manutenção da ordem e ao estabelecimento da segurança nos fluxos de veículos e de pedestres, notadamente nas malhas urbanas de picos de alta densidade de tráfego (HORTA DE ALVARENGA, 1984).

Este referencial teórico irá tratar primeiramente sobre a evolução dos equipamentos para controle de trânsito, ou seja, do estado da arte dos controladores semafóricos em âmbito global, para então descrever a respeito da infraestrutura e programação semafórica. A compreensão destes itens é de suma importância para a realização deste estudo, pois a base principal da automação do sistema semafórico é o equipamento a ser utilizado e a programação a ser confeccionada.

2.1 ESTADO DA ARTE DOS CONTROLADORES SEMAFÓRICOS

Segundo o DENATRAN – Departamento Nacional de Trânsito – a sinalização semafórica é um subsistema da sinalização viária que se compõe de indicações luminosas acionadas alternada ou intermitentemente por meio de sistema eletromecânico ou eletrônico. Tem a finalidade de transmitir diferentes mensagens aos usuários da via pública, regulamentando o direito de passagem ou advertindo sobre situações especiais nas vias (DENATRAN, 2014).

A palavra semáforo é de origem grega e é composta pelo prefixo *sema*, que significa sinal e *foros*, que no grego antigo quer dizer algo que leva, algo que transporta.

Portanto, a interpretação do termo semáforo é "algo que transporta sinais".

A história dos semáforos inicia com o projeto do engenheiro ferroviário J.P. Knight, que observando o fluxo de veículos automotores e de tração animal da época, constatou um problema organizacional do sistema viário (SINAL DE TRÂNSITO, 2014).

Em 10 de Dezembro de 1868, na cidade de Londres, o cruzamento das ruas George com Bridge, localizado próximo ao Parlamento, foi agraciado com a implantação do primeiro sistema semafórico. Os primeiros semáforos eram de controle manual, e necessitavam de um policial capacitado para sua operação. Como foram projetados por um engenheiro ferroviário, suas características eram similares com os controladores de fluxo ferroviário, pois possuíam dois braços que quando estendidos para a posição horizontal, representavam o bloqueio da via, ou seja a interrupção da passagem, e quando este braço era posto na posição de 45 graus, a indicação era para prosseguir com cautela. Em cada mudança de posição dos braços, era também sinalizado com uma campainha. No período noturno, uma lâmpada verde e outra vermelha a gás reforçavam o posicionamento dos braços conforme figura 01.

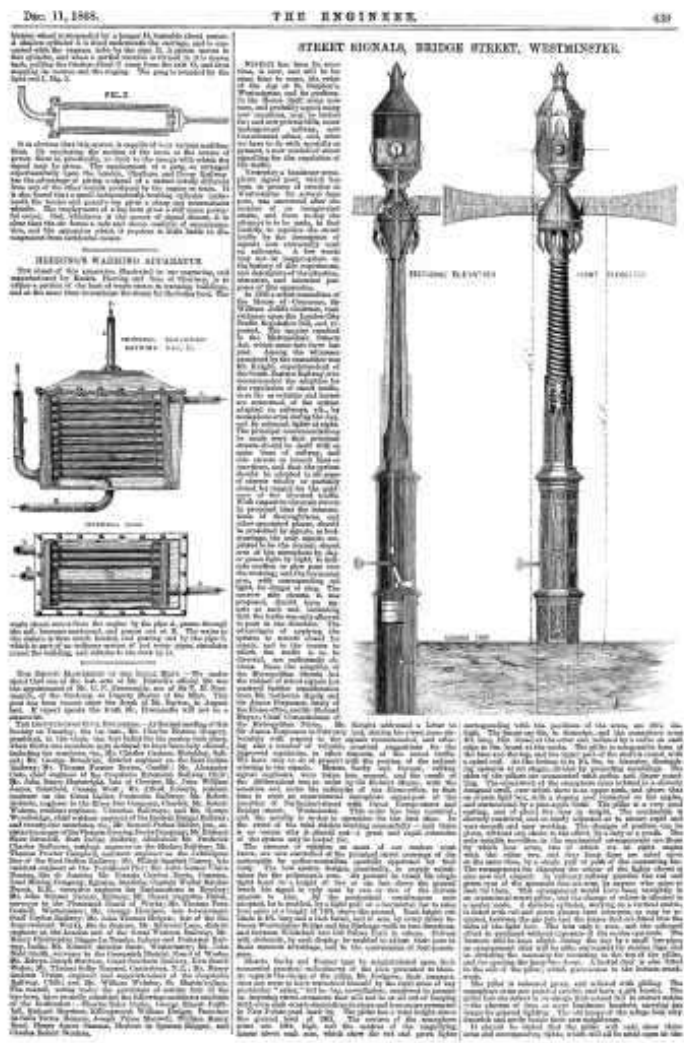


Figura 01: Reportagem de 1868, primeiro semáforo no mundo
Fonte: SINAL DE TRÂNSITO, 2014

A figura 01 apresenta a reportagem do jornal *Engineer* que publicou, em 1868, a reportagem sobre o primeiro semáforo instalado no mundo.

Fatalmente em 02 de janeiro de 1869, um trágico acidente colocou fim ao primeiro semáforo instalado e a vida do policial que operava o aparelho naquele momento. Este fato estagnou os novos projetos nesta área.

Segundo Homburguer (1992), os semáforos modernos foram inspirados a partir de equipamentos manuais de operação de tráfego utilizados em Londres no ano de 1868. O primeiro semáforo elétrico foi criado, em 1912, por Lester Wire, oficial da polícia de Salt Lake. Era bastante rústico e consistia numa caixa de madeira com uma cobertura.

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 crescimento populacional do século XX deu início a modernização das vias nos grandes centros urbanos, este fato indicava o desenvolvimento na região. Muitas pessoas já podiam ter um carro motorizado, principalmente depois do surgimento do modelo Ford T. Os veículos motorizados saltaram de 8 mil veículos em 1900 para 2,5 milhões em 1908 nos Estados Unidos. Nas ruas de cidades como Nova Iorque e Londres, veículos automotores se misturavam com veículos de tração animal, bicicletas e pedestres.

Neste período surgiu o interesse em descobrir qual é a maneira mais eficaz para controlar o fluxo de veículos e diminuir a quantidade de acidentes de trânsito devido a existência de vários meios de transporte estarem disputando a preferência de passagem ao mesmo tempo nos cruzamentos.

A Alemanha construiu torres no meio dos cruzamentos com cabines nas quais policiais controlavam o trânsito trocando as luzes de posição manualmente. A primeira torre estava pronta para operação em 20 de outubro de 1924.

As torres para o controle semafórico eram construídas normalmente com 8,50m de altura contendo cinco faces laterais, erguidas no centro da avenida. As lâmpadas nas cores verde, amarela e vermelha estavam dispostas horizontalmente nas faces em cada face.

Em Berlim, na Praça Potsdamer, considerado um dos pontos mais movimentados da Europa, no dia 20 de outubro de 1924, a primeira torre foi

instalada com a tentativa de organizar os veículos que ali circulavam conforme figura 02.



Figura 02: Os Primeiros Semáforos Europeus
Fonte: SINAL DE TRÂNSITO, 2014

A torre de controle semafórico da Praça Potsdamer permaneceu em funcionamento até 1936, quando foi retirada para dar lugar à passagem de uma linha férrea. Em 1997, a empresa Siemens, em comemoração ao 150º aniversário da companhia, construiu uma réplica da torre semafórica, próxima ao local original, apenas para efeito de demonstração.

Esse tipo de torre, que sofreu variações ao longo das décadas, foi bastante usada em Nova York a partir de 1916. Desde 1912, sucessivas invenções ganharam notoriedade nos Estados Unidos, onde foram criados os princípios usados até hoje.

O sinal de três cores foi inventado e instalado pelo policial William Potts, em 1920, em Detroit (LINARDI, 2013).

Aproximadamente em 1926, em Londres, surgiu o que chamamos hoje de semáforo eletromecânicos. Surgiram as programações de controle do tráfego que permitem a alteração dos tempos de verde em períodos do dia, para adequar-se a variabilidade do tráfego durante o dia. O primeiro semáforo com controle veicular, foi fabricado nos EUA, ainda nos anos 30. O primeiro semáforo atuado por controle veicular em Londres, foi instalado em 1932.

O primeiro controlador semaforico instalado em São Paulo foi em 1935, onde os automóveis começaram a parar na esquina da Porteira, obedecendo ao comando das luzes Verde, Amarelo e Vermelho. Era o primeiro semáforo de São Paulo instalado pelo Departamento de Serviço de Trânsito (DST).

Segundo Milton Parrom (2011), São Paulo, a grande metrópole brasileira desde o início do século passado, teve seu primeiro semáforo instalado na década de 40 conforme ilustrado na figura 03.



Figura 03: 1º Semáforo de São Paulo - SP
Fonte: SINAL DE TRÂNSITO, 2014.

A figura 03 mostra como eram os semáforos paulistanos, na década de 40. O policial operava os semáforos com apenas dois focos no cruzamento da Av. São João com a Rua Líbero Badaró.

A instalação deste equipamento, considerado um aparato de última geração para a época, despertou a curiosidade de sua população, e teve até como padrinho o então governador, Sr. Adhemar de Barros (MILTON PARRON, 2011).

Um grande passo ocorreu com a evolução para os sistemas de controle centralizado, com a inovação tecnológica do controle e processamento computadorizado na década de 50 propiciou a coordenação de um grande número de semáforos em diversas áreas da cidade, ai surgia os *softwares* de controle semafórico centralizado.

A explosão no aumento da frota de veículos e, conseqüentemente com as ruas e avenidas cada vez mais saturadas, tem-se como resultado inúmeros conflitos nos cruzamentos. Aliado a essa necessidade de organização do trânsito, tem-se de garantir a segurança de motoristas, ciclistas e pedestres, e em 1956 ocorre à instalação do primeiro controlador semafórico no cruzamento da Rua XV de Novembro com a Rua Dr. Muricy na capital paranaense, conforme exposto na figura 04.



Figura 04: 1º Semáforo de Curitiba – PR
Fonte: GAZETA DO POVO – I.D. 1125918, 2011

Em 1976, surgem os primeiros controladores semafóricos multiplanos em âmbito global. O exemplo da figura 05 trata de um controlador multiplano da marca Philips instalado em Curitiba, em 1977, na região central.

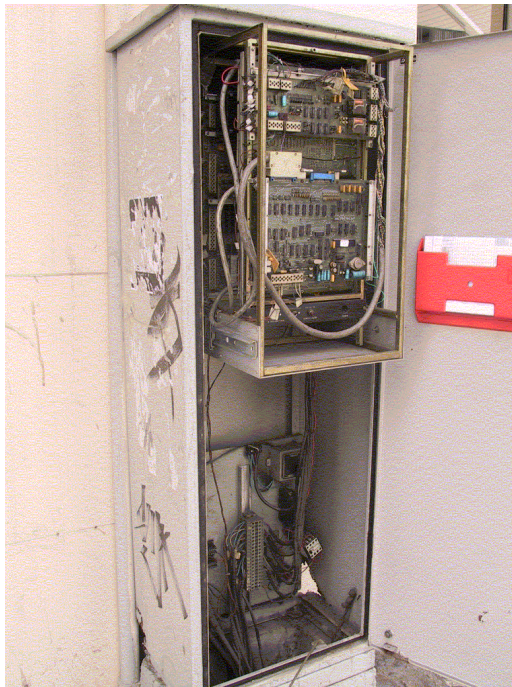


Figura 05: Controlador Multiplano Philips – Curitiba-PR
Fonte: Própria

O controlador apresentado na figura 05 possuía comunicação com a central de controle operacional Philips, através de 02 pares metálicos de comunicação (L.I. – *line in*; L.O. – *Line out*).



Figura 06: Central Semafórica Philips – Programa DOS
Fonte: Própria

A figura 06 apresenta a imagem da central Philips instalada em 1977, em Curitiba, para processar - em ambiente DOS - as informações trocadas com os equipamentos nas ruas, e foram substituídos, em 2011, por equipamentos com tecnologia superior.

A central de controle operacional Philips repassava o tempo semafórico que o controlador deveria executar naquele momento, e disponibilizava de forma simples, qual era a condição do controlador semafórico através da plataforma DOS de programação e gerenciamento.

Os operadores da central de controle se deparavam com limitações de programação e gerenciamento do sistema, caso este explicado pela tecnologia obsoleta utilizado neste sistema.

O sistema semafórico centralizado pode ser exemplificado quando um, ou mais, controladores semafóricos locais comunicando com um computador central, este computador realiza o monitoramento, supervisão e operação destes controladores locais. A comunicação entre os controladores semafóricos locais e o computador central é realizada através de meio físico (cabo) ou pela transmissão de dados via celular.

Sistemas centralizados podem ser definidos em quatro linhas básicas, de acordo com sua geração, ou seja, supervisão e operação, monitoração, seleção automática de planos e controle em tempo real (SZASZ, 1997).

O centro de controle operacional é o local em que o sistema centralizado semafórico é comandado. As informações repassadas (programações) e recebidas (alarmes) dos controladores semafóricos, são em tempo real, portanto a principal função do sistema centralizado é a agilidade de resposta do sistema.

O controle em tempo real é aquele onde o processo de informação (coleta de dados) acontece de uma maneira suficientemente rápida de forma que os resultados são disponíveis a tempo de influenciar o processo de controle ou monitoração, no próprio ciclo ou adiante (KELL, FULLERTON, 1982).

O sistema semafórico centralizado proporciona o sincronismo entre cruzamentos. O sincronismo a ser implantado entre cruzamentos evita a parada desnecessária em cruzamentos (onda verde) ou reduz o tempo de espera nos

semáforos. O semáforo estar sincronizado, primeiramente quer dizer que ele está obedecendo à mesma base de referência (relógio da central e/ou comando).

A evolução do sistema semafórico descrita pode ser simplificada para os seguintes modelos descritos a seguir:

Semáforo a comando manual: O agente de trânsito liberava cada movimento de tráfego, sem plano de tempo definido.

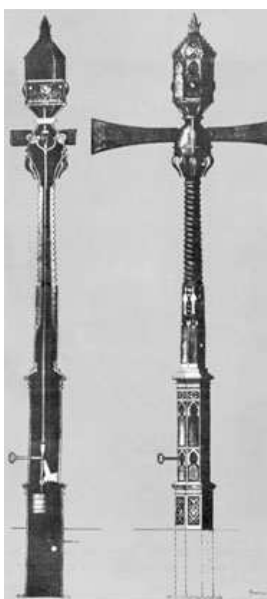


Figura 07: primeiro semáforo no mundo
Fonte: SINAL DE TRÂNSITO, 2008

Semáforos eletromecânicos: São compostos por componentes mecânicos e elétricos como já diz o nome. A programação é realizada com combinações mecânicas alterando as aletas contidas em disco figura 08, ou programação através de *dip switch* conforme figura 09, para acionamento elétrico de contactores. A programação é limitada uma única temporização, e este tipo de controlador não apresenta sistema de segurança. +



Figura 08: Semáforo a Programador Cíclico
Fonte: COEL, 2014

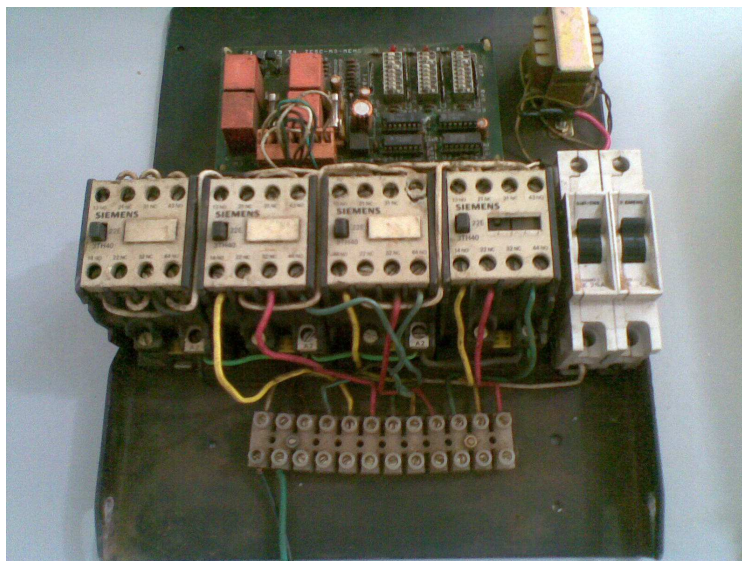


Figura 09: Semáforo eletromecânico – programação binária
Fonte: Própria

Semáforos microprocessados: Possuem diversas características técnicas similares, conformes apontadas no manual descritivo do controlador semafórico (DATAPROM, 2011):

- Controlado por um microprocessador de no mínimo 16 bits, possuindo seu hardware totalmente modular, tipo "*plug in*", para facilitar a manutenção, possui também componentes do tipo "*low power*" e memória não volátil "EEPROM" para retenção da programação;
- Proporcionam maior vida útil das lâmpadas e LED's dos focos semafóricos pois a saída de potência, controlada por triacs, dispara no ponto de tensão mínima;
- A detecção de lâmpada queimada é realizada por leitura da corrente de saída. A queima total das lâmpadas de um grupo de tráfego vermelho coloca o controlador em estado de alerta (piscante amarelo);
- A detecção de incompatibilidades ("verde coincidente") é realizada por dois circuitos. O primeiro está associado à detecção via microprocessador. O segundo circuito é totalmente independente do hardware do microprocessador e é programado via estrapes.
 - A tabela interna de parâmetros pode ser carregada de duas maneiras:
 - Carga a partir da hierarquia superior (sistema central);
 - Carga local via programador local (*lap top*);

- O controlador deverá operar entre as tensões de 127 VCA a 240 VCA (+/- 15%), à frequência de 60 Hz (+/- 5%). Quando a tensão de alimentação cair abaixo do mínimo previsto, por um tempo maior que 50ms, o controlador executa a sequência de partida, para reestabelecer o seu funcionamento;

- Proteção elétrica: disjuntor eletromagnético de entrada bifásico (painel frontal); disjuntor eletromagnético de saída bifásico que permite desligar todos os grupos focais (painel frontal), fusível de proteção para cada grupo (módulo de potência), fusível de proteção da circuitação eletrônica (painel frontal), fusível de proteção do circuito independente que gera o piscante quando o contactor principal está aberto (painel frontal).

Os controladores microprocessados possuem as seguintes características funcionais:

- Filosofia de controle por estágios;
- Capacidade de controle de até 16 grupos focais;
- Podem ser programados grupos de tráfego, grupos de pedestre, grupos gradativos (lâmpadas para informação adicional de tempo) e grupos de comando direto (campainhas, painéis de sinalização, etc.);
- Os grupos podem ser separados em 04 sub controladores independentes (fisicamente sendo apenas um controlador, porém operando como se fossem 04 ao mesmo tempo);
- Seleção de planos por tabela horária, seleção de planos central ou por imposição de atuação volumétrica veicular (seleção dinâmica de planos);
- Execução obrigatória ou dependente de demanda das vias (semáforos atuados por botoeiras e laços indutivos veiculares);
- Duração a tempo fixo ou dependente de demanda (semáforos atuados por botoeiras e laços indutivos veiculares);
- Possibilidade de sincronização pela rede elétrica (sem cabo), e por controle central (Computador);
- Possibilidade de programar estágio e demanda de emergência (passagem de nível - trem);
- Possibilidade de dar prioridade à passagem de ônibus (Prioridade Seletiva – Corredores de transporte);

- Aquisição de informações estatísticas dos detetores (contagem e ocupação volumétrica através de laços veiculares indutivos e por câmeras que projetam laços veiculares virtuais);
- Monitoração do cruzamento em tempo real através de comunicação coma central de controle semafórico;
- Comunicação RS232, RS485, Modem, *GSM/GPRS*.

RS232 - é um padrão de protocolo para troca serial de dados binários entre um DTE (terminal de dados, de *Data Terminal equipment*) e um DCE (comunicador de dados, de *Data Communication equipment*). É comumente usado nas portas seriais dos computadores comuns.

RS485 - É um padrão de comunicação serial, também denominado EIA-485 por ser desenvolvido pela EIA (*Electronics Industry Association*), que também desenvolveu os padrões de comunicação serial: RS-232 (EIA-232). “RS” é a sigla para *Recommended Standard* (padrão recomendado).

MODEM - O modem é o periférico utilizado para transferir informações entre vários computadores via um suporte de transmissão telegráfico (linhas telefônicas, por exemplo). Os computadores funcionam de maneira numérica, utilizam a codificação binária (uma série de 0 e 1), mas as linhas telefônicas são analógicas. Os sinais numéricos passam de um valor a outro, não há meio termo, é “tudo ou nada” (um ou zero). Os sinais analógicos em contrapartida não evoluem “passo a passo”, evoluem continuamente.

GSM/GPRS - Global System for Mobile Communications, ou Sistema Global para Comunicações Móveis (GSM: originalmente, *Groupe Special Mobile*) possui uma série de características que o distinguem dentro do universo das comunicações móveis. Nascido nos anos 80 e fruto de uma cooperação sem precedentes dentro da Europa, o sistema partilha elementos comuns com outras tecnologias utilizadas em tele móveis, como a transmissão ser feita de forma digital e a utilizar células (como funciona um tele móvel).

O GPRS - Serviço de Rádio de Pacote Geral é uma tecnologia que aumenta as taxas de transferência de dados nas redes GSM existentes.

Os controladores automáticos normalmente operam de diferentes formas, e geralmente são classificados em três formas básicas: controlador de tempo fixo, semi-atuado e controlador atuado.

- Controlador semafórico de tempo fixo: Controlador com programação simples com determinação de tempos pré-disposta. A determinação destes parâmetros é feita em função das características e volumes médios do tráfego local. Uma vez programado, as mesmas ordens e durações de indicações de fase ocorrerão na interseção até que as configurações do controlador sejam reprogramados manualmente, ou outro de configuração de duração fixa seja selecionado (PIAI, 2009).

- Controlador semi-atuado: Por meio do Sistema de Detecção Veicular através do laço virtual (câmera) ou laço indutivo (bobinas indutivas confeccionada com dimensões de 1,80m x 1,80m, com três voltas de cabo flexível 2,5mm² x 1KVA, inserido em corte de piso de asfalto ou concreto) é possível realizar a contagem e ocupação de veículos, verificando o tempo que cada veículo demora a se deslocar de um ponto ao outro, desenhando desta maneira, as regiões ou períodos com maior incidência de congestionamentos. Um ciclo de comprimento fixo continua em vigor e o tempo de cada fase é que pode variar. A adição deste grau de liberdade na gestão de tempo de verde é obtida pelo emprego de detectores, que devem ser instalados e monitorados (PIAI, 2009).

- Controlador semafórico atuado pelo tráfego: operam em tempo real, ou seja, de acordo com as modificações ocorridas no tráfego de veículos ou pedestres no cruzamento. As informações do ambiente são captadas através de detectores ou botoeiras de cruzamento de pedestres e enviadas ao controlador que processa a informação e responde de acordo com a estratégia de controle ao qual foi programado. Sua finalidade é ajustar dinamicamente o controle do semáforo de acordo com as flutuações de tráfego que podem ocorrer no cruzamento (PIAI, 2009).

A Figura 10 mostra um controlador eletrônico programável de fabricação nacional.

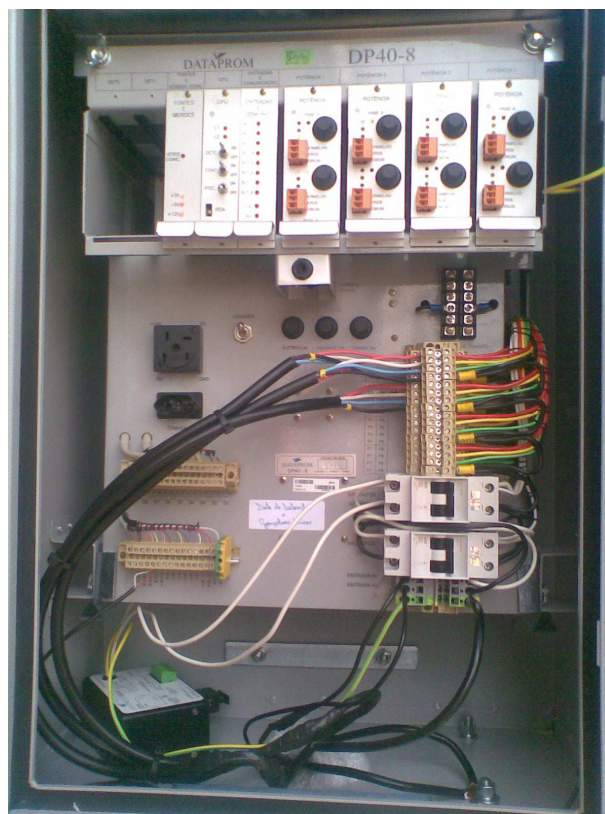


Figura 10: Semáforo microprocessado DATAPROM
Fonte: Própria

Esse tipo de Controlador Eletrônico Programável, apresentado na figura 10, possui CPU – *Central Processing Unit* com microprocessador e memórias, onde é possível, através de um programador, a configuração de diversos parâmetros de funcionamento, tais como sequência de cores, atuações através de botoeiras e sensores indutivos, detecção de queima de lâmpadas, planos de tráfego, entre outros. Pode atuar em qualquer uma das 3 formas descritas anteriormente: tempos fixos, semi-atuado e atuado.

2.2 COMPOSIÇÕES DA SINALIZAÇÃO SEMAFÓRICA

Segundo o código brasileiro de trânsito, a sinalização semafórica tem a função de efetuar o controle do trânsito num cruzamento ou seção de via, através de indicações luminosas, alternando o direito de passagem dos vários fluxos de veículos e/ou pedestres (CTB, 2008).

Em resumo o controlador semafórico é o responsável pela comutação das lâmpadas, porém é necessária toda uma estrutura que seja capaz de gerar e levar a informação de cor do elemento eletrônico controlador à respectiva via. Os elementos que compõem essa estrutura são:

2.2.1 Grupos Focais

Grupo focal ou porta-focos: O semáforo, também conhecido como grupo focal e corriqueiramente chamado de porta focos, é constituído por uma estrutura metálica (caixa porta-focos e pestana) e pelo conjunto óptico conforme descrito na imagem abaixo:

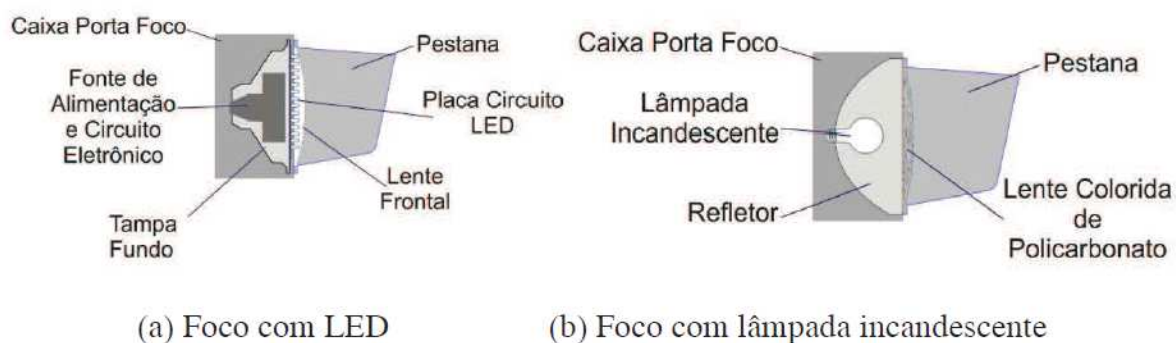


Figura 11: Grupo Focal Semafórico
Fonte: DENATRAN, 2014

2.2.2 Infraestrutura Semafórica

Para a sinalização semafórica estar completa, é necessário além do grupo focal e do controlador semafórico, toda uma infraestrutura para o seu funcionamento, que pode ser dividida em Cabeamento, Tubulação, Coluna Semafórica e Braço projetado.

O cabeamento serve para levarem a informação de cor do controlador aos grupos focais. Podem ser instalados de forma aérea ou subterrânea. Normalmente são compostos por várias vias coloridas para padronização no momento da instalação (Exemplo: cabo PP 4 x 1,5mm² vias coloridas Azul, Branco, Vermelho e Preto).

A tubulação, ou eletrodutos são necessários para a proteção dos cabos subterrâneos. Como em qualquer instalação elétrica, ao longo da sua extensão são implantadas caixas de passagem para acesso aos cabos. Normalmente estes dutos são corrugados e sua dimensão ira depender da quantidade de cabos a serem passados (Os mais utilizados são: 50 mm, 75 mm, ou 100 mm diâmetro).

A Coluna Semafórica Veicular e Coluna de pedestre são os elementos verticais fixados ao solo que fazem a sustentação dos braços projetados – a Coluna Veicular pode existir de diversos tamanhos, dependendo do local a ser instalada (Exemplo, rodovias ou trecho urbano).

O Braço Projetado é o elemento fixado horizontalmente na cabeça da coluna que permite a fixação do grupo focal, sua função principal e projetar o porta-foco em direção ao centro da pista de deslocamento. Todos os componentes da infraestrutura, os grupos focais e o controlador semafórico são apresentados na Figura 12.

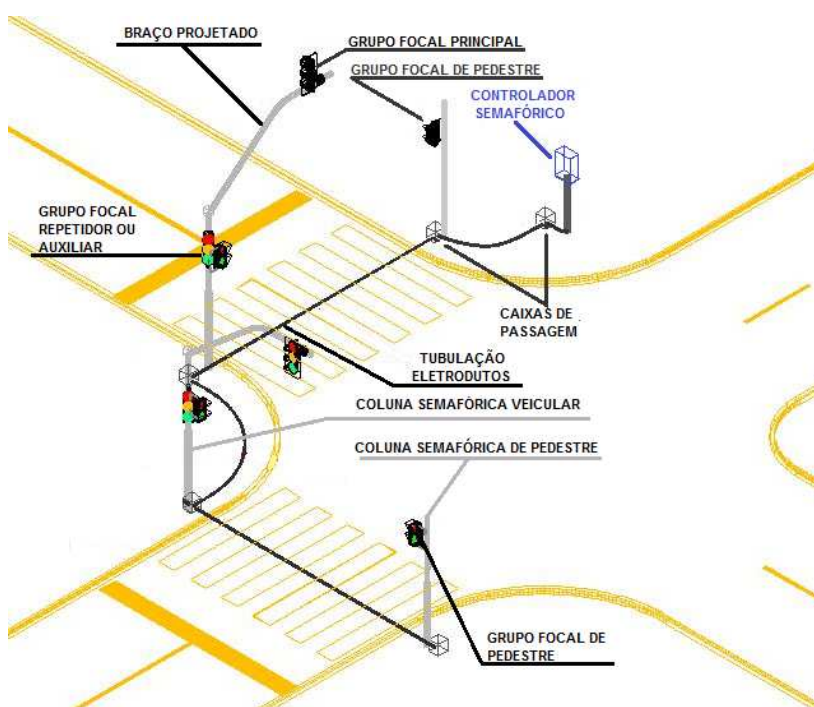

















Figura 12: Composição da Sinalização Semafórica
Fonte: Autoria Própria

O quadro 01, a seguir, demonstra o significado das cores semaforicas conforme definição do DENATRAN.

FORMA	COR	SINAL	SIGNIFICADO	AÇÃO DO USUÁRIO DA VIA	
Circular	Vermelha		Indica a proibição do direito de passagem	Obrigatoriedade do condutor em parar o veículo	
	Amarela		Indica o término do direito de passagem.	O condutor deve parar o veículo salvo se não for possível imobilizá-lo em condições de segurança.	
	Verde		Indica a permissão do direito de passagem.	O condutor tem a permissão de iniciar ou prosseguir em marcha, podendo efetuar os movimentos de acordo com a indicação luminosa e observar as normas de circulação e conduta.	
	Amarela (intermitente)		Adverte da existência de situação perigosa ou obstáculo.	O condutor deve reduzir a velocidade e observar as normas de circulação e conduta.	
	Amarela com seta (opcional)		Indica término do direito de passagem em semáforo direcional.	O condutor deve parar o veículo salvo se não for possível imobilizá-lo em condições de segurança.	
					
					
	Vermelha		Indica a proibição do direito de passagem de acordo com a direção e sentido da seta apresentada na indicação luminosa.	Obrigatoriedade do condutor em parar o veículo de acordo com a indicação luminosa.	
					
					
	Verde		Indica a permissão do direito de passagem, de acordo com a direção e sentido da seta apresentada na indicação luminosa.	O condutor tem a permissão de iniciar ou prosseguir em marcha, podendo efetuar os movimentos de acordo com a indicação luminosa e observar as normas de circulação e conduta.	
					
					
Vermelha		Indica para o ciclista a proibição do direito de passagem.	Obrigatoriedade do ciclista em parar o veículo.		
Verde		Indica para o ciclista a permissão do direito de passagem.	O ciclista tem a permissão de iniciar ou prosseguir em marcha.		

Quadro 01: Cores Semaforicas
Fonte: DENATRAN, 2014.

Segundo Código Brasileiro de Trânsito, 2014, a sinalização semafórica que está prevista no item 04 do Anexo II, é definida como sendo “um subsistema da sinalização viária que se compõe de luzes acionadas alternada ou intermitentemente através de sistema elétrico/eletrônico, cuja função é controlar os deslocamentos”.

No caso da sinalização semafórica de regulamentação, a legislação enfatiza a finalidade de alternar o direito de passagem dos vários fluxos de veículos e/ou pedestres.

O Código de Trânsito Brasileiro descreve que a indicação luminosa deve obedecer a seguinte função e indica na figura 13 a sua posição correta:

PARA PEDESTRES

- Verde: Assinala que os pedestres podem atravessar;
- Vermelha: Indica que os pedestres não podem atravessar;
- Vermelha Intermitente: Assinala que os pedestres que não iniciaram a travessia não podem atravessar, e os que já iniciaram devem se apressar, pois o fim é eminente.

PARA CONDUTORES

- Verde: indica permissão de prosseguir na marcha, podendo o condutor efetuar as operações indicadas pelo sinal luminoso, respeitadas as normas gerais de circulação e conduta;
- Amarela: indica “atenção”, devendo o condutor parar o veículo, salvo se isto resultar em situação de perigo;
- Vermelho: indica obrigatoriedade de parar;
- Amarelo intermitente/piscante: Sinal de alerta.



Figura 13: Sinalização semafórica – Cores semafóricas
 Fonte: DENATRAN, 2014.

2.3 PROGRAMAÇÃO SEMAFÓRICA

A programação semafórica é um subsistema da sinalização viária que tem a finalidade de transmitir diferentes mensagens aos usuários da via pública, regulamentando o direito de passagem ou advertindo sobre situações especiais nas vias (DENATRAN, 2014).

Para a programação de um semáforo, a filosofia de operação adotada na maioria dos controladores de tráfego existentes no mercado está baseada no conceito de ciclo composto por estágios.

O estágio é um dos pontos que justamente tem a capacidade de combinar com componentes básicos das formas mais variadas e controlar virtualmente qualquer cruzamento semafórico, qualquer que seja a sua complexidade, pois é nele que é determinado o tempo de verde, a atuação, a forma de segmento da característica semafórica.

Porém, devido ao grande número de recursos disponíveis para a programação se tornar mais flexível, há uma série de componentes básicos que, unidos, formam o ciclo de operação do cruzamento.

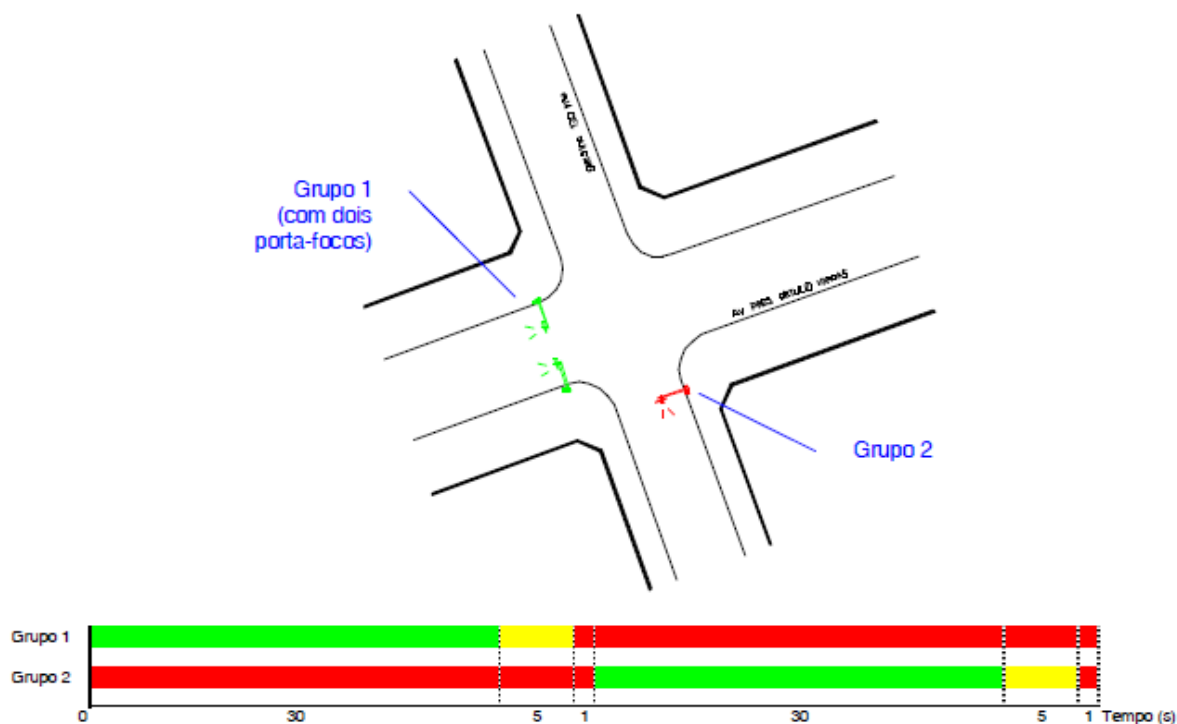


Figura 14: Programação Semafórica – Ciclo de trabalho
 Fonte: Manual de Programação Semafórica, DATAPROM, 2011.

A Figura 14 ilustra um ciclo de trabalho de um cruzamento.

Em um cruzamento, existem alguns princípios de funcionamento que não se alteram durante a operação dos semáforos, ou pelo menos são alterados em casos muito particulares e, na maioria das vezes, esporádicos.

O elemento mais rígido na operação de um cruzamento semaforizado é a sua sequência de cores, pois é ela que vai formar o ciclo da estrutura semafórica.

A tabela de cor pode ser explicada da seguinte maneira: no primeiro intervalo a cor verde está grupo 01 no mesmo instante em que o grupo 02 está em vermelho, informando assim ao usuário que neste momento o grupo 01 possui liberação para passagem enquanto o grupo 02 está parado no vermelho. Após o tempo ter decorrido para o grupo 01 o cruzamento entra em estado de transição da liberação de abertura do grupo 01 para o grupo 02, mas para isso o grupo 01 ficará em amarelo por um instante, passará para o vermelho, para então ser liberado ao grupo 02 em verde, posteriormente cumprindo o seu tempo de verde, o grupo 02 também passará pelo período de transição para então liberar o verde novamente para o grupo 01, assim fechando o ciclo de trabalho do cruzamento semafórico.

Todas as informações da Figura 14, e que são elementos rígidos (e permanentes) da configuração de um cruzamento semaforizado, são reunidas no conceito de estrutura.

2.3.1 Estrutura da Programação Semafórica

A estrutura é o fundamento mais básico, porém de maior importância para a operação do Controlador semafórico. Percebe-se então que, ao configurar um cruzamento semaforizado, a estrutura é um conjunto de informações que são definidas uma única vez para toda a vida útil do cruzamento, a menos que haja inversão do sentido das vias ou qualquer alteração no cruzamento que exija a modificação ou inclusão de semáforos.

O ciclo básico ilustrado na Figura 14 é repetido na Figura 15, com a discriminação de cada um dos componentes que formam a estrutura.

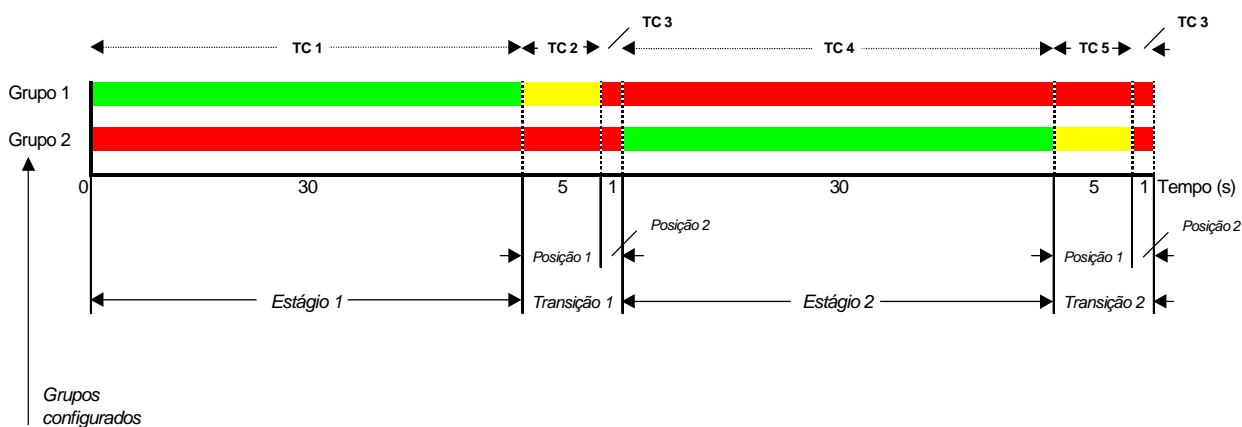


Figura 15: Programação Semafórica – Estrutura de Programação
Fonte: Manual de Programação Semafórica, DATAPROM, 2011.

Um grupo semafórico é um conjunto de um ou mais semáforos que possuem a mesma sequência própria de cores dentro da estrutura e está dedicado a uma via ou sentido de deslocamento.

A definição de quantos grupos semafóricos possui o cruzamento a ser configurado, e qual é o tipo de grupo – tráfego comum, gradativo (sequencial ou ciclo visual) ou pedestre – de cada um deles é a primeira etapa na construção da estrutura.

Um conceito importante, e também muito útil, que pode ser extraído da Figura 15 é o da tabela de cores. No alto do diagrama, foram identificadas algumas regiões pela sigla TC (TC1, TC2, TC3, TC4 e TC5). Note que cada região possui uma combinação de cores entre os grupos bem definida. Por exemplo, para a região TC1, o grupo 1 está em cor verde e o grupo 2 está em cor vermelha; na região TC2, o padrão mudou para amarelo no grupo 1 e a cor vermelha permaneceu no grupo 2. Cada diferente combinação de cores entre os grupos define uma nova região e é definida como uma nova tabela de cores. A tabela de cores TC4, segundo este raciocínio, é definida pela informação “vermelho no grupo 1 – verde no grupo 2”.

Dois aspectos devem ser considerados neste conceito:

A definição da tabela de cores não leva em consideração o tempo. Em outras palavras, a tabela de cores só se preocupa com o estado de cores dos vários grupos que formam o cruzamento. A definição de tempos será efetuada mais tarde, quando

forem caracterizados os estágios e transições, e de forma mais completa, quando programados os planos de tráfego internos do Controlador.

Uma tabela de cores pode aparecer mais de uma vez na mesma estrutura, como se observa para o caso TC3 na Figura 15. E, como é independente do tempo, as durações de cada aparição da tabela de cores na estrutura podem ser diferentes entre si. Isto significa que o Controlador tráfego tem a possibilidade de criar uma biblioteca de tabelas de cores, os quais podem ser utilizados de forma livre e racional nas várias etapas de configuração.

Definidos os grupos que formarão o cruzamento, e identificadas todas as tabelas de cores – combinações –, inicia-se a construção da sequência de tabelas de cores que formam a estrutura.

É importante frisar que o princípio sobre o qual se baseia a programação do Controlador de estudo é a de estrutura de estágios.

Segundo o DENATRAN, é denominado estágio o intervalo de tempo em que um ou mais grupos de movimentos recebem simultaneamente o direito de passagem. O estágio compreende o tempo de verde e o tempo de entreverdes que o segue (DENATRAN, 2014).

Uma estrutura de programação semaforica é constituída por estágios separados por transições.

A transição é o intervalo de tempo compreendido entre o final do verde de um estágio e o início do verde do estágio subsequente (DENATRAN, 2014).

Para os grupos semaforicos veiculares, a transição é composta de um tempo de AMARELO, acrescido de um tempo de VERMELHO GERAL, conhecido também como vermelho de segurança ou de tempo de limpeza sempre que necessário, já para os grupos semaforicos de pedestres a transição de VERDE para VERMELHO ocorre normalmente por um período de VERMELHO PISCANTE e posterior o VERMELHO GERAL.

Normalmente quando estamos programando a estrutura de um controlador semaforico, também programamos o VERDE de segurança, conhecido também como VERDE MÍNIMO de programação. Esta função inibe a possibilidade do operador ou técnico de campo programar tempo inferior ao mínimo necessário da via.

Programando toda a estrutura temos o ciclo de programação do cruzamento.

Denomina-se ciclo a sequência completa dos estágios de uma sinalização semafórica. A duração do ciclo (tempo de ciclo) em uma interseção, ou seção de via, é definida pela soma dos tempos de todos os estágios programados para o controle do tráfego no local (DENATRAN, 2014).

2.3.2 Planos de Tráfego

Denomina-se plano semafórico ao conjunto de elementos que caracteriza a programação da sinalização semafórica para uma interseção ou seção de via, num determinado período do dia. O diagrama de estágios e o de intervalos luminosos são partes integrantes do plano semafórico (DENATRAN, 2014).

Os controladores de tráfego mais simples, como por exemplo, os eletromecânicos, possuem a capacidade para armazenar apenas um plano de tráfego, que deverá atuar durante todo o dia. Os controladores de tráfego mais modernos possuem capacidade de armazenar mais de 01 plano de tráfego programado que serão ativados em função da hora do dia programado. Nestas circunstâncias, pode-se elaborar planos de tráfego para diferentes períodos do dia, definidos em função da variação da demanda.

A existência da estrutura é fundamental, porém somente ela – a estrutura – não é suficiente para a operação do Controlador semafórico. Para que os grupos semafóricos sejam acionados, deve haver, no mínimo, um plano de tráfego programado no equipamento.

O plano é o componente de programação do cruzamento que possibilita adequar os parâmetros iniciais ditados pela estrutura a diferentes horários de operação do cruzamento e/ou a estímulos de ordem externa (operação sujeita a detectores, botoeiras, sincronização externa, etc.).

A função de um plano, em outras palavras, resume-se em alterar os tempos dos estágios na estrutura programada, de forma a acomodar as condições de tráfego que circula pelo cruzamento em determinado momento. A Figura 16 ilustra este conceito.

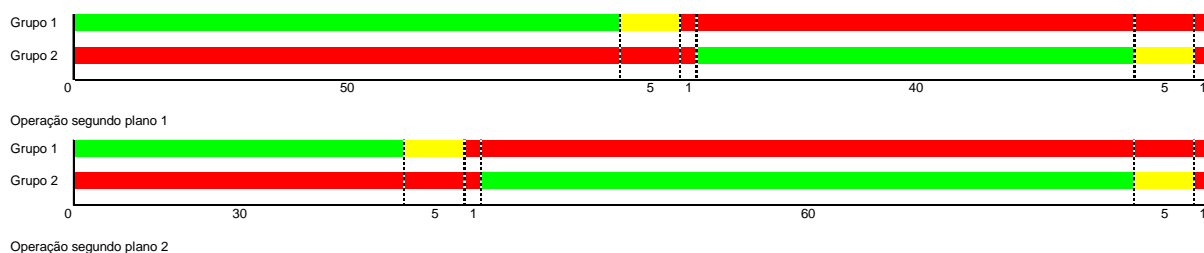


Figura 16: Programação Semafórica – Estrutura de Planos

Fonte: Manual de Programação Semafórica, DATAPROM, 2011.

A figura 16 demonstra 02 planos de tráfego para o mesmo cruzamento, sendo que dependendo do plano em atividade, ora uma via ora outra tem prioridade de verde no ciclo, pela dilatação da duração do seu estágio. Porém, um plano não pode reduzir o tempo de entre verdes, este permanece inalterado.

Um número variado de planos de tráfego é útil para adequar a operação de um cruzamento ao longo do dia e entre os dias da semana, já que as condições de tráfego se alteram sensivelmente segundo estas variáveis. Assim, os controladores devem utilizar uma tabela horária para definir em que dias da semana e em que horários os planos serão ativados.

3 AUTOMAÇÃO DE SISTEMA SEMAFÓRICO

A automação de sistema semafórico foi realizada como base na cidade de Porto Velho-RO, iniciou-se com o levantamento em campo das condições de fluidez do tráfego, passou para a organização e divisão dos cruzamentos em subáreas, configuração do sistema, programação dos controladores e cálculo do sincronismo.

3.1 LEVANTAMENTO EM CAMPO

O levantamento em campo iniciou com a tomada de tempo de percurso dos principais corredores da cidade, com a orientação do chefe da divisão da Central Semafórica - SEMTRAN -Porto Velho – RO que relatava as principais dificuldades encontradas no sistema viário da cidade.

A tomada de tempo dos corredores foi realizada saindo do primeiro cruzamento até a passagem pelo último cruzamento do corredor respeitando a velocidade regulamentar da via.

Para o aproveitamento total da tomada de tempo, o percurso foi realizado nos horários mais críticos para o sistema, os famosos horários de pico sendo compreendidos em 03 períodos:

- 07:00h – 08:30h;
- 11:00h – 13:30h;
- 17:00h – 19:45h.

O resultado médio da tomada de tempo de percurso dos principais corredores foram os seguintes:

- Av. Jorge Teixeira – em média: 9min e 49seg;
- Av. Sete de Setembro – em média: 6min e 37seg;
- Carlos Gomes – em média: 7min e 49seg;
- Marechal Deodoro – em média: 4min e 57seg;
- Mamoré – Sentido BR – em média: 9min e 37seg;
- Mamoré - Sentido Calama – em média: 6min e 47seg;
- Guaporé – Sentido BR – em média: 10min e 18seg;
- Guaporé - Sentido Calama – em média: 11min e 57seg.

Todos os controladores semafóricos eram eletromecânicos conforme figuras 17 e 18.

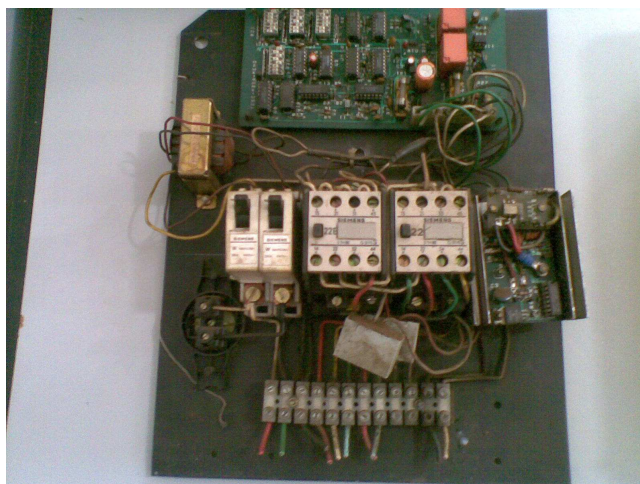


Figura 17: Controlador eletromecânico 1 – Porto Velho-RO
Fonte: Própria.

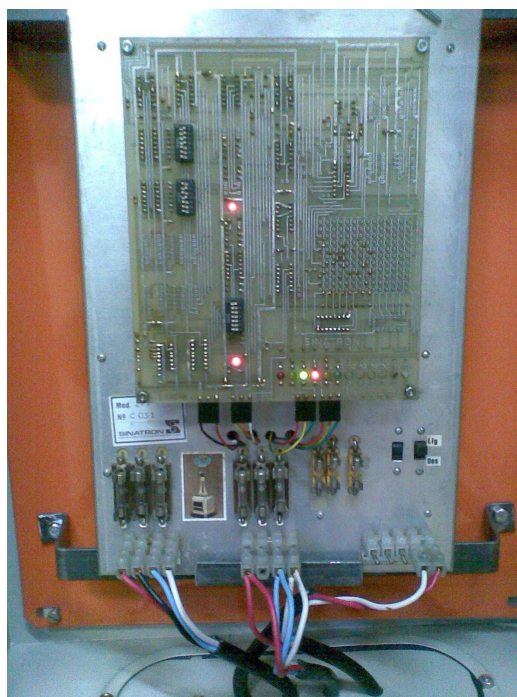


Figura 18: Controlador eletromecânico 2 – Porto Velho-RO
Fonte: Própria.

Por se tratar de um controlador eletromecânico, todos os cruzamentos semafóricos operavam apenas com um plano de tráfego para todos os dias da semana 24 horas por dia.

Após ser levantado o tempo de percurso dos principais corredores da cidade, foi realizado o levantamento dos endereços dos cruzamentos.

CRUZAMENTOS SEMAÓRICOS - PORTO VELHO RO	
7 DESETEMBRO X ROGERIO WEBER	JORGE TEIXEIRA X RAIMUNDO CANT
7 DESETEMBRO X JOSE DE ALENCAR	JORGE TEIXEIRA X AMAZONAS
7 SETEMBRO X GONCALVES DIAS	JORGE TEIXEIRA X ALM BARROSO
7 SETEMBRO X CAMPO SALES	JORGE TEIXEIRA X 7 SETEMBRO
7 DESETEMBRO X MAL DEODORO	JORGE TEIXEIRA X DOM PEDRO
7 DESETEMBRO X BRASILIA	JORGE TEIXEIRA X PINHEIRO M.
DOM PEDRO II X GONCALVES DIAS	JORGE TEIXEIRA X CALAMA.
DOM PEDRO II X CAMPO SALES	JORGE TEIXEIRA X TIRADENTES.
DOM PEDRO II X MAL DEODORO	CALAMA X BELEM X ANDREIA
CARLOS GOMES X GUANABARA	NACOES UNIDAS X ALMIRANTE B.
CARLOS GOMES X SALGADO FILHO	ALMIRANTE B X CAMPOS SALES
CARLOS GOMES X BRASILIA	PRUDENTE DE MORAIS X ALMIRANTE.
CARLOS GOMES X MAL DEODORO	ROGERIO WEBER X JOAO A.
CARLOS GOMES X TENREIRO ARANHA	AMAZONAS X NACOES UNIDAS.
CARLOS GOMES X CAMPO SALES	ALEXANDRE G. X CAMPOS SALES.
CARLOS GOMES X JOSE DE ALENCAR	PRUDENTE MORAIS X ALEXANDRE G.
CARLOS GOMES X ROGERIO WEBER	PRUDENTE MORAIS X RIO DE JAN.
PINHEIRO MACHADO X PRES DUTRA	CAMPOS SALES X BR-364
PINHEIRO MACHADO X GONCALVES D	JATUARANA X CAMPOS SALES.
PINHEIRO MACHADO X CAMPO SALES	JATUARANA X GERALDO SIQUEIRA
PINHEIRO MACHADO X MAL DEODORO	JATUARANA X TANCREDO NEVES
PINHEIRO MACHADO X BRASILIA	JATUARANA X MIGUEL CALMON
ABUNA X PRES DUTRA	JATUARANA X ANARI X BR-364
CALAMA X SALGADO FILHO	TREVO DO ROQUE
CALAMA X CAMPO SALES X DUTRA	PAU FERRO X ANARI.
MAMORE X RAIMUNDO CANTUARIA	ALGODOEIRO X MIGUEL CALMON.
RIO MADEIRA X CALAMA X SHOPPING	ALGODOEIRO X GERALDO
BENEDITO X JOSE AMADOR	GUAPORE X CALAMA X PINHEIRO
RIO MADEIRA X BARBADOS X PINHEIR	GUAPORE X PINHEIRO
JOSE VIEIRA X DANIELA.	MAMORE X AMAZONAS X RIO DE JAN.
RIO MADEIRA X JOSE VIEIRA CAULA	GUAPORE X AMAZONAS X7 DE SET.
RIO MADEIRA X AMAZONAS X RIO DE J	GUAPORE X RAIMUNDO CANTUARIO
RIO MADEIRA X RAIMUNDO CANTUARI	GUAPORE X ALEXANDRE G
RIO MADEIRA X ALEXANDRE GUIMARA	GUAPORE X RIO DE JANEIRO
PLACIDO CASTRO X UNIAOX JOSE AM	GUAPORE X PIRATININGA
MAMORE X BENEDITO INOCENCIO	MAMORE X ALEXANDRE GUIMARAES
JOSE AMADOR X ALEXANDRE G	MAMORE X JOSE VIEIRA CAULA

Quadro 02: Relação dos Cruzamentos – Porto Velho-RO
Fonte: Autoria Própria.

3.2 ORGANIZAÇÃO DO SISTEMA

Após ser levantado todos os endereços dos cruzamentos semaforizados, teve início à divisão por sub-área.

As sub-áreas foram distribuídas em grupos de cruzamentos próximos que possuíam particularidades do conjunto total de controladores do sistema, cujos componentes apresentam características similares de operação.

A divisão de sub-áreas se faz necessário com a proximidade dos cruzamentos semaforizados exige a criação de sincronismo em forma de “ondas verdes” para evitar paradas desnecessárias, e minimizar a formação de congestionamentos, o número de paradas dos veículos, os tempos de viagem, a emissão de poluentes, o consumo de combustível e os riscos de acidentes.

Este conceito é utilizado para os métodos de atuação que utilizam tabelas horárias de planos.

Desta forma, os 89 cruzamentos semaforizados foram divididos em 09 Sub-áreas conforme principais corredores e receberam o I.P. (*Internet Protocol*) em seu cadastro que será a identificação futura do controlador com o centro de controle.

Segue distribuição:

3.2.1 Sub-área 01 – Centro (22 CRUZAMENTOS)

corredor Av. Sete de Setembro;

corredor Av. Dom Pedro II;

corredor Av. Carlos Gomes;

corredor Av. Pinheiro Machado;

corredor Av. Mal. Deodoro.

Relação de Cruzamentos - Porto Velho RO		
	Cruzamento	Endereço
1	7 DESETEMBRO X ROGERIO WEBER	010101-1
2	7 DESETEMBRO X JOSE DE ALENCAR	010201-1
3	7 SETEMBRO X GONCALVES DIAS	010301-1
4	7 SETEMBRO X CAMPO SALES	010401-1
5	7 DESETEMBRO X MAL DEODORO	010501-1
6	7 DESETEMBRO X BRASILIA	010601-1
7	DOM PEDRO II X GONCALVES DIAS	010701-1
8	DOM PEDRO II X CAMPO SALES	010801-1
9	DOM PEDRO II X MAL DEODORO	010901-1
10	CARLOS GOMES X GUANABARA	011001-1
11	CARLOS GOMES X SALGADO FILHO	011101-1
12	CARLOS GOMES X BRASILIA	011201-1
13	CARLOS GOMES X MAL DEODORO	011301-1
14	CARLOS GOMES X TENREIRO ARANHA	011401-1
15	CARLOS GOMES X CAMPO SALES	011501-1
16	CARLOS GOMES X JOSE DE ALENCAR	011601-1
17	CARLOS GOMES X ROGERIO WEBER	011701-1
18	PINHEIRO MACHADO X PRES. DUTRA.	011801-1
19	PINHEIRO MACHADO X GONCALVES D	011901-1
20	PINHEIRO MACHADO X CAMPO SALES	012001-1
21	PINHEIRO MACHADO X MAL DEODORO	012101-1
22	PINHEIRO MACHADO X BRASILIA	012201-1

Quadro 03: SUB-ÁREA 01 - CENTRO

Fonte: Autoria Própria.

3.2.2 Sub-área 02 – Olaria (08 CRUZAMENTOS)

corredor Av. Calama;
 corredor Av. Pres. Dutra;
 corredor Av. Abunã.

Relação de Cruzamentos - Porto Velho RO		
	Cruzamento	Endereço
23	ABUNA X PRES DUTRA	020101-1
24	ABUNA X CAMPOS SALES	020201-1
25	ABUNA X BRASILIA	020301-1
26	ABUNA X SALGADO FILHO.	020401-1
27	CALAMA X SALGADO FILHO	020501-1
28	CALAMA X CAMPO SALES	020601-1
29	CALAMA X PRES DUTRA	020701-1
30	IMIGRANTES X FARQUAR	020801-1

Quadro 04: SUB-ÁREA 02 - OLARIA
 Fonte: Autoria Própria.

3.2.3 Sub-área 03 – Rio Madeira (11 CRUZAMENTOS)

corredor Av. Rio Madeira.

Relação de Cruzamentos - Porto Velho RO		
	Cruzamento	Endereço
31	RIO MADEIRA X CALAMA	030101-1
32	RIO MADEIRA X SHOPPING PORTO V	030201-1
33	RIO MADEIRA X BARBADOS	030301-1
34	RIO MADEIRA X PINHEIRO MACHADO	030401-1
35	RIO MADEIRA X JOSE VIERA CAULA	030501-1
36	RIO MADEIRA X SETE DE SETEMB	030502-1
37	RIO MADEIRA X AMAZONAS	030601-1
38	RIO MADEIRA X RAIMUNDO CANTUARI	030701-1
39	RIO MADEIRA X ALEXANDRE GUIMARA	030801-1
40	RIO MADEIRA X RIO DE JANEIRO	030901-1
41	RIO MADEIRA X IMIGRANTES	031001-1

Quadro 05: SUB-ÁREA 03 – RIO MADEIRA
 Fonte: Autoria Própria.

3.2.4 Sub-área 04 – Jorge Teixeira (10 CRUZAMENTOS)

corredor BR-319 – Av. Jorge Teixeira.

Relação de Cruzamentos - Porto Velho RO		
Cruzamento		Endereço
42	TREVO DO ROQUE	040101-1
43	JORGE TEIXEIRA X RAIMUNDO CANT	040201-1
44	JORGE TEIXEIRA X AMAZONAS	040301-1
45	JORGE TEIXEIRA X ALM BARROSO	040401-1
46	JORGE TEIXEIRA X 7 SETEMBRO	040501-1
47	JORGE TEIXEIRA X DOM PEDRO	040601-1
48	JORGE TEIXEIRA X PINHEIRO M.	040801-1
49	JORGE TEIXEIRA X CALAMA.	041001-1
50	JORGE TEIXEIRA X TIRADENTES.	041101-1
51	CALAMA X BELEM	041201-1

Quadro 06: SUB-ÁREA 04 – JORGE TEIXEIRA
 Autoria Própria.

3.2.5 Sub-área 05 – Areal (9 CRUZAMENTOS)

corredor Prudente de Moraes, Nações Unidas.

Relação de Cruzamentos - Porto Velho RO		
Cruzamento		Endereço
52	NACOES UNIDAS X ALMIRANTE B.	050101-1
53	ALMIRANTE B X CAMPOS SALES	050201-1
54	PRUDENTE DE MORAIS X ALMIRANTE.	050301-1
55	ROGERIO WEBER X JOAO A.	050401-1
56	AMAZONAS X NACOES UNIDAS.	050501-1
57	ALEXANDRE G. X CAMPOS SALES.	050601-1
58	PRUDENTE MORAIS X ALEXANDRE G.	050701-1
59	PRUDENTE MORAIS X RIO DE JAN.	050801-1
60	CAMPOS SALES X BR-364	050901-1

Quadro 07: SUB-ÁREA 05 – AREAL
 Fonte: Autoria Própria.

3.2.6 Sub-área 06 – Zona Sul (9 CRUZAMENTOS)

corredor Jatuarana.

Relação de Cruzamentos - Porto Velho RO		
Cruzamento		Endereço
61	JATUARANA X CAMPOS SALES.	060101-1
62	JATUARANA X GERALDO SIQUEIRA	060201-1
63	JATUARANA X TANCREDO NEVES	060301-1
64	JATUARANA X MIGUEL CALMON	060401-1
65	JATUARANA X ANARI	060501-1
66	JATUARANA X BR-364	060601-1
67	PAU FERRO X ANARI.	060701-1
68	ALGODOEIRO X MIGUEL CALMON.	060801-1
69	ALGODOEIRO X GERALDO	060901-1

Quadro 08: SUB-ÁREA 06 – ZONA SUL

Fonte: Aatoria Própria.

3.2.7 Sub-área 07 – Guaporé (9 CRUZAMENTOS)

corredor Av. Guaporé.

Relação de Cruzamentos - Porto Velho RO		
Cruzamento		Endereço
70	GUAPORE X CALAMA	070101-1
71	GUAPORE X PINHEIRO	070201-1
72	GUAPORE X 7 DESETEMBRO	070202-1
73	GUAPORE X AMAZONAS	070301-1
74	GUAPORE X RAIMUNDO CANTUARIO	070401-1
75	GUAPORE X ALEXANDRE G	070501-1
76	GUAPORE X RIO DE JANEIRO	070601-1
77	GUAPORE X PIRATININGA	070602-1
78	CALAMA X ANDREIA	070701-1

Quadro 09: SUB-ÁREA 07 – GUAPORÉ

Fonte: Aatoria Própria.

3.2.8 Sub-área 08 – Zona Leste (12 CRUZAMENTOS)

corredor Av. Mamoré.

Relação de Cruzamentos - Porto Velho RO		
	Cruzamento	Endereço
79	MAMORE X JOSE VIEIRA CAULA	080101-1
80	MAMORE X AMAZONAS	080201-1
81	MAMORE X RAIMUNDO CANTUARIA	080301-1
82	MAMORE X ALEXANDRE GUIMARAES	080401-1
83	MAMORE X RIO DE JANEIRO	080501-1
84	MAMORE X BENEDITO INOCENCIO	080601-1
85	JOSE AMADOR X ALEXANDRE G	080701-1
86	BENEDITO X JOSE AMADOR	080801-1
87	PLACIDO CASTRO X JOSE AMADOR	080901-1
88	PLACIDO CASTRO X UNIAO	081001-1
89	JOSE VIEIRA X DANIELA.	081101-1
90	IMAGEM SINALIZACAO - MANUTENCAO	081102-1

Quadro 10: SUB-ÁREA 08 – ZONA LESTE

Fonte: Aatoria Própria.

Em paralelo a organização do sistema foi iniciada as substituições dos controladores de campo eletromecânicos, por controladores microprocessados com comunicação com a central via protocolo GSM/GPRS, mantendo as programações originais dos cruzamentos.

O controlador de tráfego instalado foi o modelo DP40-8F da empresa brasileira DATAPROM.

3.3 PADRONIZAÇÃO DOS PLANOS DE TRÁFEGO

Toda a alteração de planos foi realizada com base nos planos existentes, apenas com a criação de novos planos de tráfego com o mesmo ciclo para os cruzamentos inseridos na mesma sub-área.

De posse das medições e levantamentos, foram feitos alguns testes com planos diferentes e observado o comportamento do fluxo.

Preferiu-se a padronização de entradas de planos das sub áreas 1 (Centro) e 2 (Olaria) pois possuem as mesmas características de fluxo.

Em resumo, todos os cruzamentos foram reprogramados de modo a permitir um deslocamento em “onda verde” conforme velocidade permitida na via.

Foram gerados 04 planos, para a região central – Sub-áreas 1 e 2, com as seguintes entradas durante a semana:

- Plano 01 – ciclo 60s – início: 00h00 de segunda a domingo;
- Plano 02 – ciclo 70s – início: 06h00 de segunda a sábado;
- Plano 03 – ciclo 80s – início: 07h00 de segunda a sábado;
- Plano 02 – ciclo 70s – início: 15h00 de segunda a sábado;
- Plano 04 – ciclo 90s – início: 17h00 de segunda a sexta-feira;
- Plano 03 – ciclo 80s – início: 19h30 de segunda a sexta-feira;
- Plano 02 – ciclo 70s – início: 20h30 de segunda a sábado;
- Plano 01 – ciclo 60s – início: 21h30 de segunda a sábado;
- Plano 03 – ciclo 80s – início: 17h00 do sábado.

Foram gerados 05 planos, para a região da Rio Madeira, com as seguintes entradas durante a semana:

- Plano 01 – ciclo 70s – início: 00h00 de segunda a domingo;
- Plano 02 – ciclo 95s – início: 06h00 de segunda a sábado;
- Plano 03 – ciclo 85s – início: 09h00 de segunda a sábado;
- Plano 04 – ciclo 100s – início: 11h30 de segunda a sábado;
- Plano 02 – ciclo 95s – início: 13h00 de segunda a sábado;
- Plano 03 – ciclo 85s – início: 15h00 de segunda a sábado;
- Plano 05 – ciclo 105s – início: 17h00 de segunda a sábado;
- Plano 04 – ciclo 100s – início: 20h00 de segunda a sábado;
- Plano 01 – ciclo 70s – início: 21h00 de segunda a sábado.

3.4 CONFIGURAÇÃO DO SISTEMA

Nesta etapa foram filtradas todas as informações após implantação dos controladores em campo, iniciou a confecção dos croquis, mapas de sub-áreas e cruzamentos para serem vinculados ao Centro de Controle Operacional – CCO – da SEMTRAN que possuía em seu servidor o software ANTARES instalado (software responsável pela centralização semafórica).

Este software permite a comunicação e gerenciamento completo dos controladores de tráfego através de comunicação GSM/GPRS.

Este tipo de comunicação não necessita de cabo para comunicação entre o controlador em campo com a central, pois opera via operadora de telefonia celular.

Com a central em operação, conforme figura 19, os cruzamentos começaram a ser programados através do centro de controle em tempo real.

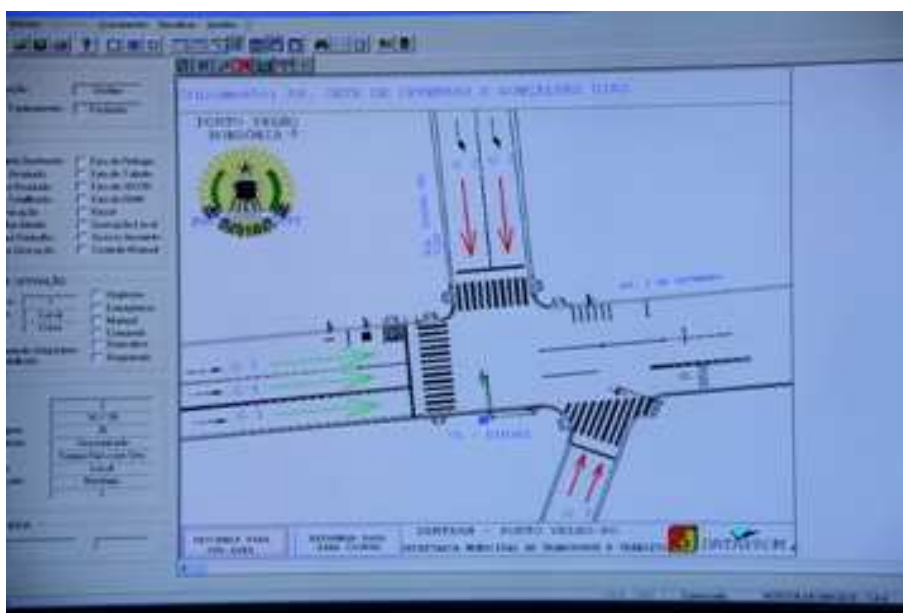


Figura 19: Cruzamento em Tempo Real – Porto Velho-RO
Fonte: <http://www.rondoniaovivo.com>

A criação dos croquis, conforme figura 20, de cada cruzamento no sistema ANTARES se faz necessário para a apresentação de grupos em tempo real devidamente identificados (mapa de cruzamento, mapa de sub-área, mapa global), com a opção de indicação de alarmes no próprio mapa.

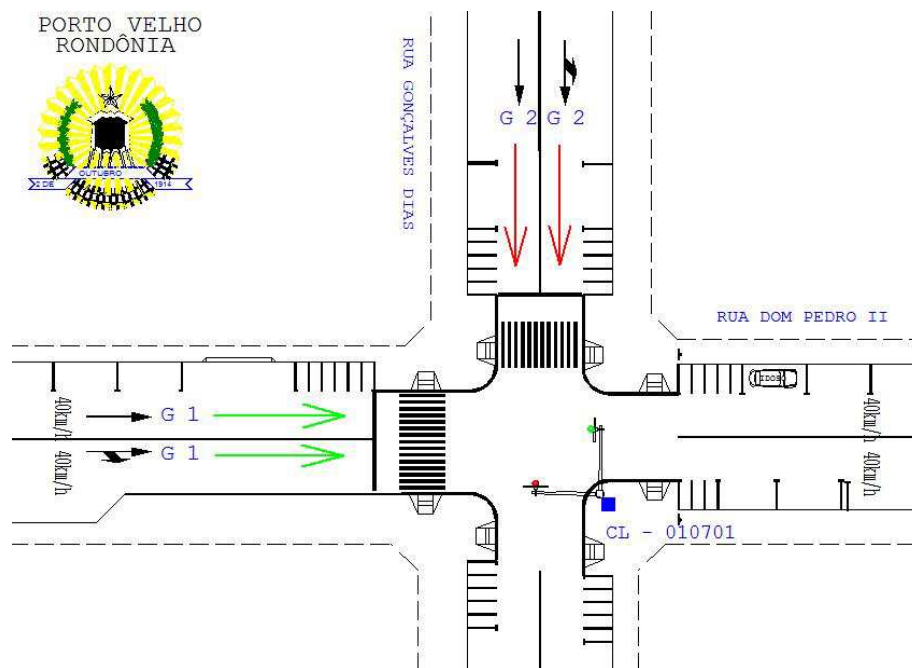



Figura 20: Croqui Semafórico – Porto Velho-RO
Fonte: Autoria Própria.

As fichas de programação contendo os planos de tráfego, entrada dos planos semafóricos, tempos de verde, programação de defasagem, também começaram a ser programadas nesta fase, conforme demonstrado na figura 21 da ficha de programação semafórica do Cruzamento da Dom Pedro I x Gonçalves Dias.

SEMTRAN - SECRETARIA MUNICIPAL DE TRÂNSITO - RONDÔNIA RO

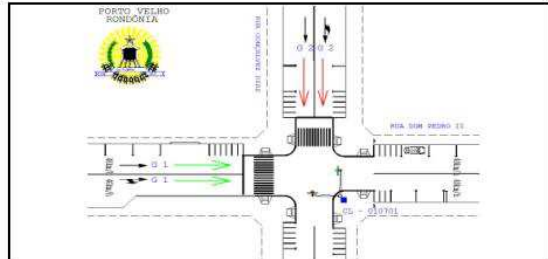
ENDEREÇO: 07
CÓDIGO: 010701

CRUZAMENTO: DOM PEDRO II X GONÇALVES DIAS



Eqpto DP40 - 4F Data: 13/12/10

TIPO		Estágio 1		Transição 1		Estágio 2		Transição 2										
POSIÇÃO		1	2	3	4	1	2											
TABELA DE COR		1	2	3	4	5	3											
GRUPOS	G1																	
	G2																	
	G3																	
	G4																	
	G5																	
	G6																	
	G7																	
	G8																	
DETECTOR																		
TRANSIÇÃO		28	4	2	20	4	2											
PLANOS	1	60			34			60				60	1	60	12	12	Tempo Fixo c/ Sincron.	
	2	60	35		31	28		60				70	1	60	12	12	Tempo Fixo c/ Sincron.	
	3	63	40		109	33		63				80	1	63	12	12	Tempo Fixo c/ Sincron.	
	4	65	45		116	33		65				80	1	65	12	12	Tempo Fixo c/ Sincron.	
	5																	
	6																	



DIR	PLN	HORA	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8
1	7	1	00:00						
2	7	2	05:00						
2	7	3	07:00						
2	7	2	15:00						
2	6	4	17:00						
2	6	3	18:30						
2	7	2	20:30						
2	7	1	21:30						
7	3	3	17:00						

SEQ. DE PARTIDA	Cor	tempo	GSM
S1	6	4	IP: 200.193.10.1.10
S2	3	4	TCP: 16.008
			SNTP: 12.308

Figura 21: Ficha de Programação – Porto Velho-RO
Fonte: Autoria Própria.

Após a criação de todas as fichas de programação, conforme figura 22, os cruzamentos foram subdivididos em sub-áreas no centro de controle e programados os controladores para o sincronismo dos corredores principais.

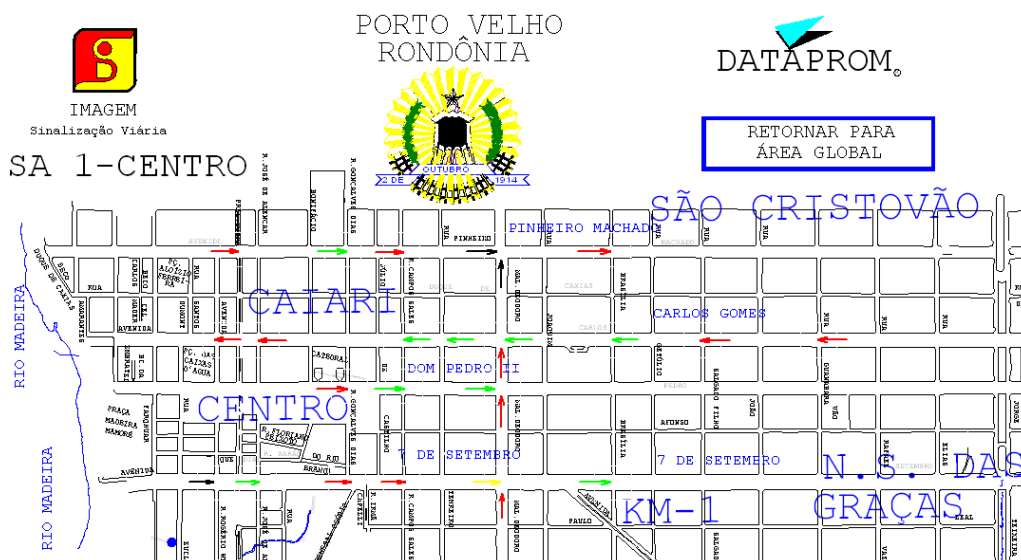


Figura 22: Sub-área 01 – sincronismo para corredor – Porto Velho-RO
Fonte: Autoria Própria.

3.5 SINCRONISMO

Todos os cruzamentos foram reprogramados com o objetivo de permitir um deslocamento em “onda verde”, ou minimizar o tempo de deslocamento das vias.

Foram gerados 04 planos, para a região central com as seguintes entradas durante a semana:


- Plano 01 – ciclo 60s – início: 00h00 de segunda a domingo;
- Plano 02 – ciclo 70s – início: 05h30 de segunda a sábado;
- Plano 03 – ciclo 85s – início: 07h00 de segunda a sábado;
- Plano 02 – ciclo 70s – início: 15h00 de segunda a sábado;
- Plano 04 – ciclo 100s – início: 17h00 de segunda a sexta-feira;
- Plano 03 – ciclo 85s – início: 19h30 de segunda a sexta-feira;
- Plano 02 – ciclo 70s – início: 20h30 de segunda a sábado;
- Plano 01 – ciclo 60s – início: 21h30 de segunda a sábado;
- Plano 03 – ciclo 85s – início: 17h00 do sábado.

As diversas entradas de planos são decorrentes ao fluxo variável durante o dia.

Com os novos planos em operação nos cruzamentos foram realizados vários percursos nos corredores semaforizados e ajustados alguns tempos conforme necessidade.

A velocidade de sincronismo ficou programada entre 40km/h a 50km/h, conforme solicitação SEMTRAN. Esta velocidade foi utilizada como base para a elaboração de sincronismo conforme quadro 11, na qual a defasagem entre cruzamentos é determinada pela velocidade e a distância entre cruzamentos.

SEMTRAN - SECRETARIA MUNICIPAL DE TRÂNSITO - RONDÔNIA RO

		Dom Pedro II x Gonçalves Dias	DISTÂNCIA ENTRE CRUZAMENTOS	Dom Pedro II x Campo Sales	DISTÂNCIA ENTRE CRUZAMENTOS	Dom Pedro II x Mai. Deodoro
		010701		010801		010901
Dom Pedro II						
11	Teórico 40km/h	0	23	23	11	33
Velocidade m/s	Distância (m)		250		118	
14	Teórico 50km/h	0	18	18	8	26
Plano 1	Teórico	60		18		26
Ciclo (s)	60		18		8	
Velocidade	Prático	60		18		26
50 km/h	14		18		8	
Plano 2	Teórico	62		10		18
Ciclo (s)	70		18		8	
Velocidade	Prático	62		10		18
40 km/h	11		18		8	
Plano 3	Teórico	39		57		65
Ciclo (s)	85		18		8	
Velocidade	Prático	39		57		65
40 km/h	11		18		8	
Plano 4	Teórico	42		60		68
Ciclo (s)	100		18		8	
Velocidade	Prático	42		60		68
40 km/h	11		18		8	

Quadro 11: Cálculo para sincronismo do corredor
Fonte: Autoria Própria.

Após a programação inicial foram realizados ajustes de sincronismo, conforme quadro 12, pois em verificação em campo observou-se alguns trechos de lentidão, devido à entrada e saída de veículos, paradas de ônibus e áreas bancárias.

A defasagem final que foi programada nos controladores semafóricos de campo está demarcada em vermelho no quadro 12, este valor é o intervalo de tempo entre a abertura de um semáforo até a abertura do semáforo subsequente para este corredor, ou seja, é o tempo de retardo do início do sinal verde das interseções.

SEMTRAN - SECRETARIA MUNICIPAL DE TRÂNSITO - RONDÔNIA RO



Dom Pedro II x Gonçalves Dias

DISTÂNCIA ENTRE CRUZAMENTOS

Dom Pedro II x Campo Sales

DISTÂNCIA ENTRE CRUZAMENTOS

Dom Pedro II x Mal. Deodoro

Dom Pedro II		010701		010801		010901
11	Teórico 40km/h	0	23	23	11	33
Velocidade m/s	Distância (m)		250		118	
14	Teórico 50km/h	0	18	18	8	26
Plano 1	Teórico	60		18		26
Ciclo (s)	60		18		8	
Velocidade	Prático	60		15		21
50 km/h	14		15		6	
Plano 2	Teórico	62		10		18
Ciclo (s)	70		18		8	
Velocidade	Prático	62		8		15
40 km/h	11		16		7	
Plano 3	Teórico	39		57		65
Ciclo (s)	85		18		8	
Velocidade	Prático	39		52		57
40 km/h	11		13		5	
Plano 4	Teórico	42		60		68
Ciclo (s)	100		18		8	
Velocidade	Prático	42		52		60
40 km/h	11		10		8	

Quadro 12: Ajuste de sincronismo do corredor
Fonte: Autoria Própria.

Cabe salientar que o sistema semafórico requer ajustes constantes em sua programação, conforme mudança da malha viária e/ou aumento de fluxo veicular, sendo assim, é de inteira e única responsabilidade da Secretaria Municipal de Transporte e Trânsito – SEMTRAN – Porto Velho RO, a determinação da programação semafórica e a responsabilidade que norteiam o sistema semafórico da cidade.

O Centro de Controle Semafórico deve monitorar constantemente o sistema Antares relatando todo e qualquer alarme de suma importância, a informação e a documentação de qualquer alteração da programação semafórica.

O sistema já implantado pode ser expandido futuramente para o adaptativo em tempo real, proporcionando sua utilização para gerenciar e otimizar, automaticamente, os fluxos de tráfego de acordo com as condições instantâneas de tráfego. Acomodando as flutuações da demanda, compensando eventuais perdas de capacidade e monitorando o comprimento das filas de veículos, evitando assim a obstrução dos cruzamentos críticos e agilizando a fluidez das vias. Além disso, para fins estatísticos, com detectores veiculares (laço indutivo confeccionado por corte no asfalto ou laço virtual por câmera) a central de controle proporcionará dados relacionados ao tráfego como gráficos de contagem de e ocupação de vias.

4 VALIDAÇÃO DO SISTEMA

Um dos pontos principais para validação do sistema é verificar a diminuição dos congestionamentos nos principais corredores da cidade, para ser comprovado isto foi necessário nova comparação dos tempos de viagem pós-implantação.

É marcado um ponto inicial no qual é iniciado o cronômetro e um ponto final no qual é parado o cronômetro. A verificação foi realizada por vários dias em vários horários dando ênfase aos horários de pico, ou seja, aos horários de maior trânsito.

No quadro 13 é apresentado o tempo de viagem para amostragem estatística nos principais corredores da cidade. Este tempo é uma média entre os tempos coletados no deslocamento no horário de pico. A coleta dos dados foi realizada juntamente com a equipe de trânsito da SEMTRAN.

QUADRO COMPARATIVO – RESULTADO FINAL – TEMPO DE VIAGEM				
CORREDORES	Tempo de Viagem			
	Antes	Depois	Redução	
	Segundos	Segundos	Segundos	Percentual
Jorge Teixeira	589	476	113	19,19%
Sete de Setembro	397	313	84	21,16%
Carlos Gomes	469	376	93	19,83%
Marechal Deodoro	297	213	84	28,28%
Mamoré - Sentido BR	577	492	85	14,73%
Mamoré - Sentido Calama	407	302	105	25,80%
Guaporé - Sentido BR	618	486	132	21,36%
Guaporé - Sentido Calama	717	643	74	10,32%

Quadro 13: QUADRO COMPARATIVO – RESULTADO FINAL – TEMPO DE VIAGEM

Fonte: Autoria Própria.

A automação do sistema semafórico de Porto Velho foi realizada em diversos cruzamentos da região área central da cidade, nos quais o fluxo de veículos é intenso. A região implantada está delimitada conforme a figura 23.

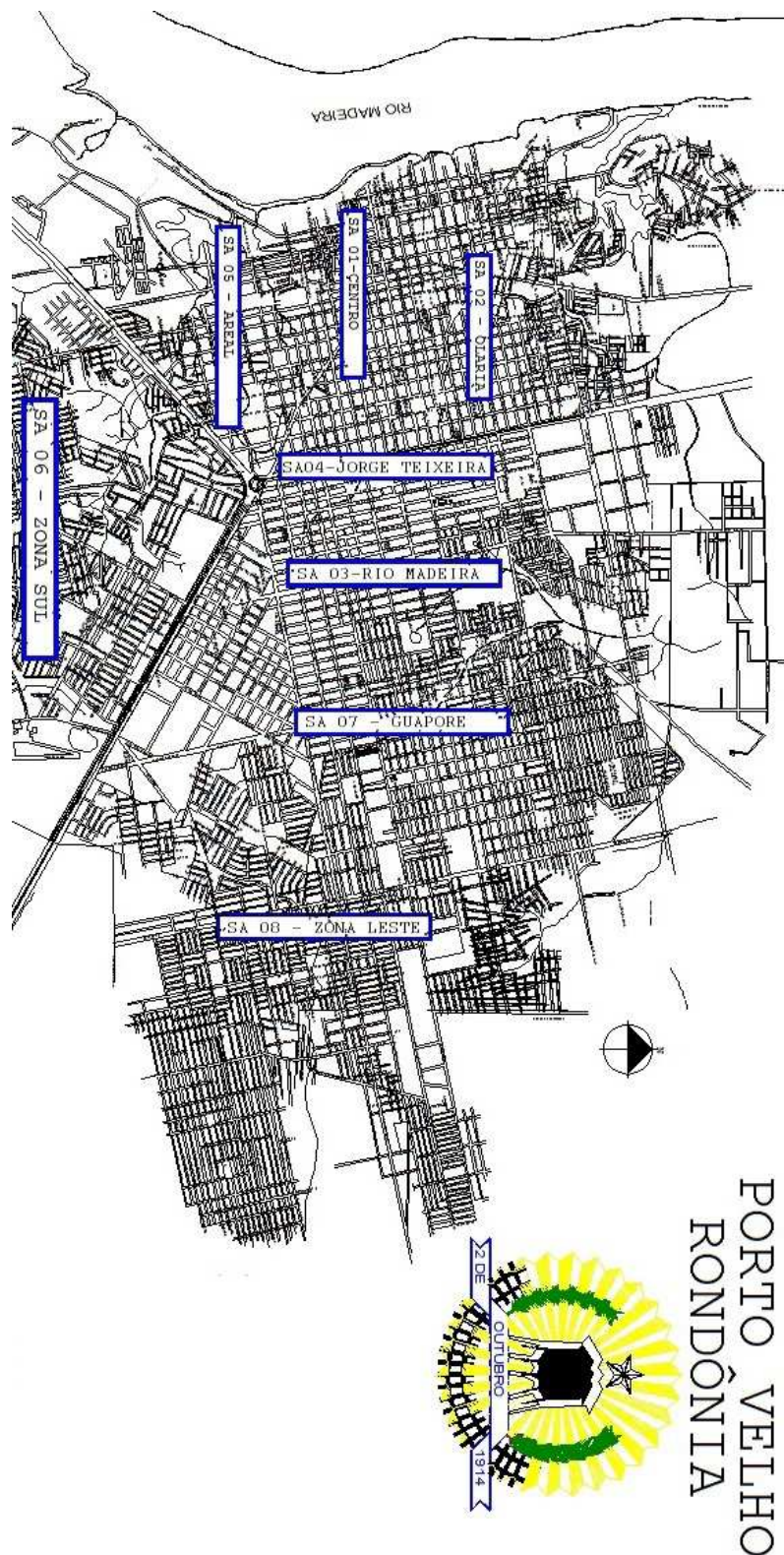


Figura 23: Delimitação da Área atendida pela automação semafórica
Fonte: Autoria Própria.

A repercussão do sistema implantado também serviu como termômetro para a validação do sistema implantado. A reportagem do site da Prefeitura mostra detalhes da visão dos coordenadores do projeto do resultado obtido, conforme matéria com o seguinte título:

Modernização Semafórica controla fluxo de veículos em tempo real em Porto Velho

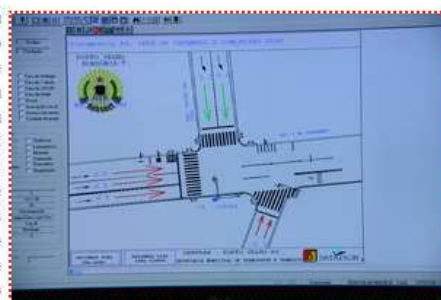


Modernização Semafórica controla fluxo de veículos em tempo real

Seg, 20 de Dezembro de 2010 10:38 | Pdf | Imprimir

f Curtir Compartilhar 0 Tweetar 0 g+1 0

A prefeitura de Porto Velho concluiu a capacitação dos servidores da secretaria municipal de Transportes e Trânsito (Semtran), para o monitoramento do trânsito da capital através de duas Centrais de Controle Operacional, as C.C.O. Uma central está sendo montada na sede da Semtran, a outra já está em funcionamento no prédio da empresa responsável pela sinalização viária municipal. Através das C.C.O, os operadores poderão monitorar em tempo real o fluxo dos veículos nas principais avenidas. Conforme a diretora do departamento de engenharia de tráfego da Semtran, Mirce Silva, "os servidores capacitados são todos concursados e já estão operando os equipamentos que controlam o tempo do ciclo dos semáforos nos principais cruzamentos e vias da capital. Eles estão aptos para junto com a engenharia de tráfego da Semtran, alterar os tempos dos semáforos e também monitorar as condições de cada sinal, se está com defeito, se tem lâmpadas queimadas e até mesmo se sofreram avarias devido aos



Menos tempo no trânsito



Com a recém implantação do projeto Onda Verde e conforme o cálculo do tempo médio que o motorista leva para transitar em vias de grande movimento, apresentado pelo engenheiro de trânsito, Maurício Krauss, "houve uma diminuição considerável deste tempo de até 27% em relação como era antes da implantação do projeto", explicou. Segundo o engenheiro, na Avenida Sete de Setembro o tempo médio caiu de 6 minutos e 37 segundos, para 5 minutos e 13 segundos, esta diferença representa 21% menos tempo na via até o destino. Situações parecidas foram aferidas nas Avenidas Carlos Gomes, que reduziu 20% e na Marechal Deodoro foi ainda maior esta diferença, 27%. Os motoristas devem ficar atentos as diferentes velocidades nas vias onde funciona a Onda Verde, que oscila de 40 a 50 quilômetros por hora.

Figura 24: MODERNIZAÇÃO SEMAFÓRICA CONTROLA FLUXO EM TEMPO REAL

Fonte: PREFEITURA DE PORTO VELHO-RO, 2010.

Outro fator de extrema importância a ser considerado é que mesmo com o aumento surpreendente da frota de veículos em Porto Velho-RO (quando14) ocorreu a diminuição do índice de acidentes de trânsito na capital (quadro 15) segundo informação do Anuário de Porto Velho, 2012, do DETRAN-RO.

RESUMO DA FROTA EM PORTO VELHO								
VEÍCULOS	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
AUTOMÓVEL/CAMIONETA	45.151	49.246	53.810	58.922	66.415	76.354	83.352	94.255
CAMINHÃO	3.111	3.308	3.515	3.971	4.550	5.168	5.778	6.190
CAMINHÃO TRATOR	643	703	800	909	934	1.000	1.003	1.098
CAMINHONETE	3.802	4.733	5.633	7.603	9.796	12.326	18.375	17.208
OUTROS	1	1	1	2	2	5	12	15
CICLOMOTOR	168	168	169	167	165	164	172	182
MICROONIBUS	159	178	192	209	252	311	377	411
MOTO	20.463	24.129	29.190	37.828	48.072	59.535	71.875	80.114
ÔNIBUS	614	622	744	777	945	1.077	1.446	1.605
REBOQUE	1.568	1.673	1.778	1.929	2.160	2.486	2.851	3.065
SEMI-REBOQUE	1.066	1.153	1.302	1.538	1.637	1.747	1.693	1.875
SIDE-CAR	4	5	12	11	11	11	10	11
TRATOR DE ESTEIRAS	0	0	0	0	0	0	0	0
TRATOR DE RODAS	1	1	1	3	6	9	9	10
TRICICLO	14	17	19	26	26	35	45	59
UTILITÁRIO	75	102	153	337	459	648	891	971
TOTAL	76.840	86.039	97.319	114.232	135.430	160.876	187.889	207.069

Quadro 14: Anuário Porto Velho - 2012 – RESUMO DA FROTA EM PORTO VELHO
Fonte: DETRAN-RO.

No quadro 14, temos o comparativo da quantidade de veículos que existia no ano de 2005 e passou a ter no ano de 2012.

O projeto de automação do sistema semaforico de Porto Velho-RO iniciou no ano de 2010, e foi concluído no ano de 2012, para este período, a frota de veículos da cidade aumentou aproximadamente 17.900 veículos, e a população teve um aumento de 32.000 pessoas, ou seja, para o aumento de 1,8 habitante da cidade foi adquirido um novo veículo a frota.

RESUMO DOS ANOS ANTERIORES NO MUNICÍPIO DE PORTO VELHO

CATEGORIA	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
População	380.884	373.917	380.974	369.345	379.186	382.829	410.520	435.732	442.701
Frota	69.141	76.840	86.039	97.319	114.232	135.430	160.876	187.889	207.069
Acidentes com Vítimas	1.288	1.514	1.260	2.821	3.372	4.342	5.047	5.356	4.947
Vítimas Fatais	80	90	105	108	130	93	116	93	103
Vítimas não Fatais	1.665	1.918	1.788	4.272	4.791	6.394	7.501	7.938	7.108
Atropelamentos	123	140	110	207	238	328	418	439	414
Veículos Envol. em Acid. c/ Vítima	2.631	3.092	2.428	6.369	6.325	7.902	9.208	9.631	8.955

Quadro 15: Anuário Porto Velho - 2012 – RESUMO DOS ACIDENTES
 Fonte: DETRAN-RO.

Após observarmos o quadro 14, com o aumento surreal da quantidade de veículos entre os anos de 2010 a 2012, comparamos com o quadro 15, que nos fornece a quantidade de acidentes para este mesmo período.

Em geral, podemos verificar que para os anos de implantação do projeto (2010 a 2012), a quantidade de acidentes vem diminuindo mesmo com a quantidade da frota aumentando. Este foi um dos pontos excelentes para a validação do sistema, pois mostra que de certa maneira a automação do sistema semaforico de Porto Velho-RO proporcionou maior segurança aos condutores e pedestres da capital.

5 CONCLUSÃO

O crescimento de uma cidade pode apresentar inúmeros problemas, de modo que os males provocados pelo crescimento demográfico acelerado são revertidos em danos que podem ser verificados tanto contra a natureza, quanto ao próprio homem. Este mesmo homem, com o passar dos tempos, assistiu a população mundial crescer progressivamente até atingir o impensado número de sete bilhões de habitantes. A frota veicular também cresce proporcionalmente ao crescimento populacional, deste modo, o tráfego em nossas vias de diversos centros urbanos tem beirado a calamidade, fato este apresentado pelos congestionamentos de trânsito.

Mas não ficamos atônicos a este fato, o ser humano possui por natureza o intuito de criar algo para proporcionar bem estar, conforto e segurança para suprir a necessidade de seu dia a dia. O desenvolvimento de controladores de tráfego com tecnologia superior e sistemas de inteligentes para integrarem a estes equipamentos são desenvolvidos para minimizar o crescimento urbano.

A automação de sistema semafórico, utilizada como base a cidade de Porto Velho-RO foi executada entre o período de 2010 a 2012, sendo que seu objetivo principal alcançado foi o aumento de segurança no trânsito e a mobilidade de tráfego nas cruzamentos semaforizados da cidade.

O primeiro objetivo a ser alcançado do projeto, foi o aumento da segurança no trânsito proporcionado pela troca dos equipamentos obsoletos, por equipamentos com tecnologia superior, providos de monitoramento remoto e sistemas de segurança contra abertura de verdes coincidentes. O aumento de segurança no trânsito obtido neste projeto foi observado com a diminuição do índice de acidentes de trânsito evidenciados na planilha do anuário do DETRAN-RO, verificamos uma visível diminuição nos acidentes no após a instalação do sistema, mesmo com o crescimento populacional e da frota da cidade, índices estes também apresentados pelo DETRAN-RO.

Os equipamentos locais passaram a comunicar com a central de controle através de comunicação GSM/GPRS, este foi mais um ponto positivo para este projeto, pois além de não ter o custo elevado com rede de dados a ser implantada

entre todos os cruzamentos e a central de controle operacional, não há a necessidade de manutenção de rede pós implantação.

Após a substituição dos equipamentos, deu-se início a organização de todo o sistema, com a divisão por agrupamentos de cruzamentos, as chamadas sub-áreas.

Equipamentos modernos, aliados a programações semaforicas condizentes a necessidade da via auxiliam as cidades a conquistar uma mobilidade mais eficaz e sustentável, contribuindo na redução dos congestionamentos e dos custos diretos e indiretos implicados, minimizando as emissões de gases poluentes.

A programação semaforica padronizada foi realizada a partir da programação existente, e incluindo diversos planos novos conforme o fluxo local, esta programação padronizada proporcionou uma malha viária com sincronismo entre cruzamentos, diminuindo assim o tempo de viagem da população.

O segundo objetivo alcançado foi a diminuição dos congestionamentos, com base no tempo de percurso realizado após a implantação do sistema.

Equipamentos modernos aliados a sistemas inteligentes de operação e supervisão podem ser gerenciados a partir de um Centro de Controle Operacional, que recebe e processa as informações provenientes de equipamentos em campo. A partir desta solução é possível ter visão geral de uma determinada situação e delimitar estratégias para sua melhoria.

O centro de controle também informa diversos tipos de alarmes aos operadores, como por exemplo, a porta aberta do controlador, uma lâmpada queimada, a falta de energia, é detectada imediatamente pela central que envia equipe de manutenção ao local, aumentando ainda a segurança aos usuários que ali transitam, e reduzindo significativamente o custo com equipes de manutenção semaforica.

Objetivos foram alcançados, e mesmo que pequena seja a parcela alcançada, a sociedade ao invés de desperdiçar o tempo valioso no trânsito possa desfrutar de momentos de lazer e com sua família.

Esperamos que dentro de pouco tempo, não somente os grandes centros urbanos, mas também pequenas cidades possam usufruir dos benefícios trazidos pela automação de sistema semaforico.

O sistema foi entregue em 25/06/2012, conforme o relatório de **DESCRIÇÃO DO PROCESSO DE CENTRALIZAÇÃO E SINCRONIZAÇÃO DO SISTEMA SEMAFÓRICO DE PORTO VELHO** (DATAPROM, 2012).

REFERÊNCIAS

AZEREDO, Luiz Ernesto de, 2014. **Seis fatores essenciais para sincronismo entre semáforos**. Disponível em:

<www.sinaldetransito.com.br/artigos/seis_fatores.pdf>

Acesso em: jul. 2014

CTB, 2014. Código de trânsito brasileiro. Disponível em:

<www.denatran.gov.br/publicacoes/download/ctb.pdf> Acesso em: Abr. 2014

COSTA, Prof. Willian, 2007. Disponível em:

<www.pesquisaemeducacaoufrgs.pbworks.com> Acesso em: jun, 2014

DATAPROM, 2011. **Manual Descritivo do Controlador de Tráfego DP40**. Curitiba, Dataprom, 2011.

DATAPROM, 2011. **Manual de Programação Semafórica**. Curitiba, Dataprom, 2011.

DATAPROM, 2012, **Relatório de DESCRIÇÃO DO PROCESSO DE CENTRALIZAÇÃO E SINCRONIZAÇÃO DO SISTEMA SEMAFÓRICO DE PORTO VELHO**. Curitiba, Dataprom, 2012.

DENATRAN, 2014. **Características gerais do controle semafórico**. Disponível em : <www.denatran.gov.br/publicacoes/download/minutacontran/Arquivo%23.pdf, >. Acesso em: abr. 2014.

DETRAN-RO, 2012. **Anuário Porto Velho RO**. Disponível em:

<www.detrان.ro.gov.br/2013/10/anuario-de-estatisticas-2012> Acesso em fev. 2014.

HOMBURGER, W.S., KELL, J.S., PERKINS, D.D, 1992. **Fundamentals of Traffic Engineering - 13th ed. Institute of Transportation Studies, University of California, Berkeley, USA**.

HORTA DE ALVARENGA, Geraldo Luiz, 1984. **Manual de Semáforos – DENATRAN**. Brasília-DF, 1984. 154p.: EDU, 1988. 88p.

KELL, J.H., FULLERTON, I.J., 1982. **Manual of Traffic Signal Design – Institute of Transportation Engineers - USA**

LINARDI, Fred, 2013. **A origem do semáforo: sinal de trânsito**. Disponível em: <<http://guiadoestudante.abril.com.br/aventuras-historia/origem-semaforo-sinal-transito-435369.shtml>>. Acesso em: jun. 2014.

MADERNA, José Geraldo. **Engenharia de Tráfego**. São Paulo: CET - Companhia de Engenharia de Tráfego, 1990.

MARCONI, M.A., PRESOTTO, Z.M.N, 1986. **Antropologia: uma introdução. 3a. ed. São Paulo. Atlas**, Disponível em: www.pt.wikipedia.org/wiki/Sistema_de_controle, Acesso em: fev, 2014.

PARROM, Miltom, 2011. **1º Semáforo de São Paulo-SP**, Disponível em: www.mundotransito.com.br Acesso em: jul. 2014

MODERNELL, 1989. Disponível em www.transitocomvida.ufrj.br/HistoriaDoTransito, Acesso em: abr, 2014.

PIAI, Juliani Chico. **Estudo Comparativo de Técnicas de Controle Semafórico**. 2009. 63 f. Dissertação de Mestrado em Engenharia Elétrica, Universidade Estadual de Londrina, 2009.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO VELHO-RO, 2010. **Modernização Semafórica controla fluxo de veículos em tempo real em Porto Velho**. Disponível em: www.rondoniaovivo.com/noticias/modernizacao-semaforica-controla-fluxo-de-veiculos-em-tempo-real-em-porto-velho Acesso em: mai, 2014.

ROZESTRATEN, R.J.A., 1988. **Psicologia do Trânsito – Conceitos e Processos Básicos**. São Paulo-SP, 1988. 154p.

SINAL DE TRÂNSITO, 2014. **O Primeiro Semáforo**. Disponível em: www.sinaldetransito.com.br/curiosidades . Acesso em: jun, 2014.

SZASZ, P.Á., 1997. **Estudo de Viabilidade de Implantação de Centralização Semafórica na Cidade de Campinas**, Empresa Municipal de Desenvolvimento de Campinas (EMDEC), Campinas, Brasil